

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ»

МОДУЛЬ: ПРОЕКТНОЕ МЫШЛЕНИЕ

**ДЛЯ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРИАТА,
СПЕЦИАЛИТЕТА**

Составитель:

Болобанова Н.Л.

**к.т.н., доцент кафедры металлургии,
машиностроения и технологического оборудования**

2020 г.

Содержание дисциплины:

№ и наименование раздела (модуля) дисциплины	Краткое содержание
1. Место изобретательства в инженерной деятельности. Общее представление о ТРИЗ	Потребность в изобретательстве. Достоинства и недостатки традиционной технологии решения задач. Психологическая инерция и способы ее преодоления. Рассмотрение примеров на разные виды психологической инерции. Основные постулаты ТРИЗ. Изобретательская ситуация. Изобретательская задача. Уровни изобретений. Функции ТРИЗ. Использование инструментов ТРИЗ. Изобретательское мышление. ТРИЗ в мире. Примеры по использованию инструментов ТРИЗ из разных областей знаний.
2. Методы и инструменты развития творческого воображения	Интенсификация метода проб и ошибок. Метод фокальных объектов. Мозговой штурм. Синектика. Морфологический анализ. Метод контрольных вопросов. Методические рекомендации по решению задач.
3. Системный подход. Законы развития технических систем	Основные определения. Техническая система и ее функции. Эволюция технической системы. Подсистемы и надсистемы. Сущность системного подхода. Законы развития технических систем. Инструмент анализа развития систем – системный оператор.
4. Решение изобретательских задач	Инструменты ТРИЗ для решения изобретательских задач. Понятие о веполе. Противоречия. Определение идеального конечного результата (ИКР). Ресурсы для решения задач. Стандарты на решение изобретательских задач. Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Приемы обращения исследовательских задач в изобретательские. Этапы обработки исследовательских задач.

Темы практических занятий:

№ раздела (модуля)	Тема практического занятия
1	Анализ особенностей изобретательских задач
2	Применение технологии решения изобретательских задач на основе интенсификации метода проб и ошибок
3	Применение системного оператора (схемы многоэкранного мышления) для определения направлений совершенствования технического объекта
4	Приемы разрешения противоречий
	Применение методов ТРИЗ при решении исследовательских и проектных задач

Введение

Курс «Теория решения изобретательских задач» обеспечивает формирование творческого подхода к решению задач, возникающих в технических системах, понимание принципов постановки таких задач, что во многом определяет качество, эффективность и конкурентоспособность технической продукции, создаваемой в рамках реализации проектной деятельности. Особое внимание уделяется способам активизации мышления при генерировании идей, анализу проблем и постановке задач, а также приемам решения задач, основанных на системном подходе, принципах функционирования и закономерностях развития технических систем. Знание закономерностей развития технических систем дает понимание направления совершенствования технических объектов и формирует ориентиры для поиска сильных решений.

Курс «Теория решения изобретательских задач» предназначен для студентов инженерных специальностей.

Раздел 1. Место изобретательства в инженерной деятельности.

Общее представление о ТРИЗ.

1.1. Потребность в изобретательстве

1.2. Достоинства и недостатки традиционной технологии решения задач

1.3. Психологическая инерция и способы ее преодоления

1.4. Основные постулаты ТРИЗ

1.5. Изобретательская ситуация. Изобретательская задача

1.6. Уровни изобретений

1.7. Функции ТРИЗ

1.8. Использование инструментов ТРИЗ

1.9. Изобретательское мышление

1.10. ТРИЗ в мире

Самостоятельная работа

Практическая работа 1. Анализ особенностей изобретательских задач

1.1. Потребность в изобретательстве

Изобретательство – это творческая деятельность человека, приводящая к новому решению задачи в любой области с положительным эффектом. Благодаря человеческой

изобретательности развивались цивилизации, возникали науки, техника и технологии, искусства.

Истоки изобретательства уходят своими корнями в глубокую древность. Для добычи пищи и защиты наши далекие предки первоначально пользовались объектами, «изготовленными» природой: камни, палки и т. д. Поэтому первые «изобретения» были ориентированы на применение известных в природе «устройств», веществ и способов. Процесс изобретательства в те далекие времена заключался в наблюдении и удаче (случайности) нашего предка. Кто-то обратил внимание, что острым камнем или рогом можно обрабатывать землю или шкуру животных, можно использовать огонь после лесных пожаров и т. д. Так, судоходство, скорее всего, началось с момента, когда человек заметил, что бревно, находящееся в воде, может поддерживать его на плаву, а судостроение берет начало с изобретения первого плота. Еще в древности человек использовал водные пути рек и морское пространство для передвижения. Особенно интенсивно морское дело развивалось в рабовладельческом обществе. Изобретение колеса в корне изменило способы передвижения по суше. Изобретения характерны для многих областей деятельности: строительство, архитектура, литература, искусство, сельское хозяйство, спорт и т. д. В каждом из этих видов имеются свои нововведения. Так история нововведений в изобразительном искусстве связана с изобретением перспективы, новых видов красок, новых направлений и т. д. Безусловно, особую роль изобретательство играет в инженерной деятельности. Инженер происходит от французского «*ingénieur*» и латинского слова «*ingenium*» – изобретательность, а также врожденная способность, дарование, ум. Изобретательские способности необходимы инженеру не только при разработке принципиально новых решений, которые, как правило, оформляются в виде патентов, но и на этапах проектирования, создания опытных образцов, разработки серийных и массовых изделий, эксплуатации и утилизации оборудования. На всех этапах возникают задачи, которые для решения требуют изобретательства. В связи с этим актуальным становится знание методов изобретательства и умение их использования в различных ситуациях.

1.2. Достоинства и недостатки традиционной технологии решения задач. Метод проб и ошибок

Можно справедливо сказать, что каждый день, решая задачи без всякой технологии, человек справляется с ними. Возникает вопрос: «Зачем какая-то «технология решения

задач»?» Действительно, когда специалист решает известный ему тип задачи из области его знаний, то он это делает быстро и на профессиональном уровне (рис. 1.1, *а*).

Другое дело, если перед специалистом стоит задача нового типа – ничего подобного он ни разу в жизни не решал. Он пытается ее решать, но «упирается в стенку», появляется непреодолимый барьер (рис. 1.1, *б*). Специалист не может получить решение потому, что ему не хватает знаний и опыта.

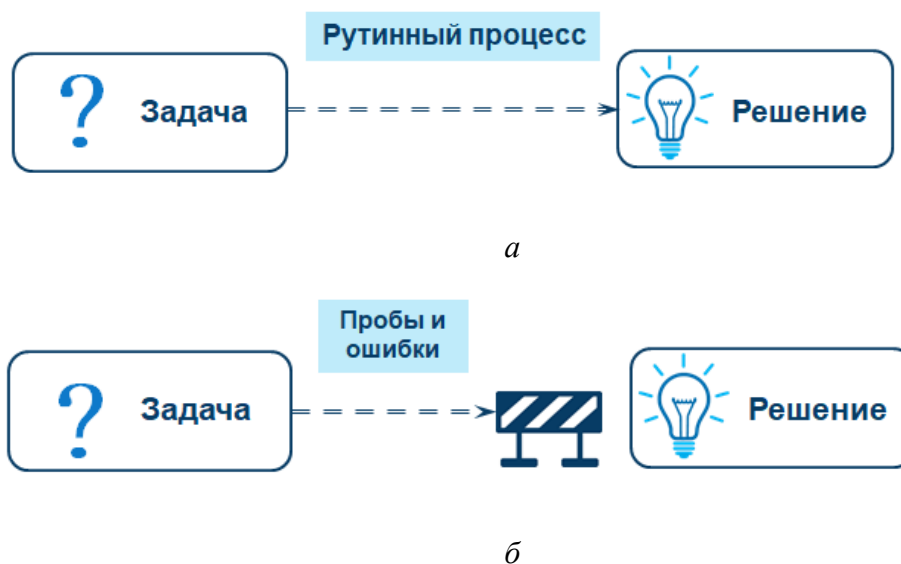


Рис. 1.1. Процесс решения задачи: *а* – известного типа; *б* – неизвестного типа

Решение любых задач, а тем более, творческих, изобретательских, в обычном представлении, связано с перебором большого количества вариантов (рис. 1.2).

Попробовали решать задачу, двигаясь в одном направлении, – не вышло, попробовали чуть изменить направление, тоже не вышло. Вернулись в исходную точку и выбрали другое направление. Снова попытались решить задачу, и снова потерпели неудачу. И вот на какой-то пробе получили первое решение. Как правило, это решение достаточно низкого уровня. Оно чаще всего лежит на поверхности. Обычно используют именно это решение. Реже процесс решения продолжается, и снова совершаются очередные пробы и очередные ошибки. В науке такой процесс решения задач перебором вариантов называют методом «проб и ошибок». На решение задач методом «проб и ошибок» уходит слишком много времени и полученные результаты не всегда являются наилучшими.

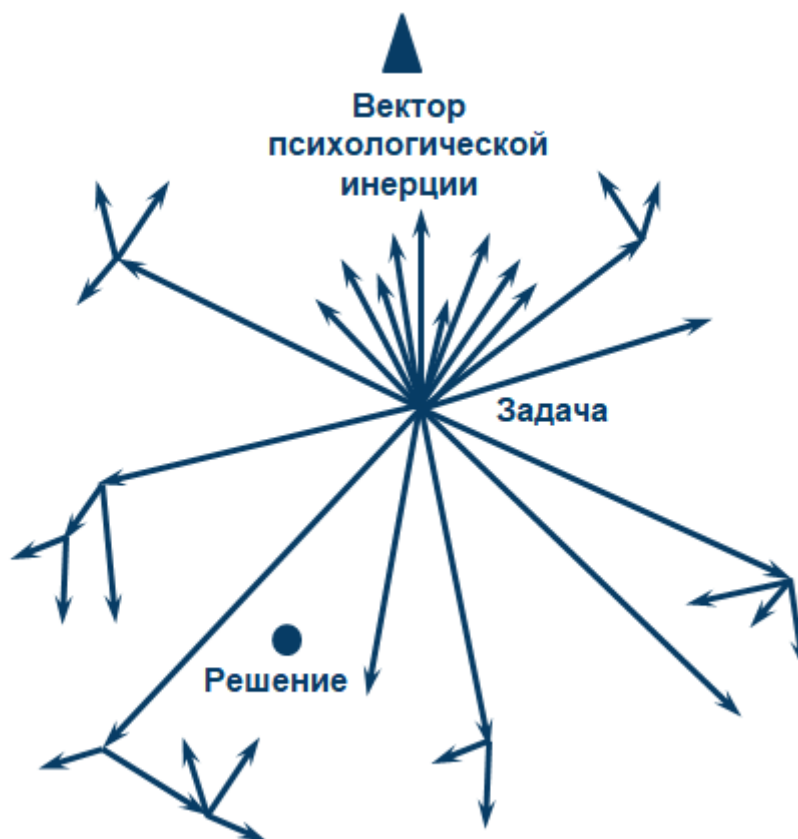


Рис. 1.2. Метод проб и ошибок

Как отмечают специалисты в области теории решения творческих задач, используя метод «проб и ошибок», получают слабые решения. Решая задачи, специалист, прежде всего, опирается на свои знания и опыт. Это хорошо, когда он решает известные ему типы задач. При решении принципиально новых задач, такой опыт подсказывает уже известные пути, которые в данном случае не помогают, а тормозят процесс. Эти решения, как правило, уже были опробованы, иначе задача была бы решена. Такой опыт оказывает «медвежью услугу». Память подсказывает уже известные решения, навязанные психологической инерцией. Это понятие также называют «инерция мышления» или «психологический барьер».

1.3. Психологическая инерция и способы ее преодоления

Приступая к решению новой задачи, человек невольно пытается применить уже известные решения, методики или понятия. Эта «услужливая» память подсказывает пути, ранее используемые, то есть заставляет идти по «проторенной дорожке». Это явление и получило название психологическая инерция. Таким образом, психологическая инерция –

явление при котором непроизвольно используют известные решения, методы, действия и т. д., опирающиеся на предыдущий опыт. Это хорошо, когда решаются известные, для специалиста, типы задач – это рутинный процесс. При этом не нужно тратить время на то, что известно. Однако, если решаются задачи новых типов, то психологическая инерция является помехой. Причины появления психологической инерции:

- употребление специальных терминов;
- параметрические представления, например, пространственно-временные представления об объекте.

Употребление специальных терминов. Одна из причин появления психологической инерции – употребление привычных терминов, приводимых в условиях задачи. Понятия и термины незаметно «толкают» в направлении уже известных решений.

Пример 1. Ледокол. Рассматривая, например, задачу с передвижением ледокола во льдах, невольно представляется определенная «технология» передвижения во льдах. «Ледокол» – значит, лед необходимо колоть. Хотя может быть его лучше резать, пилить, взрывать или двигаться подо льдом, надо льдом или сквозь лед?

Преодоление этого вида психологической инерции может осуществляться путем перехода к более общим терминам или функциям, которые выполняют эти объекты. Таким образом, нужно определить в какую систему входит данный объект, определить функцию, которую выполняет данный объект. Этого уже может быть достаточно, чтобы избавиться от психологической инерции. Может быть, придется определить надсистему, в которую входит данная система и определить ее функцию. Эту операцию можно продолжить – выйти в наднадсистему и т. д.

Пример 1. Ледокол (продолжение). Разберем термин ледокол. Его функция колоть лед. Более общая функция – ломать лед, разрушать лед. Можно выявить все способы разрушения льда. Уже упоминалось выше: резать, пилить, взрывать. Можно добавить еще, например, плавить, растворять и т. д. Нужно выяснить, зачем разрушать лед? Для того, чтобы была возможность проходить судам сквозь лед. Значит необходимо определить другие способы прохода сквозь лед. Можно, как отмечалось раньше, двигаться подо льдом, по льду, надо льдом или сквозь лед. Судну необходимо проходить сквозь лед, чтобы преодолеть определенное пространство. Значит, нужно выявить все возможные способы перемещения определенного груза из одного пункта в другой. Таким образом, много других способов преодоления пространства, и психологическая инерция термина уже не довлеет.

Психологическая инерция появляется с употреблением привычных **пространственно-временных представлений**, которые связываются с тем или иным объектом или процессом.

Пример 2. Фазовые изменения. Изменяя температуру и давление, вода может превратиться в пар или лед. Подобные изменения могут проводиться с любыми параметрами системы, при этом желательно выбирать наиболее существенные. Для преодоления этого вида психологической инерции параметры повышают от заданных до бесконечности и уменьшают до нуля, а в некоторых случаях – до минус бесконечности. С изменением условий до максимума или минимума зачастую происходят скачкообразные изменения свойств.

В общем случае этот вид психологической инерции связан с привычными значениями параметров системы. Для преодоления этого вида психологической инерции используют параметрический оператор – максимальное увеличение и уменьшение параметра и поиск новых решений.

Стоит отметить, помимо психологической инерции традиционному мышлению свойственно отсутствие системного мышления (системного подхода). Понятие системного мышления будет рассмотрено дальше, в следующих лекциях.

Выводы. Использование традиционного метода проб и ошибок приводит к:

- неоправданно большим затратам времени и средств на проектирование и производство;
- невысокой вероятности получения идей требуемого уровня в выделенные сроки.

Очевидно, что необходима другая более прогрессивная технология получения идей. Такая технология создана русским ученым Г.С. Альтшуллером. Он назвал ее теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

1.4. Основные постулаты ТРИЗ

Основоположник теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) – инженер и изобретатель из Баку Генрих Саулович Альтшуллер. Альтшуллер первый осознал необходимость создания технологии, позволяющей отказаться от метода «проб и ошибок» и направленно искать решение. В 1956 году он опубликовал совместно с Рафаэлем Борисовичем Шапиро первую статью о методике изобретательства (Альтшуллер и др., 1956). В статье впервые был сформулирован научный подход к изобретательской деятельности, суть которого кратко можно выразить следующим образом: техника и технологии развиваются в соответствии с объективными закономерностями, которые можно выявить, изучить и сознательно применять для решения изобретательских задач. Для выявления таких законов развития были изучены история развития техники, огромный патентный фонд изобретений. Усилиями Г.С. Альтшуллера и его учеников ТРИЗ превратилась в

международное движение, теория применяется во всех развитых странах: в США, странах ЕС, Японии, Южной Кореи, России, Китае, Австралии и т. д., в таких компаниях как Intel, Siemens, Samsung и многих других для развития инновационной деятельности и решения изобретательских задач.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) – технология инноваций, при которой процесс творчества управляем, а не хаотичен. Эта технология позволяет решать творческие задачи, используя специальные законы, методы, правила и инструменты. Применение ТРИЗ развивает творческое (изобретательское) мышление, качества творческой личности, дает возможность смотреть на вещи и явления по-новому, находить нетривиальные, принципиально новые решения высокого уровня, что повышает эффективность творческого труда.

Г. С. Альтшуллер проанализировал десятки тысяч патентов и сформулировал **основные постулаты ТРИЗ:**

1. Техника развивается закономерно. При решении задач и развитии систем необходимо использовать законы развития технических систем.
2. Любую изобретательскую задачу можно классифицировать и в соответствии с видом задачи выбрать вид решения.
3. Для решения сложных изобретательских задач необходимо выявить и разрешить противоречие, находящееся в глубине задачи.

Постулаты ТРИЗ указывают на принципиальное отличие изобретательского мышления от рутинного. При рутинном мышлении ищется компромисс, т. е. улучшение одних параметров за счет ухудшения других. В изобретательском мышлении выявляют противоречие, лежащее в глубине задачи. Углубляя и обостряя противоречие, определяют первопричины, породившие данное противоречие. Разрешая противоречие, получают результат практически без недостатков.

Задача, содержащая противоречие, может быть решена либо нахождением компромисса между противоречивыми характеристиками системы, либо определением путей устранения противоречия. Первый путь типичен для конструкторских решений, второй – для решений изобретательских. Таким образом, изобретательская задача – это такая техническая задача, которая содержит техническое противоречие, неразрешимое известными техническими средствами и знаниями, причем условия задачи исключают компромиссное решение. Если техническое противоречие преодолено – изобретательская задача решена, получено изобретение. Появление новых изобретений – основная форма развития техники и качественного повышения ее уровня. Известные технике средства и знания следует отличать от средств и знаний, известных науке. Например, в науке известен эффект исчезновения

магнитных свойств вещества при нагреве выше точки Кюри. Однако первое использование этого эффекта для автоматического поддержания определенной температуры системы является изобретением. Оно повышает уровень технических знаний: в технику входит новая идея управления температурой (и другими связанными с ней характеристиками) не с помощью сложных и ненадежных устройств, а самим веществом системы. Изобретательские задачи бесконечно многообразны, но всем им присуща неопределенность условий. Даже в тех случаях, когда задачу формулируют, казалось бы, достаточно конкретно, некоторая неопределенность остается. Например, задачу ставят так: для такой-то цели надо улучшить работу такого-то механизма. Может, однако, оказаться, что для достижения цели, указанной в условиях задачи, необходимо улучшить совсем другой механизм или вообще иную техническую систему. Да и сама цель может быть полностью изменена в ходе решения. В школе и вузе будущий инженер привыкает к тому, что условиям задачи следует безоговорочно доверять. Если в условиях сказано, что даны А и Б и надо найти X, то это значит, что найти надо именно X и что приведенные данные (А и Б) достоверны и вполне достаточны. В изобретательской задаче все иначе: в процессе решения может выясниться, что найти надо не X, а Y, и для этого нужны не А и Б, а В и Г. Поэтому первые встречи с изобретательскими задачами порождают недоумение и неуверенность в том, правильно ли они сформулированы, конкретно ли поставлены и т. д. На самом деле правильно сформулированных изобретательских задач не бывает. Если абсолютно правильно сформулировать изобретательскую задачу, она перестанет быть задачей, ее решение будет очевидным или же станет ясно, что задача нерешима при данном уровне науки и техники. Процесс решения изобретательской задачи и состоит в многократном переформулировании и постепенном углублении ее условий. Задача вновь и вновь перестраивается, становясь все более и более правильной, и, наконец, после очередной перестройки появляется очевидный ответ. Неопределенность изобретательских задач обусловлена природой техники. Техника – это сложная иерархическая система. Технические системы низшего ранга входят в состав систем более высокого ранга, а те в свою очередь входят в системы еще более высокого ранга и т. д. В табл. 1.1 приведена одна из важных схем иерархии технических систем.

Ранги в этой таблице крупные, каждый из них можно разделить на несколько более мелких. Однако и по этой таблице видно, сколь высока иерархическая лестница технических систем. Характеристики технической системы любого ранга в принципе зависят от влияния характеристик технических систем всех других рангов, как «вышестоящих», так и «нижестоящих».

Таблица 1.1

Схема иерархии технических систем

Ранг	Название системы	Пример	Аналоги в природе
15	Однородное вещество	Химически чистое железо	Простое вещество (кислород, азот)
14	Неоднородное вещество	Сталь	Смеси, растворы (морская вода, воздух)
13	Однородная деталь (при разделении)	Проволока, ось, балка	Углеродная цепь –C–C–C–C–C–C
12	Неоднородная деталь (при разделении образует неодинаковые части)	Винт, гвоздь	Несимметричная углеродная цепь –C–C–C–C–C–C
II	Пара деталей	Винт и гайка, ось и колесо	Молекула, образованная разными радикалами
10	Узел	Ось и два колеса (появляется новое свойство – способность качения)	Сложные молекулы, полимеры
9	Однородный механизм (совокупность узлов, позволяющая изменить энергию и вещество, не меняя их вида)	Винтовой домкрат, тележка, парусное оснащение, часы, трансформатор, бинокль	Молекула гемоглобина, способная транспортировать кислород
8	Неоднородный механизм (совокупность узлов, позволяющая осуществлять перевод энергии и вещества одного вида в другой)	Электростатический генератор, двигатель внутреннего сгорания	Молекулы ДНК, РНК. АТФ
7	Машина	Локомотив, автомобиль, самолет	Клетка

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

Взаимное влияние очень сильно на дистанциях в 1–2 ранга и, естественно, значительно слабее на дальних дистанциях, однако в той или иной мере оно всегда сохраняется. Этот факт имеет принципиальное значение для теории решения изобретательских задач. Изобретательская задача чаще всего возникает вследствие появления потребности в улучшении той или иной характеристики конкретной технической системы. Формулировка задачи оказывается привязанной к системе определенного ранга, и изобретатели пытаются решить задачу путем изменения системы, указанной в условиях задачи. Между тем во многих случаях менять надо систему совершенно иного ранга – более высокого или более низкого (как в медицине: если болит голова, то совсем не обязательно лечить надо голову). Бывают ошибки и противоположного характера: изменяется система, значительно удаленная по шкале рангов от данной, хотя для решения достаточно изменить именно ее. Положение осложняется еще и тем, что реальные технические системы обычно включают много систем одного и того же ранга.

