

Теоретический отдел ТРИЗ и ФСА
научно-исследовательской лаборатории
изобретающих машин

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ № I

по теме: "МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕХОДА В НАДСИСТЕМУ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ"

Авторы: В.М.Герасимов
С.С.Литвин

Ленинград
январь 1990 год.

От авторов.

Материал в нормальных отчетах располагается обычно в строгом порядке: сначала теория, обобщения, выводы, а затем уже Приложение с примерами и картинками. Порядок этот не лишен недостатка - многочисленные ссылки в тексте на примеры сильно отвлекают, заставляют дергаться между теорией и практикой, а если этих ссылок мало, многие выкладки непонятны.

Мы предлагаем вам начать с конца, познакомиться прежде всего с примерами, а затем уже разбираться с теорией. И действительно, кто сказал, что Приложение должно быть приложено именно сзади?

Внимание! Часть описанных решений /примеры 1,2,6/ не защищены в патентном отношении, поэтому пока не подлежат публикации в открытой печати.

П р и л о ж е н и е .

Это было, было, было....

/Примеры перехода в надсистему альтернативных систем/

П р и м е р 1.

Классическое велосипедное колесо со спицами не меняется уже много десятилетий, несмотря на наличие огромного числа патентов с предложениями по усовершенствованию велосипеда. И дело тут не в консерватизме изготовителей, просто до сих пор не предложено, как его существенно улучшить.

"Спицевое" колесо 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 принципиально ручные, трудоемкие операции сборки, требует сложного

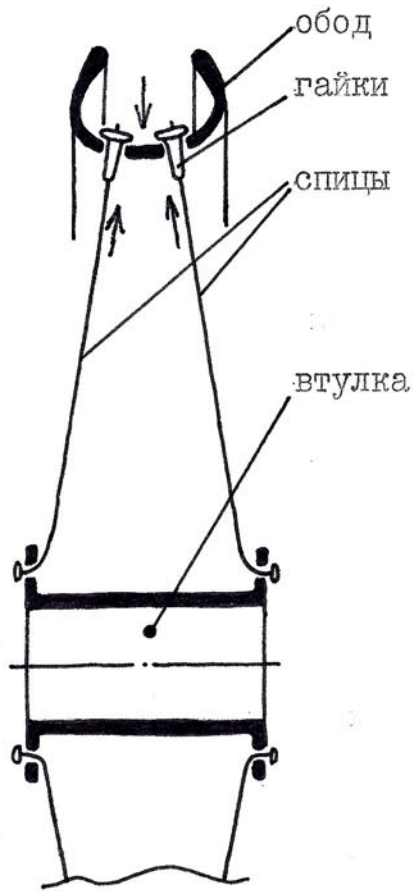


Рис.1. Велосипедное колесо со спицами

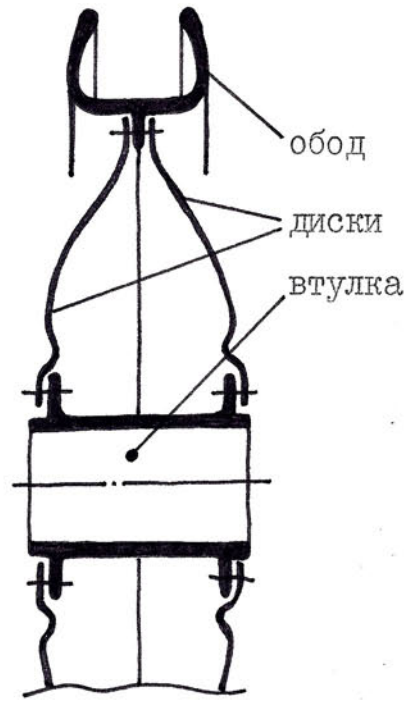


Рис.2. Дисковое колесо

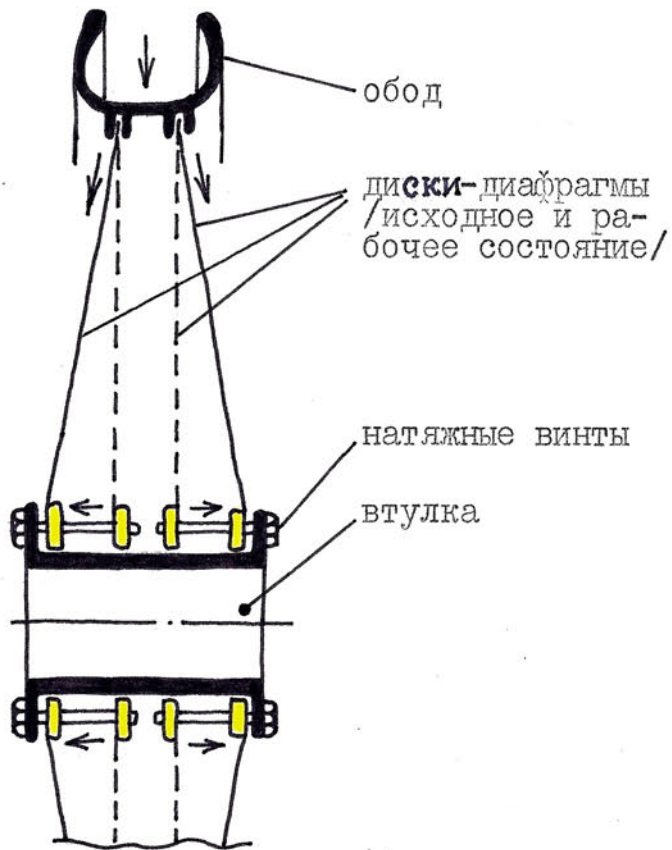


Рис.3. Дисковое колесо с объемной натяжкой

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. Ведь диски могут быть получены практически за один удар штампа. Однако, есть у него и существенный недостаток: 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 применяются только в детских велосипедах, где не такие жесткие требования к характеристикам.

Для каждой конструкции могут быть сформулированы присущие только ей технические противоречия. Так, для колеса со спицами: ТП1. Если спиц много, колесо обладает хорошими прочностными и весовыми характеристиками, но технология его изготовления сложная.

ТП2. Если спиц мало, технология изготовления упрощается, но недопустимо ухудшаются характеристики колеса.

Противоречие для дискового колеса:

ТП1. Если диски выполнены из толстого материала, то колесо достаточно прочное, но недопустимо тяжелое.

ТП2. Если диски выполнены из тонкого материала, вес у колеса приемлем, но недопустимо уменьшается прочность.

На уровне обеих систем может быть сформулировано общее для них, "альтернативное" противоречие:

АТП1. Если колесо спицевое, то оно легкое и прочное /т.е. хорошо выполняет главную функцию "перевозить груз"/, но не технологичное.

АТП2. Если колесо дисковое, то оно технологичное, но имеет

недопустимо плохие характеристики /т.е. плохо выполняет свою главную функцию/.

Необходимо предложить устройство, объединяющее в себе достоинства как спицевого, так и дискового колес, и лишенное их недостатков.

В качестве базовой конструкции выбрано дисковое колесо. С технологичностью у него все в порядке, а недостающее ему для качественной работы свойство следует перенести от альтернативной системы. Таким свойством у спицевого колеса является напряженная /сжатая-растянутая/ конструкция. При этом конструктивное выполнение этого свойства может быть совершенно иным, чем в исходной системе.

На рис. 3 приведена схема дискового /диафрагменного/ колеса с объемной натяжкой дисков. Предварительные расчеты показывают, что при одинаковой со спицевым колесом прочности диафрагменное колесо имеет даже меньший, чем у него, вес. При этом, как уже отмечено раньше, изготовление дисков-диафрагм намного технологичнее, чем спиц.

В процессе работы были также сформулированы и решены более мелкие задачи: как в новом колесе устранять торцевое биение /"восьмерку"/, как обеспечить надежное соединение диафрагм с ободом, как изменить технологию изготовления втулки колеса и другие. Работа выполнена в 1989 году в рамках ФСА велосипеда по заказу Тбилисского авиационного производственного объединения /ТАПО/ им. Димитрова, осваивающего выпуск товаров народного потребления. В настоящее время специалистами ТАПО разработаны чертежи. Проводится патентование конструкции колеса и способа его изготовления.

П р и м е р 2.

