

ПЕРЕХОД ОТ АДМИНИСТРАТИВНОГО ПРОТИВОРЕЧИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ПРОБЛЕМ

А.М. Пиняев

Научно-исследовательская лаборатория изобретающих машин

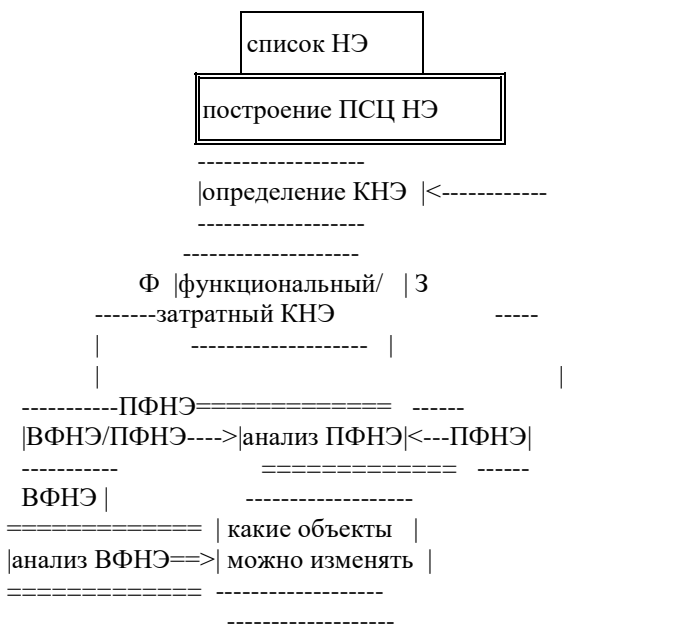
Рассматривается алгоритм функционального анализа изобретательских ситуаций, предназначенный для замены шага 1.1 АРИЗ.

В теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) определены три типа противоречий: административные, технические, физические. При этом под административным противоречием понимается явное указание на один или несколько нежелательных эффектов, устранить которые известными способами не представляется возможным. Анализ изобретательской проблемы в рамках этих представлений является предметом алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ) [1]. Однако нетрудно установить, что переход от технического противоречия к физическому совершается с помощью трех частей алгоритма (части 1 - 3, 13 шагов), в то время, как переход от административного противоречия к техническому совершается всего за один шаг (шаг 1.1).

Практика применения АРИЗ показывает, что среди шагов этого алгоритма есть несколько таких, выполнение которых вызывает наибольшие трудности. И едва ли не самым трудным среди них является шаг 1.1. Зачастую выполнение шага 1.1 при обучении занимает столько же времени, сколько и весь остальной анализ. И это - для учебных задач, что же говорить о задачах практических? В то же время значение шага 1.1 трудно переоценить - неверно поставленная задача, ложно сформулированное техническое противоречие (ТП) затрудняют или делают невозможным получение сильного ответа.

В предлагаемой работе предложен алгоритм анализа изобретательской ситуации (ИС), целью которого является выявление и формулирование изобретательской задачи (ИЗ). Итогом работы по алгоритму являются формулировки технических противоречий и цели, которой необходимо достичь в результате решения задачи. Таким образом, предложенный алгоритм выполняет все функции шага 1.1 АРИЗ и может быть рекомендован для его замены. Методика анализа основывается на идеях функционального анализа изобретательских ситуа-

Алгоритм ФАИС: структурная схема



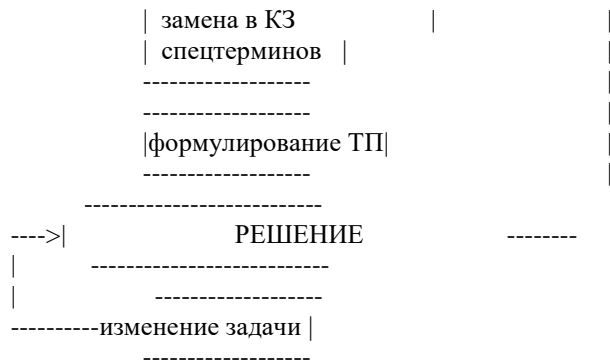


Рис.1

ций (ФАИС) [2-3]. Алгоритм ФАИС приведен в Приложении 1, а примеры его практического применения - в Приложении 2.

Структурная схема предлагаемого алгоритма представлена на рис.1.

В известных работах по анализу изобретательской ситуации [1-6] можно выделить две возможности выбора отправной точки анализа: от главной полезной функции технической системы (ТС) и от нежелательного эффекта. Очевидным недостатком первого варианта (более раннего) является неопределенность относительно того, главную функцию какой именно ТС из иерархии систем необходимо определять. Поэтому в настоящей работе предпочтение отдано второму варианту, начало которому положено работой [2].

Анализ ИС (см. рис.1) начинается с составления списка нежелательных эффектов (НЭ), после чего необходимо выбрать из них ключевой. Для этого предназначен микро-алгоритм построения причинно-следственной цепочки (ПСЦ) нежелательных эффектов (см. Приложение 1, шаги 2-3). Следует иметь в виду, что ключевых НЭ может быть несколько, что свидетельствует о том, что в ИС содержится несколько ключевых ИЗ, каждая из которых должна быть сформулирована и решена.

Отметим, что идея построения ПСЦ для выбора задачи достаточно давно известна в ТРИЗ (см., например, [4]). Особенностью данной работы является способ построения ПСЦ, а именно - сравнение двух взаимно противоположных утверждений и выбор из них правильного (шаг 2). Такой способ позволяет дать надежные критерии причинно-следственной связи и тем самым формализовать построение ПСЦ.