Так, двигатель внутреннего сгорания (система 8-го ранга) состоит из десятков однородных механизмов (систем 9-го ранга) и сотен узлов, пар и деталей (систем 10–13 рангов). Если, например, перегревается какой-то механизм, не обязательно изменять именно

его: решение задачи может заключаться в изменении всей системы, одного из механизмов или же узла, пары, детали. Так возникает неопределенность: какой бы объект не назывался в задаче, всегда кроме него существует множество других, каждый из которых может оказаться «очагом» возникновения задачи, а поскольку все эти объекты могут быть изменены множеством способов, общее количество вариантов, среди которых находится единственно нужный, чрезвычайно велико даже для задачи средней трудности. На практике число подлежащих рассмотрению вариантов сокращают, руководствуясь здравым смыслом, опытом и т. д. Такая тактика вполне оправдана при решении несложных задач, но уже при решении задач средней трудности здравый смысл и опыт чаще всего не приводят к компромиссному решению, а если приходится работать со сложной задачей, то они, как правило, и вовсе ведут в тупик. Системная природа техники осложняет решение задач и в тех случаях, когда произведен правильный и точный выбор объекта, подлежащего изменению. Всякое изменение выбранного объекта сказывается (чаще всего отрицательно) на других объектах, на подсистеме, в которую входит объект, и на подсистемах, из которых он состоит. Возникают технические противоречия: выигрыш в одном сопровождается проигрышем в чем-то другом. Поэтому для решения изобретательской задачи недостаточно улучшить ту или иную характеристику объекта – необходимо, чтобы это улучшение не сопровождалось ухудшением в иерархии систем. С точки зрения науки о технике преодоление противоречия – обязательный признак изобретения. Но с юридических позиций изобретениями признаются и многие конструкторские и даже просто технические решения.

Например, по авторскому свидетельству (а. с.) № 427423 задача определения давления газа внутри лампы накаливания решена так: лампу разбивают, газ выпускают в мерный сосуд и измеряют давление. Чтобы точно проконтролировать давление газа в партии изготовленных ламп, надо разбить их как можно больше (в идеале – все лампы), а чтобы сохранить лампы, их, естественно, не надо бить (в идеале необходимо, чтобы уцелели все лампы). Противоречие не устранено, налицо даже не конструкторское, а тривиальное техническое решение. Однако юридически оно признано изобретением. На такого рода «неизобретательские изобретения» выдается значительная часть патентов и авторских свидетельств, хотя эти изобретения и не расширяют возможности техники, не повышают уровень технических знаний. Патентная охрана «неизобретательских изобретений» обусловлена причинами исторического и экономического характера. Патентное право начиналось с выдачи привилегий на торговлю тем или иным видом товара. Цель состояла в создании условий, обеспечивающих получение прибыли от торговли, а совсем не в регистрации творческих достижений. И до сих пор в патентном праве на первом месте стоят коммерческие интересы. Так, в выдаче патента будет отказано, если суть изобретения, хотя

бы и гениального, была изложена в статье или в книге до подачи заявки. Мотивируется это тем, что после публикации предприниматели уже могли вложить средства в реализацию изобретения и выдача патента обесценила бы эти капиталовложения.

1.5. Изобретательская ситуация. Изобретательская задача

Если в описании присутствует проблемность, то есть можно выявить нежелательные особенности, недостатки, то получаем изобретательскую ситуацию. В изобретательской ситуации (ИС) фиксируется не только описание важного фрагмента действительности, но и критическое отношение к нему. В ситуации выявляются нежелательные эффекты (НЭ), то есть вредные явления, ухудшающие важные потребительские качества рассматриваемой технической системы. Указание на НЭ позволяет задать цели дальнейшего совершенствования описанных в ситуации объектов или процессов.

Изобретательская ситуация – это ситуация с выделенными в ней недостатками (нежелательными эффектами).

Нежелательный эффект – вредное явление, ухудшающее какое-либо потребительское качество системы.

Примеры изобретательских ситуаций.

–В комнате стоит шкаф. В нем хранятся вещи. Из-за плотного размещения поиск нужной вещи внутри шкафа затруднен.

–Постукивая на стыках рельс, движется поезд, перевозящий пассажиров. Шум колес и вибрация вагонов мешают пассажирам.

–При резком торможении автомобиля в его кузове произошло перемещение перевозимых грузов. Это перемещение привело к смещению центра тяжести автомобиля, а также к повреждению наружной оболочки грузов.

Изобретательская ситуация возникает при предъявлении к объектам или процессам требований, которые на данный момент не могут быть выполнены. Пока таких требований нет, нет и ИС. Меняя требования к происходящему в описанной ситуации, можно обнаруживать в ней различные нежелательные эффекты. Их выявление позволяет получать различные ИС. Например, для одной из рассмотренных выше ситуаций (в комнате стоит шкаф, в нем хранятся вещи) могут быть заданы различные НЭ:

- Затруднен поиск нужной вещи внутри шкафа.
- Шкаф занимает много места.
- Дверцы шкафа скрипят.

– При открывании шкафа внутрь попадает воздух, который несет с собой пыль, загрязняющую хранимые вещи.

– Вещи, висящие в шкафу, мнутся при контакте друг с другом.

Изобретательская задача. Для получения изобретательской задачи (ИЗ) достаточно объединить описание ситуации, нежелательный эффект и цель, которую надо достичь. При описании ИЗ могут быть указаны и ограничения на используемые при решении средства.

Например. При движении поезда взаимодействие колес и стыков рельс приводит к вибрации вагонов. Стук колес и вибрация мешают пассажирам. Для повышения комфортности пассажиров необходимо устранить в вагонах шум и вибрацию. Переходить к бесстыковому рельсовому пути слишком дорого.

Изобретательская задача представляет собой описание ситуации с указанием нежелательного эффекта, цели, которой необходимо достичь, и ограничений на способы достижения этой цели.

Сложность задачи во многом определяется тем, с каким количеством ограничений приходится иметь дело. Предельным случаем увеличения количества ограничений будет требование получить желаемый результат без каких-либо существенных изменений в исходной системе. В таком случае в ТРИЗ принято говорить, что необходимо решить мини-задачу.

Мини-задача – это изобретательская задача, в условиях которой специально оговорена необходимость добиться требуемого результата без внесения существенных изменений в исходную систему.

Пример. При движении поезда взаимодействие колес и стыков рельс приводит к вибрации вагонов. Стук колес и вибрация мешают пассажирам. Для повышения комфортности пассажиров необходимо устранить в вагонах шум и вибрацию. Переходить к бесстыковому рельсовому пути слишком дорого. Габариты вагонов, их внутренний полезный объем и грузоподъемность, а также используемый способ амортизации не должны быть изменены.

Пример формулирования изобретательской задачи в реальной ситуации. Как правило, при совершенствовании техники первоначально приходится иметь дело с весьма расплывчато описанными изобретательскими ситуациями. Вот один конкретный случай из практики специалистов по ТРИЗ. Фирма осваивала производство косметических средств на основе измельченных пантов – молодых отростков рогов северного оленя, содержащих ценные вещества. Технология дробления пантов такова: предварительно измельченное сырье поступает в специальную вихревую дробилку (емкость, в которой создан устойчивый воздушный вихрь). Туда же направляют дополнительные мелющие тела – мелкие

ферромагнитные частицы. Они также летают в воздушных вихрях и, сталкиваясь с частичками пантов, измельчают их. Кроме того, в дробилке создают переменное магнитное поле. Под его действием магнитные частицы совершают колебания вокруг траектории своего движения. Таким образом панты измельчаются до величины 1–50 микрон. После завершения процесса измельчения ферромагнитные частички отделяют в магнитном сепараторе. Выяснилось, что некоторые ферромагнитные частицы так сцепляются с измельченными частичками пантов, что их невозможно отделить магнитом. Это плохо, ферромагнитный порошок загрязняет готовый продукт. Итак, основной недостаток связан с тем, что вредный для человека ферромагнитный порошок попадает в готовую продукцию. Это изобретательская ситуация, расписанная довольно подробно. Пока не поставлены цель и ограничения, переход к изобретательской задаче еще не выполнен. Цели конкретной задачи могут быть различными. Может быть, надо совершенствовать вихревую дробилку, чтобы измельчать продукт без дополнительных мелющих тел, или заняться разработкой способа получения микрочастичек железа с поверхностью, не пристающей к пантам. А возможно, надо создать такие сильные магнитные поля, в которых обязательно произойдет отделение металла от измельченного сырья. Какую цель выбрать? Прежде всего нужно сформулировать мини-задачу, так как ее решение наиболее выгодно для производства – не надо закупать новое оборудование, перестраивать технологический процесс. Сформулируем мини-задачу: избавиться от нежелательного эффекта – попадания частичек мелющих тел в готовый продукт. При этом технологический процесс необходимо оставить без изменений (или почти без изменений). Специалист по ТРИЗ описывает задачу в максимально обостренной форме – с помощью противоречия. В данном случае было выбрано такое противоречие: частицы мелющих тел не должны оставаться в готовом продукте, чтобы не загрязнять его вредными для человека веществами, и должны оставаться в готовом продукте, чтобы не усложнять процесс изготовления. Формулировка минизадачи, содержащая противоречие, – уже серьезная подсказка для специалиста. Разрешение противоречия – стандартная процедура в ТРИЗ. Вводимые в дробилку частицы должны быть мелющими телами, чтобы улучшить измельчение, и они должны быть элементами готового продукта, то есть нужно заменить железные частицы безопасными (или даже полезными) для потребителя мелющими телами, которые можно оставить в составе готового продукта.

Последовательность действий при постановке ИЗ: 1. Описываем исходную ситуацию. 2. Формулируем ИС: в исходной ситуации выявляем проблемную часть – нежелательные эффекты. 3. Ставим ИЗ: определяем цели дальнейших улучшений и ограничения, которые необходимо учесть.

1.6. Уровни изобретений

В процессе анализа патентного фонда Г. С. Альтшуллер понял, что изобретения имеют разные уровни. Он решил разделить их на 5-ть уровней. Так как изобретение – это конечный результат решения определенной задачи, то в дальнейшем будем говорить об уровнях решения задачи. Альтшуллер также называл их уровнями творчества. Приведем классификацию уровней творчества, предложенную Г. С. Альтшуллером.

Первый уровень – самый низкий, а пятый самый высокий. Как правило, используя «Метод проб и ошибок» получают решения первого, реже второго уровня. Чем выше уровень решения, тем больше проб нужно совершить. Уровень решения определяется по степени оценки этапов творческого процесса. Г. С. Альтшуллер описывал следующие этапы:

- А. Выбор задачи.
- Б. Выбор поисковой концепции.
- В. Сбор информации.
- Г. Поиск идеи решения.
- Д. Развитие идеи в конструкцию.
- Е. Внедрение.

Сегодня можно говорить о еще одном очень важном этапе инновационного процесса – это сбыт, под которым понимается все аспекты маркетинга, например, реклама и количество продаж.

Наиболее характерные черты уровней изобретений:

- 1-й уровень: использование готового объекта без выбора или почти без выбора;
- 2-й уровень: выбор одного объекта из нескольких;
- 3-й уровень: частичное изменение выбранного объекта;
- 4-й уровень: создание нового объекта (или полное изменение исходного);
- 5-й уровень: создание нового комплекса объектов.

Решение 1-го уровня, при использовании метода проб и ошибок получают достаточно быстро, практически первое из пришедших на ум. Как правило, затрачивают не более 10 проб. Это решение известной задачи, с применением известной поисковой концепции, используя имеющуюся у нас известную информацию. При этом опираются на готовое решение (испытанная технология, существующая конструкция).

Решение 2-го уровня – использование до 100 проб. Выбирается одна из нескольких задач, которая решается одной из нескольких концепций, собирается информация

из нескольких источников информации, выбирается одно из нескольких решений (одна из нескольких технологий, одна из нескольких конструкций).

Решение 3-го уровня – использование до 1000 проб. Изменена исходная задача, поисковая концепция изменена применительно к условиям задачи. Собранные информация изменена применительно к условиям задачи, изменено известное решение (изменена известная технология и / или конструкция).

Решение 4-го уровня – использование тысяч, десятков тысяч и, до 100 000 проб. Найдена новая задача, найдена новая поисковая концепция, получены новые данные, относящиеся к задаче, найдено новое решение (новая технология и / или новая конструкция).

Решение 5-го уровня – использование более сотен тысяч и миллионов проб. Количество проб может быть бесконечным. Это уровень пионерских решений (автомобиль, радио, телевизор, компьютер и т. д.) или открытия (квантовая теория, полупроводники, пенициллин, клонирование и т. д.).

Г. С. Альтшуллер проанализировал изобретения за 1965 и 1969 годы. Анализ дал следующее соотношение:

1-й уровень – 32%;

2-й уровень – 45%;

3-й уровень – 19%;

4-й уровень – менее 4%;

5-й уровень – менее 0,3%.

Пример на одном объекте всех пяти уровней решений.

Объект: Указка.

1-й уровень. В качестве указки использовали обычную палку – ветку дерева. Использовано готовое решение и готовая конструкция из природы, которую и внедрили.

2-й уровень. Длинная палка тяжелая. Ей неудобно указывать. Противоречие: указка должна быть длинная, чтобы указывать, и короткая, чтобы было не тяжело ей указывать. Решение. Указку к концу делают тоньше. Выбрана одна из нескольких задач – сделать указку легче. Можно было бы развивать физические усилия человека или использовать приспособления для держания указки, а человек только бы перемещал ее. Выбрана одна из нескольких поисковых концепций – уменьшения веса за счет убирания материала от рукоятки к концу указки. Могут быть и другие концепции, например, замена материала указки на более легкий или сделать указку полый. Стадии А и Б пройдены на 2-ом уровне.

3-й уровень. Необходимо сделать указку легко переносимой. Для этого она должна быть маленькой. Противоречие: указка должна быть длинная, чтобы указывать, и короткая, чтобы было легко переносить. Решения. 1. Сделать указку разборной и скреплять ее

на месте, например, с помощью винтов. На это требуется много времени и сил. 2. Можно сделать указку складной, как метр. 3. Наилучшее решение сделать указку телескопической. Изменена исходная задача. Сначала была задача сделать указку легче. Изменено известное решение. Вместо разборной указки ее сделали телескопической. Применен геометрический эффект. Стадии А и Г пройдены на 3-ом уровне.

4-й уровень. Желательно, чтобы можно было пользоваться указкой на расстоянии 3–20 м. Такая указка должна быть очень прочной и легкой, что не может обеспечить механическая указка. Необходимо переходить к принципиально другому способу указывания. Решение. Использовать луч лазера. Лазерный луч получают с помощью лазерного диода. Найдена новая задача. Указывать с больших расстояний. Найдено новое решение. Использован не обычный лазер, а лазерный диод. Создана новая конструкция. Такой конструкции не существовало раньше. Стадии А, Г и Д пройдены на 4-ом уровне.

Другая возможность – виртуальная указка (отсутствующая указка). Указка должна исчезнуть, а возможность указывать остается. Решение. Используются возможности компьютера. Например, указывать можно с помощью курсора мышки. Такая указка может указывать на любом расстоянии. Расстояние зависит только от возможностей передачи изображения. Могут использоваться Интернет, спутники, средства космической передачи и т. д. Найдена новая задача. Указывать с больших расстояний. Найдено новое решение. Использован компьютер и его возможности (например, мышка). Стадии А и Г пройдены на 4-ом уровне.

5-й уровень. Лазер и компьютер. Лазер и компьютер – это примеры пионерских решений. Лазер был изобретен на основе открытий.

1.7. Функции ТРИЗ

Основные функции ТРИЗ:

1. Решение творческих и изобретательских задач любой сложности и направленности без значительного перебора вариантов.
2. Прогнозирование развития технических систем (ТС) и получение перспективных решений (в том числе и принципиально новых).
3. Развитие творческих качеств человека (творческого воображения и мышления, качеств творческой личности, развитие творческих коллективов).

ТРИЗ позволяет:

- выявить и устранить «узкие места»;
- снизить себестоимость изделий и технологий;

- повысить потребительские качества изделий;
- выявить и устранить причины брака и аварийных ситуаций и т. д.

1.8. Использование инструментов ТРИЗ

При прогнозировании развития техники, поиске и выборе задач, оценке полученного решения используются система законов развития техники, системный подход, система стандартов на решение изобретательских задач и вепольный анализ.

Для развития творческого воображения могут использоваться все элементы ТРИЗ, но основной упор делается на методы развития творческого воображения.

Решение изобретательских задач осуществляется с помощью законов развития технических систем, информационного фонда, вепольного анализа, АРИЗ и, частично, с помощью методов развития творческого воображения.

С помощью ТРИЗ решаются стандартные и нестандартные типы задач. Под стандартным (известным) для ТРИЗ типом задач понимается задача с известным типом противоречия, а нестандартным (неизвестным) – задачи с неизвестным типом противоречия. Стандартные (известные) типы изобретательских задач решаются с использованием информационного фонда, а нестандартные (неизвестные) – применением АРИЗ. По мере накопления опыта решения класс известных типов задач пополняется и структурируется. Классификация задач осуществляется при помощи таблицы использования основных приемов устранения технического противоречия, вепольного анализа и функционального подхода.

Разработаны компьютерные программы, основанные на ТРИЗ. Они обеспечивают интеллектуальную помощь инженерам и изобретателям при решении изобретательских задач.

1.9. Изобретательское мышление

Качества изобретательского мышления. Высшая стадия овладения ТРИЗ – это выработка навыков изобретательского мышления. Навыки изобретательского мышления состоят из нескольких составляющих (качеств):

1. Системное мышление.
2. Эволюционное мышление.
3. Мышление через противоречия.
4. Мышление через ресурсы (ресурсное мышление).
5. Мышление по моделям.

6. Развитие творческого воображения (РТВ).

Под системным мышлением понимается умение видеть составные части системы, ее элементы, иерархию системы, взаимовлияние элементов системы и системы с надсистемой и окружающей средой, учет изменений во времени и по условию, историческое развитие, цепочку по постановке цели, выявления потребностей, построение функциональной модели, дерева принципов действия, системный уровень.

Эволюционное мышление имеет две составляющие: а) Выявление закономерностей развития (трендов) в любых явлениях, например, как это делается в тестах на логику или IQ (например, последовательность: треугольник, квадрат, пятиугольник... что дальше?). б) Использование законов развития систем для развития конкретной системы.

Мышление через противоречия – предусматривает выявление и разрешение противоречий.

Ресурсное мышление – это умение выявлять и использовать ресурсы.

Моделирование – это умение решать задачи с помощью моделирования. Моделирование с помощью веролей, компонентно-структурное и функциональное моделирование. Помимо различных методов мыслительного моделирования необходимо использовать различные виды математического и компьютерного моделирования.

РТВ нацелено на управление психологической инерцией. Для развития творческого воображения используются все известные приемы и методы. Можно развивать также другие виды воображения: зрительное, слуховое, обонятельное, вкусовое, тактильное (осозательное). Эти виды воображения в отдельности или комплексно могут значительно расширить творческое воображение человека.

Изобретательское мышление развивается с помощью постоянного применения каждого из описанных видов. Системное мышление развивается использованием системного подхода:

- умения видеть иерархию систем;
- взаимосвязи и взаимовлияния отдельных частей системы на систему, системы на надсистему и окружающую среду, обратное взаимодействие;
- учет любых изменений во времени и по условию, вызванных влиянием и взаимовлиянием;
- историческое развитие;
- постановка целей;
- выявление и прогнозирование потребностей;
- построение функциональной модели;
- выявление принципа действия системы;

- построение структурной и потоковой модели;
- определение работоспособности и конкурентоспособности системы.

Эволюционное мышление развивается выявлением закономерностей в различных явлениях, системах, процессах, последовательностях и использованием законов развития систем для прогнозирования развития этих систем.

Мышление через противоречия развивается выявлением и разрешением противоречий. Ресурсное мышление развивается выявлением и использованием ресурсов. Моделирование развивается построением мысленных, компьютерных и вещественных моделей для решения определенных задач. Творческое воображение развивается с помощью специальных приемов и методов РТВ, чтения научной фантастики и оценки научно-фантастических произведений.

1.10. ТРИЗ в мире

ТРИЗ все больше завоевывает мир. Созданы компании, занимающиеся ТРИЗ. Помимо стран бывшего СССР, ТРИЗ распространена в США, Канаде, странах Европы, в Израиле, Австралии, Японии, Южной Корее, странах Юго-Восточной Азии и Южной Америки. Курс ТРИЗ читается в ряде университетов России, США, Канады, Франции, Англии, Германии, Швейцарии, Австралии, Израиля, Японии и Южной Кореи. ТРИЗ изучают инженеры и ученые, студенты университетов различных специальностей и школьники всех возрастов.

Наиболее распространена консультационная деятельность для промышленных компаний в форме решения производственных и научных задач, получения перспективных решений и обучения сотрудников ТРИЗ. ТРИЗ используют ведущие компании мира (Samsung, Intel, General Electric, LG, Motorola, General Motors, Ford, Boeing, NASA, Rockwell, Xerox, Gillette, Procter & Gamble, Johnson & Johnson, Phillips, Bosch-Siemens, Hewlett-Packard и т. д.). Созданы кафедры и лаборатории ТРИЗ в университетах, защищаются диссертации по ТРИЗ и с использованием ТРИЗ. Ученики и последователи автора ТРИЗ, Г. С. Альтшуллера, живут и работают во многих странах. Они продолжают развивать ТРИЗ, применяя ее на практике и добиваясь впечатляющих результатов. ТРИЗ справедливо считают наукой XXI века. Создана и успешно работает Международная Ассоциация ТРИЗ (МА ТРИЗ), президентом которой до последнего дня своей жизни был Г. С. Альтшуллер. Действует Европейская Ассоциация ТРИЗ (ETRIA). В США работает Институт Альтшуллера (The Altshuller Institute). Создан Саммит разработчиков ТРИЗ, целью которого является объединение специалистов, занимающихся развитием теории и методики. Саммит проводит ежегодные встречи, где обсуждаются наилучшие научные разработки по развитию ТРИЗ. Имеются региональные Ассоциации ТРИЗ в странах бывшего СССР, США, Франции,

Италии, Австрии, Израиле, Австралии, Южной Кореи, Тайване, Латинской Америки и в других странах.

Самостоятельная работа

Контрольные вопросы

1. Какое место занимает изобретательство в инженерной деятельности?
2. Что такое метод «проб и ошибок»? Его достоинства и недостатки?
3. Что такое психологическая инерция? Расскажите о природе психологической инерции. Какие виды психологической инерции вы можете привести?
4. Кто автор ТРИЗ?
5. Перечислите постулаты ТРИЗ.
6. Характерные особенности изобретательской ситуации и изобретательской задачи. Приведите примеры ИС и ИЗ.
7. Опишите уровни изобретений. Опишите этапы творческого процесса. Опишите характерные черты для каждого из уровней изобретения. Приведите примеры на каждый из уровней изобретения.
8. Опишите качества изобретательского мышления.

Упражнения и задания

1. Приведите примеры психологической инерции. Покажите возможность преодоления каждого из видов психологической инерции.
2. Приведите примеры изобретений разных уровней (можно по бюллетеню изобретений). Объясните, почему то или иное изобретение отнесено к определенному уровню.

Практическая работа 1. Анализ особенностей изобретательских задач

Цель: на примерах рассмотреть особенности изобретательских задач, показать возможные варианты анализа изобретательских задач разного уровня, решить задачи методом проб и ошибок, продемонстрировав вектор психологической инерции.

Задание 1. Выявить особенности изобретательской ситуации и изобретательской задачи.

А. Сформулировать изобретательскую задачу:

- предложить различные идеи решения;
- определить к каким группам иерархии технических систем эти идеи относятся;
- после обсуждения выбрать идею, которая рекомендуется в первую очередь;
- сформулировать изобретательскую задачу.