Объект анализа - устройство для сгребания в валки сухого фрезерованного торфа. Представляет собой легкое навесное

оборудование к колесному трактору в виде бульдозерного ножа /"линейки"/, размещенного под углом к направлению перемещения трактора /рис.4/. Линейка может подниматься и опускаться, регулируя при этом количество сгребаемого торфа.

Преимущество – простота и дешевизна конструкции, высокая производительность / длина линейки от 10 до 19м/.

Принципиальным недостатком является трудность обеспечения оптимального режима работы. В отношении устройства может быть сформулировано техническое противоречие между его производительностью и качеством собранного торфа:

ТП1. 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/.

ТП2. Если линейка опущена низко, потерь сухого торфа нет, но захватывается часть сырого торфа вместе с сухим, что недопустимо ухудшает качество продукции.

Управляет положением линейки бульдозерист, который является высокооплачиваемым и уникальным специалистом. Однако, несмотря на его длительную и тщательную тренировку, как правило, часть сухого торфа остается на поле, а часть сырого попадает в готовую продукцию, снижая ее качество.

Известна альтернативная техническая система – тяжелое громоздкое прицепное низкопроизводительное пневматическое устройство, обеспечивающее, однако, тщательную уборку только сухого торфа. В роли рабочего органа используется мощный воздушный поток, а само устройство работает аналогично пылесосу /рис.5/.

Альтернативное противоречие:

АТП1. Если для уборки торфа используется бульдозерная линейка,

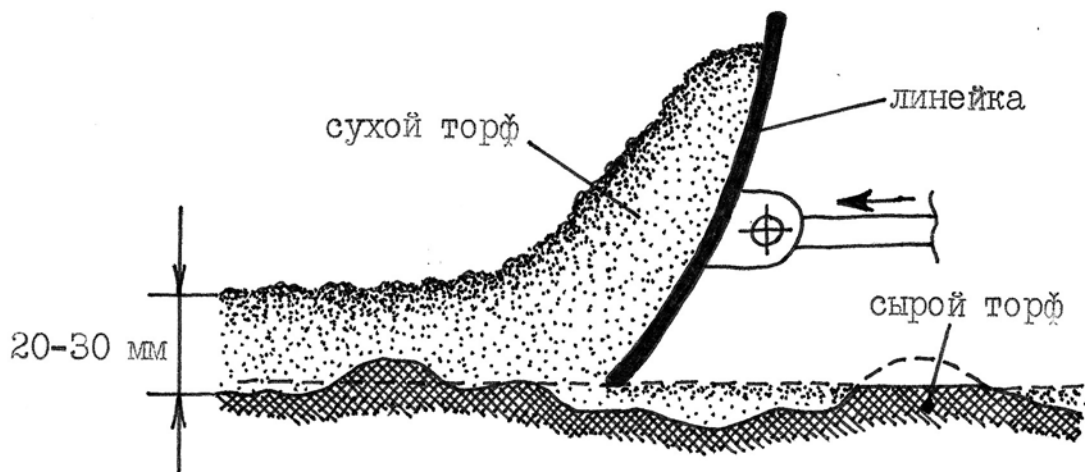


Рис. 4. Бульдозерная линейка

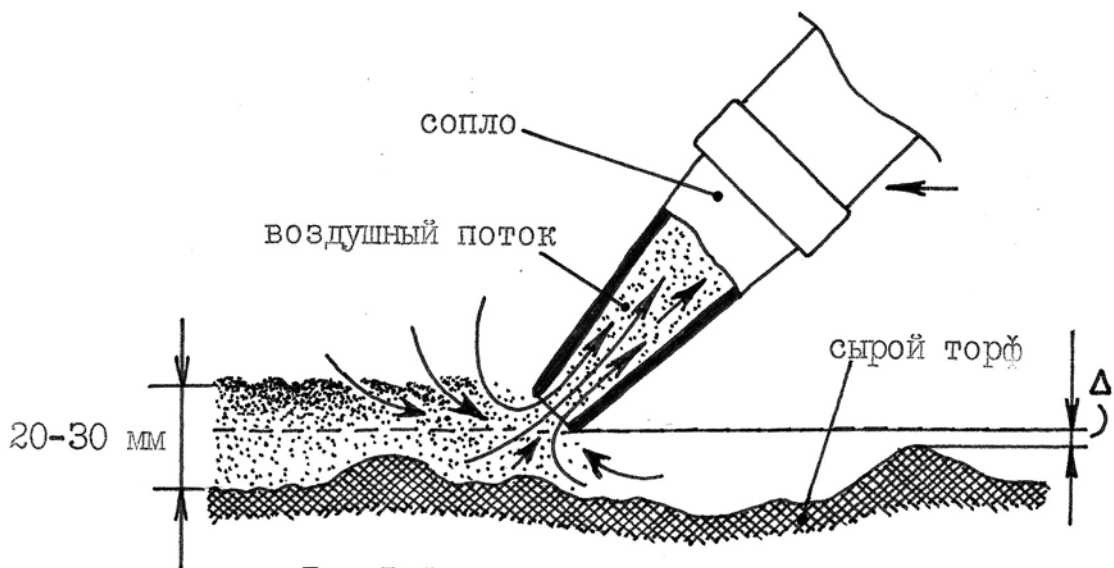


Рис. 5. Сопло устройства для пневматической уборки торфа

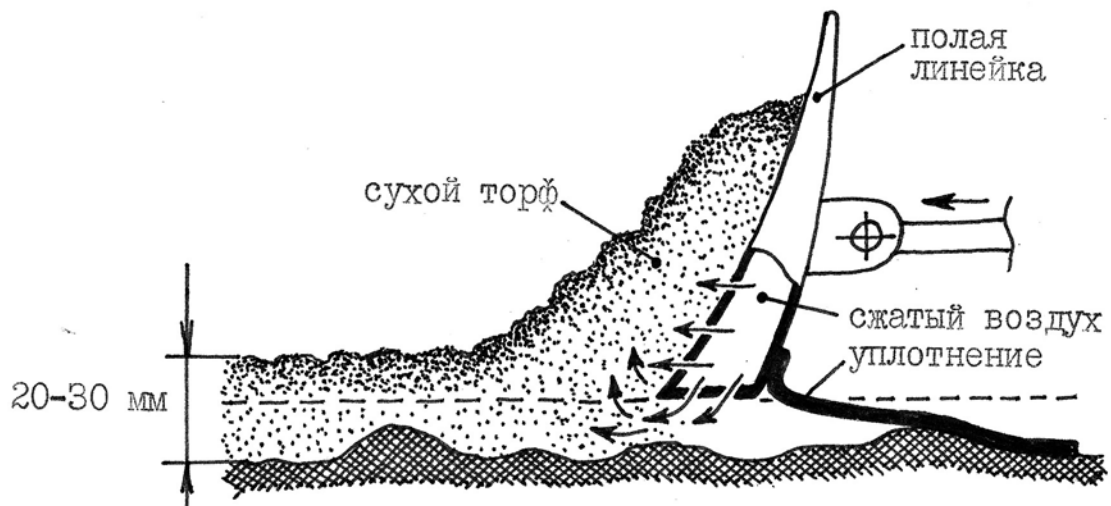


Рис. 6. Усовершенствованная бульдозерная линейка

то оборудование высокопроизводительное, простое по конструкции и дешевое, но главная функция выполняется плохо – либо с потерями сухого торфа на поле, либо с ухудшением качества готовой продукции, а чаще всего – и с тем, и с другим. Кроме того, для работы необходим высокооплачиваемый бульдозерист. АТП2. Если для уборки торфа используется "пылесос", то полностью ^{сгревается} только сухой торф, и квалификация рабочего может быть невысокой, но оборудование тяжелое, громоздкое, дорогое и мало-производительное.

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

Базовая конструкция – бульдозерная линейка. Для улучшения функционирования ее механического рабочего органа необходимо из альтернативной системы добавить основное свойство "пылесоса" – сильный воздушный поток. На рис.6 приведена схема усовершенствованной бульдозерной линейки. Выполнена она полый, внутрь подается воздух /газ/ под давлением, который через щелевые сопла в нижней части линейки выдувается в направлении перемещения. 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 слоем торфа. Направление воздушного потока в этой конструкции обратное исходному в "пылесосе".

Совместное использование двух рабочих органов с разными принципами действия обеспечивает и производительность/за счет механической линейки/, и высокое качество уборки /за счет воздушного потока/. Кроме того, объединение в одну конструкцию двух альтернативных систем позволяет не только увеличить производительность по сравнению с бульдозерным способом убор-

ки, но и расширить функциональные возможности предлагаемой конструкции: использовать ее также в операции "воршение торфа" для ускорения сушки.

