

ЗАЧЕМ ТЕХНИКЕ ПЛЮРАЛИЗМ

(развитие альтернативных технических систем путем их объединения в надсистему)

Владимир М. Герасимов*, Семен С. Литвин

* gerasimovvladimir@gmail.com

Ленинград 1990

впервые опубликовано: В.М. Герасимов, С.С. Литвин // Журнал ТРИЗ. -1990. -Т.1. -№ 1. -С. 11-26.

1. Способ совершенствования ТС, включающий постановку и решение задач, а также прогнозирование, при котором две ТС объединяют в надсистему, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что, с целью повышения эффективности совершенствования, в соответствии с выявленными для закона перехода в надсистему механизмами, в надсистему объединяют альтернативные ТС, т.е. имеющие одинаковые главные функции и обладающие парой противоположных достоинств и недостатков;
2. Способ по п. 1. ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что, в отличие от рекомендаций АРИЗ, за базовую ТС выбирают не самую производительную, а наиболее экономичную из объединяемых ТС;
3. Способ по пп. 1, 2, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что, в отличие от известных способов объединения ТС путем переноса конструктивных решений, на базовую ТС переносят недостающее ей свойство от альтернативной ТС;
4. Способ по пп. 1-3, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что перенос свойства осуществляют путем разрешения альтернативного ТП, сформулированного для обеих объединяемых те;
5. Способ по пп. 1-4, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что для разрешения альтернативного ТП используют ресурсы альтернативной ТС или обеих ТС одновременно.

| | |
|--|----|
| Политические термины для технических систем | 3 |
| АЛЬТЕРНАТИВЫ ВСЕХ СИСТЕМ – ОБЪЕДИНЯЙТЕСЬ!..... | 10 |
| ТАИНСТВЕННОЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЕ..... | 12 |
| 1. БАЗОВАЯ СИСТЕМА..... | 12 |
| 2. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ..... | 13 |
| 3. ПЕРЕНОС СВОЙСТВА | 16 |
| 4. РЕСУРСЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ | 18 |
| 5. «ЭФФЕКТ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ»..... | 20 |
| 6. ГЛАВНОЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК..... | 21 |
| 7. ЦЕПОЧКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ..... | 22 |
| ЗАДАЧА, ОТВЕТ, ПРОГНОЗ..... | 23 |
| 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ..... | 23 |
| 2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ..... | 23 |
| 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТС..... | 25 |
| ПЕРЕХОДУ НА ПРИЕМ..... | 26 |
| ЗАКОН ЕСТЬ ЗАКОН | 27 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 28 |

Политические термины для технических систем

(несколько необходимых определений)

Одной из закономерностей развития техники, установленных в рамках теории решения изобретательских задач, является закон перехода технических систем (ТС) в надсистему (НС), утверждающий, что «исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы» (1, с. 126). Проведенные нами патентные исследования и решение практических задач позволяют утверждать, что в надсистему могут объединяться и системы, не исчерпавшие резервов своего развития, а преимуществом, возникающим в результате объединения, является возможность взаимного использования ресурсов для дальнейшего развития. С учетом этого формулировку закона можно уточнить: «Развитие технических систем идет в направлении их объединения друг с другом с целью взаимного использования ресурсов для дальнейшего совершенствования на уровне надсистемы».

История техники и современный патентный фонд показывают, что в надсистему могут объединяться ТС, находящиеся друг с другом в различных функциональных взаимоотношениях: одинаковые (однородные), конкурирующие, инверсные, функционально независимые. Г. С. Альтшуллером выявлены и инструментально оформлены общие механизмы перехода к би- и полисистемам (2, с. 90-96). Однако эти механизмы (использование «внутренней среды», полисистемные частичное и полное свертывание и др.) исчерпывающе характеризуют переход в надсистему только для однородных ТС. Системы конкурирующие (отличающиеся качественно сдвинутыми характеристиками), инверсные (с противоположными главными функциями) и функционально независимые (разнородные) имеют свои специфические механизмы перехода в надсистему.

Об одном из функциональных классов ТС конкурирующих системах, – а еще точнее о подклассе альтернативных систем – и пойдет речь в данной статье. Но для начала определим предмет исследования. Конкурирующими будем называть ТС, выполняющие одну и ту же главную функцию разными способами. Например, стакан и чашка; паровоз, тепловоз и электровоз; газовая и электрическая плита т.д.

При всей простоте определения конкурирующих ТС, в нем скрыты «подводные камни». Требуется особое внимание условие совпадения главных функций. Небрежность в формулировании функции может привести к ошибочному занесению в класс конкурирующих ТС с отличающимися главными функциями, а в этом случае механизмы перехода в надсистему будут другими. Так, например, не являются конкурирующими такие ТС, как дом и палатка, кино и телевидение.

Впервые конкурирующие системы выделил в самостоятельный класс Б. Л. Злотин в публикации в журнале «Изобретатель и рационализатор» в 1984 году. В дальнейшем термин стал общепринятым в системе ТРИЗ (3; с. 72). Авторами данной статьи выделен специфический подкласс конкурирующих ТС – альтернативные системы, – механизмы объединения которых в надсистему представляют особый эвристический интерес.

Альтернативные технические системы (АС) – это такие конкурирующие системы, которые имеют хотя бы одну пару противоположных достоинств и недостатков, т.е. то, что хорошо у одной из них, у другой плохо, и наоборот. АС как бы дополняют друг друга по какой-то паре характеристик. Речь идет о характеристиках, свойствах ТС, на базе которых в ТРИЗ строится техническое противоречие: скорость устойчивость, прочность, мощность, точность сложность, производительность, потери вещества, энергии, информации, времени т.п.

Учитывая, что идеальность ТС определяется ее функциональными показателями на единицу затрат, можно все типовые характеристики ТС отнести к двум группам:

- характеристики определяющие функциональные показатели ТС (скорость, мощность, точность, грузоподъемность др.);
- характеристики, определяющие затраты на выполнение функций (сложность, технологичность, степень автоматизации, потери и затраты энергии, вещества, информации, времени другие «факторы расплаты»).

Чаще всего альтернативные системы дополнительны по паре характеристик, относящихся к этим двум разным группам: одна из АС лучше выполняет главную функцию, зато другая более простая и дешевая.

Пример 1.

Классическое велосипедное колесо со спицами представляет собой напряженную пространственную конструкцию, в которой обод работает на сжатие, а спицы на растяжение (рис. 1). Благодаря этому колесо получается одновременно и прочным, и легким. Однако технология изготовления таких колес очень непростая. Она включает ручные, трудоемкие операции сборки, требует сложного и капризного оборудования для регулировки натяжения спиц. Кроме того, изготовление спиц с резьбой и гаек для них также достаточно трудоемкие операции.

Известна альтернативная техническая система – дисковое колесо (рис. 2). По сравнению со спицевым это колесо обладает несомненным преимуществом – простотой изготовления: диски могут быть получены практически за один удар штампа. Однако, есть у него и существенный недостаток, противоположный достоинству спицевого, – дисковое колесо того же габарита, что и спицевое, при одинаковом весе менее прочное, а при той же прочности – более тяжелое. Из-за этого штампованные дисковые колеса при меняются только в детских велосипедах, где не такие жесткие требования к характеристикам. Известные

дисковые колеса спортивных велосипедов изготавливаются из особо прочных и легких материалов (армированного углепластика и др.) по сложной технологии, и потому очень дороги – каждое колесо стоит более 400 долларов. Такое колесо не может рассматриваться как альтернативная ТС для спицевого колеса.

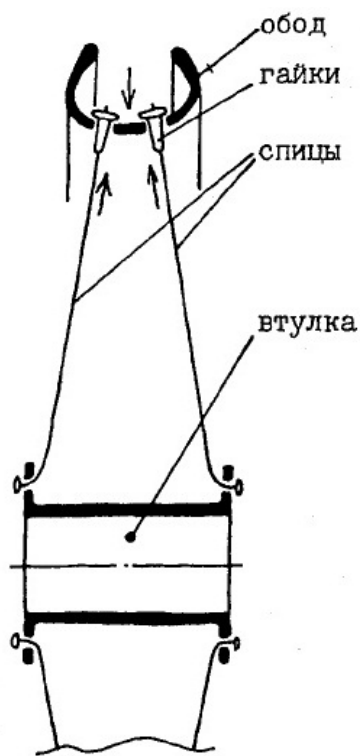


Рис. 1. Велосипедное колесо со спицами

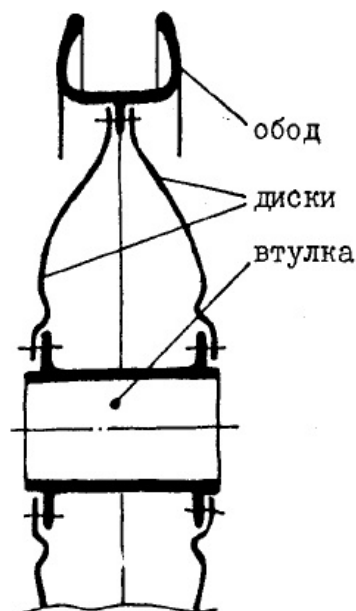


Рис. 2. Дисковое колесо

Пример 2.