Задача 1. При выплавке чугуна в домнах образуется расплавленный шлак (температура около 1000°C), который сливают в ковши, установленные на железнодорожных платформах, и увозят на шлакоперерабатывающие установки. Шлак, залитый в ковш, охлаждается, на его поверхности появляется твердая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке с помощью специального копрового устройства пробивают два отверстия. Однако отверстия эти приходится делать не у самого края ковша, поскольку ковш имеет конусную форму и шлак может находиться на разных уровнях (корка шлака имеет разную толщину). В результате затвердения часть шлака остается в ковше, его неполный слив приводит к потерям примерно одной трети шлака. Приходится сооружать специальные эстакады, где выбивают затвердевший в ковшах шлак, сливают остатки жидкого, охлаждают водой, грузят на самосвалы и увозят в отвалы, громоздящиеся вокруг заводов.

Задача 2. При резком торможении автомобиля в его кузове произошло перемещение перевозимых грузов. Это перемещение привело к смещению центра тяжести автомобиля, а также к повреждению наружной оболочки грузов.

Задача 3. Имеются парники. Крыша каждого парника представляет собой плоскую застекленную (или обтянутую пленкой) металлическую раму. При повышении внешней температуры (допустим, выше 25°C) надо для проветривания приподнимать одну сторону рамы (на 30°). Если температура ниже 15°C , парники обязательно должны быть закрыты. В течение дня температура может несколько раз повышаться и понижаться. Приходится следить за колебаниями температуры и вручную поднимать и опускать многочисленные рамы.

Б. Расположить предложения по решению проблемы в порядке убывания ценности, дать обоснование полезности двух наиболее ценных предложений.

На предприятии имелся парк резервуаров для хранения нефтепродуктов. Налицо потери нефтепродуктов вследствие испарения. Известны способы хранения, по которым поверхность нефти прикрывают различными плавающими экранами. Однако использование таких экранов наталкивается на противоречие. Если зазор между экраном и стенками резервуара мал, то и испарение нефти мало, но стенки, деформируясь под действием меняющихся нагрузок, мешают свободному движению экрана. Если же зазор велик, то экран передвигается свободно, но и нефть имеет возможность испаряться. При обсуждении проблемы были высказаны следующие мнения:

- заключить с НИИ хоздоговор на решение этой проблемы,
- укрепить стенки резервуара, чтобы они не деформировались, и использовать известные конструкции экранов,
- разработать систему охлаждения резервуаров,
- построить систему улавливания паров нефти,
- сделать резервуары герметичными, способными выдерживать повышенное давление паров нефти,
- пригласить пожарную команду,
- проконсультироваться с химиками,
- разработать экраны с гибкими («притирающимися») стенками.

Задание 2. Анализ технических задач 1-го уровня.

Выполнить анализ задач. Предложить варианты решения, обосновав выбор окончательного варианта ответа. Сформулировать признаки задач 1-го уровня.

Задача 1. Имеется печь, в которой находится расплавленный металл. В центральную зону печи подведен трубопровод для жидкого кислорода. Что нужно сделать, чтобы кислород, идущий по этой трубе, не газифицировался вплоть до выхода в металл?

Задача 2. В трубе движется жидкость. Для очистки жидкости на первых циклах нужен керамический фильтр. Выполнен он в виде плоского круглого диска. После очистки жидкости фильтр бесполезно увеличивает гидравлическое сопротивление системы. Как избежать этого?

Задача 3. Дуга мешает электросварщику наблюдать за процессами, происходящими в зоне сварки. Свет дуги «забивает» менее яркие детали (капли металла и т. д.). Как быть?

Задание 3. Анализ технических задач 2-го уровня.

Предложить варианты решения задачи. Выполнить анализ вариантов. Сделать выводы о необходимости изменения конструкции для решения задачи. Сформулировать признаки задач 2-го уровня.

Задача 1. В задачу 3 задания 2 вводятся дополнительные требования. Дуга мешает электросварщику наблюдать за процессами, происходящими в зоне сварки. Свет дуги «забивает» менее яркие детали (капли металла и т. д.). Надо улучшить условия наблюдения без существенного усложнения аппаратуры и снижения производительности.

Задача 2. В трубе, по которой движется газ, установлена поворотная заслонка. Иногда температура газа неконтролируемо меняется (повышается на 20–30°). С повышением температуры уменьшается плотность газа, падает количество газа, проходящего через трубу

в единицу времени. Нужно обеспечить постоянный расход газа (для каждого угла поворота заслонки).

**Задание 4. Рассмотреть примеры технических задач 3-го, 4-го и 5-го уровней.
Сформулировать признаки таких задач.**

Пример изобретений третьего уровня:

Винтовая пара, состоящая из винта и гайки, отличающаяся тем, что с целью предупреждения износа их поверхности путем устранения трения между ними во время работы винт и гайка расположены с зазором, сохраняемым во время работы, в их резьбе уложены обмотки для создания электромагнитного поля, обеспечивающие поступательное движение гайки относительно винта (А. с. № 154459). Винтовая пара осталась, но она сильно изменена по сравнению с прототипом.

Примером изобретения четвертого уровня может служить новый способ контроля износа двигателя. Раньше контроль износа вели, время от времени отбирая пробы масла и определяя содержание в них металлических частиц. По а. с. № 260249 предложено добавлять в масло люминофоры и по изменению свечения (мелкие частицы металла гасят свечение) непрерывно контролировать концентрацию частиц металла. Исходный способ изменен полностью. Используемый физический эффект менее известен, чем в предыдущем изобретении. Найденная идея шире запатентованного способа контроля износа: по гашению люминесценции можно контролировать появление металлических частиц и в других случаях.

Задача 5-го уровня. Нужно предложить подземоход, способный передвигаться в земной коре со скоростью до 10 км/ч при запасе хода в 300–400 км.

Задание 5. Применение метода проб и ошибок.

Изучить описание приведенного ниже примера. Сделать выводы о потерях, обусловленных применением метода проб и ошибок

Ежемесячно в нашей стране выпускают около 300 млн. штук фаянсовой посуды. После первого обжига изделия делят на три группы, каждую из которых затем вторично обжигают по своей технологии. Сортировку ведут по звуку: работница берет тарелку, ударяет ее металлическим молоточком и в зависимости от тональности звука кладет тарелку на одну из трех позиций. Такая сортировка – труд чрезвычайно монотонный и тяжелый. Естественно, возникла изобретательская задача: надо избавиться от ручного труда. И вот группа изобретателей разрабатывает... «рукастый» автомат. Одна рука автомата хватается тарелку, другая ударяет молоточком: звуковые колебания воспринимаются микрофоном, анализируются... словом, полностью скопированы действия человека. В истории техники

есть множество примеров – весельный пароход, шагающий паровоз, «рукастая» швейная машина, иллюстрирующих правило: нельзя механически копировать действия человека. «Рукастая» сортировочная машина была построена, ее попытались внедрить... и обнаружили массу недостатков. Машина резко повысила процент боя посуды; грубые манипуляторы машины были лишь внешней копией человеческой руки, которая на самом деле есть часть системы «рука – мозг». Машину не внедрили; деньги, затраченные на ее создание, оказались чистым убытком.

Контрольные вопросы

1. Для задач каждого уровня дайте ответы на три вопроса:

А. Условие задачи содержит противоречие?

Б. Средства решения находятся в пределах одной узкой специальности, в другой отрасли, в науке, за пределами современной науки?

В. Сколько вариантов необходимо рассмотреть, перебрать, чтобы решить задачу?

2. Каково соотношение между числом изобретений разных уровней? Поясните ответ.

3. Предложите пути интенсификации процесса решения технических задач.

4. Какого уровня получают решения, используя «Метод проб и ошибок»?

Раздел 2. Методы активизации поиска решения задач

2.1. Метод фокальных объектов

2.2. Морфологический анализ

2.3. Мозговой штурм

2.4 Синектика

2.5. Метод контрольных вопросов (МКВ)

Самостоятельная работа

Практическая работа 2. Применение технологии решения изобретательских задач на основе интенсификации метода проб и ошибок

Существуют две принципиально отличные возможности перехода к новой технологии решения изобретательских задач:

– интенсифицировать метод проб и ошибок, используя различные приемы для более активного генерирования вариантов;

– выявить законы развития технических систем и применить для выявления и решения изобретательских задач.

Первый путь сохраняет и углубляет метод проб и ошибок, второй полагает необходимым замену перебора вариантов точными операциями, основанными на знании законов развития технических систем.

Следует отметить, что способом выживания людей всегда была генерация идей. И вопрос: «Как придумать?» волновал человечество во все исторические периоды, начиная с первобытного человека. Сегодня люди также сталкиваются с большим числом нерешенных проблем и вопросы: «Как сделать?», «Что сделать?» остаются весьма актуальными. В связи с этим, далеко не все равно, какую мысль (ответ) мы найдем и сколько времени на это потратим.

На протяжении всей истории человечества и в наше время ищутся, разрабатываются технологии, методики, способы более эффективного генерирования новых идей. Наука о способах организации человеческого мышления с целью поиска новых идей – эвристика.

Первое упоминание о способах организации мышления было у Демокрита, у великого мыслителя Сократа и его учеников – Платона и Аристотеля, создавшего науку о противоречиях – базовую основу для теоретического учения в 19 веке.

Средние века – сюда можно отнести труды Леонарда да Винчи. Например, секрет гениальности человека – это способность просто видеть, созерцать. Что заставляет видеть обычное явление и находить в нем что-то необычное?

Еще необходимо отметить Декарта. Он разработал некоторые эвристические правила. Мышление человека должно быть организовано по правилам (принципам): тезис, антитезис, анализ и синтез. Сначала констатируем факт – главное выделяется, затем ищется противоположное – отрицание, получаем противоречие. Пример, «Волга втекает в Каспийское море», но только говорим, что «Волга вытекает из Каспийского моря» сразу включается мышление, что такого просто не может быть. Но если включить «анализ» – «Может ли действительно вода потечь вверх?», «Какие факторы и причины приведут к возможности течения обратно?» Ваши предложения?

Наибольший рассвет эвристики – конец 19 столетия, когда появились исследования человеческого сознания, когда выделялись процедуры человеческого мозга – память, восприятие, концентрация и др.

Рассмотрим «базовые» методы развития творческого воображения и попутно некоторые их модификации и комбинации.

2.1 Метод фокальных объектов

Любая изобретательская задача прямо или косвенно содержит упоминание о каком-то техническом прототипе – объекте, который необходимо усовершенствовать. С этим прототипом связаны определенные укоренившиеся представления. Так, например, буровая вышка мыслится в виде конструкции, возвышающейся над земной поверхностью, хотя в принципе возможна и «подземная» вышка. Многие неудачные варианты, выдвигаемые при решении задач, характеризуются своей привязанностью к привычным представлениям о прототипе. Поэтому в основе одной из первых попыток повысить эффективность метода проб и ошибок лежала идея искусственного наделения прототипа посторонними признаками. В 20-х гг. профессор Берлинского университета Ф. Кунце предложил «метод каталога»: нужно наугад открыть любой каталог (словарь, книгу, журнал), взять любое слово и «состыковать» с исходным словом (названием прототипа). Например, если прототипом является «фреза», а случайным словом – «снег», то получается сочетание «снежная фреза». Это сочетание можно развить, используя ассоциации: ледяная фреза, холодная фреза, скользкая фреза и т. д.

В 50-е гг. метод был несколько усовершенствован Ч. Вайтингом (США) и получил название метод фокальных объектов (МФО). Из условной задачи выделяют прототип, подлежащий усовершенствованию (фокальный объект), затем наугад выбирают из словаря, книги или журнала 4–6 случайных объектов. Составляется перечень свойств (5–8 наименований) каждого случайного объекта (отсюда и название метода: прототип как бы находится в фокусе линий, идущих от случайных объектов). Полученные сочетания развивают, пользуясь ассоциациями. Среди многих неудачных идей может оказаться и нечто полезное, новое, неожиданное. МФО очень прост, полностью осваивается после одного-двух упражнений. Однако и результаты получаются весьма скромными. Ответы на сложные изобретательские задачи представляют собой сочетания разных изменений прототипа, между тем МФО дает простые (преимущественно одинарные) изменения. Отсюда принципиальная ограниченность метода. В практике обучения теории решения изобретательских задач метод фокальных объектов используют для начальных упражнений по развитию воображения. Одна из современных модификаций МФО, названная методом гирлянд случайностей и ассоциаций, подробно описана Г. Бушем. Приведена задача: «Предложить новые и оригинальные полезные модификации стульев для расширения ассортимента мебельной фабрики». Фокальным объектом, таким образом, является «стул». Прежде всего составляют гирлянду синонимов: стул – кресло – табуретка – пуф и т. д. Затем, как и при обычном МФО, выбирают случайные объекты: электролампочка, решетка, карман, кольцо, цветок, пляж.

Составляют список признаков случайных объектов (электролампочка – стеклянная, свето- и теплоизлучающая и т. д.), после чего получают гирлянду признаков путем присоединения признаков случайных объектов к гирлянде синонимов: стеклянный стул, теплоизлучающее кресло и т. д. Далее образуют гирлянды ассоциаций для каждого из признаков. Обратимся к книге Г. Буша. «Рассмотрим, например, генерирование гирлянды ассоциаций по первому признаку объекта «электролампочка». Этим признаком является эпитет «стеклянная». Гирлянда ассоциаций создается путем постановки вопроса: что напоминает слово «стеклянный»? Ответ может быть, например, стеклянное волокно. Далее задается второй вопрос: что напоминает слово «волокно»? Кому-нибудь это может напомнить плетение, вязание. Аналогично, продолжая поиск элементов гирлянды ассоциаций, можно увеличить длину гирлянды. Вязание может напомнить бабушку, лечащую ревматизм на курортах юга, где от жары можно укрыться в тени или под зонтиком, напоминающим крышу садовой беседки... Гирлянда ассоциаций в этом случае будет выглядеть следующим образом: стекло – волокно – спасение – тень – зонтик – крыша...». К элементам гирлянды синонимов поочередно пытаются присоединить элементы гирлянд ассоциаций: кресло из стекловолокна, вязаный пуф, табуретка для бабушки, кресло для лечения от ревматизма. Полученные сочетания рассматривают, стараясь найти нечто рациональное. «Если в течение короткого времени, – пишет Г. Буш, – можно найти тысячи вариантов решения, то нас вполне удовлетворит положение, при котором хотя бы несколько вариантов будут рациональными». Здесь, однако, допущен принципиальный просчет: дело не в количестве генерируемых вариантов, а в их качестве. Если попытаться генерировать осмысленные слова, наугад ударяя по клавишам пишущей машинки, то имеются реальные шансы получить двухбуквенные слова: не, ни, но, об, да и т. д., но шансы получить слово в семь или десять букв практически равны нулю. Так обстоит дело и с МФО и его модификациями: МФО дает лишь простые сочетания типа «кресло для бабушки», но их можно получить и без МФО.

Недостаток – не факт, что мы найдем правильный ответ. Он хорош для развития творческого воображения, но для реальной практики изобретательства – он сводится к методу проб и ошибок, хотя обладает определенной технологичностью.

2.2. Морфологический анализ

В современной форме морфологический анализ создан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки, который в 30-е годы применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы мировой войны, когда Цвикки привлекли к американским ракетным разработкам, морфоанализ – уже

вполне сознательно – был использован для решения технических задач. Сущность морфологического анализа заключается в стремлении систематически охватить все (или хотя бы все главнейшие) варианты, исключив влияние случайности.

В простейшем случае морфологический анализ предусматривает построение двухмерной морфологической карты: выбирают две важнейшие характеристики технической системы, составляют по каждой из них список всевозможных видов и форм, а затем строят таблицу, осями которой являются эти списки. Клетки такой таблицы соответствуют вариантам технической системы.

Возьмем, например, задачу о борьбе с примерзанием лыж.

Участникам дрейфующих полярных станций постоянно приходится сталкиваться с ситуацией, когда примерзают лыжи самолетов, лыжи, на которых стоят домики и различное оборудование. Трогаться же с места всегда надо в аварийном порядке (трещины, торошение льдов и т. д.). Как быть? Требуется найти средство столь же простое и безотказное, как кувалда, но значительно более эффективное.

Чтобы освободить примерзшую лыжу, прежде всего нужен запас энергии. Составим список разных источников энергии, не предопределяя заранее годится или нет тот или иной способ: электроаккумуляторы, взрывчатые вещества, горючие вещества, химические реактивы, гравитационные устройства, механические устройства (например, пружинные), пневмо- и гидроаккумуляторы, биоаккумуляторы (человек, животные), внешняя среда (ветер, волна, солнце). Далее запишем всевозможные формы воздействия на лыжи и лед: механическое ударное воздействие, вибрация, ультразвуковые колебания, встряхивание проводника при прохождении тока, взаимодействующего с магнитным полем, световое излучение, тепловое излучение, непосредственный нагрев, обдув горячим газом или жидкостью, электроразряд. Если теперь построить таблицу, получится 81 вариант, каждый из которых заслуживает рассмотрения. Разумеется, таблицу нетрудно расширить. Обычно для морфоанализа строят морфологический ящик, т. е. многомерную таблицу. Построение начинают с выбора главных характеристик – осей ящика. В качестве осей берут части объекта или этапы процесса. Их обозначают буквами А, Б, В... Записывают возможные альтернативы по каждой оси (элементы оси), например, А-1, А-2, А-3 и т. д. Затем строят морфологический ящик, например: А-1, А-2, А-3, А-4, А-5; Б-1, Б-2, Б-3, Б-4, Б-5, Б-6, Б-7; В-1, В-2, В-3; Г-1, Г-2, Г-3, Г-4, Г-5; Д-1, Д-2, Д-3, Д-4, Д-5, Д-6, Д-7, Д-8. Общее количество вариантов в таком ящике соответствует произведению элементов осей, в данном случае $5 \times 7 \times 3 \times 5 \times 8 = 4200$.

Самый трудный этап морфоанализа – выбор нужного сочетания. Правил отбора нет, поэтому действовать приходится наугад. Между тем сильное сочетание «прячется» среди

миллионов слабых и бессмысленных. Длительные наблюдения за применением морфоанализа показали, что наиболее распространенная ошибка состоит в стремлении получать сочетания путем выбора на каждой оси наиболее «яркого», внешне привлекательного сочетания. Разумнее действовать иначе: выбрать несколько главных элементов, а остальные подбирать так, чтобы они соответствовали, «подыгрывали» им. Фактически это означает возврат к применению двухмерной таблицы. Однако и применение двухмерных таблиц наталкивается на трудности: надо правильно выбрать ось, от чего зависит плодотворность сочетаний. В связи с этим возникает логический вопрос: нельзя ли построить универсальную таблицу, пригодную для морфологического анализа многих технических систем? Такая таблица получила название фантограммы (предложена Г.С. Альтшуллером в 1970 г.). Она применялась в основном не для решения технических задач, а в упражнениях по развитию воображения. Вертикальной осью фантограммы служат следующие универсальные показатели, характеризующие любую систему – от часового механизма до человеческого общества: химический состав вещества, физическое состояние вещества, объект, элементы микроструктуры объекта (например, для дерева – клетка, для общества – человек), надструктура (система, в которую входит объект, например, для дерева – лес), направление развития, воспроизведение, энергопитание, способ передвижения, сфера распространения, управление, цель, назначение, смысл существования. В качестве горизонтальной оси используют перечень приемов изменения: уменьшить, увеличить, объединить, разъединить, раздробить, заменить данное свойство «антисвойством», ускорить, замедлить, сместить во времени назад, сместить во времени вперед, сделать свойства меняющимися во времени (а если они уже меняются, наоборот – сделать их постоянными), отделить функцию от объекта, изменить связь со средой (включая полную замену среды). Из 144 сочетаний, даваемых фантограммой, обычно 60–70% имеют определенный смысл. В этом преимущество метода фантограммы по сравнению с обычным морфоанализом. Однако и здесь возможности весьма ограничены. Следовало бы увеличить число элементов по каждой оси, одновременно повысив их точность и конкретность, а следовательно, и определенность сочетаний. Но с увеличением числа элементов начинает снижаться доля осмысленных сочетаний, фантограмма теряет компактность и удобство использования. Тут мы сталкиваемся с явлением, характерным для всех методов перебора вариантов: эти методы не имеют резервов развития, они могут видоизменяться, но не развиваться, оставаясь в пределах исходного принципа.

2.3. Мозговой штурм

Существует несколько десятков разновидностей данного метода. Автор метода – американец А. Осборн. В основе мозгового штурма лежит четкая мысль: процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении задачи многие не решаются высказать смелые, неожиданные идеи, опасаясь насмешек, ошибок, отрицательного отношения руководителя и т. д. Если же такие идеи все-таки высказываются, их зачастую подвергают уничтожающей критике другие участники обсуждения. Идеи гибнут, не получив развития. Осборн предложил вести генерирование идей в условиях, когда критика запрещена и, наоборот, всячески поощряется каждая идея, даже шуточная или явно нелепая. Для этого отбирают небольшую и по возможности разнородную группу (6–8 человек) генераторов идей. В эту группу не включают руководителей, а сам процесс генерирования стремятся вести в непринужденной обстановке. Высказанные идеи записывают на магнитофон или в виде стенограммы. Полученный материал передают группе экспертов для оценки и отбора перспективных идей. Что же дает такое разделение труда? По складу ума люди делятся на «фантазеров» и «скептиков». Разумеется, это условное деление, как и деление на четыре типа темперамента (чаще встречаются смешанные типы). Но все-таки в группу генераторов идей всегда можно отобрать «почти фантазеров». Такой отбор плюс запрет на критику и требование подхватывать и развивать любые высказывания создают благоприятные условия для появления смелых, нетривиальных идей: за 25–30 минут штурма набирается не менее 50 идей, из которых 10–15% (если взята посильная задача) не лишены смысла. Группа экспертов получает, во-первых, идеи, высказанные смело, до конца, без оговорок, а во-вторых, часть идей уже развита участниками штурма, получила хотя бы первоначальное подкрепление. Интересна сама обстановка штурма. В непринужденной обстановке группа не стесняющихся друг друга людей наперебой высказывает идеи. Существует не только запрет на критику, запрещено и приводить доказательства, поэтому генерирование идей проходит в быстром темпе. В пиковые минуты «коллективного вдохновения» возникает своего рода ажиотаж, идеи выдвигаются как бы непроизвольно, прорываются и высказываются смутные догадки, предположения. Именно эти стихийно прорывающиеся идеи считаются наиболее ценной продукцией мозгового штурма. Философская основа мозгового штурма – теория австрийского психолога Фрейда. По Фрейду, сознание человека представляет собой тонкое и непрочное наложение над бездной подсознания. В обычных условиях мышление и поведение человека определяются в основном сознанием, в котором властвуют контроль и порядок, сознание «запрограммировано» привычными представлениями и запретами. Но сквозь тонкую корку

сознания то и дело прорываются темные и грозные стихийные силы и инстинкты, бушующие в подсознании, они толкают человека на нарушение запретов, нелогичные поступки. Поскольку для изобретения приходится преодолевать психологические запреты, обусловленные привычными представлениями о возможном и невозможном, нужно создать условия для прорыва смутных иррациональных идей из подсознания – такова философская концепция мозгового штурма. Мозговой штурм, появившись в США, попал на хорошо подготовленную фрейдизмом почву. Первые 10–15 лет с ним связывались большие надежды, Зштурм хорошо «берет» разного рода организационные задачи, например, рекламные, однако современные изобретательские задачи ему не поддаются. Надежды, связанные с мозговым штурмом, не оправдались. Началась эпоха всевозможных видоизменений метода. Существует десятка полтора разновидностей мозгового штурма: индивидуальный, парный, массовый, двух- и трехстадийный, поэтапный, конференция идей, «совещание пиратов», кибернетическая сессия и т. д. Все эти методы слабее чистого мозгового штурма, поскольку попытки ввести управление в стихийный процесс генерирования идей пагубно сказываются на самом ценном механизме штурма – создании условий для проявления иррациональных идей, спонтанно прорывающихся из подсознания.