Как показано в [2], все НЭ можно разделить на два типа: "функциональные" (закрывающиеся во вредном или неэффективном функционировании) и "затратные" (недопустимо большие затраты на выполнение полезных функций - сложность, стоимость, габариты, энергопотребление и т.п.). Аналогично, "функциональные" НЭ делятся на два больших класса: вредно-функциональные (ВФНЭ) и полезно-функциональные (ПФНЭ). ВФНЭ заключаются в выполнении вредных функций (ВФ), то есть действий по ухудшению параметров материальных объектов. ПФНЭ заключаются в недостаточно эффективном выполнении полезных функций (ПФ). В соответствии с этими представлениями производится классификация ключевого НЭ (шаги 4-6), причем "затратные" НЭ приводятся к функциональному виду. Таким образом, результатом первых шести шагов алгоритма является ключевой НЭ, отнесенный к одному из классов - ВФНЭ или ПФНЭ. Такая классификация необходима потому, что различия в причинах возникновения НЭ каждого из указанных классов настолько велики, что требуют различных методик для их анализа.

Анализ ВФНЭ (шаг 7 Алгоритма) основан на анализе функций и свойств элемента, выполняющего вредную функцию. Целью при этом является выявление пары сопряженных функций, т.е. таких функций, которые связаны общим свойством инструмента или общими объектами. Всего в этом случае определено три возможных типа пары сопряженных функций. Эти типы соответствуют минимальному набору моделей изобретательских задач в случае анализа ВФНЭ:

- а) полная пара сопряженных функций: инструмент выполняет и ПФ, и ВФ. Функции в паре связаны общим свойством инструмента.

ПРИМЕР (Испытание кубических образцов). Даны агрессивная жидкость, кубики и стенка сосуда. Агрессивная жидкость разъедает поверхность кубиков, что необходимо для их испытания, но разъедает и стенку сосуда, что недопустимо. Необходимо разъесть поверхность кубиков, не разъедавая стенку сосуда.

(Решение: стенки сосуда изготавливаются из испытываемых образцов) Общим свойством инструмента здесь является "агрессивность"

жидкости. В приведенном примере объекты ПФ и ВФ различны. В других случаях они могут совпадать [3].

- б) полная пара сопряженных функций: выполняется и ВФ, и ПФ, но объект полезной функции является субъектом вредной функции, и наоборот. Поэтому функции в паре связаны объектами.

ПРИМЕР (Транспортировка стальных шариков). Даны изгиб трубопровода и стальные шарики. Изгиб трубопровода направляет стальные шарики, но шарики разрушают изгиб. Необходимо направлять шарики, не разрушая трубопровод.

(Решение: в местах изгибов делают накопители шариков, и запас неподвижных шариков предотвращает разрушение изгиба).

Видно, что объект полезной функции (стальные шарики) выполняет вредную функцию, т.е. является ее субъектом, и наоборот, что и делает функции сопряженными.

- в) вырожденная пара сопряженных функций: ПФ отсутствует, инструмент выполняет только ВФ.

ПРИМЕР. (Разрушение подводного крыла). Даны кавитационные пузырьки и поверхность подводного крыла. Кавитационные пузырьки разрушают поверхность подводного крыла, что недопустимо. Необходимо устранить способность пузырьков разрушать поверхность крыла.

(Решение: на поверхности подводного крыла намораживают тонкий слой льда).

Очевидно, что кавитационные пузырьки не выполняют никаких полезных функций в рассматриваемой ТС, и поэтому сопряженная пара функций является вырожденной.

Логика анализа ВФНЭ может быть представлена следующей последовательностью (см. шаг 7 Алгоритма):

ВФНЭ-->ВФ-->Э-->ВС-->набор ПФ-->анти-ВС-->сопряженная ПФ, где Э - элемент, выполняющий ВФ;

ВС - "вредное свойство" Э;

анти-ВС - свойство, противоположное ВС.

Кроме того, подшаги 7.6-7.8 предназначены для выявления моделей задач типа б) и в) (см. выше). Шаги 7.11 и 7.12 введены для определения ПФ надсистемы, что понадобится для выбора схемы конфликта на шаге 1.4 АРИЗ и переформулирования задачи.

Таким образом, логика анализа ВФНЭ исходит из предположения о том, что причиной этого типа НЭ является наличие у одного из элементов ТС "вредного свойства", приводящего к выполнению им ВФ. В задаче об испытании кубических образцов (см. выше) вредным свойством является "агрессивность" жидкости, в задаче о транспортировке стальных шариков - их твердость и скорость, в задаче о разрушении подводного крыла - способность пузырьков создавать гидродинамический удар. При этом следует обратить внимание на относительный характер понятия "вредное свойство": свойство, вредное в одном отношении, может одновременно быть полезным в другом, как в задаче об испытании кубических образцов. Мы будем понимать под ВС свойство элемента, необходимое для выполнения им ВФ, независимо от того, необходимо ли оно для выполнения каких-либо ПФ, или нет.

Причина возникновения ПФНЭ существенно иная. Поскольку ВФ в этом случае не выполняется, то нельзя говорить о наличии каких-либо ВС. Действительной причиной ПФНЭ является невозможность выполнения требуемого действия известным способом. Под способом здесь понимается любая функция, необходимая для выполнения требуемого действия в существующей ТС.

ПРИМЕР (Измерение высоты пещеры). Необходимо измерить высоту пещеры, которая настолько велика, что свет фонаря не позволяет увидеть ее потолок.