Известно устройство для сгребания в валки сухого торфа, (рис. 3). Представляет оно собой легкое навесное оборудование к колесному трактору в виде бульдозерного ножа («линейки»), размещенного под углом к направлению перемещения трактора. Линейка может подниматься и опускаться, регулируя при этом количество сгребаемого торфа. Преимущества – простота и дешевизна конструкции, высокая производительность (длина линейки - от 10 до 19 м). Однако такой валкователь не обеспечивает высокого качества собранного торфа: из-за неровностей почвы он либо захватывает часть сырого торфа, либо оставляет на поле часть сухого.

Применяется также альтернативная ТС (рис. 4), которая работает по принципу пылесоса, захватывая только сухой торф и обеспечивая таким образом высокое качество уборки. Недостатки этой ТС противоположны достоинствам линейки: большие габариты и вес, низкая производительность, сложность и дороговизна конструкции.

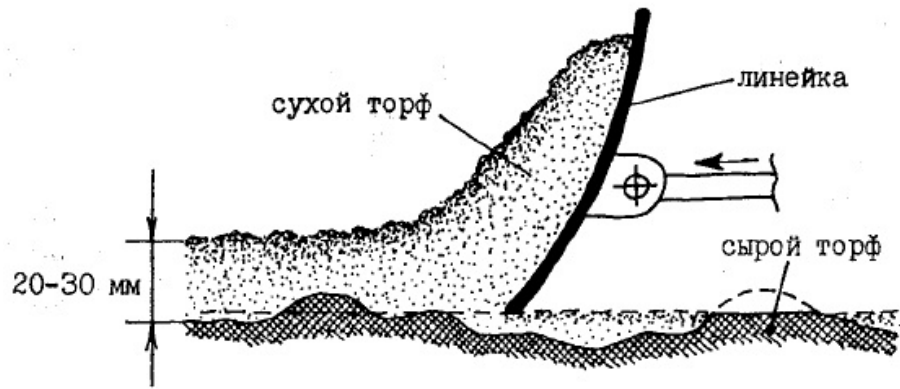


Рис. 3. Бульдозерная линейка

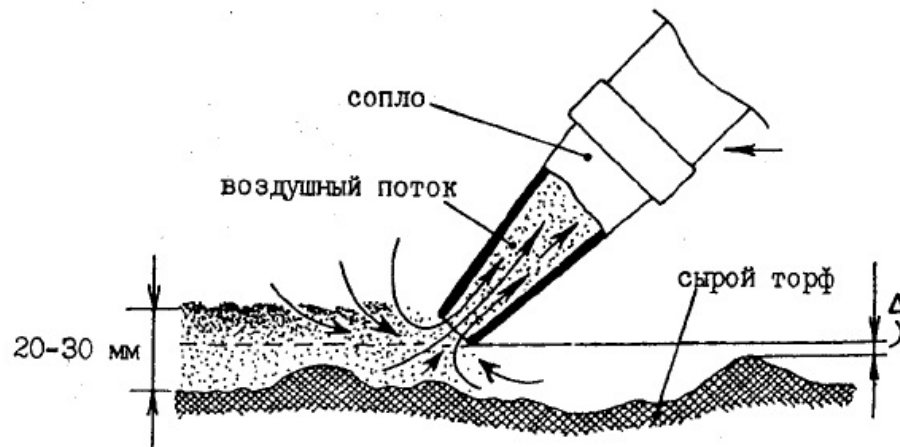


Рис. 4. Сопло устройства для пневматической уборки торфа

Пример 3.

В традиционном корпусе бытовой мясорубки (рис. 5) на внутренней поверхности имеются прямолинейные ребра, которые удерживают продукт от прокручивания. Изготавливается корпус литьем под давлением из алюминиевых сплавов. Преимущества такого корпуса в сравнительной простоте прессформы: ее стержень, формирующий внутреннюю полость корпуса, перемещается возвратно-поступательно. Недостатком является то, что нормальное усилие давления на продукт со стороны витков шнека не совпадает с направлением перемещения продукта вдоль ребер корпуса. В результате появляется вредная составляющая усилия, сминающая продукт, выжимающая из него сок.

Известна альтернативная конструкция – корпус мясорубки со спиральными ребрами на внутренней поверхности, разработанный французской фирмой «MOULINEX» (рис. 6). Преимущества такого корпуса: усилие на продукт со стороны витков шнека почти совпадает с направлением перемещения продукта вдоль ребер. Продукт при этом меньше сминается, повышается качество фарша, уменьшаются энергозатраты на переработку.

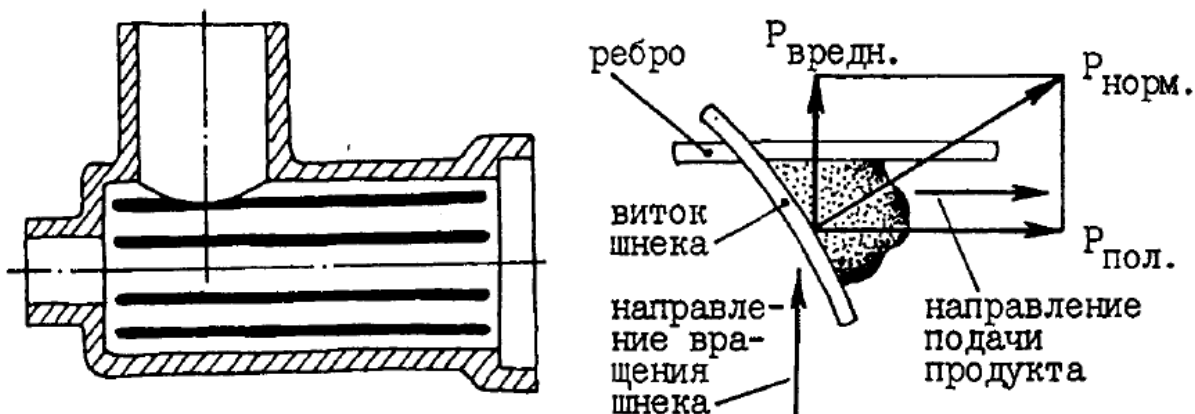


Рис. 5. Корпус мясорубки с прямолинейными рёбрами

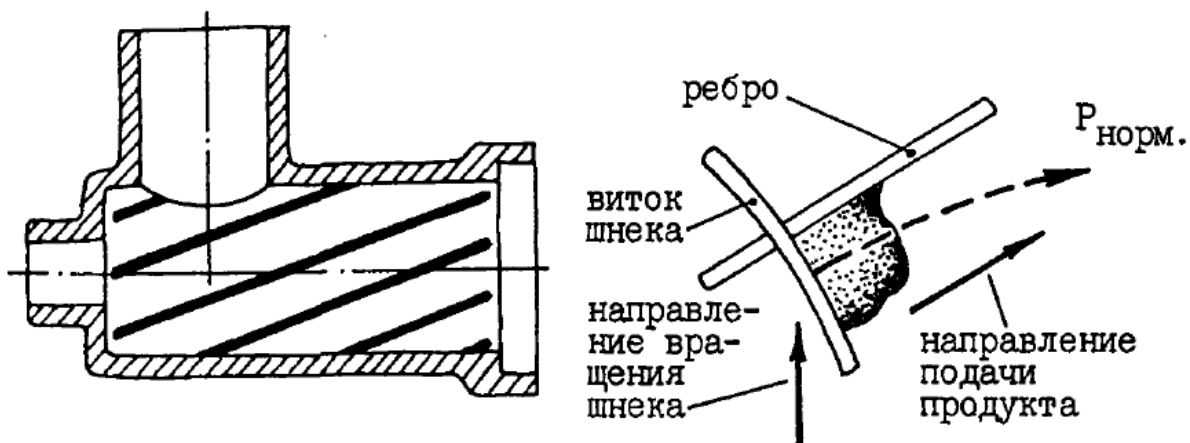


Рис. 6. Корпус мясорубки со спиральными рёбрами

Существенным недостатком этой конструкции является необходимость иметь более сложную прессформу для изготовления – стержень, формирующий внутреннюю полость корпуса, можно удалить только вывинчиванием. В отечественной практике такое решение из-за сложности не применяется.

Пример 4.

Подшипника скольжения (рис. 7) имеет целый ряд неоспоримых достоинств: простота изготовления, способность нести большие радикальные нагрузки при малых габаритах, бесшумность работы на высоких скоростях. Но есть и существенный недостаток. Во время остановки под действием веса вала в нижней части зазора пленка смазки вытесняется. Из-за этого вместо трения скольжения происходит сухое трение, что приводит к резкому увеличению пускового момента. Известно, например, что сдвинуть вагон с места гораздо труднее, чем перемещать его. Борются с этим явлением пытаются, применяя

вкладыши из антифрикционных материалов, но тогда подшипник сразу становится сложным и дорогим.