2.4 Синектика

Единственной научной попыткой усовершенствовать мозговой штурм следует считать синектику, что в переводе с греческого «объединение разнородных элементов» (подразумевается нечто вроде того объединения, которое имело место при использовании метода фокальных объектов). Однако синектика отнюдь не сводится только к состыкованию разнородных понятий. Автор синектики У. Гордон (США) разработал метод в 50-е гг. Вся «соль» мозгового штурма, вся его сила – в запрете на критику. Но здесь же и его слабость: для развития и видоизменения идеи нужно выяснить ее недостатки, т. е. нужна критика. Гордон преодолел это противоречие путем формирования более или менее постоянных групп. Члены этих групп постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения. Постоянные группы вообще имеют много преимуществ. Постепенно накапливается опыт решения задач. Состав группы можно совершенствовать, вводя новых участников. Растет взаимопонимание, идеи схватываются с полуслова. Гордону удалось смягчить и другое противоречие – между хаотичностью мышления и последовательностью решения. Он сумел несколько упорядочить процесс решения задачи, сохранив стихийность, присущую мозговому штурму. Руководитель синектической группы направляет процесс решения, призывая к поочередному

использованию аналогий: это стимулирует генерирование идей и не стесняет свободу поиска. Теоретические основы синектики, как и других методов активизации перебора вариантов, несложны. По мнению Гордона, творческий процесс познаваем и поддается усовершенствованию: надо изучать записи решения задач, регулярно тренироваться на самых различных задачах. Нечто подобное настойчиво повторяет в своих работах и Осборн, но он ничего не говорит о механизме решения. Получается так: каждый должен пытаться изобретать, все вещи поддаются улучшению, все зависит от вашей настойчивости и, конечно, от удачи. Гордон делает упор на необходимости предварительного обучения, на существовании специальных приемов, на определенной организации процесса решения. В целом это значительно более глубокий, чем у Осборна, подход к проблеме. По мнению Гордона, существуют два вида механизмов творчества: неоперационные (в смысле «неуправляемые») – интуиция, вдохновение и т. д. – и операционные – использование разного вида аналогий. Нужно учить применению операционных механизмов, это обеспечивает повышение эффективности творчества и, кроме того, создает благоприятные условия для проявления неоперационных механизмов. Гордон заметил, что очень многое зависит от понимания задачи: первоначальные условия не всегда ясны, нередко они подталкивают к неверному направлению. Поэтому процесс решения лучше начинать с уяснения и уточнения задачи: путем обсуждения перейти от начальной формулировки (проблема как она дана – ПКД) к рабочей (проблема как она понята – ПКП). Например, была поставлена задача: предложить недорогой экспресс-метод обнаружения мест утечки воздуха в автомобильной шине (для контроля при изготовлении). В ходе обсуждения возникли три разные формулировки ПКП: как найти места утечки, как предсказать возможное расположение этих мест, как найти способ самоустранения утечки. В сущности, здесь три разные задачи. Для творческого процесса, пишет Гордон, очень важно умение превращать непривычное в привычное и, наоборот, привычное – в непривычное. Речь идет о том, чтобы за новой (а потому непривычной) проблемой, ситуацией увидеть нечто знакомое и, следовательно, решаемое известными средствами. С другой стороны, очень важен взгляд на то, что уже стало привычным, давно примелькалось. Люди получают наследство из замороженных слов и способов понимания, придающих окружающей действительности удобную привычную форму, но от этого наследства нужно отказываться. Рабочими механизмами для выработки свежего взгляда на задачу являются следующие виды аналогий: прямая – любая аналогия, например, из природы; личная эмпатия – попытка взглянуть на задачу, отождествив себя с объектом и войдя в его образ; символическая – нахождение краткого символического описания задачи или объекта; фантастическая – изложение задачи в терминах и понятиях сказок, мифов, легенд. Руководитель синектического штурма

поочередно напоминает о разных видах аналогий, предлагает использовать соответствующие приемы. Например, для применения символической аналогии ищут название книги (из двух слов), в парадоксальной форме характеризующее суть задачи или объекта. Так, при решении одной задачи, связанной с мрамором, для слова «мрамор» было найдено словосочетание «радужное постоянство». Гордон спросил человека, предложившего это словосочетание, почему он так охарактеризовал мрамор. Ответ был такой: «Отшлифованный мрамор (не белый, конечно) многоцветен. Он весь в узорах очень ярких, напоминающих радугу. Но все эти узоры постоянны». Другие примеры символической аналогии: видимая теплота (пламя), энергичная незначительность (ядро атома), взвешенная неразбериха (раствор), надежная прерывистость (храповой механизм). Гордон правильно выбрал метод исследования: изучение записей решения реальных изобретательских задач. Но при этом все понимание было сосредоточено на действиях человека, а дело вовсе не в них. Технические объекты развиваются закономерно, и действия изобретателя успешны только тогда, когда они вольно или невольно изменяют объект в том направлении, в каком идет развитие. В частности, технические объекты становятся идеальнее, т. е. действие, во имя которого существует объект, все в большей и большей степени осуществляется само по себе (действия, так сказать, становится больше, а объекта – меньше). Это всеобщая закономерность. Незачем прибегать к аналогиям, метафорам, незачем надеяться на иррациональные факторы, незачем привлекать игру слов, чтобы натолкнуться на формулировку «действие осуществляется само собой». Такая формулировка должна быть запрограммирована в любом процессе решения, и не в общем виде, а конкретно – с указанием части объекта, к которой она относится, и с точным определением физического действия. Синектика – предел того, что можно достичь, сохраняя принцип перебора вариантов. Во всяком случае, синектика близка к такому пределу. Если сравнить метод фокальных объектов с примитивным воздушным шаром, то синектика – дирижабль. И беда не в том, что дирижабль недостаточно совершенен – воздухоплавание вообще тупиковый путь. Завоевание воздушного океана требует принципиально иных средств.

2.5. Метод контрольных вопросов (МКВ)

Использование аналогий в синектике можно рассматривать как применение наводящих вопросов, правда, довольно однообразных. Но список вопросов может быть значительно расширен. Такие списки существуют, их применение для активизации перебора вариантов получило название метода контрольных вопросов (МКВ) или метода наводящих вопросов. Разными авторами и в разное время предлагались самые различные списки.

Приведем список А. Осборна, состоящий из девяти групп вопросов: 1) как по-новому применить объект, 2) как упростить объект, 3) как модифицировать объект, 4) что можно увеличить в объекте, 5) что можно уменьшить, 6) что можно заменить, 7) что можно преобразовать, 8) что можно перевернуть наоборот, 9) возможные комбинации элементов объекта. Каждая из этих групп включает 5 – 10 вопросов. Так, в четвертую группу входят вопросы: что можно увеличить в техническом объекте; что можно присоединить; возможно ли увеличение времени службы, воздействия; увеличить частоту, размеры, прочность; дублировать; повысить качество; присоединить новый ингредиент; возможны ли мультипликации рабочих органов, позиций и других элементов; возможны ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта. МКВ внутренне противоречив. Хороший список должен быть возможно более полным и подробным, но чем полнее становится список, тем яснее видно, что все вопросы можно заменить одним универсальным правилом: «Настойчиво перебирай любые варианты». В сущности, списки контрольных вопросов просто подталкивают изобретателя, тормозят, не дают остановиться. Годен любой вопрос – лишь бы он давал возможность перебрать еще одну серию вариантов. Это хорошо видно на вопросах одного из лучших списков, составленного английским изобретателем Т. Эйлоартом. Вот некоторые из этих вопросов: – набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналогии; – попробовать различные виды материалов и энергии; – узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных людей; – устроить «сумбурное» групповое обсуждение, выслушать каждую идею без критики; – попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское; – бродить среди стимулирующей обстановки: на свалках лома, в технических музеях, в магазинах дешевых вещей; – определить идеальное решение и т. д. Работая «чистым» методом проб и ошибок, способный и настойчивый изобретатель сам задает себе подобные вопросы, даже и не зная о существовании МКВ. Поэтому как в списке Т. Эйлоарта, так и в других нет откровений. Некоторое полезное воздействие МКВ основано на психологическом влиянии: есть список, есть вопросы – это подталкивает продолжать перебор вариантов, не дает возможности остановиться. Есть наводящие вопросы, которые ведут в правильном направлении при решении любых задач. Но практический результат даже таких вопросов незначителен. Возьмем, например, вопрос из списка Эйлоарта об идеальном решении. Технические объекты, развиваясь, становятся идеальнее. Это универсальный закон, и напоминание об идеальном решении всегда подталкивает мысль в правильном направлении. А дальше? Как конкретно представить идеальное решение? Как, скажем, выглядит идеал парусного корабля – судно со множеством парусов, что-то вроде сверхклипера, или судно вообще без парусов?

Нужны правила, позволяющие для каждой задачи формировать образ идеального решения, а таких правил у МКВ нет. Это относится ко всем вопросам. Самое же главное – не «что», а «как». Как правильно построить аналогию, как правильно заменить материал, как правильно «перевернуть наоборот» и т. д. Никакие списки этого не объясняют. МКВ имеет и другой принципиальный недостаток: вопросы относятся к одиночным изменениям объекта. Между тем, для решения мало-мальски сложных задач нужна комбинация изменений. Не просто «расплавить» или «перевернуть наоборот», а «расплавить и одновременно перевернуть расплав наоборот». Списки, включающие такие комбинации, практически невозможно составить, они получились бы чрезвычайно громоздкими. Если же попытаться их как-то сжать, свернуть, мы приходим к морфологическому ящику

Появление методов активизации перебора вариантов – знаменательная веха в истории человечества. Впервые на практике была доказана возможность – пусть в ограниченных пределах – управлять творческим процессом. Американские методологи творчества Осборн, Цвикки, Гордон показали, что способность решать творческие задачи можно и нужно развивать посредством обучения. Был подорван миф об «озарении», не поддающемся управлению и воспроизведению. Методы активизации перебора вариантов представляют собой усовершенствование метода проб и ошибок. Поэтому возможности развития этих методов крайне невелики. МФО, например, несколько раз менял названия, но при этом сущность его оставалась неизменной. Не было сколько-нибудь значительных изменений и в других методах. За тридцать лет прогресс выразился только в механическом увеличении числа процедур. Одни и те же действия в МФО или в мозговом штурме предлагается повторять дважды или трижды. Полной неудачей кончилась и попытка как-то объединить, скомбинировать методы активизации или их элементы, стало совершенно ясно, что в чистом виде методы активизации работают лучше, чем в различных комбинациях. Методы активизации перебора вариантов, как уже отмечалось, можно сравнить с воздушными шарами: подобно тому, как воздушные шары позволили впервые оторваться от земной поверхности, методы активизации впервые показали возможность усиления интеллектуальных операций при решении творческих задач. Но завоевание воздушного океана стало возможным только с появлением принципиально иного летательного аппарата – самолета, точно так и освоение безбрежного «творческого пространства» требует средств, принципиально отличающихся от методов активизации.

Самостоятельная работа

Контрольные вопросы

Что означает термин «синектика»?

В чем заключается прагматичность метода фокальных объектов?

Задание

На основе МФО предложить идею усовершенствования сумки или рюкзака для компьютера.

Работа 2. Применение технологии решения изобретательских задач на основе интенсификации метода проб и ошибок

Цель: выработка навыка использования метода фокальных объектов (МФО) и символической аналогии для поиска решений, стимулирование творческой активности студентов, направленной на решение задачи посредством поиска и развития разнообразных идей при командной работе.

Задание 1. Применить МФО.

Пример применения МФО (Предложен изобретателем Н. М. Балезиным).

Фокальный объект – Кастрюля. *Цель* – расширение ассортимента выпускаемых на предприятиях кастрюль, повышение спроса на эту продукцию.

2. Выбираем случайные объекты: дерево, лампа, кошка, сигарета.

3. Выписываем признаки случайных объектов:

Дерево – высокое, зеленое, голое, срубленное, чахлое, железное, хлебное, пробковое, с толстой корой, с корнями, раскидистое, колючее.

Лампа – электрическая, светящаяся, настольная, электронная, разбитая, паяльная, керосиновая, газовая, волшебная, матовая, цветная.

Кошка – живая, игривая, пушистая, сибирская, царапающаяся, голодная, злая, полосатая, нюхающая, мяукающая, дикая, домашняя.

Сигарета – дымящаяся, вредная, с фильтром, с опиумом, смятая, брошенная, отсыревшая, горящая.

4. Присоединяем к фокальному объекту выбранные признаки случайных объектов:

Деревя: высокая кастрюля, хлебная кастрюля, кастрюля с корнями, кастрюля с колючками;

Лампы: электрическая кастрюля, разбитая кастрюля, волшебная кастрюля, светящаяся кастрюля;

Кошки: нюхающая кастрюля, мяукающая кастрюля;

Сигареты: дымящаяся кастрюля, кастрюля с фильтром.

5. Развиваем полученные сочетания:

- кастрюля с корнями – кастрюля с вделанной в нее теплоизолирующей прокладкой;
- разбитая кастрюля – кастрюля, разбитая на секции, в которой можно одновременно готовить несколько блюд;
- нюхающая кастрюля – кастрюля с индикатором, определяющим подгорание пищи;
- мяукающая кастрюля – подающая сигнал об окончании варки и т.д.

6. Отбираем наиболее сильные, реализуемые решения:

- *разбитая кастрюля* – разделенная на секции для одновременной готовки нескольких блюд;
- *мяукающая кастрюля* – подает сигнал, когда блюдо готово.

Задача. Фокальный объект – мелющий шар. Стоит цель: показать свойства продукта не так, как у конкурентов.

Задание 2. Осуществить мозговой штурм при решении технической задачи.

Всем участникам мозгового штурма следует готовиться к нему заранее. Задача штурма должна быть озвучена минимум за 2-3 дня до его проведения. За это время участники смогут неплохо обдумать стоящую перед ними проблему и уже в самом начале штурма предложить несколько интересных идей. На протяжении всего обсуждения непременно ведутся записи, не отвергаются предлагающиеся идеи, какими бы нелепыми или фантастическими они не казались, т.е. отсутствует критика. После этапа генерации идей осуществляется их группировка, отбор и оценка.

Задача. Железорудный концентрат, перевозимый на судах с несекционными трюмами, даже при незначительной качке ведет себя как жидкость. Такая масса причиняет много хлопот: при кренах перетекает от одного борта к другому, создавая угрозу переворачивания. Предложите варианты устранения этого недостатка.

Задание 3. Выполнить задания и решить задачи методом аналогий.

Задача 1. Дано несколько предметов: карандаш, утюг, стул, электрическая плитка. Составьте список функций, которые эти предметы выполняют. Против каждой функции в составленном списке впишите предметы (аналоги), выполняющие такие же функции.

Задача 2. Приведите примеры аналогий.

Пример аналогии. Швейцарский инженер Жорж де Местраль заметил, что на каждой прогулке к шерсти его собаки прилипает репей. Он изучил репы и обнаружил, что их так сложно вытащить из-за мельчайших крючков, которые цепляются за спутанную шерсть. Это открытие побудило его задуматься о новом типе застежек. Так появилась застежка-липучка.

Задача 1. Необходимо создать коробку передач с входным и выходным валом. При изменении скорости вращения входного вала от 400 до 4000 об/мин скорость вращения выходного вала должна быть постоянной и составлять 400 об/мин.

Задача 2. Одуванчики имеют набор хромосом очень качественно близкий к человеческому. Как это можно использовать при контроле работы атомной электростанции?

Самостоятельная работа

Составить морфологическую карту, где на каждой из осей будет обозначен перечень наук (не менее 20 названий). Каждая клетка даст одну науку, находящуюся на стыке двух других, например, геохимия, астрофизика и т. д. Среди сочетаний, которые можно получить с помощью такой карты, будут уже известные науки (например, физическая химия) и науки, которые пока не известны. Задание: подобрать новую науку и попытаться ее обосновать, чем она должна заниматься, почему раньше ее не было, что может дать такая наука и т. д. Можно построить морфологическую карту с разными осями, например, на одной оси – названия наук, на другой – различные объекты (галактика, звезда, планета... клетка, молекула, атом...). Вторая ось может основываться и на других принципах (перечень искусств, перечень агрегатных состояний вещества и т. д.). Суть задачи – смело экспериментировать, подбирая интересную вторую ось. Надо только, чтобы на выходе была «продукция» – новая, оригинальная наука. Придумать с помощью морфологической карты интересное сочетание нетрудно, сложнее – додумать его. Самые интересные сочетания на первый взгляд кажутся

дикими, бессмысленными. Нужно додумать выбранные комбинации, преодолевая психологическую инерцию. Поэтому спешить с решением этой задачи не следует.

Лекция 3. Системный подход. Законы развития технических систем

3.1. Техническая система и ее функции

3.2. Эволюция технической системы

3.3. Подсистемы и надсистемы

3.4. Системный подход

3.5. Законы развития технических систем

3.6. Системный оператор

Самостоятельная работа

Практическая работа 3. Применение системного оператора (схемы многоэкранного мышления) для определения направлений совершенствования технического объекта

3.1. Техническая система и ее функции

Техническая система. Техника – совокупность объектов природного и искусственного происхождения, повышающих эффективность деятельности человека сверх возможностей, присущих ему биологически. Издавна человек использовал природные объекты в своих целях. Палкой можно сбить плод с дерева, перевернуть камень, ее можно применить в качестве оружия – дротика. Выступая в качестве инструмента достижения цели, природный объект уже может считаться техническим объектом. Если технический объект состоит из двух или более частей и благодаря этому имеет какие-то особые свойства, не сводящиеся к свойствам любой отдельной части, то такой объект называется технической системой (ТС). Так, специально выбранная и обработанная палка-дротик имеет две явно различающиеся части: древко, за которое удобно держаться рукой, и острие. Такой дротик является уже простейшей ТС.

Техническая система – совокупность взаимосвязанных материальных частей (элементов), предназначенная для повышения эффективности деятельности человека (общества) и обладающая хотя бы одним свойством, которым не обладает ни одна из составляющих ее частей.

Главная функция. Каждая (ТС) создается для выполнения своей главной функции (ГФ).

Главная функция – это функция, ради выполнения которой создается техническая система.

Полная формулировка ГФ включает две части. Первая часть показывает главную цель, ради которой создана и обычно используется потребителем данная ТС, – это ее предназначение. Она отвечает на вопрос «Что делает система?» с позиции потребителя. Вторая часть показывает конкретный способ действия данной ТС – это техническая функция. Она отвечает на вопрос «Как система это делает?».

Полная формулировка ГФ объединяет предназначение и техническую функцию:

ГФ = Предназначение + Техническая функция.

Примеры формулирования ГФ представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Примеры формулирования главной функции ТС

ТС	Предназначение	Техническая функция	Полная формулировка ГФ
Стиральная машина барабанного типа	Удаляет грязь с ткани	Вращает ткань в моющем растворе	Удаляет грязь с ткани путем ее вращения в моющем растворе
Лампа накаливания	Освещает темные поверхности	Излучает свет накаливаемой нитью	Освещает темные поверхности путем излучения света накаливаемой нитью
Фломастер	Оставляет след на твердой поверхности	Доставляет красящее вещество к поверхности по капиллярам	Оставляет след на твердой поверхности путем доставки красящего вещества к поверхности по капиллярам

Дополнительная функция. Сформулируем ГФ молотка: молоток изменяет форму, свойства, положение в пространстве объектов путем нанесения по ним ударов. Однако молоток может иметь и дополнительные функции.

Дополнительная функция – это функция, выполнение которой придает новое потребительское качество объекту.

Например, столярному молотку можно добавить ряд дополнительных функций: «выдиранье гвоздей» с помощью специального устройства, «хранение гвоздей» благодаря

емкости в ручке. Такие дополнительные функции делают молоток более совершенным и удобным. Некоторые системы могут иметь огромное число дополнительных функций.

Латентная функция. Техническая система далеко не всегда применяется по назначению. Так, например, молотком можно подпереть дверь или измерить расстояние. В этом случае молоток не выполняет ГФ, а используется для достижения других, ситуативно возникших целей. Достижение этих целей оказывается возможным потому, что технические системы имеют возможность выполнять не присущие им по предназначению функции. Такие функции называются латентными.

Парус можно использовать как средство не только для создания тяги, но и для передачи информации (вспомните древнегреческий миф о царе Эгее, который по цвету паруса на возвращающемся с Крита корабле хотел заранее узнать о том, смог ли его сын Тезей победить Минотавра).

Стул можно использовать не только для сидения, но и как возвышенность, позволяющую достать предмет с высоко расположенной полочки, или как спортивный тренажер.

Книгу можно не только читать, но и использовать для засушки листьев гербария.

Иногда решение изобретательской задачи сводится к нахождению необычного применения ТС.

Все рассмотренные выше функции (главная, дополнительная, латентная) имеют общее – они отражают возможности ТС удовлетворять запросы потребителя.

Основная и вспомогательная функции. Свои функции имеют и отдельные части (элементы) ТС. Если функции отдельных частей ТС непосредственно помогают осуществлять главную функцию, то их называют основными. Основные функции выполняются в отношении того же объекта, что и главная функция.

Основные функции, осуществляемые подсистемами стиральной машины: переворачивание белья, смачивание белья.

Если функции подсистем ТС предназначены для обслуживания (обработки) других подсистем ТС, то такие функции называются вспомогательными.

Вспомогательные функции стиральной машины: перемещение барабана стиральной машины (электродвигателем), фиксация люка защелкой во время работы.

3.2. Эволюция технической системы

Технические системы со временем эволюционируют. Технические системы, как и биологические (и любые другие), не вечны: они возникают, переживают периоды

становления, расцвета, упадка и, наконец, сменяются другими системами. Типичная история жизни технической системы показана на рис. 3.1, где на оси абсцисс отложено время, а на оси ординат – один из главных показателей системы (скорость самолета, грузоподъемность танкера, число выпущенных телевизоров и т. д.). Возникнув, новая техническая система далеко не сразу находит массовое применение: идет период обростания системы вспомогательными изобретениями, делающими новый принцип практически осуществимым. Быстрый рост начинается только с точки 1. Далее система энергично развивается, ассимилируя множество частных усовершенствований, но сохраняя неизменным общий принцип. С какого-то момента (точка 2) темпы развития замедляются. Обычно это происходит после возникновения и обострения противоречий между данной системой и другими системами или внешней средой. Некоторое время система продолжает развиваться, но темпы развития падают, система приближается к точке 3, за которой исчерпывают себя физические принципы, положенные в основу системы. В дальнейшем система остается без изменений (велосипед за последние полвека) или быстро регрессирует (газовое освещение после появления электрического). На смену системе А приходит система Б. При этом абсцисса точки 1 системы Б обычно близка к абсциссе точки 3 системы А. Теоретически систему Б нужно было бы развивать значительно раньше – так, чтобы точка 1 совпала с точкой 2, но на практике это происходит лишь в очень редких случаях. Старая система А оттягивает силы и средства, при этом действует мощная инерция финансовых интересов и узкопрофессиональных представлений. Разумеется, новая система в конечном счете неодолима, но она блокируется старой системой, и эта блокировка преодолевается лишь после того, как старая система одряхлеет и вступит в резкий конфликт с внешней средой.