Работа выполнена в 1989 году по заказу финской фирмы "VARO" в рамках маркетинга консультативных услуг по ТРИЗ и ФСА. В работе принимали участие сотрудники финской фирмы "TRIS". В настоящее время проводится патентование конструкции.

Пример 3.

Объект - корпус бытовой мясорубки. На внутренней поверхности корпуса выполнены 8 прямолинейных ребер, которые удерживают продукт от прокручивания. Изготавливается корпус литьем под давлением из алюминиевых сплавов /рис.7/.

Преимущество корпуса с прямолинейными ребрами 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 /французская фирма "Moulinex" / - рис.8. Преимуществом такого корпуса является то, что 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.

Существенным недостатком этой конструкции является необходимость иметь более сложную прессформу для изготовления -

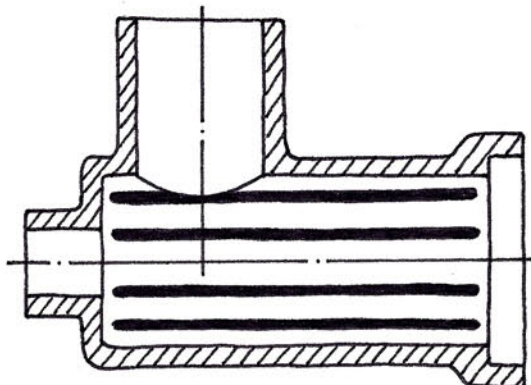


Рис.7. Корпус мясорубки с прямолинейными ребрами

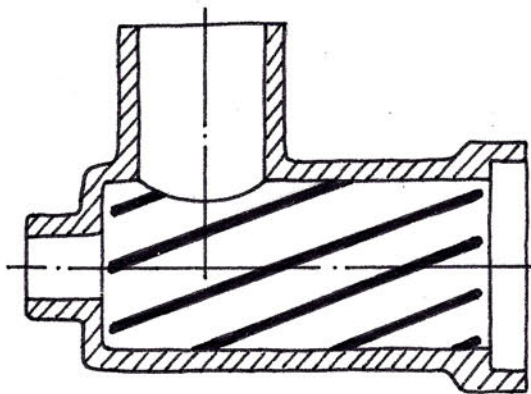
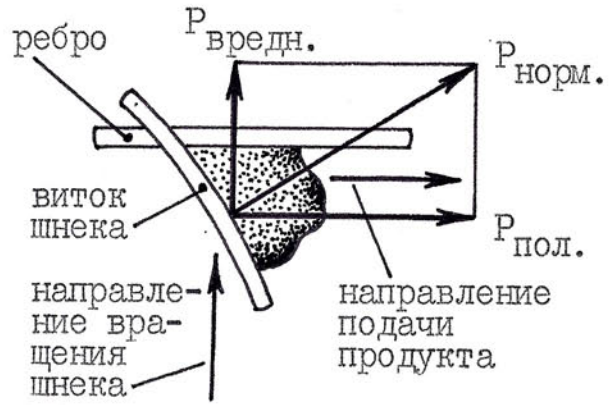


Рис.8. Корпус мясорубки со спиральными ребрами

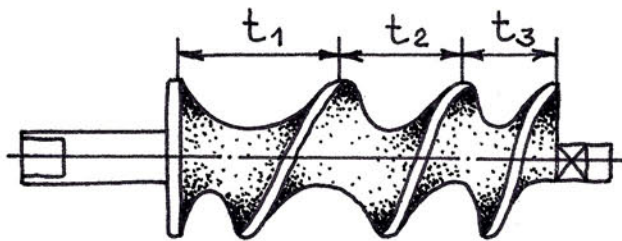
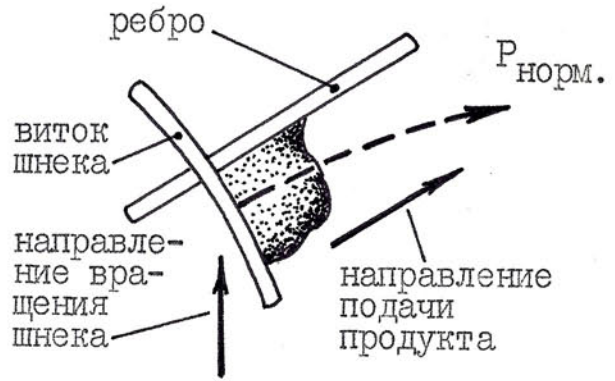


Рис.9. Шнек с переменным шагом

$$t_1 > t_2 > t_3$$

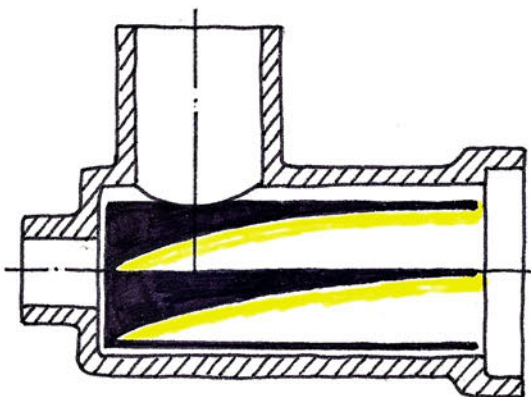
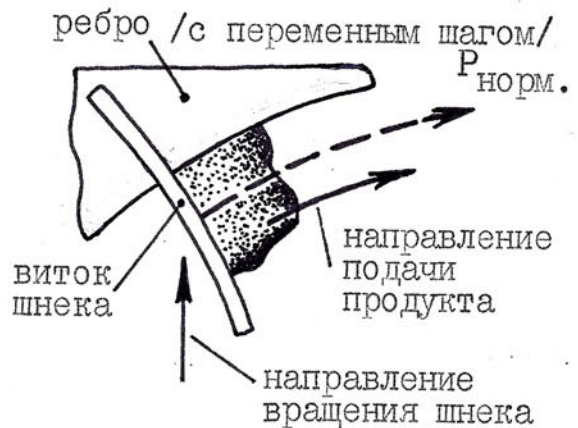


Рис.10. Корпус мясорубки с клиновидными ребрами



стержень, формирующий внутреннюю полость корпуса, можно удалить только вывинчиванием. В отечественной практике такое решение из-за сложности не применяется.

Альтернативное противоречие:

АТП1. Если у корпуса мясорубки ребра выполнены прямолинейными, то прессформа для литья приемлема по сложности, но мясорубка плохо работает - продукт сминается, выжимается сок, ухудшается качество фарша.

АТП2. 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.

Базовая конструкция - корпус с прямолинейными ребрами. Для улучшения функционирования необходимо из альтернативной системы использовать ее основное свойство - совпадение направления перемещения продукта с нормальным усилием давления со стороны витков шнека.

На рис.10 показан корпус мясорубки с клиновидными ребрами. Тыльная часть каждого ребра выполнена прямолинейной /это дает возможность удалять формирующий стержень возвратно-поступательно, т.е. сохранить простоту прессформы, а лицевая /рабочая/ часть каждого ребра выполнена спиральной /это позволяет совместить направление перемещения продукта с вектором нормальной силы, приложенной к продукту со стороны витков шнека, т.е. улучшить работу мясорубки/. В этом случае свойство из альтернативной системы перенесено вместе с его конструктивным воплощением. Обладает новый корпус и дополнительными преимуществами, которых раньше не было ни у одного

прототипа. 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 /рис.9/. Работа мясорубки при этом еще улучшится. Кроме того, выполнение ребер клиновидными повышает стойкость прессформы, т.к. обеспечивается удаление из внутренней полости корпуса формирующего стержня.

Предложение защищено а.с. 1353506 и внедрено в бытовых электромясорубках производства Ленинградского электромашиностроительного завода.

Пример 4.

Объект - подшипник скольжения / рис.II/.

У него много преимуществ: простота изготовления, способность нести огромные радиальные 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 с места груженный вагон гораздо труднее, чем перемещать его. Бороться с этим явлением можно, применив, например, вкладыши из антифрикционных материалов, но тогда подшипник сразу становится сложным и дорогим.

Альтернативная система - подшипник качения /рис.I2/.