Альтернативная система с противоположными достоинствами и недостатками – подшипник качения (рис. 8). В нем благодаря использованию трения качения низкий пусковой момент обеспечивается даже при отсутствии смазки. Недостатками являются сложность, низкие радикальные на грузки, дороговизна, шум при работе, ограничения по числу оборотов.

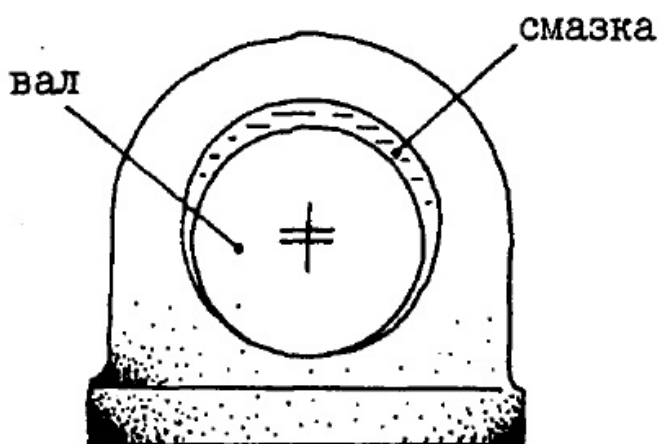


Рис. 7. Подшипник скольжения

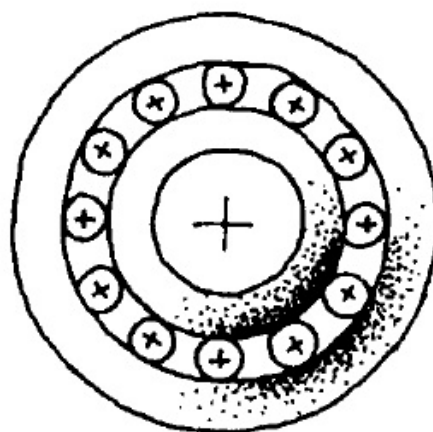


Рис. 8. Подшипник качения

Пример 5.

Магнитопровод трансформатора броневое типа из Ш-образных пластин (рис. 9) прост в изготовлении и обладает неплохими характеристиками, однако существенным недостатком его является несовершенство устройства для стягивания пластин магнитопровода. Используются для этой цели 4 нажимные пластины, 4 стяжные шпильки, проходящие сквозь отверстия в углах пластин, и 8 гаек. Необходимость штамповать в пластинах отверстия под шпильки ухудшает стойкость штампов, а сами отверстия затрудняют прохождение магнитного потока. Для исключения замыкания пластин на шпильки необходимо надевать изолирующие втулки, изготовление которых достаточно трудоемко.

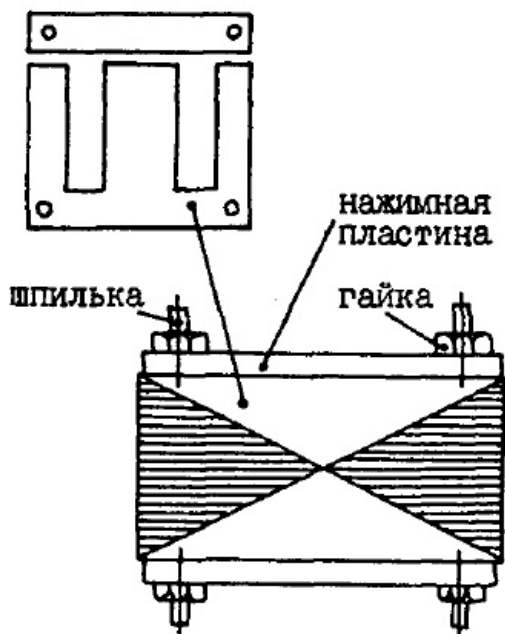


Рис. 9. Броневой магнитопровод трансформатора из «Ш» - образных пластин

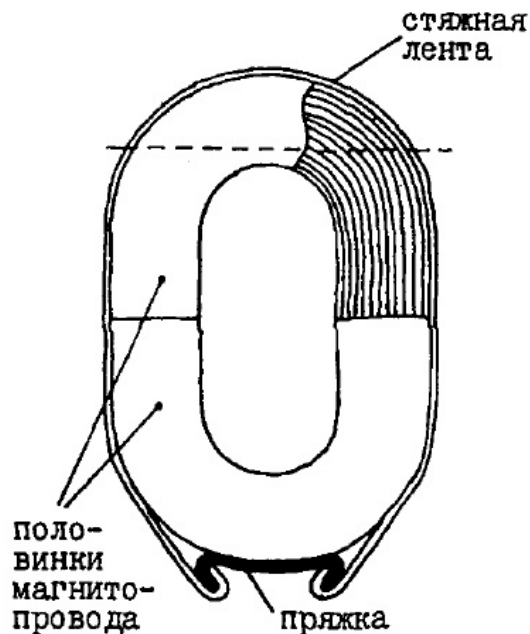


Рис. 10. Витой разрезной магнитопровод трансформатора

Известна альтернативная система – ленточный витой разрезной магнитопровод, отдельные пластины которого склеены между собой, а обе половинки магнитопровода стянуты гибкой лентой, концы которой соединены пряжкой (рис. 10). Достоинством такой конструкции является простота и эффективность устройства для стягивания магнитопровода, а недостатком – сложность технологии изготовления самого магнитопровода, необходимость в специальном дорогом оборудовании.

Пример 6.

Пакет магнитопровода электрической машины (рис. 11) составляют из листов электротехнической стали, «склеивая» их с помощью эпоксидного компаунда, который также электрически изолирует листы друг от друга. Технология изготовления клееных пакетов достаточно простая и производительная, однако прочность скрепления листов пакета низкая.

Известна альтернативная конструкция: на предприятии «Заксенверк» (г. Дрезден) клееные пакеты упрочняются дополнительно многочисленными медными заклепками (рис. 12). Прочность пакетов при этом сильно возрастает, однако резко увеличивается и трудоемкость: отверстия под заклепки приходится сверлить в уже склеенных пакетах, необходимо специальное оборудование для клепки и т.д.

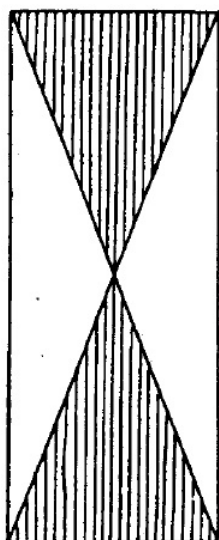


Рис. 11. Клееный пакет магнитопровода

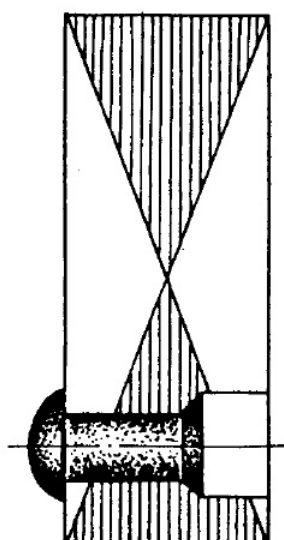


Рис. 12 Клееный пакет с медными заклепками

АЛЬТЕРНАТИВЫ ВСЕХ СИСТЕМ – ОБЪЕДИНЯЙТЕСЬ!

(цели и объекты объединения АС)

Теперь, после уточнения понятия альтернативных систем, вернемся снова к закону перехода ТС в надсистему. Но сначала еще одно небольшое определение: будем называть «исходной» ту техническую систему, которая является объектом анализа при проведении ФСА, исследовании изобретательской ситуации с помощью ТРИЗ или прогнозирования. Целью анализа в любом случае является совершенствование исходной ТС, т.е. с точки зрения закона повышения идеальности – улучшение функциональных показателей ТС и/или снижение затрат на ее функционирование.

Эффективность объединения исходной ТС в надсистему именно с альтернативной объясняется самим наличием такой альтернативной системы, у которой отсутствуют основные недостатки исходной. Это само по себе является свидетельством наличия у альтернативной системы достаточных ресурсов для борьбы с проблемами исходной тс. Надсистема, получаемая в результате объединения, обладает, таким образом, достоинствами обеих АС при отсутствии недостатков, определявших дополнительную этих систем. Ресурсы объединяемых ТС при этом рассматриваются в самом широком смысле: вещественные, полевые (энергетические и информационные), пространственные и временные.