Возможный способ измерения высоты пещеры - влезть наверх по стене и спустить сверху измерительный шнур. "Влезть наверх" - значит "поднять человека со шнуром". Эта функция, с одной стороны, необходима для измерения высоты пещеры указанным способом, а, с другой стороны, невозможность ее эффективного выполнения очевидна. Противоречие в подобных случаях возникает, если предъявить к системе требование выполнения функции - следствия без выполнения функции - причины, т.е. для данного случая - измерить высоту пещеры, не поднимая человека со шнуром.

Аналогичный подход позволил П.Н.Яблочкову изящно решить задачу об обгорании электродов дуговой лампы: следовало только поставить задачу по выполнению функции-следствия (поддерживать горение дуги) без выполнения функции-причины (сближать электроды).

Проведенные мной в последнее время исследования показали возможность существенного продвижения к решению с помощью уточнения формулировки задачи путем достройки причинно-следственной цепочки функций промежуточной полезной функцией. Тогда противоречие строится путем предъявления к системе требований выполнения промежуточной функции без выполнения функции-причины. В задаче об измерении высоты пещеры (знак --> используется вместо слов "необходимо для того, чтобы", и обозначает причинно-следственную связь):

поднимать человека со шнуром --> поднимать шнур --> измерять высоту пещеры.

В задаче Яблочкова:

сближать электроды --> поддерживать постоянное расстояние между электродами --> поддерживать горение дуги.

В первом случае промежуточная функция - "поднимать шнур", во втором - "поддерживать постоянное расстояние между электродами". Задачи, соответственно, формулируются следующим образом: "поднимать шнур, не поднимая человека со шнуром" и "поддерживать постоянное расстояние между электродами, не сближая их", что существенно облегчает переход к решениям - поднимать шнур воздушным шаром, расположить электроды параллельно.

В соответствии с этими представлениями построена логика анализа ПФНЭ (шаг 8 Алгоритма), которую можно представить следующей последовательностью:

Ф-у --> СУ Ф-у --> Э Ф-у --> Ф-н --> ППФ, где

Ф-у - функция, которую по условиям задачи необходимо выполнить или улучшить,

СУ Ф-у - известный способ, которым можно выполнить или улучшить Ф-у,

Э Ф-у - элемент ТС, выполняющий или улучшающий выполнение Ф-у в рамках СУ Ф-у,

Ф-н - функция, выполнение которой необходимо в рамках СУ Ф-у,

ППФ - промежуточная полезная функция.

Нетрудно заметить, что такая логика анализа также позволяет получить сопряженную пару функций, в которой роль полезной функции играет ППФ, а роль вредной - Ф-н. Однако теперь "сопряженность" функций определяется не свойством инструмента и не объектами функций, а причинно-следственной связью. Строго говоря, и в случае анализа ВФНЭ ставится задача по разрушению причинно-следственной связи (в исходной ТС существует такая связь между ПФ и ВФ). Таким образом, подход с точки зрения ФАИС позволяет установить глубинную связь между двумя различными типами ИЗ при всем различии в механизмах их возникновения и методиках анализа.

Обратим внимание на шаги 8.8 - 8.10, позволяющие находить ППФ. Обозначим литерой Э тот элемент ТС, который выполняет или улучшает выполнение Ф-у. Сперва определяется действие, которое нужно произвести над Э, чтобы улучшить выполнение функции Ф-у. Это и будет действие функции Ф-н. Объектом Ф-н является Э. Затем определяется та часть Э, над которой, собственно, и надо выполнять это действие. В частном случае это может быть и весь Э. Таким образом находится объект ППФ. Затем определяется, какое именно действие, отличающееся от действия Ф-н, необходимо выполнить над объектом ППФ. Если на первом подшаге удалось выделить часть Э, то искомое действие может в каких-то случаях и совпадать с действием Ф-н. Целью шагов 8.8 - 8.10 является поиск функции, связанной с Ф-н и Ф-у причинно-следственными связями и не совпадающей с какой-либо из них.

Подводя итоги способам анализа НЭ, отметим, что, согласно представлениям ФАИС, существует четыре базовых модели ИЗ - три для ВФНЭ и одна для ПФНЭ:

1. Сопряженное действие А: инструмент оказывает полезное действие на объект ПФ и вредное на объект ВФ.
2. Сопряженное действие Б: инструмент оказывает полезное действие на объект ПФ, а объект ПФ оказывает вредное действие на инструмент.
3. Вредное действие: инструмент оказывает вредное действие на объект ВФ.
4. Недопустимое действие: инструмент выполняет полезную функцию ПФ путем выполнения недопустимой функции Ф-н,

причем весьма вероятно, что конфликты типа 2 всегда приводятся к конфликтам типа 3. Любые другие типы конфликтов приводятся к четырем указанным, причем инструментом приведения является Алгоритм ФАИС.

Следующей операцией (шаг 9 Алгоритма) является определение допустимых изменений в элементах ТС, входящих в модель задачи. Необходимость этого шага определяется следующими соображениями. Во-первых, он позволяет учесть ограничения, накладываемые конкретными условиями, в которых будет осуществляться реализация полученной идеи. Во-вторых, определение допустимых изменений позволяет конкретизировать идеи, даваемые решательными инструментами ТРИЗ (приемами разрешения ТП, стандартами, изобретательскими эффектами и т.п.).

Следующий шаг, являющийся развитием известного шага АРИЗ (последние известные модификации см. в [4,5]) предназначен для замены специальных терминов в ИЗ. Новым здесь является то, что полученная на предыдущих шагах информация позволяет собрать в компактную группу термины, подлежащие замене.