Его достоинства и недостатки во многом противоположны подшипнику скольжения. Так, благодаря использованию трения качения низкий пусковой момент обеспечивается даже при отсутствии смазки. Недостатками являются сложность, низкие радиальные нагрузки, дороговизна, шум при работе, ограничения по числу оборотов.

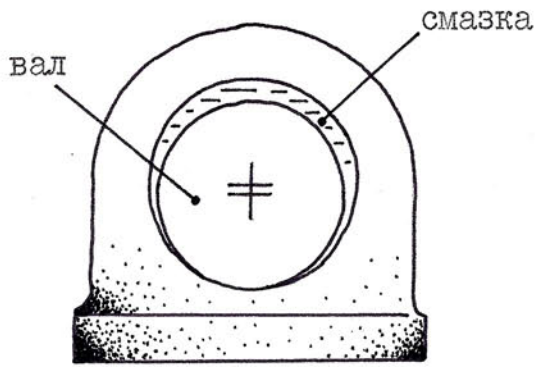


Рис. I1. Подшипник скольжения

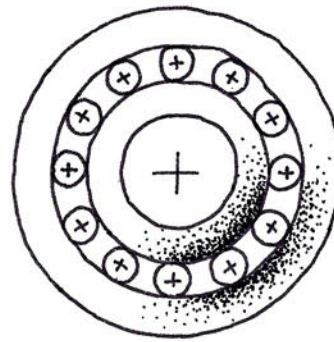


Рис. I2. Подшипник качения

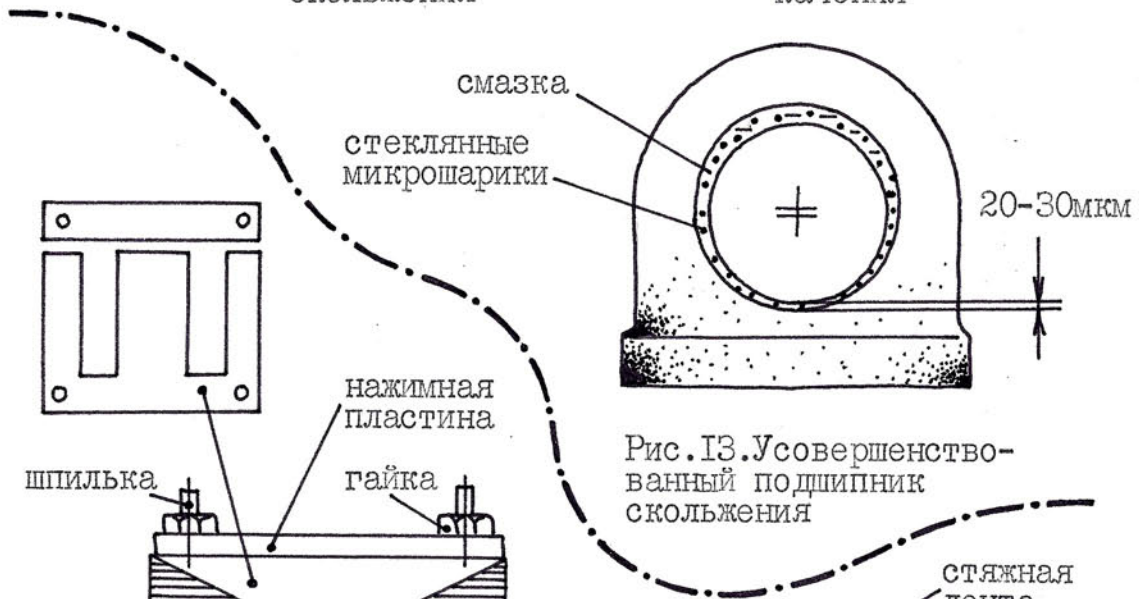


Рис. I3. Усовершенствованный подшипник скольжения

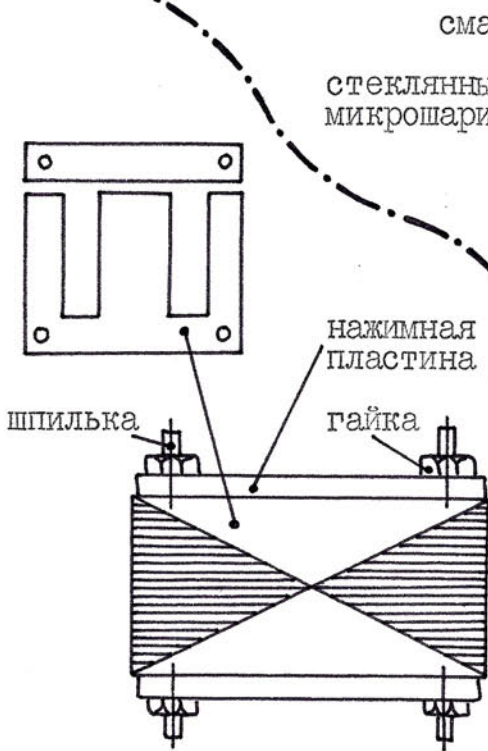


Рис. I4. Броневого магнитопровод трансформатора из "Ш"-образных пластин

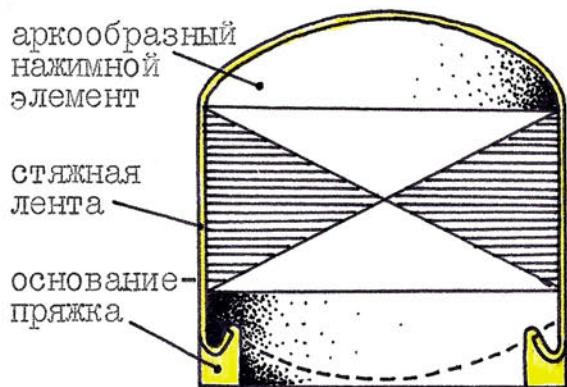


Рис. I6. Усовершенствованный броневой магнитопровод трансформатора

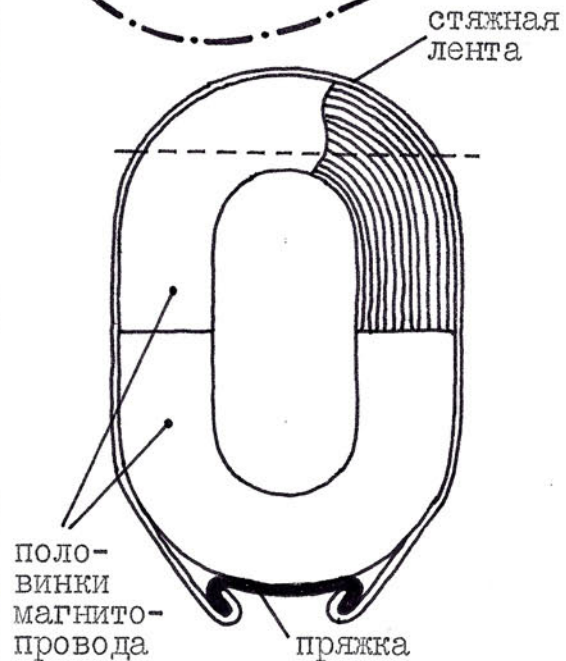


Рис. I5. Витой разрезной магнитопровод трансформатора

Альтернативное противоречие:

АТП1. Если выбрать подшипник скольжения, то он простой, дешевый, бесшумный, высокооборотный, выдерживает большие нагрузки, но имеет повышенный пусковой момент.

АТП2. 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.

Базовая конструкция - подшипник скольжения. Для улучшения его функционирования /снижения пускового момента/ необходимо из альтернативной системы использовать ее основное свойство - трение качения.

На рис. 13 показан усовершенствованный ^дподшипник 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 резко снижается коэффициент трения пары - становятся ненужными антифрикционные вкладыши. Мощность пускового привода уменьшается в 3 раза.

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

Информация взята из статьи Р.А.Бычкова /г.Краснодар/

в журнале "ИР", № II за 1988 год, с.12.

Пример 5.

Объект – магнитопровод трансформатора броневое типа из "Ш"-образных пластин /рис.14/. Магнитопровод прост в изготовлении и обладает неплохими характеристиками, однако, существенным недостатком его является несовершенство устройства для стягивания пластин магнитопровода. Используются для этой цели 4 нажимных 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.

