

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра технологии и оборудования
автоматизированных производств

МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Методическое пособие

Вологда

2014

УДК: 001.8(076)

Методы технического творчества: методическое пособие. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 48 с.

В методическом пособии рассмотрены принципы технического творчества, методология, методы поиска и создания новых технических решений при разработке машиностроительных конструкций и технологических процессов их изготовления, приемы преобразования технических объектов и устранения противоречий в процессе решения технических задач.

Пособие выполнено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта и рекомендуется для студентов, обучающихся по направлениям «Автоматизация технологических процессов и производств», «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств», «Технологические машины и оборудование», очной и заочной форм обучения по полным, сокращенным и ускоренным программам.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель Б.А. Шкарин, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Н.С. Григорьев, канд. техн. наук, доцент,

директор МРЦПК Вологодского государственного университета

ВВЕДЕНИЕ

Доказано, что для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо, чтобы его положительные эмоции преобладали над отрицательными. Известно, что люди, относящиеся без интереса к своей учебе или работе, ничем не увлеченные, уходящие от решения задач, требующих элементов творчества, чаще болеют, быстрее стареют и уходят из жизни. Наиболее мощным источником положительных эмоций является творчество.

Творчество – это деятельность человека, направленная на постановку новой задачи и получение новых результатов при ее решении. Причем творческие люди в процессе поиска решения задач, которые еще никем не были решены ранее, зачастую делали сотни, тысячи проб и ошибок, но никто из них не был уверен, что затраченный труд приведет к успеху.

Зачастую все решал счастливый случай.

Так, например, английский химик Ч. Макинтош в своей лаборатории случайно опрокинул бутылку с жидким веществом — сольвентнафтом на кусочек высохшего природного каучука. Он заметил, что почти твердый каучук стал мягким, как свежее тесто. Тут же возникла догадка: если пропитать им материал одежды, она станет непромокаемой. Так появились резиновые плащи — макинтоши, водонепроницаемая резиновая обувь — калоши, сапоги и многие другие вещи, которые быстро нашли многочисленных покупателей. Но, к сожалению, природный каучук на морозе трескался, а при жаре начинал растекаться. Требовалось устранить эти недостатки. Снова проводились сотни экспериментов, пока снова не помог случай, но уже другому исследователю.

В 1839 г. Ч. Гудиер, делая очередной опыт, по рассеянности уронил на горячую плиту кусочек резины и серы. Резина и сера сцепились, образовав новое эластичное вещество, которое не ломалось при низких температурах и не размягчалось при высоких. Так был изобретен способ вулканизации резины, который стал широко применяться при изготовлении промышленных и бытовых товаров.

Инженер Самюэль Броун, лежа под деревом, обдумывал конструкцию нового моста, который был бы легче всех известных, но прочнее их. И вдруг... его взгляд упал на натянутую между ветвями паутину. Это было то, что он искал! Так появилась идея висячего моста.

Голландец З. Янсон, оптических дел мастер, отшлифовав одну из своих линз, решил рассмотреть ее поверхность с помощью другой увеличительной линзы. И тут случайный взгляд через две линзы на колокольню далекой церквушки поразил его. Казалось, что церквушка стоит прямо перед его окном. Были видны все ее мелкие детали. Так была найдена идея телескопа.

Французский физик Антуан Беккерель открыл радиоактивность после того как обнаружил засвеченную фотопластинку, которая случайно оказалась рядом с урановой солью.

В 1870 г. А. Мариле изобрел способ химической очистки ткани. Это случилось после того как он вынул из бочки со скипидаром случайно упавший туда загрязненный костюм.

Оуэн Ричардсон случайно опрокинул перекись водорода на гусиное перо, которое вдруг стало бесцветным. На свет появился способ, позволяющий моднице-брюнетке быстро стать блондинкой.

Француз Бернанд Куртуа в 1811 г. случайно получил йод.

Алхимик Барнд в 1674 г. в поисках «философского камня», экспериментируя с человеческим волосом, случайно открыл фосфор.

Случайно были изобретены пенициллин, железобетон, метод электроискровой обработки металлов, рентген и многое-многое другое.

Мир полон случайностей! Но для того чтобы случайность состоялась, нужно, чтобы она произошла с подготовленным человеком и в тот момент, когда он решает соответствующую случаю задачу.

Методология технического творчества не является установившейся наукой. Некоторые специалисты вообще отрицают самую возможность создания методики технического творчества. В основе такого подхода лежит отрицание возможности познания механизма мышления. Однако большинство серьезных ученых у нас и за рубежом признают, что техническое творчество имеет свои закономерности, которые можно познать и использовать для оптимизации творческого процесса.