Итак, один из путей совершенствования исходной ТС - объединение ее с альтернативной системой. Но сначала нужно такую систему выявить. Желательно, конечно, найти реально существующую (или существовавшую ранее) систему с дополнительной по паре характеристик. «Живые» ТС уже прошли проверку функционирования: по ним достоверно известны основные достоинства и недостатки. Так, в **примере 1** объектом анализа изначально было спицевое колесо, для которого была поставлена задача существенного снижения трудоемкости. Работа проводилась в рамках ФСА велосипеда «Иверия» по заказу Тбилисского авиационного

производственного объединения им. Димитрова, осваивающего выпуск новых товаров народного потребления. Попытки улучшения технологичности специалистами завода делались именно в рамках конструкции спицевого колеса. Поиск альтернативной ТС привел к реально существующему, но непригодному для дорожного велосипеда дисковому колесу.

Если реальную альтернативную ТС не удалось обнаружить, то можно построить гипотетическую, придав ей мысленно противоположные исходной ТС плюсы и минусы. В **примере 2** исходной ТС был валкователь торфа бульдозерного типа. Качество уборки сухого торфа линейкой не устраивало разработчика – финскую фирму VTT. При формировании прогноза развития данной системы нами была рассмотрена идея альтернативной ТС, которая бы умела собирать с поля весь сухой (и только сухой) торф. Такую систему мы для себя назвали «пылесос». В дальнейшем оказалось, что подобная ТС была разработана и опробована финскими специалистами, и действительно обладает дополнительной парой достоинств и недостатков относительно линейки.

Наиболее эффективно объединять в надсистему те ТС, которые достигли предела своего развития: их внутренние ресурсы уже исчерпаны, а друг другу они еще могут помочь. В примере 1 и спицевое, и дисковое колеса велосипеда давно находятся в «застойном» состоянии. По каждому из них известны сотни патентов (всего по велосипеду – более 16 тысяч!), ни один из которых не позволяет «увязать» основные технико-экономические характеристики колеса – вес, прочность, технологичность.

Попытки усовершенствовать колесо за счет новейших материалов и технологий (углепластики для дисков, специальные сплавы для спиц и ободов) не дают существенного улучшения массо-прочностных показателей и при этом ведут к резкому росту затрат.

Возможны также случаи, когда в надсистему объединения ТС, не достигшие пределов своего развития. Так, например, происходит, когда новая ТС, идущая на смену старой, достигшей своего потолка, еще не готова заменить ее полностью, став на какое-то время альтернативной для старой системы. Например, первые пароходы, в отличие от парусников, могли перемещаться в штиль, но были гораздо менее экономичны, чем парусные суда. В результате в период постепенного вытеснения парусников появились парусно-паровые корабли, объединившие достоинства обеих альтернативных систем.

Вот, кстати, весьма актуальная исследовательская тема в ТРИЗ – критерии выбора из нескольких конкурирующих ТС той, которая должна сменить отмирающую старую ТС. Один из таких критериев, возможно – альтернативность новой ТС по отношению к старой. Новая система должна ликвидировать главный недостаток «застойной» системы, резко повысить ее функциональные показатели. При этом сложность новой ТС может существенно возрасти, и дальнейшее развитие новой системы пойдет в направлении объединения АС с целью снижения затрат на функционирование.

И еще об одном – о степени отличия объединяемых альтернативных систем. При одной и той же главной функции они могут отличаться принципом действия (валкователи

торфа – механический и пневматический) или конструкцией (пакеты магнитопровода электрической машины – клееные и с заклепками). Кроме того, сама главная функция одного и того же объекта может быть сформулирована с разной степенью функционального обобщения. Например, иерархия формулировок главной функции для мясорубки будет выглядеть так:

- измельчать мясо;
- измельчать пищевые продукты;
- измельчать материалы (любые);
- получать материал требуемой дисперсности (не только измельчением).

Понятно, что для наиболее обобщенных формулировок в класс конкурирующих (а значит, и альтернативных) систем попадают ТС, значительно отличающиеся друг от друга. Так вот, чем более отличаются друг от друга объединяемые в надсистему альтернативные ТС, тем более эффективные и нетривиальные технические решения дает такое объединение.

ТАИНСТВЕННОЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЕ

(механизмы перехода в надсистему АС)

Мы познакомились с целями объединения АС и особенностями объединяемых систем. Осталось ответить на главный вопрос: как происходит это объединение. Сначала рассмотрим некоторые принципы и механизмы перехода в надсистему АС по отдельности, а затем попробуем дать общую картину такого перехода.

1. БАЗОВАЯ СИСТЕМА

При переходе в надсистему одна из альтернативных систем рассматривается как базовая. В качестве базовой обычно выбирается ТС с более низкими затратами на функционирование, т.е. та, которая проще, дешевле, технологичнее. Надсистема строится на основе базовой ТС, но с функциональными показателями второй, более эффективной альтернативной системы.

Пример 1.

В качестве базовой системы выбирается простое и технологичное дисковое колесо. При этом от надсистемы мы требуем легкости и прочности спицевого колеса.

Пример 2.

За базовую ТС принимается простой и дешевый бульдозерный валкователь, а к надсистеме предъявляется требование качества подборки сухого торфа, как у пневматического подборщика.

Аналогично базовыми системами являются:

- в примере 3 – корпус мясорубки с прямыми ребрами;
- в примере 4 – подшипник скольжения;
- в примере 5 – магнитопровод трансформатора из Ш-образных пластин;
- в примере 6 – клееный пакет без заклепок.

Необходимо отметить, что базовой ТС может оказаться как исходная система (бульдозерный валкователь торфа), так и выявленная альтернативная (дисковое колесо велосипеда). В зависимости от этого надсистема АС как предлагаемое устранение проблем исходной ТС будет либо решением мини-задачи, либо качественно новой ТС по сравнению с исходной. Однако несомненным достоинством выбора в качестве базовой менее затратной системы является то, что надсистема на ее базе всегда будет решением мини-задачи в широком смысле: либо минимальное изменение исходной ТС, либо ее упрощение. А это означает, что такую ТС всегда легче реализовать в производстве.

2. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ

Постановка задачи по объединению альтернативных систем в надсистему производится в виде пары «альтернативных» технических противоречий (АТП), которые строятся по следующей форме: «Если ТС реализуется, в виде (указать название базовой системы), то ее достоинством является (указать), но при этом имеется недостаток (указать). Если, ТС реализуется в виде (указать название альтернативной системы), то ее достоинством является (указать устраненный недостаток базовой системы), но при этом имеется недостаток (указать недостающее достоинство базовой системы).» .

Таким образом, от привычного «АРИЗного» ТП альтернативное противоречие отличается тем, что сравниваются показатели РАЗНЫХ систем. Это уже задача более высокого системного уровня и, кстати, гораздо менее очевидная, чем противоречие в рамках одной ТС.

Формулировка мини-задачи на основе альтернативных ТП выглядит следующим образом: «Необходимо предложить (указать название ТС), обладающую (указать достоинства обеих АС).»

Пример 1.

Как для спицевого, так и для дискового колес могут быть сформулированы традиционные «АРИЗные» ТП. Так, для колеса со спицами:

ТП 1. Если спиц много, то колесо обладает хорошей прочностью, но технология его изготовления и регулировки сложная.

ТП 2. Если спиц мало, технология упрощается, но недопустимо ухудшается прочность колеса.

Для дискового колеса:

ТП 1. Если диски выполнены из толстого материала, то колесо достаточно прочное, но недопустимо тяжелое.

ТП 2. Если диски выполнены из тонкого материала, вес у колес приемлем, но недопустимо уменьшается прочность.

Для обеих систем могут быть сформулированы общие для них альтернативные противоречия.

АТП 1. Если колесо спицевое, то оно легкое и прочное, но нетехнологичное.

АТП 2. Если колесо дисковое, то оно технологичное, но имеет плохие массо-прочностные характеристики.

Необходимо предложить легкое и прочное колесо с технологичностью не хуже, чем у дискового.

Пример 2.

Техническое противоречие для бульдозерного валкователя:

ТП 1. Если линейка поднята высоко, сгребается только сухой торф (т.е. обеспечивается его высокое качество), но при этом велики потери уже высушенного торфа в неровностях почвы (т.е. падает производительность).

ТП 2. Если линейка опущена низко, потерь сухого торфа нет, но захватывается часть сырого торфа вместе с сухим, что недопустимо ухудшает качество продукции.

Кстати, решают эту задачу до сегодняшнего дня типичным компромиссом: положением линейки управляет специально подготовленный высокооплачиваемый бульдозерист. Однако, несмотря на все его старания, часть сухого торфа остается на поле, а часть сырого попадает в готовую продукцию.

Альтернативные ТП:

АТП 1. Если для уборки торфа используется бульдозерная линейка, то оборудование простое, дешевое и высокопроизводительное, но качество уборки торфа плохое (большой процент сырого торфа, потери сухого торфа).

АТП 2. Если для уборки торфа используется «пылесос», то качество уборки торфа хорошее (полностью сгребается только сухой торф), но оборудование тяжелое, громоздкое, дорогое и малопроизводительное.