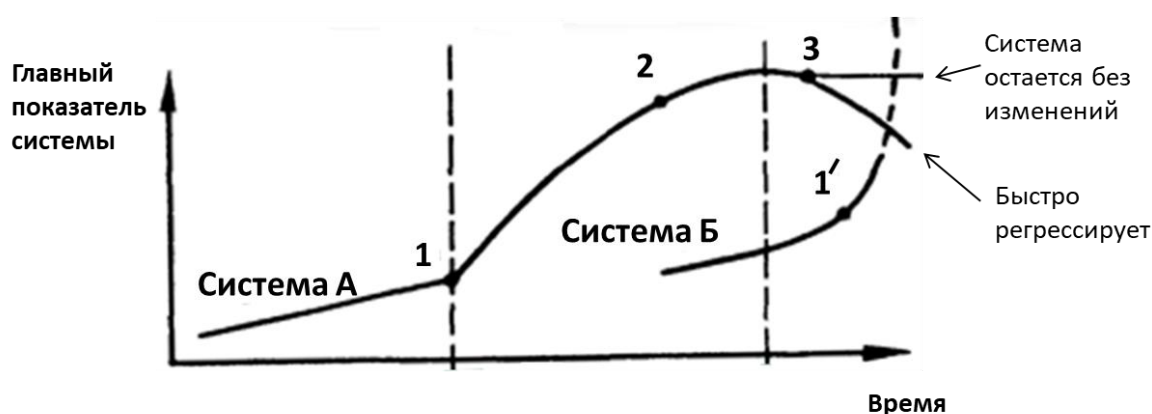


Рис. 3.1. Схема развития технической системы

Например, реактивные самолеты (система Б) почти без потерь времени сменили самолеты с поршневыми двигателями (система А). Однако в подавляющем большинстве

случаев жизнь систем стремятся продолжить и после прохождения точки 2. Это выгодно тем, кто вкладывал средства в эти системы и рассчитывает на получение прибыли. Себестоимость перевозки нефти на танкере водоизмещением в 540 тыс. т на 56% ниже, чем на танкере в 80 тыс. т. Инженерные силы направлены не на поиск новых принципов транспортирования нефти, а на разработку усовершенствований, позволяющих строить и эксплуатировать супертанкеры все более громадных размеров. Поток небольших усовершенствований на них неуклонно увеличивается, но эти изобретения не способны обеспечить безопасность движения супертанкеров и предотвратить загрязнение мирового океана.

Великие изобретения пятого уровня и первые крупные и средние изобретения, превращающие новый принцип в отрасль техники, не дают прибыли, они убыточны. Прибыль появляется потом, когда новая машина находит массовое применение. Тогда любая мелочь дает большую экономию и, следовательно, большое авторское вознаграждение (если оплата производится в зависимости от величины экономии). Пример: сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона заменили пайку бокового вывода к цоколю лампы автоматизированной сваркой. Экономится лишь капля припоя. Замена пайки сваркой давно стала типовым приемом. Как максимум, это изобретение второго уровня, а скорее всего «неизобретательское изобретение» (изобретение первого уровня или даже обычная технологическая разработка). Лампа осталась все той же старой, ненадежной и крайне неэкономичной системой.

Рассмотрим одну важную линию развития: от простейшего технического объекта до полной (развитой) ТС (рис. 3.2). Простейший технический объект представляет собой рабочий орган: то, что непосредственно действует на предмет обработки. Таковы первобытный молоток-камень, скребок-ракушка, палка-рычаг. У простейшего объекта нет двигателя, нет трансмиссии, нет органов управления. Трансмиссией является рука человека, двигателем – его мышцы, орган управления – тоже человек. Со временем рабочий орган дополняется трансмиссией, например, у молотка появляется ручка. Таким молотком удобнее пользоваться, его удар гораздо сильнее. Следующий этап развития – появление у ТС двигателя (сначала мышцы прирученного животного, связанные, например, с плугом или телегой простейшей трансмиссией). И наконец, система дополняется органами управления, позволяющими изменять ее свойства в зависимости от режима работы или свойств обрабатываемого объекта. Рабочий орган, трансмиссия, двигатель и орган управления – основные функциональные блоки ТС. Техническая система, имеющая все основные функциональные блоки, называется полной (развитой).

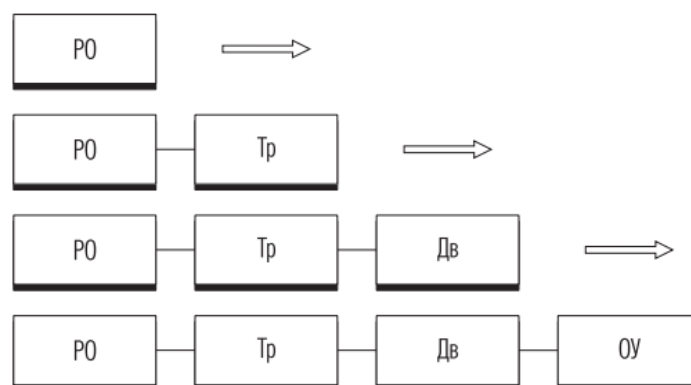


Рис. 3.2. Линия эволюции ТС:

РО – рабочий орган, Тр – трансмиссия,

Дв – двигатель, ОУ – орган управления

Рабочий орган, трансмиссия, двигатель и орган управления – основные функциональные блоки ТС.

3.3. Подсистемы и надсистемы

Подсистемы. Как правило, ТС рассматривается не абстрактно, а в контексте какой-либо задачи. Например, необходимо удешевить автомобильное колесо, не ухудшая его потребительских качеств. Колесо автомобиля, как и любая ТС, имеет части. Можно выделить эти части и представить колесо в виде структурной схемы (рис. 3.3).

При этом части колеса тоже могут рассматриваться как технические системы и детализация схемы может продолжаться настолько глубоко, насколько это необходимо для решения конкретной задачи.

Структурная схема – это схема, показывающая связи между подсистемами ТС.

Любые части (элементы) ТС в ТРИЗ называются подсистемами. Зачем нужно «вычислять» подсистемы, делать структурную схему? Дело в том, что все свойства ТС определяются ее подсистемами и взаимодействием между ними. Структурная схема позволяет тщательно разобраться в устройстве и свойствах ТС, найти неиспользованные резервы совершенствования, ресурсы развития ТС.

Подсистема – часть ТС, имеющая значение для решения задачи. Элемент – подсистема ТС, условно считающаяся неделимой в рамках конкретной задачи.

Надсистемы. В то же время каждая ТС является частью какой-то большей системы. Эта большая система, в которую рассматриваемая ТС входит в качестве подсистемы, в ТРИЗ называется надсистемой.

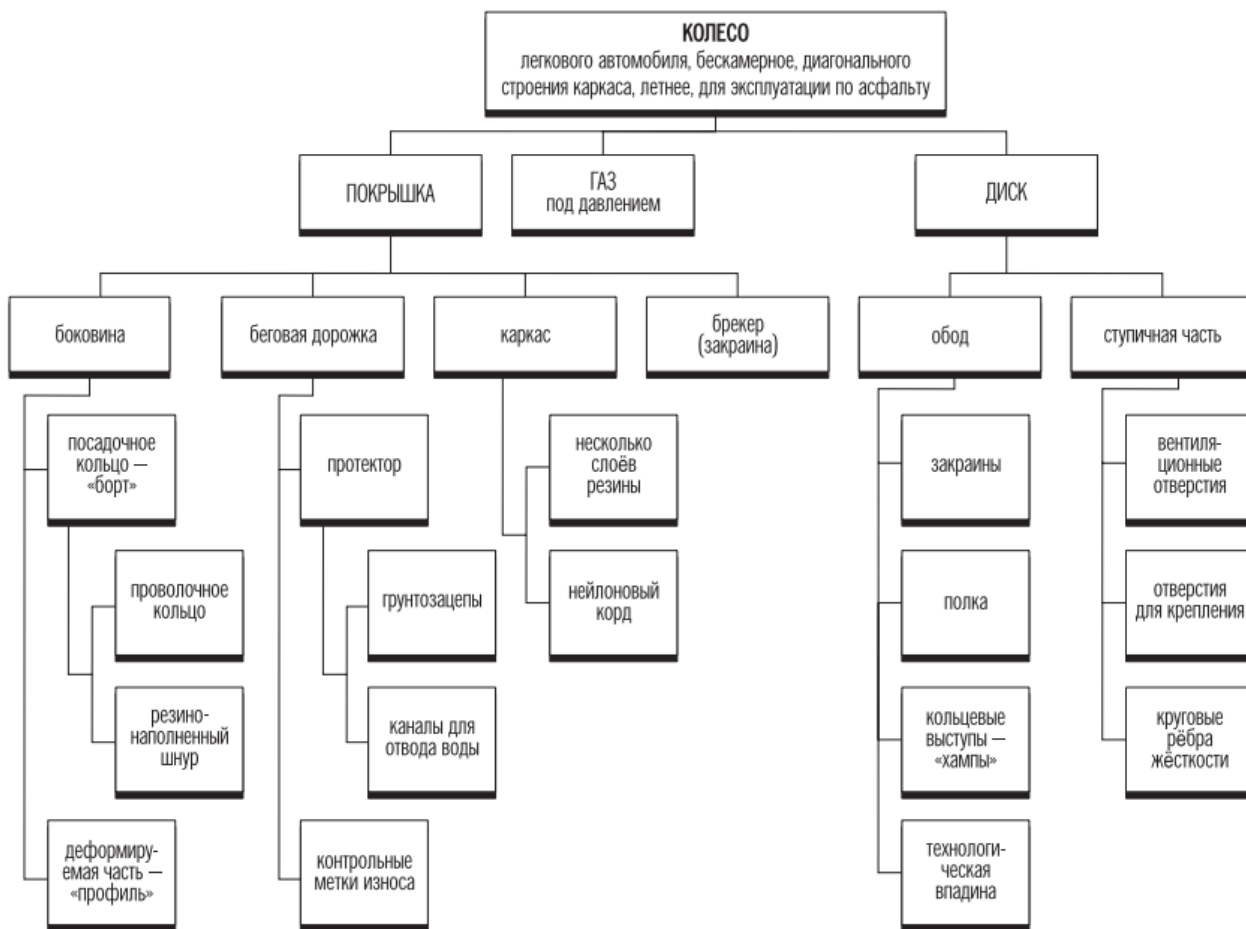


Рис. 3.3. Структурная схема колеса

Надсистема – система, в которую рассматриваемая ТС входит как часть.

Так, кухонная плита является подсистемой кухни, а сама кухня – подсистемой квартиры. Кухня – надсистема для плиты. Квартира – надсистема для кухни. Для каждой ТС можно найти много надсистем. Выбор надсистемы зависит от задачи, в рамках которой рассматривается система. Если решается задача о продаже кухонных плит, то в качестве одной из надсистем логично рассматривать торговый зал магазина, в котором их продают. А что следует выбрать в качестве надсистем для вышеупомянутого автомобильного колеса в контексте задачи по его удешевлению? Это системы производства колес и составляющих материалов. Если рассматривать не только удешевление производства колеса, а снижение его стоимости для потребителя, то в качестве надсистем следует также рассматривать и склады для хранения колес, систему перевозок и рынок их сбыта, системы ремонта и утилизации.

3.4. Системный подход

Системный подход предполагает выявление совокупности подсистем и надсистем рассматриваемой ТС и учет их взаимодействия в разных условиях и на разных этапах существования ТС. Так, проектируя автомобиль, необходимо рассмотреть его функционирование в разных надсистемах. Это дорога (с учетом разного вида дорог, разного их состояния, разной скорости автомобиля и режимов его работы), ремонтная мастерская, гараж, город и общество в целом с его проблемами (например, угон автомобилей). Водителя с пассажирами и грузом также можно рассматривать в единой надсистеме с автомобилем. Способ открывания дверей влияет на возможности парковки. Регулировка положения руля обеспечивает комфорт водителям разного роста. Имеют специфику и разные этапы жизни автомобиля: проектирование, производство подсистем, сборка, испытание, функционирование, обслуживание и ремонт, утилизация.

Все связано со всем... Системность подхода выступает как синоним полноты, всесторонности. Системный подход помогает найти:

1) Проблемы, связанные с несовершенством тех или иных подсистем или надсистем рассматриваемой ТС, случаи рассогласования взаимодействия подсистем ТС между собой или ТС и ее надсистем. Колесо автомобиля хорошо выполняет функции на сухом асфальте. Но если на высокой скорости колесо попадет на мокрую поверхность, может начаться скольжение, и управляемость автомобиля резко снизится. Военный самолет-истребитель предназначен для ведения воздушного боя. Один из элементов, существующих в этом пространстве, – зажигательная пуля. Если она попадет в неполный топливный бак самолета – произойдет взрыв, взорвутся пары топлива. Конечно, можно сделать бронированный бак. Но это противоречит требованиям надсистемы – самолет станет слишком тяжелым.

2) Ресурсы для решения найденных проблем. В старые времена случилась такая история: корабль потерял управление и много дней блуждал по морю, пока не встретился с другим судном. С мачты потерявшего курс корабля был подан сигнал «Мы умираем от жажды!». Тотчас со встречного корабля ответили: «Опустите ведро за борт». И снова бедствующий корабль повторяет свой сигнал и получает тот же ответ. Тогда капитан внял совету и приказал опустить ведро. Когда его подняли, оно было наполнено пресной водой. Оказалось, в этом месте воду опреснял сток реки Амазонки, чье влияние сказывается на расстоянии до 300 морских миль от устья. С позиций ТРИЗ эта история рассказывает, как ресурс для решения задачи был найден в ближайшей надсистеме и как люди не смогли без подсказки самостоятельно найти этот ресурс из-за его неочевидности. Так же бывает и с реальными задачами – их решают, найдя необходимый ресурс в ближайшей надсистеме. Но

самые красивые решения получаются, когда удастся найти неочевидный ресурс внутри самой проблемной системы, среди ее подсистем. Как сделать, чтобы пары бензина в бензобаке не взрывались при попадании пули? Для этого нужно заполнить свободный объем в баке негорючим газом – углекислым или азотом. Но баллоны с газом уменьшают свободное пространство и полезную нагрузку. Хорошее решение нашли, когда догадались заполнять свободный от горючего объем бака охлажденными выхлопными газами двигателей самого самолета, то есть практически той же смесью углекислого газа и азота, не поддерживающей горение.

4.5. Законы развития технических систем

При всем разнообразии технических систем они имеют много общего. В процессе эволюции все они проходят характерные этапы развития, подобно тому как эволюционируют биологические системы. Альтшуллер сформулировал некоторые общие черты развития ТС и назвал их законами развития технических систем. Ниже приведен перечень этих законов с краткими комментариями к каждому из них.

1. Закон полноты частей системы

Необходимым условием функционирования развитой ТС является минимальная работоспособность ее основных функциональных блоков.

Основные функциональные блоки развитой ТС: рабочий орган, трансмиссия, двигатель и орган управления. Рабочий орган (РО) – это элемент ТС, непосредственно выполняющий главную функцию (ГФ), ради которой была создана данная ТС. Например, в водяной мельнице рабочим органом являются жернова, растирающие зерно в муку. Для выполнения главной функции РО должен получать энергию от двигателя (мельничного колеса) через трансмиссию (вал и шестерни).

Если хотя бы один из функциональных блоков будет неработоспособным, ТС не сможет выполнять ГФ.

Электрическая дрель имеет все основные функциональные блоки развитой ТС. Представим себе, что один из функциональных блоков не имеет минимально достаточной работоспособности. Например, у двигателя недостаточно мощности, чтобы вращать сверло при изготовлении отверстия. В этом случае и дрель как таковая не сможет выполнять свою главную функцию. Так же не будет выполняться ГФ, если элемент трансмиссии – зажим сверла – не удерживает сверло от прокручивания...

2. Закон энергетической проводимости системы

Необходимым условием жизнеспособности ТС является сквозной проход энергии от двигателя через трансмиссию к рабочему органу.

Смысл закона: энергия не должна теряться по пути от двигателя к рабочему органу. Потеря энергии вообще не должно быть, но это возможно лишь в идеальной модели. Реально же энергия теряется в процессе передачи, а также при преобразовании ее из одного вида в другой.

3. Закон согласования ритмики частей системы

Необходимым условием жизнеспособности ТС является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) работы подсистем ТС, а также процессов, происходящих в ТС и ее надсистемах.

Другими словами, эффективное выполнение главной функции возможно, если периодичность работы подсистем ТС согласована.

В механических часах скорости вращения всех шестеренок внутри механизма различны, но они согласованы так, чтобы за один оборот минутной стрелки часовая повернулась ровно на $1/12$ от полного круга, то есть на 30° .

Порошковое молоко растворяется в воде во много раз быстрее, если на взвесь (смесь порошка и воды) воздействовать ультразвуком с частотой, величина которой приближена к частоте собственных колебаний крупинок порошка.

Еще одна возможность согласования: выполнение одного вида действий в паузах другого действия. В начале XX века изобрели устройство для стрельбы из авиационного пулемета «сквозь» плоскость пропеллера: пули пролетали сквозь пропеллер в те моменты, когда вращающиеся лопасти не закрывали дуло. В некоторых случаях этот закон выражается в сознательном рассогласовании ритмов. В сейсмоопасных зонах при строительстве зданий и сооружений специально задают их собственные частоты колебаний так, чтобы они как можно сильнее отличались от возможных частот сил тектонических колебаний, воздействующих извне.

4. Закон увеличения идеальности технических систем

Развитие ТС идет в направлении увеличения идеальности.

Увеличение идеальности – это улучшение выполнения функций технической системой или добавление ей новых функций при уменьшении затрат на создание и эксплуатацию ТС.

В науке применяется такой инструмент моделирования, как идеализация. Выявив некоторое важное свойство, тенденцию, предполагают, что она достигает своего предела. При этом в модели могут быть отброшены остальные свойства, характеристики объекта или

процесса, не столь важные для конкретного рассмотрения. Процедура идеализации дает возможность сформировать логический предел развития реального объекта – идеальный объект. Широко известный пример – понятие идеального газа. Альтшуллер ввел в ТРИЗ понятие идеальной ТС. Идеальная система – это система с нулевыми затратами на ее создание и на выполнение функции. Такая система имеет эффективность, равную бесконечности. Конечно, стремление к такому результату – достойная цель для разработчиков и изобретателей. Как же реализуется тенденция увеличения идеальности на практике? Наиболее ярким наглядным примером повышения идеальности ТС является развитие компьютерной техники. Всего за несколько десятков лет компьютеры прошли путь от огромных сооружений со сроком бесперебойной работы несколько часов до микроминиатюрных конструкций, не требующих обслуживания в течение всего срока функционирования. При этом невообразимо выросли скорость счета, память, скорость обмена информацией. Особенно впечатляет прогресс, если рассмотреть, сколько атомов необходимо организовать для хранения одного бита информации. Если в 50-х годах их требовалось тысячи миллиардов, то в 70-х – уже десятки миллионов, а сейчас – десятки тысяч. Современные эксперименты доказывают возможность перехода к квантовым компьютерам, в которых всего один атом будет хранить один бит информации и даже более. Увеличение идеальности на примере тенденции к миниатюризации электронных приборов очевидно и понятно. А как идет развитие, например, транспортных систем? Они не уменьшаются, скорее, наоборот – транспортные машины все более увеличиваются в размерах. Современные «Боинги» и нефтеналивные танкеры выглядят значительно более грандиозно, чем их предшественники. Не противоречат ли эти факты закону увеличения идеальности? Абсолютно идеальное транспортное средство – когда средства нет, а функция выполняется (например, груз сам движется в нужном направлении с необходимой скоростью). Стремление к этому идеалу проявляется в том, что повышается доля веса груза в полном весе транспортного средства. За последние 40 лет удельная мощность автомобилей для перевозки стандартных контейнеров выросла вдвое, средняя скорость – почти в 2 раза, расход топлива на сотню километров снизился в 1,5 раза, то есть реализуется та же тенденция – более экономная реализация требуемой функции.

5. Закон неравномерности развития частей системы

Развитие подсистем ТС идет неравномерно: чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее подсистем.

Подсистемы ТС в процессе ее эволюции развиваются неравномерно. Одни из них могут сделать революционный «прыжок» в развитии, другие, наоборот, остановиться в развитии. Возможности «передовых» подсистем входят в противоречие с характеристиками

«отстающих». Для того чтобы вывести отстающие подсистемы на уровень передовых, надо реализовать новые технические решения. Процессоры персональных компьютеров очень быстро совершенствуются, а система охлаждения процессоров (кулер) практически не меняется. Поэтому охлаждение компьютеров, особенно ноутбуков, неэффективно. Частая причина ремонта компьютера – поломка кулера. Водоизмещение современных крупнотоннажных танкеров значительно возросло, и система торможения не может эффективно погасить скорость массивного судна. От начала торможения до полной остановки танкер проходит несколько миль.

6. Закон перехода в надсистему

Техническая система в процессе развития может передавать часть функций в надсистему либо объединяться с другими ТС в новую надсистему.

Суть: одна или несколько функций однотипных ТС, выполнявшихся ранее каждой системой самостоятельно, начинают выполняться в надсистеме.

Когда-то в каждом доме была отдельная отопительная система – печь. Потом функция нагрева теплоносителя была передана в надсистему. Так возникла система центрального отопления, когда одна котельная отапливает несколько многоквартирных домов и строений, а в домах остались только устройства для теплоотдачи – батареи.

При объединении двух технических систем в одну получается система более высокого порядка, так называемая бисистема. Даже при объединении в бисистему одинаковых ТС возникают новые полезные свойства.

Двуствольное охотничье ружье: охотник несет одно ружье вместо двух. Дополнительный выигрыш в том, что стволы могут нести разные заряды. Катамаран обладает большей остойчивостью по сравнению с однокорпусной лодкой, кроме того, в нем один парус вместо двух. Бинокль по сравнению с подзорной трубой обеспечивает бинокулярное зрение, что позволяет различать относительное удаление наблюдаемых объектов.

Часто в бисистему объединяют похожие, но различающиеся по какой-то характеристике ТС. Они называются бисистемами со сдвинутыми характеристиками. Карандаш, имеющий с одной стороны красный грифель, а с другой – синий. Биметаллическая пластина – это две жестко и параллельно соединенные металлические пластины с различными коэффициентами линейного расширения. Она обладает новым свойством: изгибается в ту или иную сторону в зависимости от изменения температуры при нагревании или охлаждении. Это свойство широко используется в технике: терморегуляторы в электроутюгах, электрических отопительных батареях и др. Объединяют в бисистемы и ТС с дополняющими друг друга характеристиками или функциями. Железобетон представляет

собой объединение бетонной и стальной конструкций. Металлическая арматура хорошо работает на растяжение, а бетон – на сжатие. Их характеристики складываются, в результате железобетон хорошо сопротивляется обоим типам усилий. Кроме того, бетон предохраняет металл от коррозии. Принтер объединяют со сканером. У такой бисистемы автоматически возникает еще одна функция – копирование документов.