Известна альтернативная система – витой разрезной магнитопровод, отдельные пластины которого склеены между собой, а обе половинки магнитопровода стянуты гибкой лентой, концы которой соединены пряжкой /рис.15/. Достоинством такой конструкции является простота и эффективность устройства для стягивания магнитопровода, а недостатком – сложность технологии изготовления самого магнитопровода, необходимость в специальном дорогом оборудовании.

Альтернативное противоречие:

АТП1. Если магнитопровод трансформатора броневое типа, то он прост в изготовлении, но у него несовершенное устройство для стягивания пластин.

АТП2. 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 совершенным устройством стягивания.

Базовая конструкция – магнитопровод броневое типа из "Ш"-образных пластин. Основное свойство у альтернативной системы, позволяющее применять эффективную стяжку лентой – аркообразная форма магнитопровода. Именно она обеспечивает равномерное распределение усилий на весь магнитопровод.

На рис.16 приведена конструкция магнитопровода броневое типа с аркообразными нажимными элементами. Стягивание пластин осуществляется гибкой лентой, в пластинах нет необходимости штамповать отверстия под шпильки. Дополнительным преимуществом является то, что верхний аркообразный элемент может быть отлит 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.

Исключить замыкание пластин стяжной лентой легко – достаточно положить под нее полоску изоляционного материала.

Предложенная конструкция магнитопровода защищена а.с. 1081677 и внедрена на Харьковском электроаппаратном заводе.

Пример 6.

Объект – механический схват робота /рис.17/.

Предназначен для того, чтобы брать по одной плате из кассеты и подавать к приемному устройству станка-автомата. Преимуществом его является точность подачи, а недостатком – "неумение" работать с наклонными платами /из-за заусенцев на краях или по другим причинам платы в кассете часто лежат негоризонтально/.

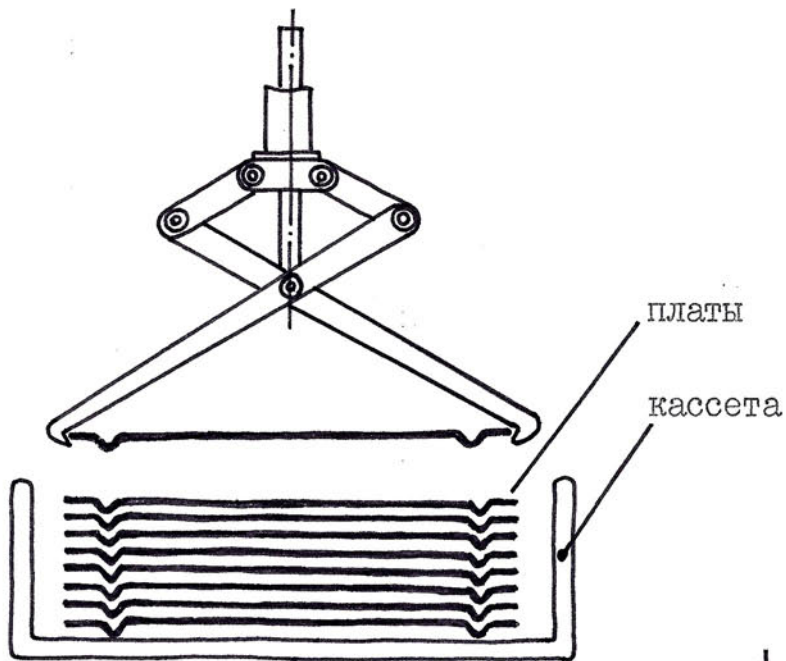


Рис. I7. Механический схват
робота

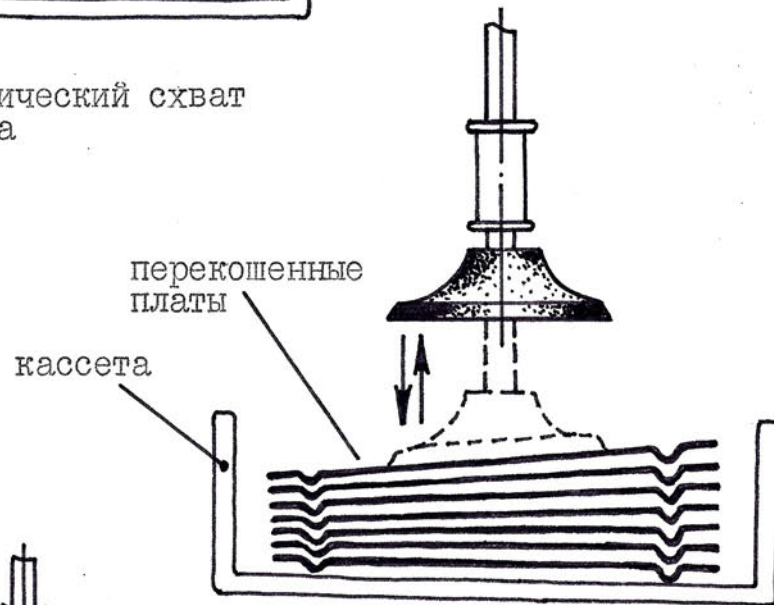


Рис. I8. Пневматическая
присоска

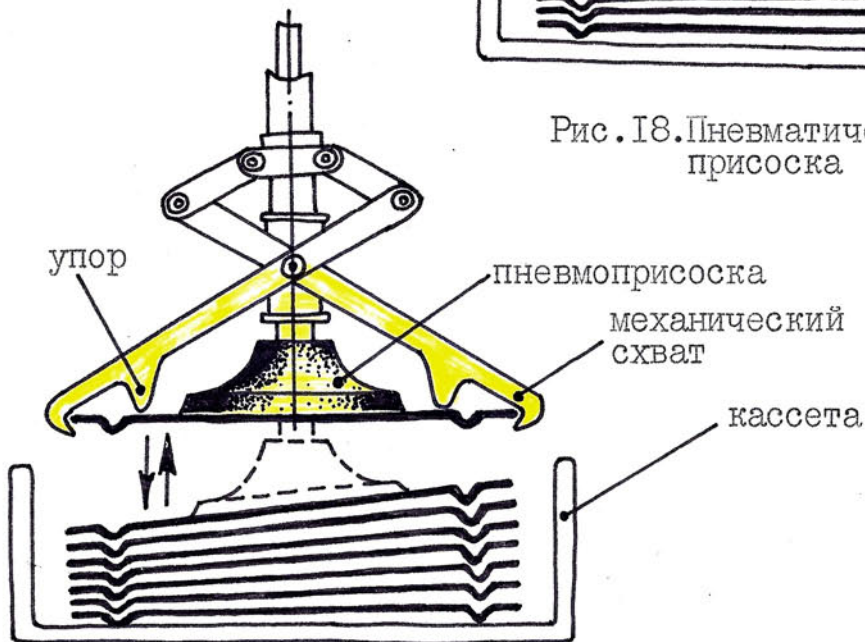


Рис. I9. Усовершенствованный
схват робота

Известна альтернативная система – пневматическая присоска /рис.18/. Для нее не представляет труда взять из кассеты даже сильно перекошенную плату, но точно подать ее к станку-автомату с помощью присоски не удастся.

Альтернативное противоречие:

АТП1. Если схват робота механический, то он точно подает платы к станку-автомату, но не может брать из кассеты перекошенные платы.

АТП2. Если схват робота –пневмоприсоска, то он берет из кассеты перекошенные платы, но не может точно подать их к станку-автомату.

Необходимо предложить устройство, точно подающее к станку-автомату как горизонтальные платы, так и сильно перекошенные.

Базовая конструкция – механический схват.

Для улучшения его функционирования /устранения "неумения" работать с перекошенными платами/ из альтернативной системы необходимо использовать ее основное свойство – гибкость, подвижность, динамичность рабочего органа /резиновой пневматической присоски/.

На рис.19 показана конструкция усовершенствованного схвата. Работает он следующим образом: сначала опускается вниз пневмоприсоска, захватывает плату /любую, даже сильно перекошенную/, поднимает ее до упоров механического схвата, одновременно выравнивая. Затем уже механический схват легко захватывает горизонтальную плату и подает ее к станку-автомату. В этом случае недостающее свойство из альтернативной системы перенесено вместе с его конструктивным исполнением.

Решение получено в 1989 году слушателем учебного семи-

нара по ТРИЗ и ФСА в г.Тбилиси на ТАПО им.Димитрова. Оформлено рационализаторское предложение.

Пример 7.