Необходимо предложить простое, дешевое и высокопроизводительное устройство, убирающее без потерь только сухой торф.

Пример 3.

АТП 1. Если у корпуса мясорубки ребра выполнены прямолинейными, то прессформа для литья достаточно простая, но мясорубка плохо работает – продукт сминается, выжимается сок, ухудшается качество фарша.

АТП 2. Если у корпуса ребра выполнены спиральными, то качество работы мясорубки улучшается, но недопустимо растет сложность прессформы.

Необходимо предложить хорошо работающий корпус мясорубки, изготавливать который можно с помощью простой прессформы.

Пример 4.

АТП 1. Если выбрать подшипник скольжения, то он простой, дешевый, бесшумный, высокооборотный, выдерживает большие нагрузки, но имеет повышенный пусковой момент.

АТП 2. Если выбрать подшипник качения, то у него низкий пусковой момент, но сам подшипник сложный, дорогой, шумит при работе, ограничен по числу оборотов и не выдерживает больших радиальных нагрузок.

Необходимо предложить конструкцию простого, дешевого, бесшумного, высокооборотного подшипника, выдерживающего большие радиальные нагрузки и имеющего малый пусковой момент.

Пример 5.

АТП 1. Если магнитопровод трансформатора броневое типа, то он прост в изготовлении, но у него несовершенное устройство для стягивания пластин.

АТП 2. Если магнитопровод витой разрезной, то у него эффективное и простое устройство для стягивания, но сам магнитопровод сложно изготавливать.

Необходимо предложить простой в изготовлении магнитопровод с эффективным устройством стягивания.

Пример 6.

АТП 1. Если пакеты магнитопровода получены только склейкой эпоксидным компаундом, то трудоемкость изготовления невысока, но прочность пакетов не обеспечивается.

АТП 2. Если пакеты кроме склеивания упрочняются многочисленными заклепками, то прочность пакетов очень высока, но недопустимо возрастают трудоемкость и затраты на материалы (медные заклепки).

Необходимо предложить конструкцию пакета с прочностью, соответствующей наличию заклепок, и технологичностью, как при обычной склейке.

3. ПЕРЕНОС СВОЙСТВА

Основным механизмом разрешения альтернативных ТП является перенос на базовую ТС требуемых свойств альтернативной ТС. Очень существенно, что переносятся не конструктивные элементы, а именно свойства, которые обеспечивают достоинства, имеющиеся у альтернативной системы и отсутствующие у базовой. Эти свойства могут быть в частном случае конструктивно связаны с определенными элементами, а могут быть реализованы и другими способами.

Пример 1.

Достоинство спицевого колеса – высокая прочность при малом весе – обеспечивается предварительной напряженностью конструкции. Перенося это свойство на дисковое колесо, мы получаем идею объемной натяжки дисков. Однако конструктивно требуемое свойство в дисковом колесе реализуется совершенно по-другому, чем в спицевом: не многочисленными спицами с гайками, а простой разжимной втулкой и несколькими регулировочными болтами. На рис. 13 приведена схема дискового (диафрагменного) колеса с объемной натяжкой дисков. Предварительные расчеты показывают, что при одинаковой со спицевым колесом прочности диафрагменное колесо имеет меньший, чем у него вес. При этом, как уже отмечено выше, изготовление и регулировка дисков-диафрагм намного технологичнее, чем спиц.

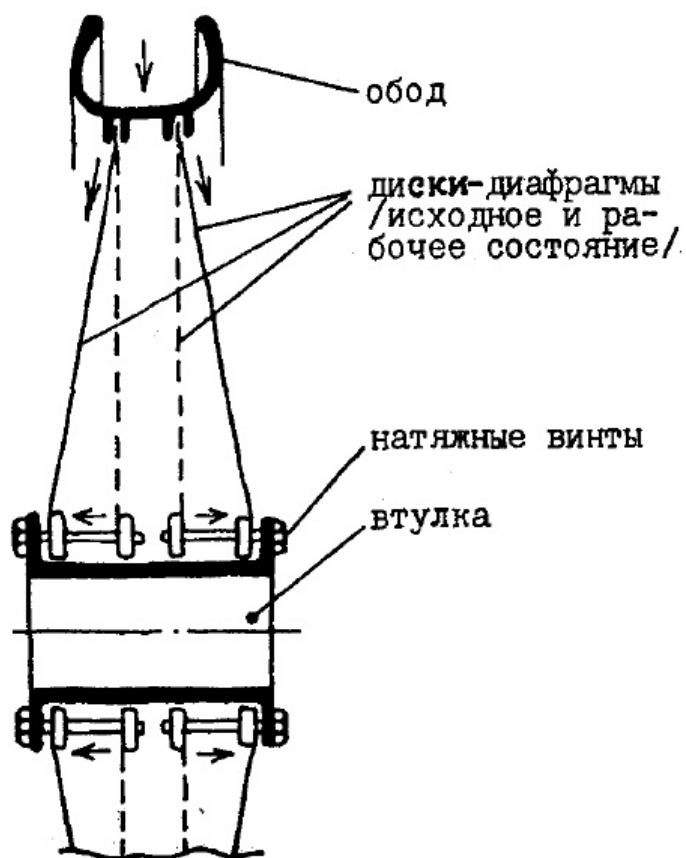


Рис. 13. Дисковое колесо с объемной натяжкой

Пример 2.

Основное свойство пневматического подборщика, обеспечивающее качественную подборку сухого торфа – соответствие плотности инструмента (воздушного потока) и изделия (сухого и сырого торфа).

Пример 3.

Основное свойство корпуса со спиральными ребрами, обеспечивающее качественную работу мясорубки – совпадение вектора перемещения продукта с направлением усилия давления витков шнека.

Пример 4.

Свойства подшипника качения, обеспечивающее его малый пусковой момент – трение качения, которое значительно меньше, чем трение скольжения.

Пример 5.

Эффективность ленточного витого разрезного магнитопровода трансформатора определяется равномерной эпюрой усилий сжатия. Именно это свойство перенесено на Ш-образный броневой магнитопровод. При этом конструктивно он реализован по-другому: специальными аркообразными элементами и ленточной стяжкой. На рис. 14 приведена конструкция магнитопровода броневое типа с аркообразными нажимными элементами. Стягивание пластин осуществляется гибкой лентой; в пластинах нет необходимости штамповать отверстия под шпильки. Чтобы исключить замыкание пластин магнитопровода стяжной лентой, под нее подкладывается полоска изоляционного материала. Предложенная конструкция защищена а.с. № 1081677 и внедрена на Харьковском электроаппаратном заводе.

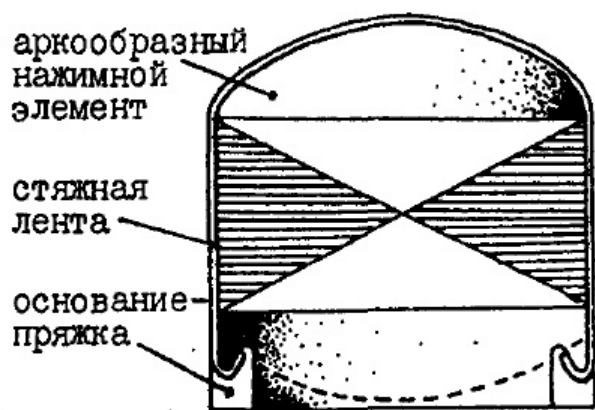


Рис. 14. Усовершенствованный броневой магнитопровод трансформатора

Пример 6.

Свойство пакета с заклепками, которое обеспечивает его высокую прочность – сквозное стягивание листов по их периметру.

4. РЕСУРСЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ

Перенос требуемого свойства осуществляется за счет ресурсов альтернативной системы или за счет мобилизации скрытых ресурсов базовой системы. И в том, и в другом случае объем возможных ресурсов увеличивается по сравнению с рекомендуемыми в АРИЗ. Особенности ресурсов альтернативной системы являются, во-первых, их гарантированное наличие (иначе в альтернативной ТС не мог быть устранен недостаток базовой ТС) и во-вторых, их скрытый характер для специалистов, пытающихся совершенствовать только исходную ТС. При решении проблем «своей» ТС никому не приходит в голову (к сожалению, и АРИЗу тоже) «наворачивать» на нее ещё и противоречия другой системы. А это как раз тот случай ТРИЗной логики, когда кажущееся усложнение ситуации облегчает ее разрешение.

Пример 2.