В одну систему могут объединяться не только две, но и несколько ТС. В таком случае говорят о создании полисистемы.

Шариковая ручка с набором стержней разного цвета – полисистема, объединяющая несколько ТС (стержни) со сдвинутыми характеристиками. Современный мобильный телефон объединяет кроме собственно телефона еще и фотоаппарат, часы, калькулятор, мини-компьютер и другие ТС.

7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень

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

Макроуровень соответствует большинству предметов и систем, которые нас окружают и которыми мы привычно пользуемся. Образно говоря, это то, что видно невооруженным глазом, что можно потрогать. Станки, корабли и самолеты, автомобили и бытовая техника, карандаши и скрепки – все это макрообъекты. Переход на микроуровень – важнейшая тенденция развития техники. Вместо каких-то «железок» и «штучек» главную функцию начинают выполнять молекулы, атомы, фотоны. Смысл этого перехода в том, что рабочий орган на микроуровне становится более управляемым, регулируемым, появляются новые возможности, например возможность обрабатывать изделие сразу во всем объеме или избавиться от движущихся деталей, которые делают конструкцию ненадежной. Грубый механический способ разделения объекта на части с помощью топора (ножа, пилы) заменяется на разделение лучом лазера. Основной выигрыш – возможность выполнить очень тонкий и чистый разрез сложной формы, в том числе в твердом материале.

Механический двигатель самолета – пропеллер – заменяется реактивным двигателем. Управление рабочим телом осуществляется теперь на микроуровне – нагреванием газа.

3.6. Системный оператор

Еще одним инструментом анализа развития систем является *системный оператор* (или 9-экранная схема талантливое мышления). Это системный метод мышления, который сочетает эволюцию системы из прошлого через настоящее в будущее с организационной иерархией системы от компонентов до надсистемы (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Системный оператор. 9-ти экранная схема талантливое мышления

Основная идея этого подхода, состоит в том, что для улучшения системы можно изменить что-либо не только в самой системе, но в ее прошлом, будущем, в надсистеме или подсистеме т. д.

Новые инновационные возможности появляются по мере того как происходит удаление от центрального экрана системного оператора.

Системный оператор в действительности имеет более девяти экранов. Например, каждый экран имеет более чем одну надсистему. Для каждой системы имеется также и *антисистема* (система, в которой один или несколько параметров, свойств или действий изменены на противоположное значение). Для каждой системы имеются также и подсистемы.

Достоинства метода:

- системный (алгоритмический) подход к решению задач и вообще к мышлению;
- преодолевает психологическую инерцию;
- значительное изменение в одном из экранов перерастает в значительное изменение в системном операторе;
- небольшое изменение в одном из экранов может перерасти в значительное изменение в системном операторе;
- скорее вероятны фундаментальные качественные изменения в системе, чем дополнительные качественные изменения.

Недостатки метода:

– анализ возможных последствий изменений для одного из экранов может отнять много времени;

– могут возникнуть трудности с мониторингом изменений в системном операторе вследствие изменений в одном из экранов.

«Картинки» на экранах системного оператора будут разные в зависимости от того как, по какому направлению «приходить» к этому экрану. Например (рис. 3.5, *a*), к надсистеме в прошлом (верхний левый экран) можно «подойти» двумя путями. Если рассматривать этот экран как надсистему для изделия или для товара, то получим завод или магазин. Если рассматривать этот экран как прошлое локальной сети, то это может быть, например, внутренняя почта, пневмопочта или просто не связанные между собой компьютеры.

Таким образом, за каждым экраном в действительности много разных экранов, связанных с рассматриваемой системой. Если не учитывать эти связи, то легко допустить системную ошибку.

Еще одна особенность, которую необходимо учитывать при построении системного оператора (рис. 3.5): рассматриваем систему во времени в онтогенезе (конкретную систему) или в филогенезе (в историческом развитии).

Онтогенез (от греч. *ón*, род. падеж *óntos* – сущее и ...генез), индивидуальное развитие организма, совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от момента его зарождения до конца жизни.

Системный онтогенез – индивидуальное развитие любой системы.

Филогенез (от греч. *phýlon* – племя, род, вид и генез), филогения, историческое развитие организмов. Термин введен немецким эволюционистом Э. Геккелем в 1866 г.

Системный филогенез – рассмотрение исторического развития любых систем. Филогенез опирается на абстрактные, обобщенные представления о системе в ее историческом развитии и невозможен без последовательного ряда онтогенеза систем.

Получаем разные результаты при построении системного оператора в зависимости от того, будем ли рассматривать его в онтогенезе или в филогенезе (рис. 3.5).

Системный оператор можно использовать для поиска необходимых ресурсов для решения задач, определения причин возникновения противоречий, отслеживание последствий предлагаемых изменений в системе, прогнозирования развития систем и т. д.



Рис. 3.5. Системный онтогенез и филогенез в развитии систем

Самостоятельная работа

Контрольные вопросы

1. Для чего необходима и как может использоваться система законов развития технических систем?

2. Перечислите основные законы развития технических систем. Приведите примеры их проявления.

3. Могут ли нарушаться законы развития ТС?

4. Существует ли четкая методика деления ТС на подсистемы?

5. Всегда ли ресурсы, нужные для решения задачи, можно отыскать внутри ТС (среди ее подсистем) или в ближайших надсистемах?

6. Всегда ли развитие идет от простейшего технического объекта к полной ТС?

7. Приведите пример развитой ТС со всеми основными функциональными блоками.

8. Технические системы, выполняющие функции измерения или обнаружения, например микроскоп, имеют те же функциональные блоки?

9. Можно ли считать развитыми ТС, работающие как статические конструкции, например телевизионную антенну или здание?

Упражнения

1. Сформулируйте ГФ для следующих технических систем:

- шариковая ручка;
- колесо телеги;
- броня танка;
- кулинарный молоток для отбивания мяса.

2. Перечислите несколько возможных дополнительных функций ТС «шариковая ручка».

3. Найдите несколько возможных латентных функций ТС «воздушный шар».

4. Перечислите подсистемы крепежного устройства «винт с гайкой».

5. Перечислите основные подсистемы самолета. Составьте его структурную схему.

6. Перечислите надсистемы самолета в различные периоды его жизненного цикла: разработка нового самолета, испытания, хранение, взлет, полет и посадка.

Работа 3. Применение системного оператора (схемы многоэкранного мышления) для определения направлений совершенствования технического объекта

Цель: показать студентам применение системного оператора (схемы многоэкранного мышления) для определения направлений совершенствования ТС.

Задание. Рассмотреть применение системного оператора (схемы многоэкранного мышления) для дальнейшего совершенствования технической системы.

Этапы применения системного оператора:

Этап 1. Определение функций и рассмотрение особенностей технической системы (ТС), подсистем, надсистем и условий их функционирования в настоящем. Выполняется путем построения структурной модели.

На этом этапе определяются, имеющиеся, недостающие и избыточные функции, а также параметры, определяющие недостаточный, избыточный и адекватный уровень выполнения функций. Кроме того, на этом этапе выявляются нежелательные эффекты, проблемы и задачи по совершенствованию ТС.

Этап 2. Выявление «предков» ТС, т.е. ее аналогов по функции и принципу действия, а также их анализ и выявление эволюционных трендов ТС. Выполняется на основе исторических данных, в том числе данных по истории развития техники и патентным базам.

Этап 3. Анализ надсистемы и условий применения ТС в настоящем и прошлом, а также выявление изменений в надсистеме, которые привели к эволюции ТС и ее подсистем. Выполняется на основе исторических данных.

Этап 4. Формулирование обобщенных функций ТС, в том числе дополнительных, выявление ее функциональных аналогов, начиная с ближайших, минимально отличающихся от изучаемой ТС, например, только условиями использования, и заканчивая дальними аналогами, использующими другие принципы действия и функционирования.

Этап 5. Анализ функциональных аналогов и определение их подсистем в настоящем и прошлом, аналогично тому, как выполнялось для ТС на этапе 1.

Этап 6. Анализ надсистем и условий применения функциональных аналогов ТС в настоящем и прошлом, выявление изменений в надсистеме, которые привели к эволюции ТС и ее подсистем, аналогично тому, как это делалось для ТС на этапе 3.

Этап 7. Определение общих и отличающихся требований надсистем к изучаемой ТС и ее функциональным аналогам. На этом этапе уточняются недостающие и избыточные функции, а также параметры, определяющие недостаточный, избыточный и адекватный уровень выполнения функций. Сопоставление эволюции требований и «ответов», уровней выполнения функций и параметров, их определяющих, помогает лучше понять изменения ТС, которые необходимы «сегодня».

Задача. Для прогнозирования развития технической системы реализовать алгоритм работы с экранами на примере ТС:

А. Дорожный чемодан.

Б. Валковый узел прокатной клетки непрерывного стана.

Самостоятельная работа

Выберите объект для исследования, разработайте системный оператор, приведите примеры его использования.

Лекция 4. Решение изобретательских задач

4.1. Инструменты ТРИЗ для решения изобретательских задач. Понятие о веполе

4.2. Противоречия

4.3. Идеальный конечный результат

4.4. Ресурсы для решения задач

4.5. Стандарты и алгоритм решения изобретательских задач

4.6. Возможные пути обращения исследовательских задач в изобретательские

Самостоятельная работа

Практическая работа 4. Приемы разрешения противоречий

Практическая работа 5. Применение методов ТРИЗ при решении исследовательских и проектных задач

4.1. Инструменты ТРИЗ для решения изобретательских задач. Понятие о веполе

В основе ТРИЗ – представление о закономерном развитии технических систем. Материалом для выявления конкретных закономерностей является патентный фонд, содержащий описания миллионов изобретений. Ни в одном другом виде человеческой деятельности нет такого огромного и систематизированного свода записей «задача-ответ». На рис. 4.1 схематично представлена структура законов развития технических систем, предложенная Г.С. Альтшуллером.

Первый созданный инструмент ТРИЗ – «Приемы устранения технических противоречий». Приемы выявлены и описаны Г. Альтшуллером на основе анализа массива патентной информации. Из-за своей простоты этот инструмент стал наиболее распространенным в литературе по ТРИЗ за пределами России. Максимально обостренные противоречия возникают, когда противоречивые требования предъявляются к одному и тому же элементу технической системы. Например, он должен быть жидким для достижения одной цели и твердым – для другой. Такие противоречия в ТРИЗ называются физическими.



Рис. 4.1. Структура законов развития технических систем, предложенная Г.С. Альтшуллером

Существуют определенные способы разрешения физических противоречий. Среди инструментов ТРИЗ есть «Стандарты на решение изобретательских задач», или, сокращенно – «Стандарты».

Например, три задачи (рис. 4.2):

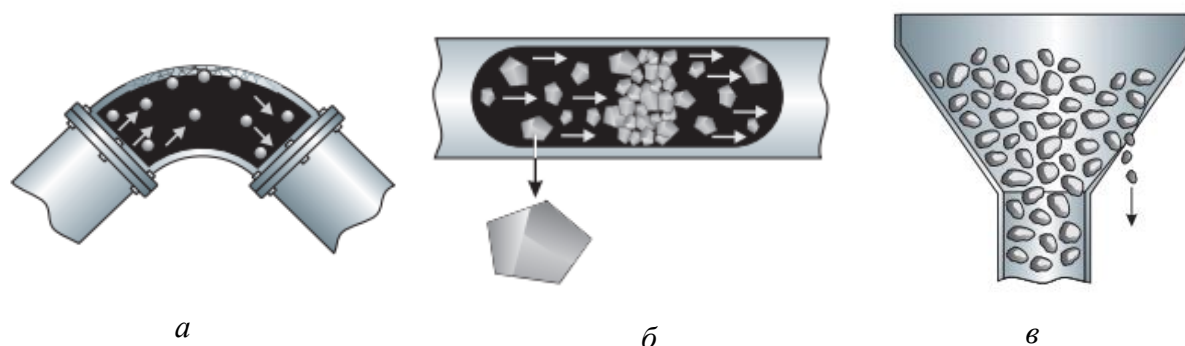


Рис. 4.2. Схемы к задачам 1-3

Задача 1 (рис. 4.2, а). На заводе есть труба, по которой перемещаются стальные шарики. В месте изгиба трубы они сильно ее истирают. Приходится часто заменять изгиб трубы, что неудобно. Как быть?

Задача 2 (рис. 4.2, б). На тепловых электростанциях применяют так называемые золоуловители. В них смешанный с водой поток газов проходит с большой скоростью по стальной трубе. При этом труба подвергается абразивному износу из-за содержащихся в газах твердых частиц. Как быть?

Задача 3 (рис. 4.2, в). На горнодобывающем предприятии руда быстро истирает стенки бункера. Как быть?

Формально эти три задачи относятся к разным сферам производства, и каждая из них имеет специфику. Это действительно так, однако с точки зрения ТРИЗ все три задачи подобны – в ТРИЗ они решаются стандартом на устранение «вредной» связи. Можно изобразить предлагаемую стандартом модель решения схемой (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Схема решения задач 1–3 рис. 4.2

Здесь V_1 – труба (бункер), а V_2 – то, что по ней движется. Оба элемента в рамках этой модели условно обозначаются как «вещества». Между ними волнистая линия показывает, что между двумя веществами есть «вредное» взаимодействие, которое нужно устранить. Стандарты подсказывают, что между V_1 и V_2 нужно ввести вещество, которое является модификацией одного из конфликтующих веществ или их сочетанием. Подобные графические схемы удобны для наглядного представления модели решения задачи. В ТРИЗ существуют определенные правила составления таких схем и их преобразования в процессе решения. Фактически это инструмент наглядного моделирования задачи и ее решения, он получил название «Вепольный анализ». Для тех задач, для которых нет стандартной схемы решения или она еще не выявлена, есть другие инструменты. В частности, для решения сложных задач разработаны алгоритмы, включающие разные инструменты ТРИЗ, и рекомендации по последовательности их использования. При решении задачи по такому алгоритму изобретатель по установленным правилам корректирует первоначальную формулировку задачи, строит модель задачи, определяет имеющиеся ресурсы, формулирует идеальный конечный результат, выявляет и анализирует противоречия, применяет специальные приемы против психологической инерции. Последним таким алгоритмом в классической ТРИЗ стал АРИЗ-85В5.

Понятие о веполе. Два взаимодействующих вещества могут рассматриваться как своего рода «молекула» технической системы: если нет хотя бы одного вещества или взаимодействия – нет и работоспособной технической системы. Такая «молекула» получила название «веполь» – от слов «вещество» и «поле». Веществом обычно является изделие (точнее, подлежащая изменению или обнаружению часть изделия) и часть инструмента (внешней среды), непосредственно взаимодействующая с изделием.

Вепольные формулы позволяют записывать преобразования при решении изобретательских задач, т. е. показывают, что дано и что получено. Отбрасывая все случайное и несущественное, вепольные формулы дают представление о самой сути преобразования. В этом смысле они вполне подобны химическим формулам. Правила, по которым составляются химические формулы, отражают объективно существующие законы (например, уравнивая коэффициенты в записи химической реакции, мы исходим из закона сохранения вещества), точно так же правила вепольных преобразований отражают объективно существующие законы развития технических систем.

4.2. Противоречия

Главным признаком изобретательской задачи является наличие противоречия требований!

Главный тезис ТРИЗ: если удалось сформулировать противоречие требований, то возможно найти и решение этого противоречия.

Техническое противоречие. Часто предъявляются комплексные требования к технической системе. Например, ТС должна быть надежна, проста в эксплуатации, легка, потреблять мало энергии. Автомобиль был быстрым, безопасным и потреблял мало бензина, чтобы корабль был максимально прочным и при этом легким, чтобы телефон был миниатюрным и с удобной клавиатурой. Но выполнить всю совокупность таких требований непросто. Сделали новый двигатель мощнее – это хорошо, теперь автомобиль может двигаться с большой скоростью! Но он стал потреблять больше топлива, а значит, стал менее экономичным. Изменили глушитель, ввели в него катализатор для нейтрализации газов – это хорошо, автомобиль стал более экологичным. Но при этом выросло сопротивление выхлопного тракта, а это плохо – снизилась мощность двигателя. Получается, что новые решения могут иметь и нежелательные последствия. Чтобы учесть это при решении изобретательских задач, в ТРИЗ изобретательскую ситуацию формулируют в виде технического противоречия.

Техническое противоречие (ТП) – модель описания ИС, в которой выделены желательные и нежелательные последствия конкретного изменения ТС. Примеры:

– Делая корпус корабля более узким, снижаем затраты на трение и получаем высокую скорость хода. Но при этом снижается и остойчивость корабля, при волнении на море он может перевернуться. Делая корабль более широким, добьемся хорошей остойчивости, но снизится скорость хода.

– Уменьшая размер кнопок на панели мобильного телефона, делаем его максимально компактным. Но набирать номер станет неудобно. Увеличив размер кнопок, получаем возможность удобного набора номера, но для размещения таких кнопок потребуется большой корпус.

– Используя пароли, состоящие из нескольких десятков знаков, повышаем защиту компьютерных программ от взлома. Но такой пароль трудно запомнить. Короткий пароль легко запомнить, но легко и подделать.

– Используя более вместительные автобусы, уменьшаем количество автобусов на маршрутах и затраты на заработную плату водителей, но при этом увеличиваются время посадки и выхода пассажиров и интервалы движения. Используя небольшие автобусы, интервалы движения сокращаем, но затраты на заработную плату водителей возрастают.

Техническое противоречие можно отобразить схемой, представленной на рис. 4.4.

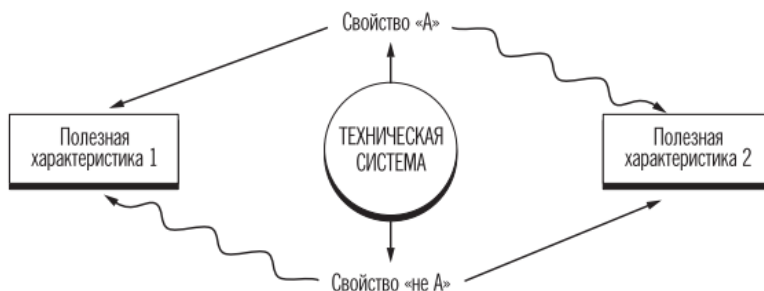


Рис. 4.4. Схема технического противоречия

Этапы процесса выявления технических противоречий приведены в табл. 4.1, а полученные схемы технических противоречий – на рис. 4.5.

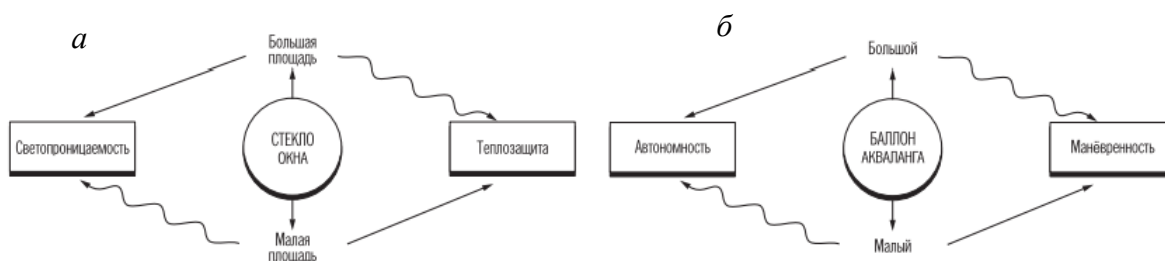


Рис. 4.5. Схемы технических противоречий: а – стекло окно; б – баллон акваланга

Таблица 4.1

Этапы выявления технических противоречий на примере двух систем: окно и акваланг

Этап	Пример выполнения	
	Окно	Акваланг
1. Выберите техническую систему		
2. Поставьте цель развития ТС – улучшить какую-либо характеристику	Повысить пропускание света	Увеличить срок автономной работы
3. Предложите, какой элемент ТС можно изменить и как, чтобы достичь цели	Увеличить площадь стекла	Увеличить размер воздушных баллонов
4. Выявите, какая полезная характеристика ТС при этом ухудшится	Ухудшится теплозащита	Ухудшится маневренность аквалангиста
5. На основе шагов 3 и 4 сформулируйте техническое противоречие	Увеличивая площадь стекла в окне, мы улучшаем освещенность в комнате, но ухудшаем способность теплозащиты	Увеличивая размер баллонов, увеличиваем длительность автономного плавания, но при этом акваланг становится менее удобным для маневров
6. Измените элемент, выбранный на шаге 3, противоположным образом и постройте техническое противоречие, обратное сделанному на шаге 5	Уменьшая площадь стекла в окне, мы улучшаем способность теплозащиты, но при этом ухудшаем освещенность в комнате	Уменьшая размер баллонов, делаем акваланг удобным для маневров, но при этом снижается длительность автономного плавания

Формулировка ИС в виде ТП имеет эвристический потенциал – она как бы отрезает пути поиска компромиссных, не идеальных решений, а также позволяет использовать инструмент «Приемы устранения технических противоречий». Г.С. Альтшуллер сформулировал 40 основных приемов устранения технических противоречий (см. Приложение).

Физическое противоречие. Еще большим эвристическим потенциалом обладает физическое противоречие. Стандартный путь совершенствования ТС – оптимизация, то есть выбор оптимальных значений их характеристик. При этом стараются достичь простого компромисса между противоположными требованиями к ТС. Но это не всегда возможно. Когда оптимизация не позволяет достичь нужного потребительского качества, приходится решать изобретательскую задачу. Для этого нужно точно поставить задачу – достичь максимально возможного уровня реализации противоположных свойств. Такая задача формулируется в виде так называемого физического противоречия.

Физическое противоречие (ФП) – это модель описания задачи, в которой противоположные требования предъявляются к одному элементу ТС (рис. 4.6).

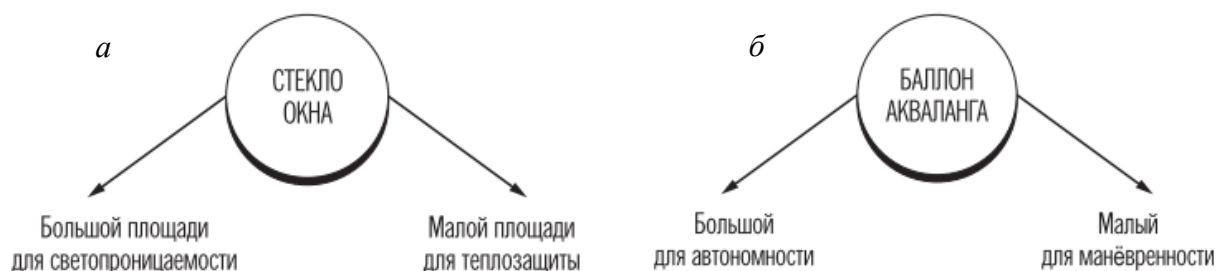


Рис. 4.6. Схемы физических противоречий: *а* – стекло окно; *б* – баллон акваланга

Примеры:

– Корпус корабля должен быть узким, чтобы снизить затраты на трение и получить высокую скорость хода, и корпус корабля должен быть широким, чтобы обеспечить хорошую остойчивость.