Последним шагом перед решением задачи является формулирование ТП (шаг 11 Алгоритма). Проведенный анализ позволяет сделать этот шаг полностью формальным. Приведенные формулировки ТП являются точными и универсальными, в сжатом виде отражая суть проблемы.

Как известно, не каждая задача поддается решению, даже с помощью АРИЗ. Поэтому в Алгоритме предусмотрены возможности замены задачи. Первая такая возможность использует информацию о полезных функциях надсистемы, полученную на шагах 7.11-7.12 и 8.3-8.4. Ставится задача по выполнению функции надсистемы без выполнения полезной функции ТС.

ПРИМЕР. На одном из семинаров по обучению ТРИЗ, ФСА и ИМ слушатель сформулировал проблему, суть которой заключалась в том, что нужно было с высокой точностью согласовать перемещения штоков двух гидроцилиндров. Известные системы не обеспечивали требуемой точности. Решение было найдено, но меня не оставляло ощущение, что в этой ситуации существует решение более идеальное. Оказалось, однако, что в рамках исходной постановки проблемы найти такое решение невозможно. Замена задачи по предложенной схеме позволила установить, что согласовывать перемещения штоков необходимо для того, чтобы исключить заклинивание металлической балки, снимаемой гидроцилиндрами с двух цилиндрических пальцев. Новая задача была сформулирована следующим образом: необходимо устранить заклинивание балки, не согласовывая движения штоков. Решение появилось после формулирования ТП: если отверстия под пальцы большие, то балка снимается хорошо, но точность фиксации балки невелика, и наоборот. Пальцы и отверстия под них выполнили коническими, сужающимися в направлении снятия, и нужный результат был достигнут.

Вторая, достаточно очевидная возможность замены задачи, заключается в выборе другого НЭ и повторном анализе (см. рис.1). Общественная схема замены задачи такова:

->анализ НЭ-->решение-->замена ТП-->решение-->выбор другого НЭ-
-----до исчерпания списка НЭ-----

Следует отметить, что первая из указанных возможностей замены задачи может в некоторых (далеко не во всех!) случаях перекрываться второй. Это происходит тогда и только тогда, когда ПСЦ, построенные по ПФ и по НЭ, совпадают. Тем не менее, в общем случае список из N нежелательных эффектов порождает до 2N изобретательских задач.

В заключение суммируем те особенности описанного алгоритма, которые определяют его высокую эффективность и позволяют рекомендовать для замены шага 1.1.

1. Высокая степень формализации.
2. Использование классификации НЭ.
3. Детальные микро-алгоритмы для анализа НЭ разных типов.
4. Использование всего четырех базовых моделей ИЗ.
5. Использование функционального подхода к анализу ТС.
6. Анализ проблемы от НЭ.
7. Новый способ выстраивания НЭ в ПСЦ.
8. Возможность замены задачи.

Автор благодарен В.М.Герасимову за подготовленную и любезно предоставленную им справку с условиями изобретательской ситуации "сушка бумаги" (Приложение 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. - Новосибирск: Наука, 1986.
2. Пиняев А.М. Функциональный анализ изобретательских ситуаций. Журнал ТРИЗ, т.1, N1, 1990, с.30.
3. Пиняев А.М. Функциональный подход к анализу изобретательских ситуаций. (сборник НИЛИМ N2).
4. Алгоритм решения изобретательских задач (сценарий машинной версии, адаптированный). Комплект материалов. Составители: Зусман А.В., Злотин Б.Л. - Кишинев: изд. МНТЦ "Прогресс", 1991, 145 с.
5. Литвин С.С. К разработке АРИЗ-91. - Ленинград: Рукопись, 1991.
6. Королев В.А. АРИЗ опытный (развитие АРИЗ-85В). - Белая Церковь: Рукопись, 1991.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ СИТУАЦИИ (предназначен для замены шага 1.1 АРИЗ)

Знаком * отмечены полностью формализованные шаги.

1. Составить список нежелательных эффектов (НЭ) в функционировании технической системы (ТС), описанной в условиях данной изобретательской ситуации.
2. Выявить причинно-следственные связи между найденными НЭ. *2.1. Взять любые два нежелательных эффекта НЭ1 и НЭ2 и сформулировать для них два утверждения:
 - а) Нежелательный эффект (указать НЭ1) исчезнет, если устранить нежелательный эффект (указать НЭ2);
 - б) Нежелательный эффект (указать НЭ2) исчезнет, если устранить нежелательный эффект (указать НЭ1);
- 2.2. Выбрать из двух утверждений п. 2.1 правильное.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если оба выражения неверны, значит, НЭ независимы. *2.3. Определить причинно-следственную связь между НЭ1 и НЭ2: НЭ,

стоящий в конце утверждения п. 2.2, является причиной,
а стоящий в его начале - следствием.

ПРИМЕЧАНИЕ: Причинно-следственная связь обозначается стрелкой, направленной от причины к следствию.

*2.4. Повторить пп. 2.1 - 2.4 для другой пары НЭ, и так - до исчерпания списка НЭ п. 1.

*3. Указать начальный НЭ в установленных причинно-следственных связях.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если таких НЭ несколько, то дальнейшие шаги необходимо выполнить над каждым из них.

4. Нежелательный эффект (указать НЭ 3) означает, что:

4.1. Необходимо улучшить функционирование;

4.2. Необходимо уменьшить затраты на функционирование (сложность, стоимость, габариты ТС, затраты энергии, трудоемкость и т.п.)

4.1. - переход к шагу 6. 4.2. - переход к шагу 5.

5. Указать, выполнение какой полезной функции связано с недопустимыми затратами.