Требуемое свойство инструмента (линейки валкователя) специалисты пытались получить, используя мобилизацию ресурсов самой линейки, выполняя ее рабочую зону в виде манжет, губок, щеток и т.п. Однако наиболее эффективный ресурс, соответствующий параметрам торфа, был выявлен только в альтернативной системе. На рис. 15 приведена схема усовершенствованной бульдозерной линейки. Выполнена она полый, внутрь подается под давлением воздух, который через щелевые сопла в нижней части линейки выдувается в направлении перемещения торфа: вперед и вбок – к валку. Работает устройство следующим образом: линейка поднимается повыше, так чтобы убирать при движении только сухой торф. Оставшийся в углублениях почвы сухой торф выдувается воздушным потоком, который подается в зазор между линейкой и сырым торфом. Направление воздушного потока в этой конструкции противоположно «пылесосу», что в значительно выгоднее энергетически. Совместное использование двух рабочих органов с разными принципами действия обеспечивает и производительность (за счет механической линейки), и высокое качество уборки (за счет воздушного потока).

Еще более идеальным является использование собственных ресурсов базовой ТС для реализации требуемого свойства, «подказанного» альтернативной системой.

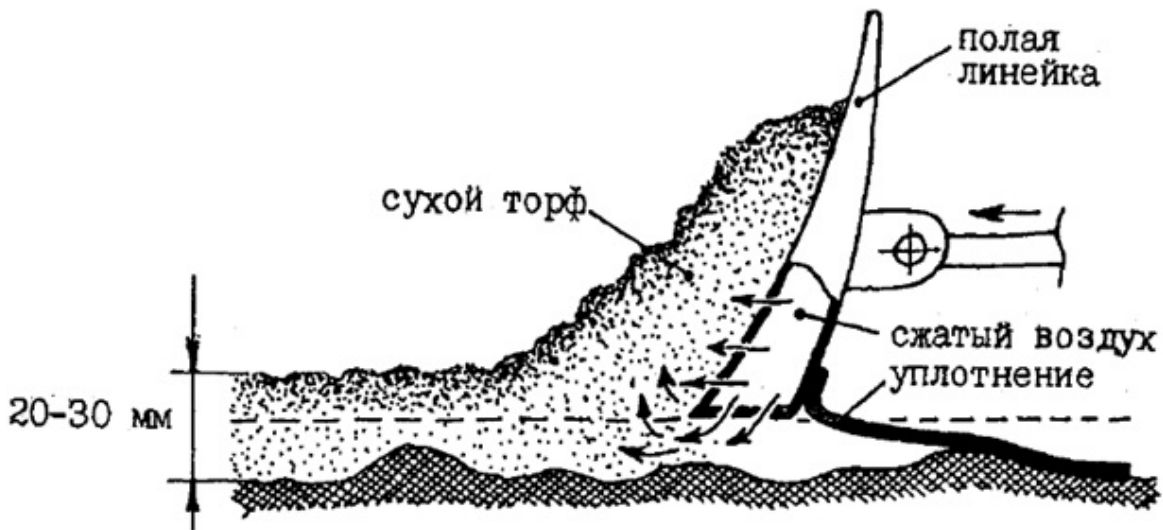


Рис. 15. Усовершенствованная бульдозерная линейка.

Пример 6.

Требуемое свойство из альтернативной ТС – сквозное стягивание листов – может быть обеспечено только какими-то стяжными элементами. Для этого необходим некий вещественный ресурс. На рис. 16, 17 показано, как недостающие стяжные элементы выполнить из эпоксидного компаунда. Для этого достаточно при штамповке листов пробить в них одновременно и отверстия, образующие впоследствии каналы под эпоксидные «заклепки». Такое решение защищено а.с. № 1259421 и внедрено на Ленинградском электромашиностроительном заводе.

Рис. 16. Пакет с эпоксидными крепящими элементами

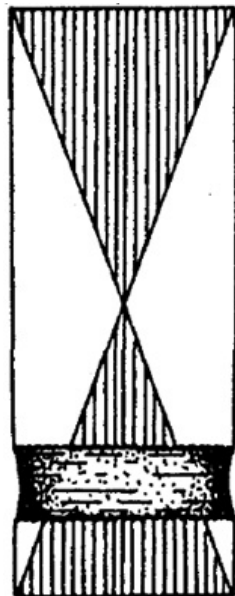
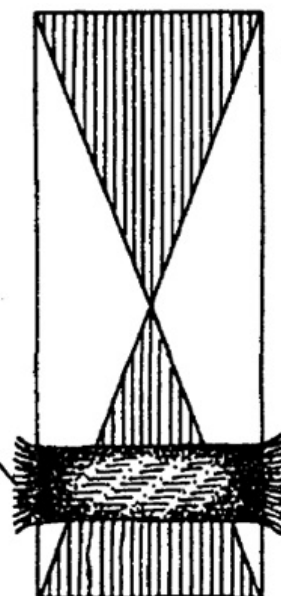


Рис. 17. Пакет с армированными крепящими элементами

шнур из
стекло-
волокна



Иногда приходится использовать одновременно ресурсы обеих альтернативных систем. Так, в примере 3 для объединения АС были использованы пространственные ресурсы и корпуса с прямыми ребрами, и со спиральными. На рис. 18 показан корпус

мясорубки с клиновидными ребрами. Тыльная часть каждого ребра выполнена прямолинейной, что дает возможность удалять формирующий стержень возвратно-поступательно, т.е. сохранить простоту прессформы. Лицевая (рабочая) часть каждого ребра выполнена спиральной, что позволяет совместить направление перемещения продукта с вектором нормальной силы, приложенной к продукту со стороны витков шнека, т.е. улучшить работу мясорубки. Это решение защищено а.с. № 1353506 и внедрено в бытовых электромясорубках производства Ленинградского электромашиностроительного завода.

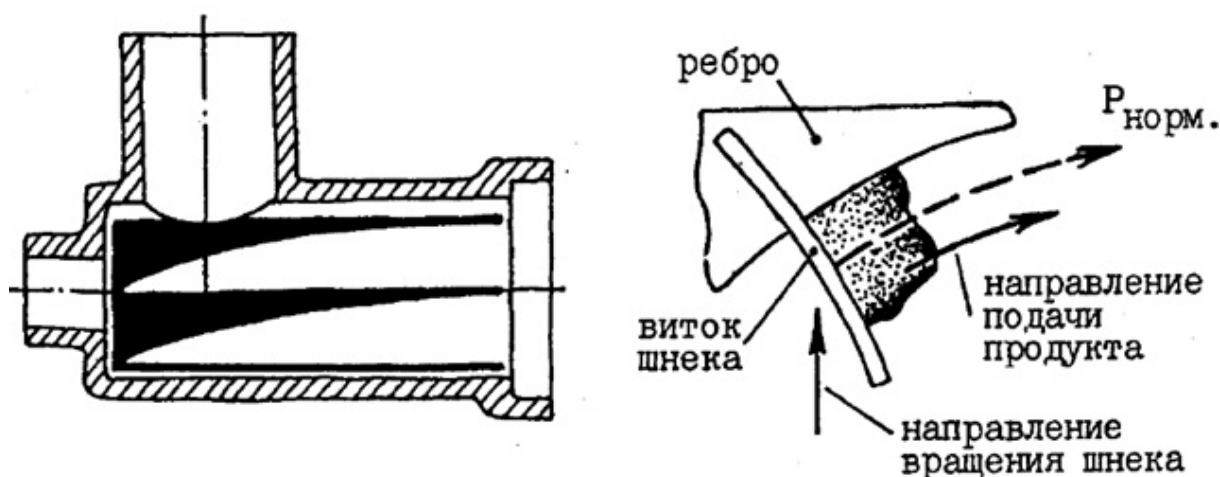


Рис. 18. Корпус мясорубки с клиновидными ребрами

5. «ЭФФЕКТ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ»

Кажется очевидным, что при объединении двух систем в надсистему в ней должны в явном виде присутствовать элементы обеих объединяемых систем. Однако при объединении АС часто происходит по-другому. Учитывая общность главных функций, а также перенос на базовую ТС свойств, а не конструктивных элементов, создаваемая надсистема альтернативных ТС внешне почти всегда выглядит очень похожей на базовую ТС. Альтернативная система как бы растворяется в базовой, происходит почти полное свертывание общих элементов. Как и положено порядочной идеальной системе (которой нет, а ее функции выполняются), одна из альтернативных систем практически полностью отсутствует, а ее свойства, определяющие требуемые функциональные показатели, реализуются в базовой ТС. Так колесо с объемной натяжкой (пример 1) выглядит внешне почти как обычное дисковое колесо. Надсистемный подшипник (пример 4) только под микроскопом можно отличить от обычного подшипника скольжения.

Однако, такой степени свертывания при переходе в надсистему АС удастся добиться не всегда. В надсистемном валкователе торфа (пример 2), магнитопроводе трансформатора (пример 5) и корпусе мясорубки (пример 3) четко видны элементы обеих альтернативных ТС.

6. ГЛАВНОЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

У альтернативных систем может быть не одна пара взаимно противоположных достоинств и недостатков, а несколько. Однако, из этих пар одна всегда характеризует главную функцию ТС, а другие – дополнительные функции. Поэтому задача ставится для главной пары альтернативных характеристик (главное АТП), а дополнительные АТП ликвидируются либо в качестве сверхэффекта от разрешения главного, либо решением ряда вторичных задач.