– Кнопки на клавиатуре мобильного телефона должны быть компактными, чтобы можно было уменьшить его корпус, и кнопки должны быть большими, чтобы было удобно набирать номер.

– Компьютерный пароль должен быть длинным, чтобы его трудно было подобрать, и он должен быть коротким, чтобы пользователь мог легко его запомнить.

– Автобусы должны быть вместительными, чтобы уменьшить количество водителей, и автобусы должны быть небольшими, чтобы снизить интервал их движения.

Физическое противоречие предполагает объединение в рамках одного высказывания двух «должно быть», двух противоположных требований решателя.

Для ускорения отбора приемов под конкретную задачу Г.С. Альтшуллер в 60-х годах XX века разработал специальный поисковый аппарат – таблицу выбора приемов 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 приемов из списка. Прежде чем выбрать прием, 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 приемов.

Приемы 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, приемы следует использовать, начиная с первого из рекомендованных. Если же решение должно быть как можно более оригинальным, неожиданным, нужно начинать с последнего.

Способы разрешения физических противоречий. После того как в ТРИЗ появился новый инструмент – физические противоречия (ФП), анализ задач стал проводиться глубже. Физические противоречия наиболее четко выражают суть стоящей перед изобретателем задачи. Естественно, что решением изобретательской задачи стало считаться разрешение ФП. Потребовались инструменты, помогающие изобретателю на этой стадии работы. Были найдены основные способы разрешения противоречивых требований, определенных в ФП:

– В пространстве (одна часть ТС удовлетворяет одному требованию, а другая часть – другому). ФП: объект должен быть горячим и холодным. Его можно разрешить в пространстве – одна часть (элемент) ТС горячая, а другая – холодная. Именно так разрешено противоречие в сковороде: рабочая поверхность горячая, а ручка – холодная.

– Во времени (в одно время элемент ТС удовлетворяет одному требованию, а в другое время – другому). Стекла очков должны пропускать много света, чтобы человек мог хорошо видеть в полутемных помещениях, и они должны пропускать мало света, чтобы глазам было комфортно при ярком освещении. Очки «хамелеон» позволяют разрешить это противоречие во времени – они прозрачные и пропускают много света, если освещение слабое, и они темные, пропускают мало света, если освещение яркое.

– В отношениях (элемент должен обладать определенным свойством по отношению к одному объекту надсистемы и противоположным свойством по отношению к другому объекту надсистемы). Москитная сетка непроницаема для насекомых, но проницаема для воздуха.

В случае невозможности разрешения противоречия нужно искать решение, при котором противоречие не возникает вообще. Противоречие: корпус корабля должен быть узким, чтобы сопротивление воды было малым, и широким, чтобы иметь хорошую остойчивость. Это противоречие невозможно разрешить до конца – требования должны удовлетворяться в одно и то же время, в одном и том же месте... Но возможен переход на другой принцип работы – движение над водой. У судна на воздушной подушке этого

противоречия нет. Указанные выше общие способы устранения противоречий могут быть конкретизированы с помощью уже известных нам приемов устранения технических противоречий. Так, принципы местного качества и перехода в другое измерение являются частными случаями общего подхода – разрешения противоречия в пространстве.

4.3. Идеальный конечный результат

В каком направлении надо двигаться в поисках решения? Где найти ориентиры, позволяющие сделать это движение успешным? Какое решение считать лучшим?

Примеры:

– В XVII веке на реке Урал построили множество плотин с водяными колесами, приводившими в движение фабричные станки. В XIX веке фабрики оснастили паровыми машинами, а по реке решили пустить пароход. Но как убрать сваи, вбитые в дно? Это стволы лиственницы – сибирского дерева, которое в воде не гниет, а становится еще более прочным. И таких стволов, крепко затянутых илом, из дна реки торчит множество. Предлагали различные проекты: спустить в колоколе на дно людей с пилами, или собирать большой плот вокруг каждой сваи и тянуть ее вверх, или помещать сваю в трубу и растворять ее кислотой... Но победил проект, в котором сваи были вытянуты сами собой. Вернее, не совсем сами, их помогла выдернуть река. К каждой свае крепкими канатами привязали бревна и оставили их плавать на поверхности воды. Зимой эти бревна вмерзли в лед, а весной, во время ледохода, они двинулись с места и, увлекаемые огромной энергией реки, выдернули из дна сваи...

– Купили промышленники паровую машину, привезли к фабрике, осталось только по мосту через реку переехать, но оказалось, что мост для такой нагрузки слабоват – может и рухнуть. Разобрали машину, почти все детали перевезли по отдельности, но самую большую – паровой котел – перевезти не получается. Неужели строить новый мост? Нет, мастера-выдумщики нашли другое решение – заставили чугунный котел переплыть реку самостоятельно. Для этого заткнули в нем все отверстия, скатили котел в воду и потянули за лодками...

– На предприятии выпускали шарики для подшипников. Пришел заказ – изготовить металлические шарики, полые внутри. Изготовили. Снаружи шарики проверили стандартными методами – все они совершенно круглые, одинакового размера и веса. Но заказчик требует, чтобы у шариков внутренние пустоты тоже были расположены строго по центру. Как же отобрать только такие шарики? Может быть, просвечивать каждый шарик в рентгеновских лучах и изучать полученные снимки? Но это дорого и займет много времени. Поступили проще – запустили шарики скатываться по узкой наклонной полоске. Те шарики,

в которых внутренние пустоты располагались по центру, катились строго по прямой линии. А те, у которых центр тяжести был смещен, отклонялись вбок и падали в стоящий внизу контейнер для брака.

Что объединяет все эти решения? Изобретатели в максимальной степени использовали ресурсы, имеющиеся в совершенствуемой системе или вокруг нее, как бы заключили своеобразный договор с природой о применении для работы ее сил. Река сама, без домкратов и пил вытянула сваи; котел сам, без моста и парохода переправился через реку; бракованные шарики сами отделились от качественных. Впрочем, не совсем сами. Им пришлось немного помочь. Заметьте, не делать всю работу самостоятельно, а помочь сделать так, чтобы эту работу выполнили силы природы. Пожалуй, в этом и состоит главное мастерство изобретателей – сделать так, чтобы работа выполнялась сама. Чем меньшими усилиями человека выполняется работа, тем сильнее изобретение. Человек издавна изобретает. Добыть и приготовить пищу, передать на большое расстояние информацию, отвести воду от жилища... Для этого он создает технику: различные устройства, приборы, машины. Но техника сама по себе человеку не нужна – нужен эффект, который она производит, нужен результат. Чем проще будет ТС, тем лучше. Получается, что предел развития техники – это получение полезного результата вообще без ТС. Этот внешне парадоксальный вывод и лег в основу понятия *идеальной технической системы*. Понятие идеальной ТС предложил Г.С. Альтшуллер. Под идеальной понимается такая техническая система, затраты на получение полезного эффекта в которой равны нулю. При этом затратами будем считать энергию, материалы, которые нужны для создания системы и ее функционирования, занимаемое пространство... Образ идеальной системы позволяет сконцентрировать внимание разработчика только на ожидаемом полезном эффекте, лучше осознать запросы потребителя. Идеальная машина – это машина, которой нет, а функция ее выполняется.

Идеальный телевизор – это получение высококачественного изображения без технического устройства. Идеальный автомобиль – это самостоятельное перемещение грузов.

Как видим, система здесь описывается через свою функцию. Пределом развития ТС является выполнение полезной функции без всяких затрат. Именно это можно рассматривать как конечную цель ее развития. Такой подход к описанию будущего очень удобен. Можно пока не знать, из каких материалов будет сделана будущая система, какие физические принципы в ней заложены, но знать, к какому пределу она стремится. Каждая узкая область техники имеет собственные критерии оценки идеальности. Помимо широко известного коэффициента полезного действия применяются коэффициенты полезной загрузки площади

или объема, коэффициент полезного использования времени, коэффициент зольности топлива, коэффициент эффективности экономики и т.п. Чем меньше затраты на выполнение функции, тем более идеальна система. Можно увеличить идеальность, используя ресурсы самой обрабатываемой ТС.

Идеальность обрабатывающей ТС можно увеличить, возложив на нее выполнение дополнительных функций. Так, в одном устройстве совмещают возможности двух. Например, сеялка вносит в почву не только семена, но и удобрения.

Закон стремления к идеальному конечному результату (ИКР) определяет основное направление в развитии систем. ИКР можно описать формулой:

$$\text{ИКР} = \frac{\sum F_{\text{пол}}}{\sum Q + \sum F_{\text{вр}}},$$

где ИКР – идеальный конечный результат для системы (должен увеличиваться \uparrow);

$\sum F_{\text{пол}}$ – сумма полезных функций системы (должна увеличиваться \uparrow);

$\sum Q$ – сумма затрат для выполнения всех функций, например, времени и других ресурсов (должна уменьшаться \downarrow);

$\sum F_{\text{вр}}$ – сумма вредных функций системы (должна уменьшаться \downarrow).

Идеальная система – это система, которой нет, а ее функция выполняется.

Решая изобретательскую задачу, специалист по ТРИЗ ищет решение с высокой идеальностью, то есть такое, которое позволяет добиться необходимого результата с минимальными затратами. Для поиска таких решений Альтшуллер разработал специальный инструмент – оператор ИКР (идеальный конечный результат), который настраивает изобретателя на получение нужного эффекта за счет использования доступных ресурсов. ИКР может формулироваться по-разному. Но самая распространенная, классическая формулировка такова:

Идеальный конечный результат: X-элемент сам выполняет требуемое действие (вместо какой-то специализированной ТС), продолжая выполнять функцию, ради которой он был первоначально создан.

При этом под названием «X-элемент» может скрываться либо сама проблемная ТС, либо какая-то ее подсистема.

Пример. В море недалеко от берега установлены буи. Они обозначают линию, которую нельзя пересекать судам. Буи в темноте светятся – на них установлены лампы и

аккумуляторы. Время от времени аккумуляторы приходится менять и подзаряжать – для этого работает специальная служба. В ветреную погоду, когда море волнуется, замена аккумуляторов становится проблемой. Заказчик просит решить эту проблему. Какой путь ее решения следует выбрать?

Идеальная система подзарядки – когда системы нет вообще, а ее функция выполняется. Сформулируем ИКР: буй сам заряжает аккумулятор, продолжая выполнять функцию границы зоны, разрешенной для плавания. Можно ли реализовать ИКР в данном конкретном случае? Для этого нужно найти ресурс – бесплатную энергию, которую можно преобразовывать в электрическую. Нетрудно догадаться, что такой ресурс есть – это энергия волн. Есть простые готовые устройства, с помощью которых качающийся на волнах буй будет сам по себе заряжаться. А система замены аккумуляторов с применением рискованного человеческого труда будет не нужна.

4.4. Ресурсы для решения задач

Чтобы получить высокоидеальное решение, то есть обеспечить выполнение функции с минимальными затратами, необходимо найти соответствующие ресурсы в самой проблемной системе или в ее окружении. В предыдущей главе рассматривалась задача об удалении вбитых в дно реки свай. Какие же ресурсы можно было найти, чтобы убрать сваи? Можно было тянуть сваи с берега, используя людей или конные упряжки. Для этого требуются рабочие, лошади, длинные прочные канаты, лодки, чтобы крепить канаты на сваях, и т.д. Можно было соединить несколько плотов вокруг свай, раскачать ее с этих плотов и потом рычагом вытянуть из грунта. Плоты нужны большие и прочные, чтобы при вытягивании свай они не ушли под воду, не развалились. И нужны люди – сильные и в достаточном количестве. Предлагались и экзотические решения: спустить в колоколе на дно людей с пилами или поместить сваю в трубу и растворить ее кислотой. В действительности был использован идеальный ресурс, самый мощный источник энергии – сама река. Сила ее течения превосходит силы всех рабочих, вместе взятых, к тому же этот ресурс совершенно бесплатный и практически неисчерпаемый. Реку можно использовать для удаления свай разными способами. Например, затопить вокруг свай несколько бочек, привязав к ним мешки с камнями, а затем, прикрепив бочки веревками к свае, обрезать «якоря». Всплывающие бочки, если они достаточно велики, выдернут сваю. В этом случае работу выполнит подъемная сила воды. Можно использовать и кинетическую энергию течения воды – сделать «водяной парус». Для этого придется опустить в воду полотнище, привязав его к сваям, и позволить течению реки, наполняющему этот «парус», выворотить сваи из дна. А

можно, как и было сделано, закрепить к сваям бревна и, дождавшись ледохода, наблюдать с бережка, как движущийся лед вырвет и унесет сваи. Итак, решение любой проблемы, как в приведенном выше примере, во многом зависит от нахождения и грамотного использования ресурсов.

Ресурс – это пространство, время, вещество, энергия, информация, которые могут быть использованы для решения задачи.

Высокоидеальные решения получаются с использованием тех ресурсов, которые уже есть в системе. Если нужного ресурса нет, его зачастую можно получить, изменяя существующие. Например, если для решения задачи нужно использовать жидкость, а в наличии есть только твердые вещества, жидкость можно получить расплавлением. Находить, «вычислять» и задействовать ресурсы – это одна из важных составляющих умения решателя.

Виды ресурсов. Классификацию ресурсов полезно знать, чтобы вести их поиск не случайным образом, а системно. Различают энергетические и вещественные, пространственные и временные, информационные ресурсы.

Энергетические ресурсы. Практически в каждой ТС существуют источники энергии и силы – как явные, так и скрытые. Даже в такой простой ТС, как свая, можно обнаружить продольную и поперечную силы упругости материала, сопротивляющиеся давлению, вес сваи, энергию горения древесины. В надсистеме «река» есть кинетическая энергия движения воды, вес воды, сила Архимеда... При взаимодействии разных систем тоже могут порождаться определенные силы: давление потока на сваю, сила трения и нагрев соприкасающихся тел. Вещественными ресурсами могут являться все вещества, которые есть в системе или ее надсистемах. В задаче об удалении свай вещественным ресурсом можно считать воду в реке, канаты, тягловых лошадей, камни и песок на берегу и дне.

Пространственные ресурсы – это пространство, которое может быть использовано для решения задачи. «Пустота», особенности формы объектов, которые можно применить для изменения исходной системы или для повышения эффективности ее эксплуатации. Примером использования пространственных ресурсов может служить предложение полностью забивать сваи в дно. Ресурс здесь – пространство под дном, которое обычно не принимается в расчет при решении.

Временные ресурсы – это промежутки времени, которые могут быть использованы для улучшения функционирования системы, для выполнения дополнительных операций. Классическим примером этого вида ресурсов является объединение времени выполнения двух различных операций, скажем, обработка объекта во время его транспортировки. Отдельно нужно сказать об информационных ресурсах.

Все перечисленные выше ресурсы могут считаться *информационными*, если они несут важную для человека информацию. Так, информационным ресурсом для опытного моряка служит завихрение воды над погруженным в воду предметом. В реальных ситуациях далеко не всегда есть именно то, что необходимо для решения задачи. Изменение, модификация исходного ресурса с целью приведения его к нужному виду – важная часть работы решателя. Такого рода измененные ресурсы называются производными. Например, целлюлоза, которая входит в состав свай, не может быть использована как ресурс, но после пропитки целлюлозы определенными химикатами образуется состав, который может гореть под водой. При наличии такого производного ресурса сваи могут быть просто сожжены.

Системный подход к поиску ресурсов. Начинать поиск целесообразно с анализа самого объекта, подвергаемого обработке, затем используемой для выполнения работы системы, прежде всего, ее рабочего органа. После этого исследуются возможности ближайших надсистем. Например, нужно найти нечто, позволяющее убрать сваю из реки. Сначала рассматриваем ресурсы обрабатываемого объекта. Свая – это древесина, а значит, ее можно сжечь, если пропитать специальным веществом. Свая имеет определенную частоту собственных колебаний, а значит, может быть разрушена при помощи резонанса. Затем идет поиск ресурсов той системы, которую уже пытались использовать для выдергивания свай. Предположим, что это подъемные механизмы на лодках. Изыщем возможности повышения эффективности их работы. Для этого можно рассмотреть возможность использования более мощных подъемных механизмов, а можно подумать об увеличении подъемной силы лодки или плота путем их облегчения. Такой ресурс лодок, как площадь боковой поверхности, соединившись с напором течения, может обеспечить силу, выламывающую сваю из дна. После этого переходим к ресурсам надсистем. Сваи находятся в реке, поэтому рассматриваем прежде всего ресурсы реки... Это не только сила и давление потока воды. Поиск пространственных ресурсов, в том числе на дне и под дном реки, может привести к новому решению – не вытаскивать сваю, а вбить ее как можно глубже в дно, чтобы не мешала. При поиске ресурсов важно преждевременно не вводить каких-либо ограничений. Иногда фантазийные на первый взгляд идеи приводят к самым интересным, неочевидным решениям. Системный подход повышает надежность поиска и позволяет планомерно рассматривать входящие в систему и надсистемы ресурсы и связи между ними.

4.5. Стандарты и алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)

Система стандартов в нынешнем виде позволяет уверенно решать некоторую часть изобретательских задач: около 70% их можно решить прямым применением стандартов и еще в 10–15% случаев стандарты заметно облегчают путь к ответу.

ТРИЗ учит решать изобретательские задачи. Известные – с помощью информационного фонда, неизвестные – с помощью АРИЗ.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) представляет собой подробное и достаточно трудоемкое описание последовательности изобретательского процесса, которое может взять на вооружение каждый человек, чья деятельность связана с творчеством. Но при этом стоит отметить, что важно не только знание, но и понимание алгоритмов, а также практика работы с ними. Алгоритм отличается высокой гибкостью: разные задачи могут решаться разными путями, зависящими не только от сложности задачи, но и от знаний, опыта самого изобретателя. Автор методики Г.С. Альтшуллер писал: «АРИЗ – инструмент для мышления, а не вместо мышления». Этапы упрощенного варианта АРИЗ приведены в табл. 4.2.

Схематичное представление АРИЗ можно представить в виде цепочки:

$$\text{ПП} \rightarrow \text{УП} \rightarrow \text{ИКР} \rightarrow \text{ОП} \rightarrow \text{Р.}$$

В первую очередь формулируется поверхностное противоречие (ПП), которое логично выделяется из условия задачи. О нем, как правило, говорит сам заказчик. Зачастую ПП – это нежелательный эффект, который нужно устранить, предъявив к системе определенные требования. Так определяют углубленное противоречие (УП).

Дальше ТС представляется такой, какой она должна быть в результате устранения нежелательного эффекта – избавившейся от негативного фактора и сохранившей положительные качества – формулируется ИКР. Когда разработана концепция идеального результата, он сравнивается с текущим состоянием системы, на основании чего ищутся причины ее несовершенства. Эти причины и составляют ОП – обостренные противоречия, выявление и устранение которых приводит к решению проблемы.

Этапы упрощенного варианта АРИЗ

№	Этап	Описание
1	Анализ задачи	Определиться с типом задачи: исследовательская или изобретательская? Исследовательская задача требует описания нового явления, неизвестного ранее и непонятного. Изобретательская же имеет дело с известным явлением, которое нужно изменить или устранить. Очевидно, что такие задачи решаются проще, поэтому нужно уметь переводить исследовательскую задачу в изобретательскую. Чтобы сделать это, нужно к условию задачи поставить вместо вопроса «Почему (как) это происходит?» вопрос: «Как это делать?» Для этого записать формулировку обращенной задачи по схеме: «Система ... (указать назначение) включает ... (перечислить входящие в систему элементы). Необходимо при заданных условиях обеспечить получение ... (указать наблюдаемое явление).
2	Противоречия и ИКР	Нужно сформулировать противоречия и идеальный конечный результат. Бывают случаи, когда четкое определение этих двух составляющих уже наталкивает на приемлемый результат. Например, задача: как поступить гостинице, чтоб гости не крали вещи? Противоречие - кражу допустить нельзя, но и следить за вещами и проверять багаж съезжающих невозможно. ИКР - даже в случае кражи гостиница не должна нести убытков. Решается все просто - стоимость вещей в номере изначально включается в стоимость проживания.
3	Ресурсы	Ресурсами может быть все, что полезно для нахождения решения. Желательно, чтобы для этого использовались те ресурсы, которые уже присутствуют в проблемной ситуации, а также максимально дешевые ресурсы. Например, если грузовик буквально на сантиметр выше моста или дорожного перекрытия, разумнее спустить немного колеса и проехать, а не искать объездной путь.
4	Решение	Применить приемы и принципы, созданные для поиска решений в ТРИЗ. См. Информационный фонд ТРИЗ.
5	Анализ	Анализ полученных решений с позиции идеальности. Необходимо определить, насколько сложно и дорого обойдется реализация, задействованы ли все ресурсы системы, какие нежелательные эффекты возникли, как их минимизировать или устранить.

Последовательность, описанная выше, характерна для основных модификаций АРИЗ. За время своего существования алгоритм развивался и продолжает развиваться в направлении формализации и детализации описанной последовательности.

Модификации АРИЗ. Г. С. Альтшуллер в книге «Алгоритм изобретения» писал, что постоянно совершенствовал свой алгоритм, проведя за этой работой 25 лет. Каждую модификацию он проверял на практике, после чего корректировал АРИЗ. Но это не значит, что все предыдущие варианты, вплоть до последнего, не были рабочими. В свое время они успешно применялись изобретателями, а дальнейшие модификации учитывали все возрастающий опыт решения разнообразных задач, что поступательно делало АРИЗ более универсальным.

Ниже схематически представлены основные, но не все, модификации АРИЗ.

АРИЗ-56: $АП \rightarrow ТП \rightarrow \text{Причины } ТП \rightarrow Р$.

АРИЗ-59 и 61: $АП \rightarrow ИКР \rightarrow ТП \rightarrow \text{Причины } ТП \rightarrow \text{Условия разрешения } ТП \rightarrow Р$.

АРИЗ-62: $АП \rightarrow ИКР \rightarrow ТП \rightarrow \text{Физ./хим. прич. } ТП \rightarrow \text{Условия разрешения } ТП \rightarrow Р$.

АРИЗ-63 - 71: $АП \rightarrow ИКР \rightarrow ТП \rightarrow \text{Причины } ТП \rightarrow \text{Условия разрешения } ТП \rightarrow Р$.

АРИЗ-71Б: $АП \rightarrow ИКР \rightarrow ТП \rightarrow ФП \rightarrow Р$.

АРИЗ-77: $АП \rightarrow ТП \rightarrow ИКР \rightarrow ФП \rightarrow Р$.

АРИЗ-82: $АП \rightarrow ТП \rightarrow ИКР \rightarrow ФП_{\text{мак}} \rightarrow ФП_{\text{мик}} \rightarrow Р$.

АРИЗ-82В и Г: $АП \rightarrow ТП1 \rightarrow ТП2 \rightarrow ТП \rightarrow ТПу \rightarrow ИКР \rightarrow ФП_{\text{мак}} \rightarrow ФП_{\text{мик}} \rightarrow Р$.

АРИЗ-85А, Б, В: $АП \rightarrow ТП1 \rightarrow ТП2 \rightarrow ТП \rightarrow ТПу \rightarrow ИКР1 \rightarrow ИКР1у \rightarrow ФП_{\text{мак}} \rightarrow ФП_{\text{мик}} \rightarrow ИКР2 \rightarrow Р$.

Здесь обозначены:

АП – административное противоречие (Административное противоречие (АП) звучит так: «надо улучшить систему, но я не знаю как сделать это». Это противоречие является самым слабым и может быть снято либо изучением дополнительных материалов, либо принятием/снятием административных решений).