Переход к шагу 8.

6. Нежелательный эффект (указать НЭ 3) означает, что:

6.1. Выполняется вредная функция (ВФ);

6.2. Плохо выполняется полезная функция (ПФ).

6.1 - переход к шагу 7. 6.2 - переход к шагу 8.

7. Провести анализ ВФНЭ.

7.1. Указать ВФ.

7.2. Указать элемент (Э), выполняющий ВФ.

7.3. Указать вредное свойство (ВС) Э, из-за которого он выполняет ВФ. *7.4. Указать свойство, противоположное ВС (анти-ВС).

7.5. Проверить, будет ли выполняться ВФ, если Э будет обладать свойством анти-ВС. Если да - возврат к 7.3 и переформулирование ВС. Если нет - переход к следующему шагу.

7.6. Указать, выполняет ли Э в рассматриваемой ТС какие-либо ПФ.

Да - к шагу 7.9, нет - к шагу 7.7.

7.7. Указать, выполняет ли объект ВФ какую-либо ПФ над Э.

Да - к шагу 7.8, нет - к шагу 9.

7.8. Указать, какую ПФ выполняет над Э объект ВФ.

Далее - переход к шагу 9.

7.9. Составить список ПФ, выполняемых Э.

7.10. Вычеркнуть из этого списка те ПФ, которые будут выполняться, если Э будет обладать свойством анти-ВС.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если после этого в списке останется более одной ПФ, то выбрать из них ту, которая является следствием остальных.

7.11. Указать, зачем необходимо выполнить ПФ 7.10.

7.12. Сформулировать 7.11 в виде полезной функции.

Переход к шагу 9.

8. Провести анализ ПФНЭ.

8.1. Сформулировать ПФ, которую необходимо выполнить или улучшить /назовем ее Ф-у/.

8.2. Определить, что необходимо:

8.2.1. Улучшить имеющийся принцип выполнения Ф-у

8.2.2. Найти новый принцип выполнения Ф-у

Если 8.2.1 - использовать ниже только выражения в скобках.

Если 8.2.2 - не использовать ниже выражения в скобках.

8.3. Указать, зачем необходимо выполнить функцию Ф-у 8.1.

8.4. Сформулировать 8.3 в виде полезной функции.

- 8.5. Указать, каким известным способом можно выполнить (улучшить выполнение) функции Ф-у.
- 8.6. Указать основной недостаток Н указанного способа.
- 8.7. Указать, какой элемент /Э/ выполняет (улучшает выполнение) функции Ф-у в рамках способа 8.5.
- 8.8. Указать, какое действие нужно выполнить над объектом 8.7, чтобы выполнить (улучшить выполнение) функцию Ф-у.
- 8.9. Указать, над какой частью объекта 8.7 необходимо выполнить действие 8.8, чтобы выполнить функцию Ф-у.
- 8.10. Указать, для какого другого полезного действия над объектом 8.9 необходимо его /указать действие 8.8/.

9. Определить, можно ли для решения задачи изменять:

- элемент 7.2 или 8.7;
- объект функции 7.1 или объект 8.9;
- объект функции 7.10.

10. Записать сведения, найденные на шагах (7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.8, 7.10, 7.12), (8.4, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10).

ПРИМЕЧАНИЕ. Если на шаге 6 НЭ классифицирован как ВФНЭ, то данные, перечисленные во второй скобке, записывать не нужно. Аналогично, если НЭ - это ПФНЭ, то не нужно записывать данные, перечисленные в первой скобке.

Заменить в записанных сведениях специальные термины.

ПРАВИЛО. Замена термина производится последовательным переходом к терминам, несущим меньшую психологическую инерцию - от

а) к в):

- а) узкоспециальные термины (конвертер, геркон);
- б) общетехнические термины (печь, контакт);
- в) функциональные термины (нагреватель, замыкалка).

*11. Сформулировать два технических противоречия (ТП) по следующей форме:

*11.1. Если на шаге 6 НЭ классифицирован как ВФНЭ:

а) Если есть ПФ 7.10:

ТП1: Если элемент (указать Э 7.2) обладает свойством (указать ВС 7.3), то он хорошо выполняет полезную функцию (указать ПФ 7.10), но выполняет и вредную функцию (указать ВФ 7.1), что недопустимо.

ТП2: Если элемент (указать Э 7.2) обладает свойством (указать антиВС 7.4), то он не выполняет вредную функцию (указать ВФ 7.1), но и не выполняет полезную функцию (указать ПФ 7.10), что также недопустимо.

Необходимо (указать ПФ 7.10), но не (указать ВФ 7.1).

б) Если нет ПФ 7.10:

б1) Если есть ПФ 7.8:

ТП1: Если (указать объект ВФ 7.1) выполняет полезную функцию (указать ПФ 7.8), то (указать Э 7.2) выполняет вредную функцию (указать ВФ 7.1), что недопустимо.

ТП2: Если (указать Э 7.2) не выполняет вредную функцию (указать ВФ 7.1), то (указать объект ВФ 7.1) не выполняет полезную функцию (указать ПФ 7.8), что также недопустимо.

б2) Если нет ПФ 7.8:

ТП отсутствует. Задача формулируется следующим образом: Элемент (указать Э 7.2) выполняет вредную функцию (указать ВФ 7.1), что недопустимо. Необходимо устранить способность (указать Э 7.2) выполнять эту вредную функцию.

*11.2. Если на шаге 6 НЭ классифицирован как ПФНЭ

ТП1: Если (указать функцию Ф-н = 8.8+8.7), то полезная функция (указать функцию ППФ = 8.10+8.9) выполняется, но недостаток (указать Н 8.6) недопустимо велик.