Пример 2.

Для валкователя торфа АТП: механический валкователь прост, но неэффективен; пневматический подборщик эффективен, но сложен. АТП: пневматический подборщик эффективен, но сильно пылит; механический валкователь не пылит, но неэффективно подбирает торф. Решается задача по АТП, а пыление устраняется в надсистеме за счет уменьшения расхода воздуха при продувании через щель (по сравнению со всасыванием через широкое сопло), а также за счет распределения воздушного потока по всему объему торфа на ноже бульдозера.

Вообще, существенной особенностью надсистемы АС является то, что кроме совмещения достоинств обеих входящих в нее систем, она обычно имеет также ресурсы для устранения недостатков, не входящих в комплекс альтернативных противоречий. Эти ресурсы помогают также решить вторичные задачи, возникающие при объединении.

Пример 1.

В колесе с объемной натяжкой были успешно решены задачи устранения торцевого биения (так называемой «восьмерки»), надежного соединения дисков с ободом, повышения технологичности изготовления втулки и др.

Пример 2.

Пневмомеханическую надсистему можно использовать не только для валкования, но и для повышения эффективности ворошения (сушки) торфа на поле.

Пример 3.

Надсистема – корпус мясорубки с клиновидными ребрами обладает дополнительными преимуществами, которых не было ни у одной из двух АС – прототипов. Так лицевая часть каждого ребра может быть выполнена с переменным шагом, что обеспечит хорошее согласование ее по форме со шнеком, витки которого также имеют переменный шаг. Работа мясорубки при

этом ещё улучшится. Кроме того, выполнение ребер клиновидными повышает стойкость прессформы, т.к. удаление формующего стержня из внутренней полости корпуса обеспечивается легче, чем в корпусе с прямыми ребрами.

Пример 5.

Сверхэффектом новой надсистемой конструкции магнитопровода трансформатора является то, что верхний аркообразный элемент может быть изготовлен из пластмассы и может выполнять «по совместительству» функции других элементов трансформатора – клеммников, корпуса, выключателя и т.д. Роль замыкающей пружины выполняет нижний нажимной элемент, дополнительно являющийся основанием трансформатора.

Пример 6.

При объединении АС возникла вторичная задача: как предотвратить вытекание жидкого компаунда из сквозных каналов, образовавшихся в пакете. В качестве надсистемного ресурса предложено было использовать имеющийся в цехе шнур из стекловолокна. Жидкий компаунд проникает в капилляры шнура и не вытекает из сквозного отверстия. В результате получается армированная эпоксидная «заклепка» (рис. 17), почти не уступающая по механической прочности медной.

7. ЦЕПОЧКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ

Интересно отметить, что переход в надсистему альтернативных систем - не единичный акт, а последовательно развивающийся процесс. Вновь образованная надсистема альтернатив представляет из себя систему со своими недостатками, для которых можно по принципу дополнительности выявлять новые альтернативные системы, снова переходить в надсистему и т.д. Возникает как бы цепочка последовательных альтернатив.

Пример 5.

Исходная ТС - Ш-образный магнитопровод броневое типа со стяжкой шпильками. Альтернативная ТС-1 - ленточный витой разрезной магнитопровод со стяжкой ленточным хомутом. Надсистема 1-Ш-образный магнитопровод с ленточными хомутами и аркообразными нажимными элементами.

Альтернативная ТС-2 – клеенный (пропитанный) магнитопровод. Надсистема 2 – Ш-образный магнитопровод с временными технологическими ленточными хомутами (например, изолента) и окончательным скреплением пропиткой эпоксидным компаундом.

ЗАДАЧА, ОТВЕТ, ПРОГНОЗ

(области применения механизмов перехода в надсистему АС)

Предложенные механизмы опробованы на практике в трех областях применения.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Здесь можно предложить достаточно простой алгоритм:

- 1.1. Выбрать исходную ТС, которую необходимо усовершенствовать.
- 1.2. Сформулировать главную функцию исходной ТС.
- 1.3. Определить круг конкурирующих ТС.
- 1.4. Сформулировать главное противоречие исходной ТС (функционально-затратное).
- 1.5. Среди конкурирующих ТС выделить альтернативную по принципу дополненности к главному ТП исходной ТС. Если реальной альтернативной системы обнаружить не удалось, построить гипотетическую альтернативную ТС.
- 1.6. Сформулировать альтернативное ТП.

Можно отметить, что переход в надсистему альтернатив позволяет поставить глубинные задачи, неочевидные даже для специалистов. Это связано с тем, что задача ставится для двух систем одновременно, что совершенно нетипично для традиционного формулирования проблем.

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Стоит напомнить, что законы развития техники не предназначены для поиска конкретных технических решений. Они лишь указывают направление развития ТС, тенденции их совершенствования. Однако некоторые конкретные механизмы перехода в надсистему АС помогают решать практические задачи. Переход в надсистему альтернативных ТС происходит через разрешение АТП. Но интересно, что само АТП далее при решении не «обрабатывается». Его устранение становится результатом работы с базовой ТС. Для нее формулируется обычное классическое ТП, которое решается известными в ТРИЗ способами (АРИЗ, стандарты), а ресурсы для решения задачи берутся из альтернативной системы (иногда используется сочетание ресурсов базовой и альтернативной ТС). Особенностью решения по АРИЗу в этом случае является то, что на шаге 1.4 выбирается не та схема ТП, которая обеспечивает наилучшее выполнение главной функции, а та, которая определяет простоту и экономичность ТС. На шаге 3.2 АРИЗа в качестве главного берется тот ресурс альтернативной ТС, с которым связано ее достоинство, отсутствующее в базовой ТС.

Пример 2.

Для механического валкователя торфа решается задача с обычным ТП: линейка должна быть поднята высоко, чтобы не зацепить сырой торф, и должна быть

опущена низко, чтобы собрать весь сухой торф из углублений. Это стандартная задача на избирательно-максимальный режим (стандарт 1.1.8). По стандарту мы получаем подсказку, что нож нужно установить заведомо с зазором, чтобы сырой торф абсолютно не захватывался. В тех местах, где необходимо максимальное воздействие (в зазоре и углублениях), должно воздействовать какое-то локальное поле. Но откуда взять это поле?

В рамках механического валкователя необходимых ресурсов нет – вот почему это ТП, кстати, до боли знакомое специалистам, казалось неразрешимым. Необходимое для решения поле можно (и нужно) взять в альтернативной системе: это пневматическое поле – поток воздуха. Только использовали мы его в решении более энергетически эффективно, не на всасывание, а на выдувание остатков сухого торфа под нож бульдозера.

Пример 4.

Для базовой системы – подшипника скольжения – ставится задача уменьшения пускового момента без применения антифрикционных сплавов. Прямое применение ресурса из альтернативной системы – шариков подшипника качения – позволяет сформулировать новую задачу, в основе которой лежит следующее физическое противоречие: шарики должны быть в смазке, чтобы обеспечить в момент пуска трение качения, и их не должно быть, чтобы обеспечивать при работе режим скольжения. На рис. 19 показан усовершенствованный подшипник скольжения. В смазку добавлены стеклянные микрошарики, которые при трогании обеспечивают трение качения, а при вращении вала не мешают работе подшипника скольжения. Более того, шарики окатывают острые края шероховатостей, упрочняя поверхность и полируя ее. В результате значительно снижается момент трения пары – становятся ненужными антифрикционные вкладыши. Мощность пускового привода уменьшается в 3 раза.

Стеклянные микрошарики на сжатие работают не хуже металла (при диаметре 2-20 мкм, они выдерживают нагрузку до 8000 атм). Благодаря малым размерам они свободно проходят сквозь фильтры маслосистемы. Получать их тоже просто – из расплава стекла в воздушном потоке с медленным охлаждением.