ТП – техническое противоречие.

ТПу – усиленное техническое противоречие (предельное состояние).

ИКР – идеальный конечный результат.

ИКР1у – усиленная формулировка ИКР1.

ФП – физическое противоречие.

ФПмак – физическое противоречие на макроуровне.

ФПмик – физическое противоречие на микроуровне.

Р – решение.

В процессе совершенствования, АРИЗ адаптировался под степень сложности задачи. Самые простые задачи решались с помощью основной цепочки АРИЗ (АП → ТП → ИКР → ФП → Р). Некоторые современные последователи ТРИЗ считают наиболее удачной и понятной. Но более сложные задачи требовали и более подробного алгоритма для своего решения. АРИЗ-85В, как последняя модификация, схематически представленный выше, отвечал данной задаче – он довольно детальный, но в тоже время это также делает его громоздким.

Описание последовательности шагов на примере разрешения сложных технических проблем с помощью АРИЗ-85В – сложная и трудоемкая работа. С примерами авторских материалов решения таких задач можно ознакомиться в источниках [4–6] из перечня ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Все модификации АРИЗ имеют свои недостатки, на которые указывают и пытаются решить практики ТРИЗ. В целом, еще предстоит разработать часть АРИЗ точно определяющую исходную изобретательскую ситуацию и все возможные пути решения задачи.

4.6. Возможные пути обращения исследовательских задач в изобретательские

В большинстве случаев изобретательской деятельности предшествует процесс научного исследования. Поэтому весьма важное значение имеют приемы обращения исследовательских задач в изобретательские. Возникает закономерный вопрос: можно ли применить ТРИЗ для решения задач исследовательских, которые традиционно считаются более сложными, чем изобретательские. Однако следует иметь в виду, что постановка исследовательских задач зачастую содержит явное или скрытое указание на противоречие, а значит, можно попытаться использовать имеющийся в ТРИЗ аппарат. В данной ситуации исследовательская задача переводится в изобретательскую следующим образом: вместо вопроса «Как объяснить явление?» спрашивается: «Как получить это явление?». Этот прием является общим для решения исследовательской и изобретательской задачи. Следует подчеркнуть, что у исследовательских задач есть та особенность, что они решаются на «собственных ресурсах», а в случае изобретательских задач допускается введение новых веществ и полей.

Рассмотрим ряд примеров. Система для сварки листов титана содержит сварочное устройство, аргон, окружающую атмосферу и листы титана. В процессе сварки появляются поры, которых не должно быть. Почему это происходит? Целесообразно рассмотреть за дачу наоборот. Имеется уже описанная система для сварки листов титана. Надо, чтобы при

наличии чистого аргона, который исключает доступ окружающей атмосферы к месту сварки, осуществлялось образование пор в сварном шве. Кроме уже перечисленных элементов системы имеет место процесс сварки: высокая температура, плавление титана. А это как раз те условия, при которых возникают пузыри. Следовательно, причина явления определена: это тепловое поле. Далее возникает вопрос о том, каким способом можно получить пористое твердое тело. Нужно добиться образования пузырей в жидком (расплавленном) материале с его последующим застыванием. Следует найти причину возникновения пузырей. Можно исследовать химические реакции, проходящие с выделением газа. Кроме того, имеет место процесс возникновения крупных пузырей при объединении газовых частиц, растворенных в жидкости. Известно, что происходит при сварке. На первое вещество, титан, действует тепловое поле. Вепольный анализ требует наличия второго вещества, связанного с первым и образующего пузыри при действии теплового поля. Этим вторым веществом является кислород, хотя аргон надежно защищает шов от окружающего воздуха. В данной ситуации можно сделать предположение о том, что содержащийся в титане кислород, который попадает заранее из воздуха, в процессе сварки начинает реагировать с титаном. При его проверке установлено, что оно правомерно. Следовательно, необходимо проверить наличие воздуха и влаги в свариваемых материалах.

В качестве следующего примера рассмотрим подачу воды под давлением через калиброванную щель между двумя полированными плитами. Было обнаружено, что при тонких щелях (менее 10 микрон) расход воды больше теоретического. Причем отклонение от теории увеличивается с уменьшением щели. Для выяснения причины этого явления сформулируем задачу: система для исследования течения жидкости через тонкие щели включает полированные плиты, болты, прокладки, воду под давлением, устройство замера расхода воды. Когда щель делают меньше 10 микрон, расход воды начинает превышать теоретический, причем расхождение увеличивается с уменьшением щели. Целесообразно применить обращение задачи, которая будет выглядеть следующим образом: необходимо при сохранении заданных условий увеличить расход воды. Ясно, что это изменение может быть вызвано увеличением размера щели, которая образуется плитами, скрепленными болтами. Для получения этого эффекта следует воздействовать на плиты или болты с помощью механического поля, поскольку вода находится под давлением. Поставленная цель достигается тем, что либо плиты под давлением прогибаются, либо болты растягиваются. Расчет с помощью сопромата конструкции из двух плит, стянутых по краям, показывает, что основной вклад в увеличение щели даст изгиб плиты, который более заметен при малых щелях.

Хорошие результаты при выявлении скрытых дефектов в устройствах, недостатков проектируемых технологических процессов позволяет получить прием обращения задачи. В данной ситуации можно использовать модификацию приема обращения, получившую название «диверсионный поход», или «диверсионный анализ». Следовательно, найдя способы порчи, надо отыскать, как не допустить этого. Причем ни один из выявленных дефектов не отбрасывается без проверки. Такой анализ возможен и необходим не только для действующих и проектируемых изделий, технологий, но и для выявления, устранения возможностей аварий, катастроф. Следует подчеркнуть, что главная цель «диверсионного подхода» заключается в выявлении и прогнозировании неожиданных явлений.

В качестве примера использования этого приема можно рассматривать устранение одной из причин отказов какого-либо бытового электроприбора. Причиной этого отказа может быть значительный перепад напряжения в электросети. Чтобы избежать такого отказа, необходимо использовать более чувствительный электрический предохранитель.

Основные этапы обработки исследовательских задач:

1. Формулировка исходной исследовательской задачи. Нужно указать назначение системы и ее состав. Кроме того, указать, при каком условии что происходит. Указать на необходимость объяснения этого явления, т.е. спросить, почему оно происходит?

2. Формулировка обращения задачи. Следует заменить вопрос «почему?» на вопрос «как это сделать?», превратив исследовательскую задачу в изобретательскую. Сформулировать обращенную задачу. Для этого необходимо описать назначение системы, ее состав, заданные условия, наблюдаемое явление.

3. Описание возможностей. Необходимо перечислить возможности системы, способные в принципе совершить или способствовать совершению нужного действия. Следует обратить внимание на возможность получения незначительных отличий от стандартных условий.

4. Поиск известных решений (прототипов). Нужно рассмотреть, в каких природных процессах, областях быта, науки и техники требуемое явление получается. При исследовании возможности применения этих способов отдать предпочтение наиболее простым.

5. Поиск необходимых эффектов. Надо проанализировать физические, химические, биологические и другие эффекты, способные создать нужное действие. Следует проверить, можно ли создать нужный эффект, используя выявленные в п. 3 возможности.

6. Поиск новых решений.

7. Формирование гипотез и задач для их проверки на основе результатов. Из полученного решения обращенной задачи по пунктам 4, 5 и 6 необходимо сформулировать гипотезу (гипотезы) и задачи для их проверки.

8. Новые задачи. В случае, когда явление полезно, следует сформулировать и решить задачу его усиления с учетом полученного знания о механизмах действия. Если наблюдаемое вредно, сформулировать и решить задачу по его устранению.

По сути, п. 1–5 являются первым этапом упрощенного АРИЗ (таблица 5.2), а п. 6 поиск новых решений предполагает реализацию п.п. 2–4 табл. 5.2.

Самостоятельная работа

Контрольные вопросы

1. Что такое веполь? Приведите примеры веполей.
2. Какие правила и основные сложности построения веполей можно назвать?
3. Приведите примеры решения задачи при помощи веполей.
4. Что такое техническое противоречие? Приведите примеры.
5. Что такое физическое противоречие? Приведите примеры.
6. Для чего необходимы приемы устранения противоречий?
7. Приведите примеры приемов устранения технических противоречий.
8. Для чего нужна таблица применения приемов устранения технических противоречий?
9. Перечислите принципы разрешения физических противоречий.
10. Что такое ИКР? Для чего он применяется?
11. Приведите примеры формулировок ИКР для разных задач.
12. Что такое система стандартов на решение изобретательских задач?
13. Что такое АРИЗ? В чем его суть?
14. Перечислите основные этапы обращения исследовательских задач в изобретательские.

Упражнения

Приведите примеры, иллюстрирующие приемы устранения ТП (номера приемов совпадают с номерами, под которыми они даны Альтшуллером в полном списке 40 приемов устранения ТП):

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). В отличие от предыдущего приема, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

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.

5. Принцип объединения: а) объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; б) объединить во времени однородные или смежные операции.

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 затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

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.

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.

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.

Практическая работа 4. Приемы разрешения противоречий

Цель: показать студентам эвристичность модели задачи в виде противоречий, выработать у студентов навык решения задачи через формулирование идеального конечного результата (ИКР) (идеального технического решения) и формулирование противоречий.

Задание 1. Выполнить разбор учебных задач.

Задача 1. Автобус должен перевозить много пассажиров. Как это сделать?

Это типичное административное противоречие между потребностью и возможностью ее удовлетворения. Сформулируйте техническое противоречие. Сформулируйте физическое противоречие. Сформулируем ИКР для данной задачи.

Задача 2. Для увеличения подъемной силы в момент взлета самолета требуется обеспечить высокую скорость потока воздуха, контактирующего с крылом или увеличить площадь крыла. В результате нужны крылья большей площади или двигатель большей мощности, при этом самолет становится более тяжелым. Как быть?

Задача 3. Кривые стволы и сучья деревьев перерабатывают «в щепу». Получается смесь кусков коры и щепы древесины. Как отделить куски коры от щепы древесины, если они очень мало отличаются по плотности и другим характеристикам?

Задача 4. На предприятии выпускали шарики для подшипников. Пришёл заказ – изготовить металлические шарики, полые внутри. Изготовили. Снаружи шарики проверили стандартными методами – все они совершенно круглые, одинакового размера и веса. Но заказчик требует, чтобы у шариков внутренние пустоты тоже были расположены строго по центру. Как же отобрать только такие шарики?

Задача 5. Имеется установка для испытания длительного действия кислот на поверхность образцов сплавов. Установка представляет собой герметично закрываемую металлическую камеру. На дно камеры устанавливают образцы (кубики). Камеру заполняют агрессивной жидкостью, создают необходимые температуру и давление. Агрессивная жидкость действует не только на кубики, но и на стенки камеры, вызывая их коррозию и быстрое разрушение. Приходится изготавливать камеру из благородных металлов, что чрезвычайно дорого. Как быть?

Задача 6. Весной, когда разливается река, может возникнуть необходимость быстро возвести дамбу. Завозить для этого специальные строительные материалы (бетон, камень, металлические листы) долго и дорого. А подручные материалы (песок, почва), к сожалению, очень быстро размываются потоками воды. Как повысить скорость и эффективность строительства такой временной дамбы?

Задача 7. На стальном тросе А висит груз (рис. 1). В плоскости, перпендикулярной тросу А, движется трос Б. Поднимать и опускать трос А и трос Б нельзя – это приводит к потере времени и ресурсов. Как сделать, чтобы трос Б, продолжая движение, не разорвал бы трос А и сам не был разорван?

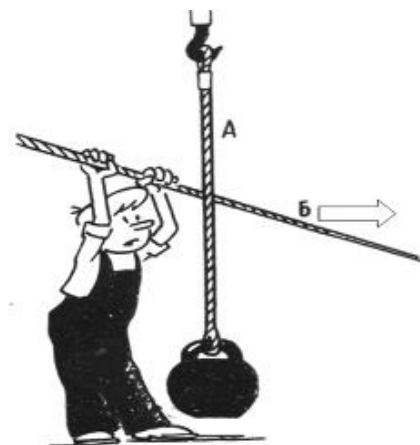


Рис. 1

Задача 8. Художник решил написать картину на тему «Бесконечность Вселенной». Нужна идея – что и как изобразить, чтобы чувствовались безграничность космоса, его непостижимые расстояния. Какое здесь возникает противоречие?

Задание 2. На основе алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ) рассмотреть решение следующих задач:

Задача 1. В магистральных газопроводах возникают пожары. Как не допустить распространения огня?

Формулировка задачи в таком виде представляет собой изобретательскую ситуацию. Эта задача может быть решена, используя многие направления:

- создать устройство, которое предотвращало бы распространения огня в газопроводе;
- разработать систему тушения огня;
- другие направления.

Чтобы перейти от изобретательской ситуации к задаче необходимо выбрать одно из направлений, а затем сформулировать конкретное административное противоречие и уточнить условия задачи. Выбирается первое направление – предотвращение распространения огня. Одна из существующих технологий предотвращения распространения огня в магистральных газопроводах с помощью огнепреградителя. Огнепреградители представляют собой поперечные керамические вставки с отверстиями. Такие вставки частично предотвращают распространение огня, но затрудняют прохождение газа по трубопроводу. Как уменьшить сопротивление потоку газа? Это формулировка задачи.

Задача 2. На фармацевтическом заводе возникла задача по запайке ампул с лекарством. Ампулы с лекарством устанавливают в кассету. В кассете содержится 25 ампул. Кассету подают к коллективной горелке. Напротив, каждого язычка пламени оказывается ампула. Язычки пламени в горелке точно отрегулировать невозможно, поэтому они не

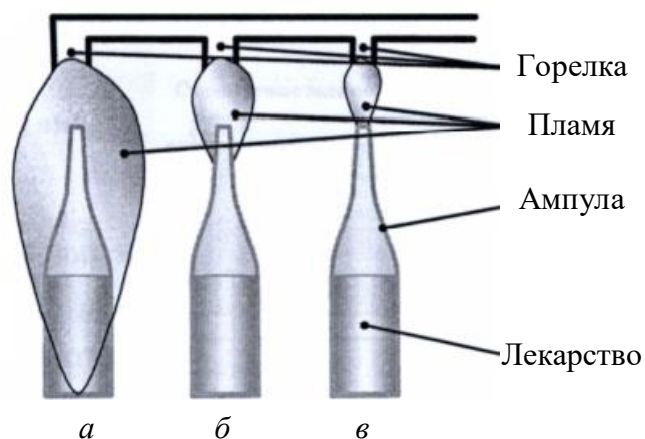


Рис. 2

одинаковы. Одни язычки пламени большие (рис. 2, а), другие – средние (рис. 2, б), а третьи – маленькие (рис. 2, в). Большие язычки пламени хорошо запаивают ампулу, но перегревают (портят) лекарство. Маленькие язычки пламени не портят лекарство, но не запаивают ампулу. Как сделать, чтобы все ампулы были запаяны, но ни одна не была испорчена?

Задача 3. Для изготовления, напряженного (сжатого) железобетона арматуру растягивают, закрепляют в форме и заливают бетоном (рис. 3). После того как бетон «схватился» (застыл), концы арматуры освобождают. Арматура укорачивается и сжимается (напрягает) бетон. Сначала арматуру

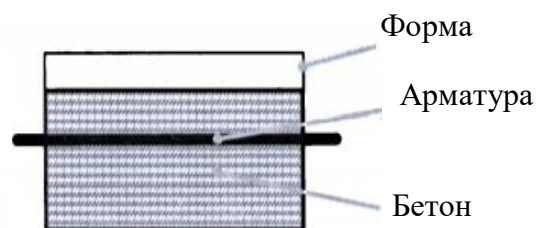


Рис. 3

растягивали с помощью гидродомкратов. Впоследствии с помощью более простого и надежного способа – электронагрева. Арматура нагревается и удлиняется. Пока напряжения в бетоне требовались не очень большие, использовали арматуру из менее прочной стали. Необходимые удлинения в ней создавались нагревом на 350-400°C. Затем потребовался железобетон с большими напряжениями. Стали применять арматуру из более прочной стали. Для удлинения этой арматуры на расчетную величину потребовалось нагреть до 700°C. Но нагрев выше 400°C приводит к потере высокопрочных механических свойств арматуры (она теряет упругость – не сжимается и не возвращается в исходное состояние, становится менее прочной). Даже кратковременный (импульсный) нагрев недопустим. Применять проволоку из жаропрочной стали слишком дорого. Как быть?

Самостоятельная работа

1. Привести примеры разрешения физического противоречия:

- в пространстве;
- во времени;
- в структуре.

2. Решить задачи:

- Вдевать нитку в иголку кропотливое занятие. Удобно вдевать нитку в большое игольное ушко, но большое игольное ушко делает большую дырку в ткани, портя ее. Как быть?
- Необходимо увеличить скорость судна, а как – неизвестно.

Работа 5. Применение методов ТРИЗ при решении исследовательских и проектных задач

Цель: показать студентам возможные варианты подхода к анализу проблемы при выполнении проектов.

По тематике выполняемых проектов произвести разбор проблемы. Студенты предлагают варианты методических подходов по анализу проблемы. Преподаватель наводящими вопросами ориентирует студентов на применение изученных методов. Исследуются конструкции или технологии, предлагаемые в проектах. Выявляются в них нежелательные эффекты и явления, определяются направления их совершенствования.

Самостоятельная работа

1. Для технического объекта проекта (механизм, узел основного производства или приспособления, инструмента) или социотехнического объекта (цех, отдел или какое-либо другое подразделение предприятия) сформулировать главную полезную функцию. Выделить функциональные компоненты и сформулировать функции, выполняемые этими компонентами. Выявить нежелательные эффекты, связанные с выполнением этих функций. Построить структурную функциональную модель.

2. Привести примеры прямых аналогий, которые используются в проекте.

3. Привести примеры применения приемов, основанных на системном подходе при решении задач проекта.

4. Привести примеры использования ресурсов пространства и времени для решения задач проекта.

5. Превращение знакомого в незнакомое. Для какого-либо объекта проекта придумать новые функции.

Основная литература

1. Аверченков, В.И. Методы инженерного творчества: учебное пособие / В.И. Аверченков, Ю.А. Малахов. – 4-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2016. – 78 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93272> – ISBN 978-5-9765-1268-9.

2. Круглов, М.Г. Инновационный проект: управление качеством и эффективностью: учебное пособие для профессионалов / М.Г. Круглов ; Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. – Москва : Дело, 2011. – 335 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443190> – ISBN 978-5-7749-0534-8.

Дополнительная литература

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука : Сибирское отделение, 1986. – 211 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477786>

2. Лук А.Н. Мышление и творчество / А. Н. Лук. - Москва : Издательство политической литературы, 1976. - 144 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Официальный сайт А.Г. Альтшуллера, создателя ТРИЗ. Режим доступа: <https://www.altshuller.ru/>

2. Научная электронная библиотека «eLibrary». Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ). Режим доступа: <http://www.fips.ru>

4. Альтшуллер Г.С. Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-85-В. URL: <https://www.altshuller.ru/triz/ariz85v-p2.asp>

5. Разбор задачи по АРИЗ-85В. Перекачка жидкого водорода. URL: <https://www.trizland.ru/cases/33/>

6. Фейгенсон О.Н. Разбор задачи по АРИЗ-85-В. Испарение тугоплавких керамических штапиков в лазерном пучке. URL: <https://www.metodolog.ru/01509/01509.html>

Типовые приемы устранения технических противоречий

№	Прием	Описание
1.	Дробления	а) разделить объект на независимые части; б) выполнить объект разборным; в) увеличить степень дробления (измельчения) объекта
2.	Вынесения	Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную
3.	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.	Асимметрии	а) перейти от симметричной формы объекта к асимметричной; б) если объект асимметричный, увеличить степень асимметрии
5.	Объединения	а) объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; б) объединить во времени однородные или смежные операции
6.	Универсальности	Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах
7.	Матрешки	а) один объект расположен внутри другого, который в свою очередь находится внутри третьего и так далее; б) один объект проходит через полости другого объекта
8.	Антивеса	а) компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой; б) компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро- и гидродинамических сил)
9.	Предварительного антидействия	а) заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям; б) если по условиям задачи необходимо совершить какие-либо действия, надо заранее совершить антидействие
10.	Предварительного действия	а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично); б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли в действие без затрат времени на досыжку и с наиболее удобного места
11.	Заранее подложенной подушки	Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами
12.	Эквипотенциальности	Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект
13.	Наоборот	а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие; б) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной,

№	Прием	Описание
		а неподвижную – движущуюся
14.	Сфероидальности	а) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских объектов к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям; б) использовать ролики, шарниры, спирали; в) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу
15.	Динамичности	а) характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальным 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.	Частичного или избыточного действия	Если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить чуть меньше или чуть больше – задача при этом существенно упростится
17.	Перехода в другое измерение	а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта на линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (то есть в плоскости). Соответственно, задачи, связанные с движением (или размещением) объекта 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 на обратную сторону имеющейся площади
18.	Использование 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 совместно с электромагнитными полями
19.	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.	Непрерывности полезного действия	а) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой); б) устранить холостые и промежуточные ходы
21.	Проскока	Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости

№	Прием	Описание
22.	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.	Обратной связи	а) ввести обратную связь; б) если обратная связь есть, изменить ее
24.	Посредника	а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие; б) на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект
25.	Самообслуживания	а) объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции; б) использовать отходы (энергии, вещества)
26.	Копирования	а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные или дешевые копии; б) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменения масштаба (увеличение или уменьшение копии); в) если использовать видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым
27.	Дешевая долговечность взамен дорогой долговечности	Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью)
28.	Замена механической схемы	а) заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»; б) использовать электрические, магнитные или 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.	Использование пневмо- и гидроконструкций	Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие; надувные и гидронаполненные, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные
30.	Использование гибких оболочек и тонких пленок	а) вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки; б) изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок
31.	Применение пористых материалов	а) выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и так далее); б) если объект уже выполнен пористым, заполнить поры каким-то веществом
32.	Изменения окраски	а) заменить окраску объекта или внешней среды;

№	Прием	Описание
		б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды
33.	Однородности	Объекты, взаимодействующие с данным объектом должны быть сделаны из того же материала (или близкого к нему по свойствам)
34.	Отброса и регенерации частей	а) выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта, должна быть отброшена (растворена, испарена и так далее) или видоизменена непосредственно в ходе работы; б) расходуемая часть объекта должна быть восстановлена непосредственно в ходе работы
35.	Изменение физико-химических параметров объекта	а) изменить агрегатное состояние объекта; б) изменить концентрацию или консистенцию; в) изменить степень гибкости; г) изменить температуру
36.	Применение фазовых переходов	Использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например, изменение объема, выделение или поглощение тепла и так далее
37.	Применение теплового расширения	а) использовать тепловое расширение (или сжатие) материала; б) использовать несколько материалов с различными коэффициентами теплового расширения
38.	Применение сильных окислителей	а) заменить обычный воздух обогащенным; б) заменить обогащенный воздух кислородом; в) воздействовать на воздух или кислород ионизирующим излучением; г) заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном
39.	Применение инертной среды	а) заменить обычную среду инертной; б) вести процесс в вакууме
40.	Применение композитных материалов	Перейти от однородных материалов к композиционным