1. ТИПЫ ТВОРЧЕСТВА

Принято рассматривать 3 типа творчества:

- применяется известное решение задачи к известной проблеме;
- применяется известное решение задачи по новому назначению или находится новое решение старой задачи;
- применяется известное решение задачи по новому назначению или находится новое решение старой задачи.

Применяется известное решение задачи к известной проблеме

Ярким примером может быть задача автоматизации загрузки изделий. Новизна творческого труда сводится к созданию конкретной конструкции с новыми технико-экономическими показателями. Это творчество не ломает традиционных отношений, оно понятно всем, бесконфликтно, не вызывает трений между творцом и обществом. Это творчество наиболее благоприятное, отвечает потребностям дня, эти проекты благожелательно принимаются на производстве.

Применяется известное решение задачи по новому назначению или находится новое решение старой задачи

Например, клей БФ–6 обычно применяют для склеивания деталей, а в медицине его стали использовать по новому назначению – для заживления ран. Такое творчество «работает на завтрашний день». Оно не всегда понятно обществу, и внедрение его результатов в производство часто затруднительно.

Ставятся и решаются принципиально новые задачи

В качестве примера можно привести задачи создания устройств и систем для освоения космического пространства. Такое творчество «работает на далекое завтра», оно зачастую непонятно современникам, иногда считается даже вредным. Но уже сейчас всем понятно, что без решения этих задач человечеству невозможно было бы пользоваться многими современными техническими достижениями, например, системами точной навигации, мобильной связи и др.

2. ПРОЦЕСС ТВОРЧЕСТВА

В настоящее время принято считать, что встречаются два типа творческих людей, создающих новые технические решения, которых принято считать изобретателями:

- интуитивного типа;
- логического типа.

Изобретатель интуитивного типа быстро генерирует изобретательские идеи и лишь затем проверяет их и применяет на практике.

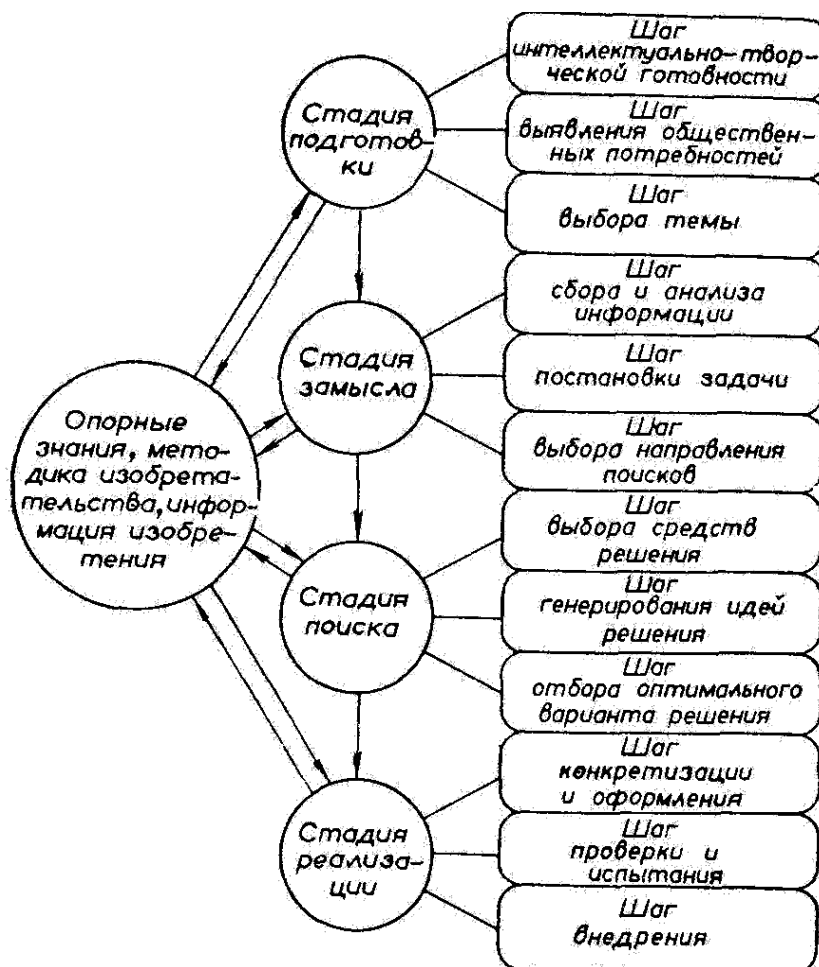
Изобретатель логического типа накапливает знания, опыт, анализирует, осваивает методы творчества и на основе переработки этой информации генерирует идеи.