ТП2. Если не (указать Ф-н) то недостаток (указать Н 8.6) отсутствует, но и полезная функция (указать ППФ) не выполняется, что также недопустимо. Необходимо (указать ППФ), но не (указать Ф-н).

12. Перейти к шагу 1.2 АРИЗ. Если решение по АРИЗ по каким-то причинам не устраивает, переформулировать задачу, перейдя к шагу 13.

*13. Сформулировать два новых ТП по следующей форме:

ТП1: Если (указать ПФ 7.10 или Ф-у 8.1), то полезная функция (указать ПФ 7.12 или 8.4) выполняется хорошо, но найденное решение не позволяет эффективно (указать ПФ 7.10 или Ф-у 8.1).

ТП2. Если не (указать ПФ 7.10 или Ф-у 8.1) то проблем с выполнением этой функции нет, но и полезная функция (указать ПФ 7.12 или 8.4) выполняется плохо, что недопустимо.

Необходимо улучшить выполнение функции (указать ПФ 7.12 или 8.4), но не (указать ПФ 7.10 или Ф-у 8.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА ФАИС.

Проблема: СУШКА БУМАГИ

Заказчик: ИЛКО ЙОКИОЙНЕН, сотрудник фирмы "ВАЛМЕТ", слушатель семинара по ТРИЗ и ФСА /Хельсинки - Турку, сентябрь 1990 г./

Мокрая тонкая бумага, типа туалетной, движется вместе с лентой-подложкой со скоростью 1500 м/мин (25 м/с) - см. рис. 2. Подложка выполнена из синтетической ткани толщиной примерно 1,5 мм. Основа ткани выполнена из нитей толщиной 0,4 - 0,5 мм, а сторона, обращенная к бумаге, имеет короткий ворс (как у фланели, только более жесткий). Ткань подложки слабо проницаема для воздуха (если, плотно прижав губы к ткани, подуть сквозь нее, воздух проходит, но не очень легко). Ширина полотнища бумаги 3,5 - 5,0 м. Бумага содержит в себе воду, часть которой удаляется механическим отжимом на валковом прессе. После этого оставшаяся часть влаги высушивается на поверхности горячего цилиндра (для нагрева цилиндра используется пар, температура которого после отвода от цилиндра равна 170 градусов (температура везде приведена в градусах Цельсия)). Кроме того, одновременно с нагревом на цилиндре, бумага обдувается горячим газом (температура газа 500 градусов, подогревается он горелками; температура газа после отвода от цилиндра 200-300 градусов, содержание влаги 0,2-0,45 кг/кг газа).

Узким местом системы является валковый пресс: именно он сдерживает производительность. Пресс представляет собой два отжимных вала - один гладкий стальной, другой - перфорированный обрешиненный. Перфорация служит для отвода отжатой воды. Пресс совершенствуется давно и, похоже, все, что от него можно было получить, уже получено. Например, нельзя увеличивать давление валков на бумагу, т.к. это приведет к разрушению мокрой и тонкой бумаги.

Однако у самой бумаги есть ресурс: если повысить температуру содержащейся в ней воды, то за счет СНИЖЕНИЯ ВЯЗКОСТИ этой воды облегчится удаление ее на валковом прессе. При этом повышение температуры воды в месте отжима на 10 градусов (с 30 до 40) дает экономический эффект в несколько миллионов финских марок (от 4,6 и выше). Более

сильный нагрев воды в этом месте позволил бы еще увеличить производительность и дал бы дополнительный экономический эффект. На вопрос о предельно допустимой температуре нагрева воды заказчик осторожно назвал 100 градусов, отметив, что при более высокой температуре возможно повреждение синтетической подложки. Нагревать же саму бумагу можно без ухудшения ее свойств до температуры в несколько сот градусов.

В настоящее время предлагается обдуть бумагу в зоне А (см. рис.2) горячим газом (200-300 градусов, влажность 0,2 - 0,45 кг/кг газа). Получить его можно, отведя отработанный газ, несколько остывший и увлажнившийся после обдува бумаги на наружной поверхности горячего цилиндра. Этот газ предполагается подавать в ящик с перфорированной верхней стенкой. Сквозь отверстия в этой стенке газ должен поступать непосредственно к бумаге. Зазор между перфорированной стенкой ящика и бумагой может меняться в нужных пределах. Предполагается, что почти весь газ будет обтекать бумагу и уходить в разные стороны, а проникать сквозь бумагу будет только маленькая его часть, не более 2%. Поэтому подложка практически не будет нагреваться.

Однако и в этом случае нагреть эффективно влагу не удастся. Кроме того, пока бумага перемещается к месту отжима влаги в прессе, вода успеет остыть (температура подложки, как отмечалось выше, практически не изменяется). В итоге вода в месте отжима нагревается всего на 2 градуса, что недостаточно. Как быть?

АНАЛИЗ.

1. Составить список нежелательных эффектов (НЭ) в функционировании технической системы (ТС), описанной в условиях данной изобретательской ситуации.

1. Недостаточно высокая производительность устройства для сушки бумаги.
2. Низкое качество отжима бумаги.
3. Разрушение бумаги при попытке улучшить отжим.
4. Трудно известными способами нагреть влагу в бумаге.
5. На пути от зоны нагрева к валковому прессу бумага остывает.

2. Выявить причинно-следственные связи между найденными НЭ.

->НЭ5 ->НЭ3
НЭ4-->НЭ2-->НЭ1

3. Указать начальный НЭ в установленных причинно-следственных связях.