Объект - клееный пакет магнитопровода электрической машины из листов электротехнической стали, склеенный с помощью эпоксидного компаунда. Один из вариантов технологии производства клееных пакетов, так называемый "мокрый" способ, показан на рис.20.

Каждый лист промазывают компаундом, листы складывают в пакет, опрессовывают с помощью приспособления и отверждают в печи. Прочность соединения при этом более ^{или} менее удовлетворительная, но трудоемкость очень велика: много ручных операций, набирать листы в пакеты приходится по одному, работа грязная, а эпоксидный компаунд токсичен.

Известна альтернативная технология производства клееных пакетов - "сухой" способ /рис.21/. Сначала сухие листы складывают в пакет, опрессовывают в приспособлении, помещают в таком состоянии в автоклав, где вакуумируют и пропитывают компаундом под давлением 7-8 атмосфер. После этого пакеты отверждают в печи аналогично описанному выше.

Трудоемкость по "сухому" способу значительно меньше, сокращено число ручных операций, нет контакта с эпоксидным компаундом. Однако, прочность соединения листов ухудшена, ведь компаунд приходится "загонять" в уже опрессованные пакеты. По условиям работы листы не должны расслаиваться в течение 20 лет при значительной вибрации. Именно это требование сдерживает применение технологичного "сухого" способа производства пакетов.

Примечание: объективности ради следует отметить, что, хотя качество пакетов, склеенных "мокрым" способом, выше, но

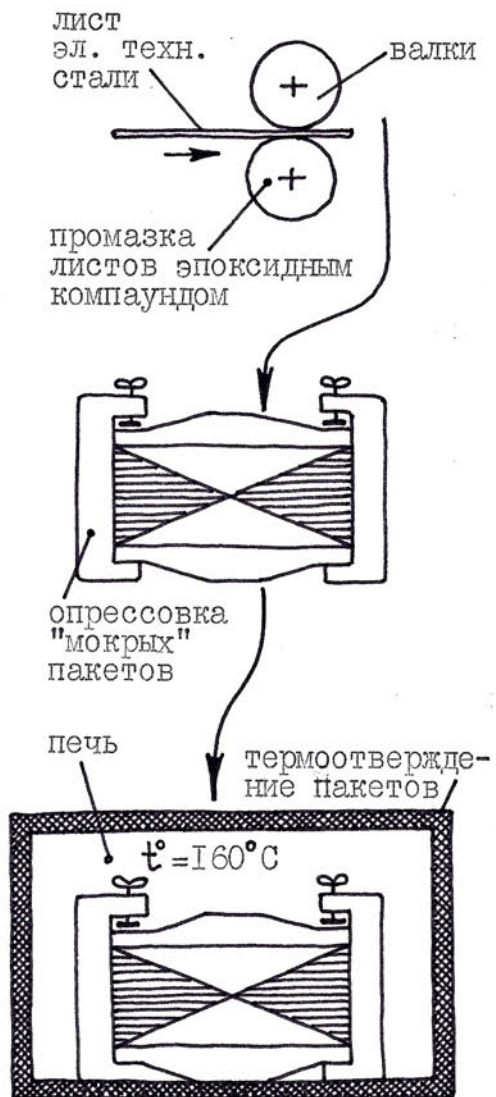


Рис. 20. "Мокрый" способ получения пакетов /индивидуальная промазка листов/

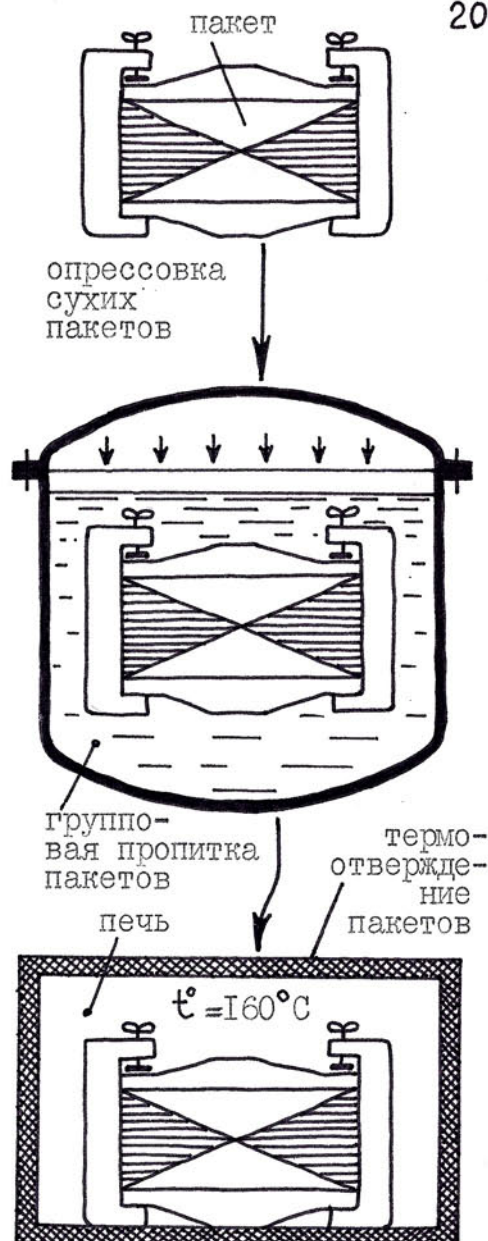
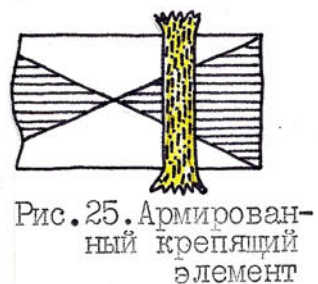
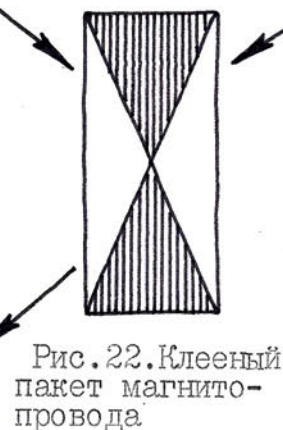
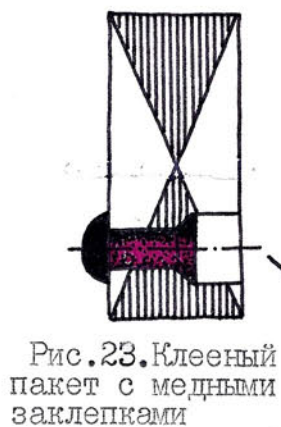


Рис. 21. "Сухой" способ получения пакетов /групповая пропитка листов/



все же не настолько, как хотелось бы, т.к. при работе отмечены случаи расслоения пакетов, полученных и этим способом.

Альтернативное "технологическое" противоречие:

АПТ1. Если получать клееные пакеты по "мокрому" способу, обеспечивается улучшенное скрепление листов, но очень высока трудоемкость, грязно и токсично.

АПТ2. Если получать пакеты "сухим" способом, то трудоемкость приемлема, чисто и нетоксично, но прочность соединения листов низкая.

Необходимо предложить простую и чистую технологию изготовления прочных пакетов магнитопровода.

Базовый вариант - "сухой" способ с хорошей технологией и пониженным качеством склейки. Основное свойство альтернативной системы, которое может повысить прочность соединения листов - хорошая адгезия компаунда и листов по всей их поверхности.

Однако, как уже отмечено выше, для получения высокопрочных пакетов одной, даже очень хорошей, адгезии недостаточно.

Известна альтернативная конструкция клееных пакетов: на предприятии "Заксенверк" /г.Дрезден/ клееные пакеты упрочняются дополнительно многочисленными медными заклепками /рис.23/. Прочность пакетов при этом сильно возрастает, однако резко увеличивается и трудоемкость: отверстия разного диаметра под заклепки приходится сверлить в уже склеенных пакетах, необходимо сложное оборудование для клепки заклепок и т.д.

Альтернативное "конструктивное" противоречие:

АТП1. Если пакеты магнитопровода получены только склейкой эпоксидным компаундом /рис.22/, то трудоемкость изготовления приемлема, но качество пакетов не обеспечивается /имеется в виду "сухой" способ получения пакетов/.

АТП2. Если пакеты кроме склеивания упрочняются многочисленными

заклепками, прочность пакетов очень высока, но недопустимо возрастают трудоемкость и затраты на материалы /медные заклепки/.

Необходимо предложить простую и чистую технологию изготовления очень прочных дешевых пакетов магнитопровода.