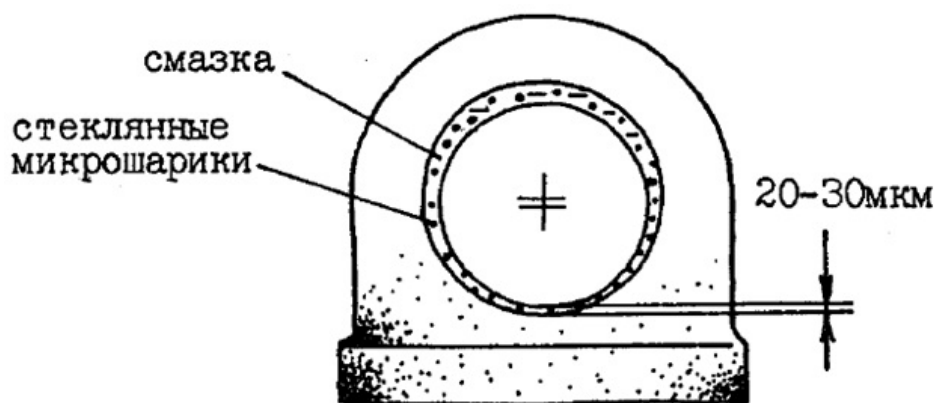


Рис. 19. Усовершенствованный подшипник скольжения

В связи с введением понятия альтернативного ТП любопытно обратиться к ряду известных в ТРИЗ задач с отсутствующим полезно-вредным элементом: задача о шлаке (отсутствующая крышка не мешает сливать шлак, но и не защищает его от охлаждения); задача о молниеотводе (отсутствующий молниеотвод не создает радиотени, но и не ловит молнии) и др. В этих задачах разбор по АРИЗу наталкивается на некоторые трудности в построении модели задачи и поиске ресурсов, связанных именно с отсутствующим элементом. Сейчас становится ясно, что это на самом деле задачи не с обычным классическим ТП, а с альтернативным. При этом в качестве альтернативной системы выступает реальная или гипотетическая ТС с отсутствующим элементом. Именно такая система, как более простая, принимается за базовую. Ресурс, позволяющий выполнять функцию отсутствующего элемента, выявляется в самой базовой системе (пена из шлака, молниеотвод из воздуха), при этом альтернативная система с присутствующим элементом только задает требуемые функциональные характеристики – они должны быть не хуже, чем у альтернативной ТС.

Как средство разрешения АТП описанные механизмы перехода в надсистему альтернатив в сочетании с отработанным инструментарием ТРИЗ (АРИЗ, стандарты, информационный фонд) позволяют уверенно получать конкретные технические системы достаточно высокого уровня, что подтверждается решением авторами ряда конкретных практических задач в последние годы. Можно отметить для примера, что получение существенно новой на специалистов-«велосипедистов» произвело сильное впечатление.

3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТС

Для прогнозирования представляет интерес как механизм постановки задач по объединению АС в надсистему, так и средства решения задач с АТП. Противоречия, формулируемые для альтернативных систем, находящихся на ранних стадиях развития, не достигших предельных показателей, имеют прогностический характер. Конкретные технические решения, устраняющие такие противоречия, создают надсистему ТС с качественно новыми показателями. Если специалисты «поверят» такому прогнозу по законам и заранее подготовят производство новой системы, которая неизбежно должна

прийти на смену обеим АС, то получают существенный технико-экономический эффект: новая система обладает функциональными показателями более эффективной АС при затратах, соответствующих более дешевой. Кроме того, как и при всяком достоверном прогнозе, достигается существенный выигрыш во времени.

ПЕРЕХОДУ НА ПРИЕМ

(приемы перехода в надсистему альтернативных систем)

Разрешение альтернативных ТП, построение надсистемы альтернативных ТС требует специфических приемов, позволяющих перенести из АС нужные свойства, совместить элементы базовой ТС и элементы-носители полезных свойств альтернативной системы. Статистика решения практических задач показывает, что типовыми приемами перехода в надсистему альтернатив являются:

1. Матрешка. Ресурс альтернативной ТС размещается внутри элементов базовой. В примере 2 воздух от пневматического торофоподборщика – располагается внутри полого ножа бульдозера.
2. Переход в другое измерение. То, что в альтернативной системе действовало (располагалось) в точке, по линии, на плоскости, в базовой действует в измерении более высокого ранга. В примере 1 решение обеспечивается переходом от линейной натяжки спиц к объемной натяжке дискового колеса. В примере 5 линейная стяжка магнитопровода шпильками заменена на объемную арочную конструкцию.
3. Изменение агрегатного состояния. При включении элемента альтернативной ТС в базовую новое агрегатное состояние позволяет согласовывать его свойства со свойствами взаимодействующих с ним элементов базовой ТС. Пример 6. В пакете магнитопровода электрической машины заклепки выполняются из жидкого компаунда, что позволяет перейти от сверловки отверстий под заклепки в пакете к гораздо менее трудоемкой штамповке отверстий в листах.
4. Периодическое (попеременное) действие. Надсистема по очереди реализует разные свойства входящих альтернативных систем в разных условиях. Пример 4: во время пуска надсистема с микрошариками работает как подшипник качения, а в остальное время – как подшипник скольжения. Пример 3: клиновидные ребра мясорубки при эксплуатации работают как спиральные, а при изготовлении в прессформе ведут себя, как прямые.
5. Дробление (повышение степени дисперсности). Если носителем полезного свойства в альтернативной системе является макроуровневый элемент, то при переносе на базовую систему более эффективно свойство реализуется на микроуровне. В примере 4 острое физическое противоречие (шарики должны быть чтобы обеспечивать трение качения, и их не должно быть, чтобы смазка

могла фильтроваться) разрешается применением микрошариков, легко проходящих через фильтры.

ЗАКОН ЕСТЬ ЗАКОН

(связь перехода в надсистему альтернатив с другими законами развития ТС)

Переход в надсистему альтернатив тесно связан с другими законами развития техники. Начать нужно с того, что переход в надсистему альтернатив позволяет существенно повысить идеальность ТС в соответствии с известной формулой: $I = \Phi / Z$, где I – идеальность ТС; Φ – функциональные показатели ТС; Z – затраты на жизненный цикл ТС.

Так вот, переход в надсистему альтернатив позволяет добиться функциональных показателей, как у альтернативной ТС, при затратах, практически не превышающих базовые.

Для придания базовой ТС некоторых свойств альтернативной необходимо повышать динамичность базовой ТС, особенно тех ее элементов, на которые переносятся новые свойства. Так, в примере 1 диски колес растягиваются, втулка становится раздвижной. Динамичность надсистемы альтернатив проявляется также в попеременном проявлении свойств двух систем в разных условиях (см. примеры на прием периодического действия).

При включении в базовую систему новых элементов-носителей полезных свойств альтернативной ТС эти элементы нужно согласовывать с теми элементами базовой ТС, с которыми они взаимодействуют, а также с изделием. Согласование должно проводиться по компонентам, структуре, ритмике действия и другим принципиальным характеристикам. Пример 2: воздух в надсистеме АС подается только в зазор под ножом бульдозера (согласование со структурой базовой ТС), причем подача производится импульсами с частотой собственных колебаний гранул торфа (согласование с ритмикой изделия).

При переходе в надсистему альтернативных ТС обязательно происходит свертывание подсистем, общих для двух ТС. Причем, часто это столь «крутое» свертывание, что внешне ТС практически не отличается от базовой, хотя обладает свойствами также и альтернативной. Это, как уже говорилось, одна из особенностей надсистемы альтернатив, в которой часто почти не видна надсистема. В примере 5 надсистема альтернатив Ш-образный магнитопровод с ленточной стяжкой – внешне почти не отличается от базовой ТС, однако стяжка становится эффективнее и не «портит» магнитопровод.

При переходе в надсистему альтернатив часто происходит повышение полноты частей ТС: в базовую ТС из альтернативной добавляется элемент, «недостающий до полноты» (чаще всего – система управления). В примере 1 дисковое колесо дополняется системой регулировки (управления) усилий растяжения и сжатия дисков и обода. В примере 2

механический валкователь дополняется системой управления положения рабочего органа относительно изделия. Новый рабочий орган – нож в сочетании с воздухом, причем поток воздуха – управляемый элемент.

И ещё несколько слов в заключение. Человечество несет колоссальные потери, создавая практически для любой ТС альтернативные реализации, устраняющие один недостаток, но обладающий другим. Такая многовариантность техники всегда считалась неизбежной и даже воспринималась как достоинство (видите – у вас есть выбор: хорошее качество или низкая цена). Умение при проектировании новой системы сразу проанализировать и альтернативную (хотя бы гипотетическую) и построить на их базе надсистему с совмещенными достоинствами и отсутствующими недостатками позволит уменьшить ненужный плюрализм в технике, сэкономя таким образом гигантские ресурсы.

Авторы выражают благодарность за ценные рекомендации и замечания **Митрофанову В.В., Злотину Б.Л., Дуброву В.Е., Любомирскому А.Л., Пиняеву А.М., Саламатову Ю.П.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г.С. «Творчество как точная наука», М, Советское радио, 1979.
2. Альтшуллер Г.С. «Найти идею», Новосибирск, Наука, 1986.
3. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Филатов В.И. «Профессия – поиск нового», Кишинев, Картя Молдовеняскэ, 1985.
4. Отчет о проведении ФСА велосипеда «Иверия» на Тбилисском авиационном производственном объединении им. Г.Димитрова, Ленинград, ЛПЭО «Электросила», 1989.
5. Отчет о проведении ФСА аппарата местного освещения АМО-4, г.Запорожье, ВИТ, 1980.
6. Отчет о проведении прогнозирования развития технических систем для уборки торфа в фирме «VTT», г.Ювяскюля, Финляндия, 1989.
7. «Изобретатель и рационализатор». № 11, 1988. с. 12.