НЭ4

4. Нежелательный эффект "трудно известными способами нагреть влагу в бумаге" означает, что:

- 4.1. Необходимо улучшить функционирование.

КОММЕНТАРИЙ. Здесь возможен выбор и варианта 4.2, тогда на следующем шаге выяснится, что затраты связаны с выполнением ПФ "нагреть влагу в бумаге", выполнение которой и нужно улучшить.

6. Нежелательный эффект "трудно известными способами нагреть влагу в бумаге" означает, что:

- 6.2. Плохо выполняется полезная функция.

Переход к шагу 8.

- 8.1. Сформулировать ПФ, которую необходимо выполнить или улучшить

/назовем ее Ф-у/.

нагреть влагу в бумаге

- 8.2. Определить, что необходимо:

- 8.2.1. Улучшить имеющийся принцип выполнения Ф-у

Далее используем выражения в скобках (см. Алгоритм). КОММЕНТАРИЙ. В случае сомнений при выполнении этого шага лучше выбрать 8.2.1, т.к. этот вариант нацеливает на решение мини-задачи.

8.3. Указать, зачем необходимо выполнить Ф-у 8.1. чтобы улучшить отжим влажной бумаги

8.4. Сформулировать 8.3 в виде полезной функции. отжимать влажную бумагу

8.5. Указать, каким известным способом можно улучшить нагрев влаги в бумаге увеличить температуру нагревающего газа

8.6. Указать основной недостаток Н указанного способа. недопустимо большой расход ресурсов

КОММЕНТАРИЙ. В принципе, если увеличить температуру газа, то эффективность нагрева возрастет, но газ получают после того, как он отработал на сушке бумаги, поэтому он имеет вполне определенную температуру (200-300 градусов), а дополнительный нагрев связан с недопустимым расходом энергии.

8.7. Указать, какой элемент (Э) улучшает выполнение функции "нагреть влагу в бумаге" в рамках способа "увеличить температуру нагревающего газа".
газ

8.8. Указать, какое действие нужно выполнить над объектом "газ", чтобы улучшить выполнение функции "нагреть влагу в бумаге".
нагреть

8.9. Указать, над какой частью объекта "газ" необходимо выполнить действие "нагреть", чтобы выполнить функцию "нагреть влагу в бумаге".
приповерхностный слой газа

КОММЕНТАРИЙ. Приповерхностный слой газа - это та часть газа, которая непосредственно соприкасается с поверхностью бумаги. Здесь возможен ответ и на микроуровне. Частью газа является молекула. "Нагревать" молекулу, т.е. увеличивать ее среднюю кинетическую энергию, необходимо для увеличения ее энергоотдачи влажной бумаге. Мы продолжим анализ на макроуровне, хотя "микроуровневый" подход не менее плодотворен.

8.10. Указать, для какого другого полезного действия над объектом "приповерхностный слой газа" необходимо его нагреть.
чтобы увеличить его теплоотдачу

9. Определить, можно ли для решения задачи изменять:

- элемент "газ" - можно

- объект "приповерхностный слой газа" - можно

10. Записать сведения, найденные на шагах 8.4, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10.

Заменить в записанных сведениях специальные термины.

8.4. отжимать влажную бумагу

8.6. недопустимо большой расход ресурсов

8.7. газ

8.8. нагреть

8.9. приповерхностный слой газа

8.10. увеличить теплоотдачу

Специальных терминов нет.

11. Поскольку на шаге 6 НЭ классифицирован как ПФНЭ, то переходим к шагу 11.2.

11.2. ТП1: Если нагреть газ, то полезная функция "увеличить теплоотдачу приповерхностного слоя газа" выполняется, но расход ресурсов недопустимо велик.

ТП2. Если не нагревать газ, то расход ресурсов невелик, но и полезная функция "увеличить теплоотдачу приповерхностного слоя газа" не выполняется, что также недопустимо.

Необходимо увеличить теплоотдачу приповерхностного слоя газа, не нагревая газ.

Читателю предоставляется возможность самому определить, какой широко известный физический эффект нужно для этого использовать. До решения остался один маленький шаг...

...Ну, а если бы решения не нашлось? В этом случае нам помог бы шаг 13 Алгоритма:

13. Сформулировать два новых ТП по следующей форме:

ТП1: Если нагреть влагу в бумаге, то полезная функция "отжимать влажную бумагу" выполняется хорошо, но полученное решение недостаточно эффективно.

ТП2. Если не нагревать влагу в бумаге, то проблем с выполнением этой функции нет, но и полезная функция "отжимать влажную бумагу" выполняется плохо, что недопустимо.

Необходимо улучшить выполнение функции "отжимать влажную бумагу", но не нагревать влагу в бумаге.

Анализ при помощи шага 8 позволяет уточнить задачу (проверьте!): "Необходимо уменьшить вязкость воды в бумаге, не нагревая ее". Известно, что добавка некоторых веществ (например, крахмала) в воду позволяет удовлетворить этим условиям.

Проблема: ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА АВИАТУРБИНЫ. Заказчик: сотрудник Тбилисского авиационного завода, посетитель выставки-продажи Изобретающей Машины - октябрь 1990г.

Рабочее колесо авиатурбины изготавливается из дюралюминия и имеет сложную форму: основание в виде воронки, от которого отходят лопатки сложного профиля. Изготавливается рабочее колесо точным литьем в разборную форму. Форма состоит из двенадцати одинаковых частей (по числу лопаток) и одной центральной части для изготовления "воронки". Для изготовления колеса части формы собирают в единую конструкцию, куда заливают расплавленный дюралюминий. После остывания металла форму разбирают и вынимают готовое изделие. Однако на стыках формы поверхность колеса искажается, что приводит к ухудшению его аэродинамических характеристик и снижению надежности, что недопустимо. Как быть?