Базовый вариант - "сухой" способ. Основное свойство альтернативной системы, которое обеспечивает повышенную прочность пакетов - многочисленные стяжные элементы.

На рис.18 показано, как такие 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".

В процессе "дожимания" предложения найдено, как предотвратить вытекание жидкого компаунда из каналов в пакетах. Для этого можно воспользоваться капиллярно-пористым материалом, например, стеклянным шнуром /рис.25/. При незначительном увеличении трудоемкости и затрат на материалы получается армированная эпоксидная "заклепка", не уступающая по механической прочности медной. Решены и другие мелкие задачи. Предложение защищено а.с.1259421 и внедрено на Ленинградском электромашиностроительном заводе.

Разрешите представиться - альтернативные системы

/Несколько необходимых определений/

Закон перехода в надсистему - один из первых, сформулированных Г.С.Альтшуллером в рамках ТРИЗ. Вот его классическая формулировка: "исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы" /1,с.126/.

Сегодня, с учетом исследований последних лет, показавших, что часто объединяются в надсистему не только системы, исчерпавшие резервы своего развития, а также установивших основное назначение такого объединения, можно несколько уточнить формулировку закона:

Развитие технических систем идет в направлении их объединения друг с другом с целью взаимного использования ресурсов для дальнейшего совершенствования на уровне надсистемы.

Технические системы /ТС/, объединяющиеся в надсистему по функциональному признаку, можно классифицировать следующим образом.

1. Одинаковые /однородные/ системы. Надсистемы из таких ТС получили в ТРИЗ название бисистем и полисистем /2, с.90/. При переходе в надсистему происходит как бы количественное умножение собственных ресурсов исходной моносистемы вплоть до качественного скачка - появления новых свойств, присущих только надсистеме /пример: шитье двух ковров одновременно/. Существенную роль при создании би- и поли-систем играют также ресурсы межобъектной среды /пример: задача об измерении температуры тела жучков-долгоносиков/.

2. Конкурирующие системы, т.е. ТС, выполняющие одну и ту же главную функцию разными способами. "Идеология" объединения таких систем состоит в использовании ресурсов конкурирующей ТС для дальнейшего развития исходной ТС. Наиболее эффективным при этом является объединение альтернативных систем, подробное рассмотрение которых и является предметом данной работы.

3. Инверсные системы, т.е. ТС, выполняющие противоположные главные функции. Такое объединение обычно производится

для оптимизации каких-то существенных параметров объединяемых ТС, когда необходимо повысить управляемость ТС, обеспечить возможность устранения результатов воздействия на изделие одной из объединяемых систем за счет ресурсов другой /пример: авторучка со встроенным баллоном с корректирующей жидкостью и кисточкой для ее нанесения/.

4. Независимые системы, т.е. ТС, выполняющие не связанные функционально друг с другом главные функции. Надсистемы из таких ТС создаются для реализации новых главных функций. Любая ТС является, по-существу, надсистемой ряда независимых ТС /пример: мясорубка - это надсистема, включающая режущую пару, выполняющую функцию измельчения продукта; нагнетающую пару, осуществляющую функцию подачи продукта к режущей паре; струбцину, осуществляющую функцию крепления корпуса к столу и т.д./

Простое суммирование /совокупность/ исходных ТС не создает новую надсистему. Она появляется только, если обладает хотя бы одним полезным свойством, не сводящимся к сумме свойств исходных ТС /пример: ни один из элементов кипятильника, включая нагревательную спираль, не обладает самостоятельной способностью нагревать жидкость; только объединившись в надсистему, спираль, трубка, наполнитель, колодка, шнур и другие элементы могут реализовать эту функцию/.

Рассмотрим более подробно конкурирующие системы. Впервые их выделил в самостоятельный класс систем Б.Л.Злотин в 1984 г. в публикации в журнале "Изобретатель и рационализатор", а затем и в первом издании книги "Профессия - поиск нового" /3,с.72/. Из всего многообразия конкурирующих систем наибольший методический и практический интерес вызывают

альтернативные системы.

Альтернативными назовем такие конкурирующие системы, которые имеют хотя бы одну пару противоположных достоинств, т.е. то, что хорошо у одной из них, у другой - плохо, и наоборот.

Примеры: а/ У дискового колеса велосипеда высокая технологичность, но слишком большой вес ^{или} недостаточная прочность. У спицевого колеса картина обратная: при малом весе оно имеет хорошую прочность, но весьма нетехнологично.

б/ Валкователь торфа бульдозерного типа прост и дешев, однако подборку торфа осуществляет неэффективно /либо захватывает часть сырого торфа, либо оставляет на поле часть сухого/. Пневматический подборщик собирает весь сухой торф /и только сухой/, но очень сложен и дорог.

Таким образом, понятие альтернативной системы подразумевает ее дополненность относительно исходной. Конкурирующих систем может быть у каждой ТС сколь угодно много, а альтернативная по паре признаков всегда одна.

Кого объединять?

/Особенности объединяемых альтернативных систем/

Итак, мы хотим усовершенствовать некую исходную ТС, объединив ее в надсистему с альтернативной ТС. Где же ее искать?

Во-первых, желательно выявить реально существующую /или существовавшую/ систему с дополненностью по паре признаков. "Живые" ТС прошли проверку функционирования: по ним достоверно известны все достоинства и недостатки.

Однако, если реальную альтернативную ТС не удалось обнаружить, то можно построить гипотетическую, придав ей мысленно противоположные плюсы и минусы.

Пример: открытый ковш для перевозки жидкого доменного шлака позволяет легко сливать шлак, однако шлак быстро застывает, и на нем образуется твердая корка. Реальной альтернативной системы закрытого ковша - не существует, но по принципу дополнителности мы легко "конструируем" такую гипотетическую альтернативную систему. "Ковш с крышкой" не дает жидкому шлаку застывать, но крышка мешает сливать шлак.

Во-вторых, наиболее эффективно объединять в надсистему те ТС, которые достигли предела своего развития: их внутренние ресурсы уже исчерпаны, а друг другу они еще могут помочь. Пример: и дисковое, и спицевое колеса велосипеда давно находятся в "застойном" состоянии. Их медленное развитие продолжается только за счет новейших материалов и технологий /углепластики для дисков, специальные сплавы для спиц и ободов и т.п./ По каждому из них известно сотни патентов, ни один из которых не позволяет "увязать" основные технико-экономические характеристики колеса - вес, прочность, технологичность.

Есть и ряд исключений из этого правила, когда в надсистему объединяются 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.

Пример: первые пароходы, в отличие от парусников, могли перемещаться в штиль, но были гораздо менее экономичны, чем парусные суда. В результате появились парусно-паровые корабли, объединившие достоинства обеих альтернативных систем.

Кроме того, можно ставить задачу объединения в надсистему альтернативных систем, не достигших предельных показателей,

в целях прогнозирования их дальнейшего развития. Такой подход позволяет разработать и заранее подготовить производство новой системы, которая придет на смену альтернативным, когда те достигнут своего предела.

И еще об одном – о степени отличия объединяемых альтернативных ТС. При одной и той же главной функции они могут отличаться принципом действия /валкователи торфа – механический и пневматический/, конструкцией /крайние пакеты статора электрической машины – клееные и с заклепками/ или технологией /крайние пакеты – индивидуальная промазка и групповая пропитка/. Кроме того, сама главная функция одного и того же объекта имеет иерархию возможных формулировок /разный уровень функционального абстрагирования/.

Пример: иерархия формулировок главной функции для мясорубки:

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

Понятно, что для формулировок более высокого уровня 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.

Делай с нами....

/Механизмы перехода в надсистему альтернативных систем/

Эффективность объединения исходной ТС в надсистему

именно с альтернативной объясняется самим наличием такой альтернативной системы, у которой ликвидированы основные недостатки исходной. Это само по себе является свидетельством наличия у альтернативной системы достаточных ресурсов для борьбы с проблемами исходной ТС. Рассмотрим ^М несколько механизмов перехода в надсистему альтернативных ТС.

1. Базовая система.

Из двух альтернативных систем одна выбирается в качестве базовой. Именно на ее основе строится надсистема. В качестве базовой желательно выбирать ту систему, которая проще, дешевле, технологичнее. От надсистемы же мы потребуем функциональных показателей второй, более эффективной альтернативной системы.