АНАЛИЗ.

1. Составить список нежелательных эффектов (НЭ) в функционировании технической системы (ТС), описанной в условиях данной изобретательской ситуации.

1. Искажается поверхность колеса.
2. Ухудшаются аэродинамические характеристики колеса.
3. Снижается надежность турбины.

2. Выявить причинно-следственные связи между найденными НЭ.

НЭ1-->НЭ2-->НЭ3

*3. Указать начальный НЭ в установленных причинно-следственных связях.

НЭ1

4. Нежелательный эффект "искажается поверхность колеса" означает, что:

4.1. Необходимо улучшить функционирование.

Переход к шагу 6.

6. Нежелательный эффект "искажается поверхность колеса" означает, что:

6.1. Выполняется вредная функция (ВФ).

Переход к шагу 7.

7. Провести анализ ВФНЭ.

7.1. Указать ВФ.

искажать поверхность рабочего колеса

7.2. Указать элемент (Э), выполняющий ВФ. форма

7.3. Указать вредное свойство (ВС) Э, из-за которого он выполняет ВФ. разборность

7.4. Указать свойство, противоположное ВС (анти-ВС). неразборность

7.5. Проверить, будет ли выполняться ВФ, если Э будет обладать свойством анти-ВС.

нет

7.6. Указать, выполняет ли форма в рассматриваемой ТС какие-либо ПФ. да

Переход к шагу 7.9.

7.9. Составить список ПФ, выполняемых формой.

1. удерживать расплавленный металл;

2. формовать расплавленный металл;

3. освобождать готовое колесо.

7.10. Вычеркнуть из этого списка те ПФ, которые будут выполняться, если Э будет обладать свойством "неразборность".

Вычеркиваем функции 1 и 2. В списке остается только функция 3:

"освобождать готовое колесо"

7.11. Указать, зачем необходимо выполнить ПФ 7.10. чтобы изготавливать новое колесо

7.12. Сформулировать 7.11 в виде полезной функции. изготавливать новое колесо

Переход к шагу 9.

9. Определить, можно ли для решения задачи изменять:

- элемент "форма" - можно

- объект "рабочее колесо" - нельзя

- объект "готовое колесо" - нельзя

10. Записать сведения, найденные на шагах 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.8, 7.10, 7.12.

7.1. искажать поверхность рабочего колеса - искажать поверхность детали сложной формы

7.2. форма - формовалка

7.3. разборность

7.4. неразборность

7.10. освобождать готовое колесо - освобождать готовую деталь сложной формы

7.12. изготавливать новое колесо - изготавливать новую деталь сложной формы

Заменить в записанных сведениях специальные термины.

11. Сформулировать два технических противоречия (ТП) по следующей форме:

11.1. Если на шаге 6 НЭ классифицирован как ВФНЭ:

а) Если есть ПФ 7.10:

ТП1: Если элемент "формовалка" обладает свойством "разборность", то он хорошо выполняет полезную функцию "освобождать готовую деталь сложной формы", но выполняет и вредную функцию "искажать поверхность рабочего колеса", что недопустимо.

ТП2: Если элемент "формовалка" обладает свойством "неразборность", то он не выполняет вредную функцию "искажать поверхность рабочего колеса", но и не выполняет полезную функцию "освобождать готовую деталь сложной формы", что также недопустимо.

Необходимо освобождать готовую деталь сложной формы, но не искажать поверхность детали сложной формы.

Итак, одно из двух: либо разборная формовалка не искажает поверхность детали, либо неразборная (и потому неискажающая) формовалка легко освобождает деталь. Представим себе неразборную формовалку. Вот в нее залили расплавленный металл, вот металл застыл, деталь готова... Из какого материала следовало бы изготовить формовалку, чтобы, не разбирая ее, освободить деталь? Не гоните от себя эту мысль - да-да, из резины. Из жаропрочной резины. Такой материал известен, и называется он "виксинт".

А если бы виксинта в природе не существовало? Тогда пришлось бы переформулировать задачу, перейдя к шагу 13 Алгоритма:

13. Сформулировать два новых ТП по следующей форме:

ТП1: Если освобождать готовую деталь сложной формы, то полезная функция "изготавливать новую деталь сложной формы" выполняется хорошо, но найденное решение не позволяет эффективно освобождать готовую деталь сложной формы.

ТП2. Если не освобождать готовую деталь сложной формы, то проблем с выполнением этой функции нет, но и полезная функция "изготавливать новую деталь сложной формы" выполняется плохо, что недопустимо.

Необходимо улучшить выполнение функции "изготавливать новую деталь сложной формы", но не освобождать готовую деталь сложной формы.

Анализ при помощи шага 8 позволяет уточнить задачу (проверьте!): "необходимо извлекать готовую деталь сложной формы из формовалки, не освобождая ее". Постановка задачи вполне парадоксальная: как это - "извлекать, не освобождая"? Не освобождая - значит, вообще не изменяя формовалку (не разбирая ее, не изменяя форму и т.п.). Но мы-то с вами уже имеем одно решение: гибкий, пластичный - резиновый! - элемент. Правда, там это была сама формовалка, а теперь по условиям задачи изменять ее запрещено. Ну что ж, сделаем из резины деталь! Такая деталь позволит нам легко изготавливать простые и дешевые формовалки одноразового действия. В этом случае для детали подойдет и нежаропрочная резина.