Примеры: а/ В качестве базовой системы выбирается высокотехнологичное дисковое колесо, для которого ставится задача достичь легкости и прочности спицевого колеса.

б/ В качестве базовой системы выбирается простой и дешевый валкователь торфа бульдозерного типа, а от надсистемы мы потребуем качества подборки торфа, как у пневматического подборщика.

2. Перенос ~~своих~~ свойства.

Из альтернативной системы в базовую переносятся не какие-то ее конструктивные элементы, а только те свойства, которые обеспечивают положительный эффект /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.

Примеры: а/ Достоинство спицевого колеса – высокая прочность при малом весе – обеспечивается предварительной напряженностью конструкции. Перенес^е это свойство на дисковое колесо, мы конструктивно обеспечили объемную натяжку дисков разжимной втулкой /у спицевого колеса натяжка осуществляется спицами и гайками/.

б/ Эффективность ленточного литого разрезного магнитопровода трансформатора определяется равномерной эпюрой усилий сжатия. Именно это свойство перенесено на "Ш"-образный шихтованный магнитопровод. При этом конструктивно оно реализовано по-другому: специальным аркообразным элементом и ленточной стяжкой.

3. Альтернативное техническое противоречие.

Постановка задачи по объединению альтернативных систем в надсистему производится в виде альтернативного технического противоречия /АТП/, которое строится следующим образом:

Если ТС реализуется в виде /указать название базовой системы/, то ее достоинством является /указать/, но при этом возникает нежелательный эффект, недостаток /указать/. Если ТС реализуется в виде /указать название альтернативной системы/, то ее достоинством является /указать устраненный недостаток базовой системы/, но при этом возникает нежелательный эффект /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.

Примеры: а/ Обычное ТП для дискового колеса: при уменьшении веса падает его прочность; при увеличении прочности недопус-

тимо растет вес. АТП: если колесо спицевое, то оно легкое и прочное, но недостаточно технологичное; если колесо дисковое, то оно технологичное, но тяжелое и недостаточно прочное.

б/ Обычное ~~длин~~ ТП для механического валкователя торфа: если нож бульдозера поднят высоко, то сырой торф не зацепляется, но на поле остается часть сухого торфа; если нож опустить низко, то сухой торф собирается полностью, но частично захватывается и сырой. АТП: если подборщик механический, то он прост и дешев, но некачественно собирает торф; если подборщик пневматический, то он эффективно собирает торф, но сложен и дорог.

В связи с введением понятия альтернативного ТП любопытно обратиться к ряду известных в ТРИЗ задач с отсутствующим полез-
но-вредным элементом: задача о шлаке /отсутствующая^{ст} крышка ковша 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 АРИЗ наталкивался на некоторые трудности, связанные 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. Естественно, что средства решения АТП несколько отличаются от средств устранения обычного ТП.

4. Подход к решению задач с АТП.

Переход в надсистему альтернативных ТС происходит через решение АТП. Но интересно, что само АТП далее при решении не "обрабатывается". Его устранение становится результатом работы с базовой ТС. Именно для нее формулируется обычное классическое ТП, оно 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 АРИЗ в этом случае является то, что на шаге I.4. выбирается не та схема ТП, которая обеспечивает наилучшее выполнение главной функции, а та, которая определяет простоту и экономичность ТС. На шаге 3.2. АРИЗ в качестве главного берется тот ресурс альтернативной ТС, с которым связано ее достоинство, отсутствующее в базовой ТС.

Примеры: а/ Для механического валкователя торфа решается задача с обычным ТП /нож бульдозера должен быть поднят высоко-низко/. Это стандартная задача на оптимальное действие. По стандарту мы получаем подсказку, что нож нужно установить заведомо с зазором, так чтобы сырой торф абсолютно не захватывался. Тогда на ноже остается избыток сухого торфа - вещества, которое согласно стандарту надо убирать каким-то полем. 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.

б/ Для подшипника скольжения ставится и решается задача уменьшения пускового момента без применения специальных антифрикционных сплавов. Решение по АРИЗ приводит к идее изменения физических параметров смазки. Нужна твердая смазка, но откуда ее взять? Конечно, из альтернативной системы -

подшипника качения: роль смазки выполняют мелкодисперсные шарики.

5. Главные 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 разрешения главного, либо решением ряда вторичных задач.

Пример: для валкователя торфа АТП1: механический валкователь прост, но неэффективен; пневматический подборщик эффективен, но сложен. АТП2: пневматический подборщик эффективен, но сильно пылит; механический валкователь не пылит, но неэффективно подбирает торф. Решается задача по АТП1, 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.

6. Цепочка 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: исходная ТС - шихтованный "Ш"-образный магнитопровод трансформатора со стяжкой шпильками. Альтернативная ТС-1 - ленточный витой разрезной магнитопровод со стяжкой ленточным хомутом. Надсистема 1 - шихтованный магнитопровод с ленточными хомутами и аркообразными нажимными элементами.

Альтернативная ТС-2 - склеенный /пропитанный/ магнитопровод. Надсистема 2 - шихтованный магнитопровод с временными технологическими ленточными хомутами /например, изолента/ и окончательным скреплением пропиткой эпоксидным компаундом.

Перехожу на прием.

/Приемы перехода в надсистему альтернативных систем/

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

1. Матрешка. Элементы альтернативной ТС размещаются внутри элементов базовой.

Пример: воздух от пневматического торфоподборщика располагается внутри полового 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.

Пример: переход от линейной натяжки спиц к объемной натяжке дискового колеса.

3. Изменение агрегатного состояния. При включении элемента альтернативной ТС в базовую новое агрегатное состояние позволяет согласовать его свойства со свойствами взаимодействующих с ним элементов базовой ТС.

Пример: в надсистеме крайнего пакета статора электрической машины заклепка становится жидкой.

4. Периодическое /попеременное/ действие.

Пример: схват робота в надсистеме альтернатив сначала работает как присоска /ровняет заготовки/, а затем как ножевой захват /отделяет заготовки/.

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: $I \sim \frac{\Phi}{Z}$, 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.

Пример: Диски колес растягиваются, втулка становится раздвиж-

При включении в базовую систему новых элементов-носителей полезных свойств альтернативной ТС эти элементы нужно согласовать 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: воздух /из пневматического подборщика/ подается только в зазор под ножом бульдозера /согласование со структурой базовой ТС/, причем подается 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 одна из особенностей надсистемы альтернатив, в которой часто почти не видна надсистема.

Пример: альтернативная надсистема - шихтованный магнитопровод с ленточной стяжкой - внешне почти не отличается от базовой ТС, однако, стяжка эффективнее и не "портит" магнитопровод.

При переходе в надсистему альтернатив часто происходит повышение полноты частей ТС: в базовую ТС из альтернативной добавляется элемент, "не достающий до полноты" /чаще всего - система управления/.

Пример: а/ дисковое колесо дополняется системой регулировки /управления/ усилий растяжения и сжатия дисков и обода.

б/ Механический валкователь дополняется системой управления положения рабочего органа относительно изделия /новый рабочий орган-нож+воздух, причем поток воздуха- управляемый

элемент/.

А теперь за работу, товарищи

/Применение механизмов закона перехода в надсистему альтернативных ТС/

Предложенные механизмы опробованы на практике в трех областях применения.

1. Постановка задач.

Здесь можно предложить достаточно простой алгоритм:

1.1. Выбрать ТС, которую необходимо усовершенствовать.

1.2. Сформулировать главную функцию выбранной ТС.

1.3. Определить круг конкурирующих ТС.

1.4. Сформулировать главное противоречие исходной ТС.

1.5. Среди конкурирующих ТС выделить альтернативную по принципу дополнительности 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.

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 решения достаточно высокого уровня, что подтверждается решением авторами ряда

конкретных практических задач в последние годы. Можно отметить для примера, что получение существенно новой идеи в такой "истоптанной" области, как колесо велосипеда, произвело на специалистов-"велосипедников" сильное впечатление.

3. Прогнозирование развития объектов техники.

Для прогнозирования применяются те же механизмы, что и для постановки и решения задач. Только системы при этом выбирают, не исчерпавшие резервов своего развития. Кроме того, при прогнозировании часто кроме нового решения по объединению альтернативных систем формируется также комплекс новых прогнозных задач, вытекающих из потребностей построения надсистемы альтернатив.

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, Карта 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 "VARO", г.Ювяскюля, Финляндия, 1989.

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