Наиболее продуктивно работают изобретатели, совмещающие оба типа без чрезмерной выраженности одного из них. Трудно найти изобретение, созданное без участия как интуиции, так и логического мышления.

3. СХЕМА ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

В процессе решения любой технической задачи необходимо выполнить четыре основных этапа:

- подготовка к решению задачи;
- формирование замысла;
- поиск решения;
- реализация решения.



На стадии подготовки происходит накопление знаний, фактов, предпосылок и мастерства, осуществляется интеллектуально-творческая подготовка личности к изобретательству. На этой стадии определяются также конкретная тема и ее основной вопрос или цель и возникает желание осуществить разработку этой темы.

История техники показывает, что изобретателями становились люди разных профессий, происходившие из различных классов общества, с неодинаковым уровнем подготовки.

Так, крестьянин Ф. Блинов изобрел первый в мире гусеничный трактор, садовник Ф. Монье открыл способ изготовления железобетона, сапожник В. Каскаролла нашел светящееся вещество – люминофор, пароход создал ювелир Р. Фултон, официант парижского ресторана Ж. Ленаур построил первый газовый двигатель, повар Ф. Апперт изобрел способ консервирования продуктов, врач Мухаммед Абу Берк аль-Раси разработал способ получения спирта, крепостной крестьянин П. И. Осокин создал конструкции нефтяного двигателя, жатвенной машины, подводной мины.

Первая предпосылка к техническому творчеству (изобретательству) – осознание факта, что область технического творчества доступна каждому. Хо-

тя, конечно, уровень решения технических задач зависит от опорных знаний, психических качеств человека и овладения им методами и навыками творческой работы. Другая предпосылка к техническому творчеству – преодоление своеобразного страха перед решением совершенно новой задачи.

На стадии замысла путем сбора и анализа доступной информации определяется и локализуется проблемная ситуация:

- анализируются потребность и актуальность задачи;
- определяются основные компоненты задачи;
- осуществляется исходная формулировка задачи;
- определяются необходимые требования, ограничения, связи задачи со смежными задачами;
- намечаются планы поисков решения, выбираются методы этого решения;
- создается мысленная, графическая или математическая модель объекта.

На стадии поиска определяется план решения задачи, генерируются изобретательские идеи, определяются принципы решения задачи, которые проверяются, в результате чего выбирается оптимальный принцип, превращающийся в конкретную схему, которая анализируется и усовершенствуется.

Стадия реализации решения характеризуется оформлением решения изобретательской задачи. Осуществляется опытная проверка решения, оно получает научно-техническое и экономическое обоснование, в него вносятся поправки, подсказанные практикой, решение внедряется и получает дальнейшее развитие. На этой стадии нередко существенно изменяется и дополняется первоначальное решение. Участие изобретателя в стадии реализации решения расширяет его кругозор, укрепляет связи с практикой, обогащает творческий опыт.

3.1. Техническое творчество

Техническое творчество направлено на создание технических объектов и систем.

Техническим объектом (ТО) называют созданные человеком реально существующие устройство, способ, материал, предназначенные для удовлетворения определенных потребностей.

Все технические объекты состоят из элементов, представляющих собой неделимые части целого. Если функционирование одного элемента технического объекта влияет на функционирование другого элемента, то такие технические объекты принято называть техническими системами (ТС).

Техническая система – это совокупность взаимосвязанных элементов технического объекта, объединенных для выполнения определенной функции, обладающая при этом свойствами, не сводящимися к сумме свойств отдельных элементов.

4. СТРУКТУРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель создания и функционирования технической системы (ТС) называют **главной полезной функцией системы (ГПФ)**, обеспечивающей внешнее проявление свойств, выраженное в действии, определенном назначением системы.

Для реализации ГПФ в системе выполняется **техническая функция (ТФ)**, которая определяется способом физического превращения, преобразования (соединения, передачи) входного потока (вещества, энергии, информационных сигналов) в выходной поток.

Например, в системе "автомобиль" входной поток (топливо) преобразуется в движение автомобиля (выходной поток).

Технические системы состоят из частей (узлов). Каждая часть выполняет свою главную функцию и реализует свою техническую функцию. Части, образуя ТС, неразрывно функционально связаны между собой и создают функциональную структуру технической системы (ФС), которая обеспечивает устойчивую закономерную связь между элементами системы, отражающую расположение элементов и характер взаимодействия их сторон и свойств. Структура определяет сеть связей и отношений системы.

Использование в технической системе физических законов, закономерностей, эффектов и явлений, направленных на выполнение главной полезной функции, составляет **физический принцип действия системы (ФПД)**. Это важнейшая характеристика ТС, по которой различают средства выполнения одной и той же функции.

Например, функцию "транспортировка груза в воздушной среде" можно осуществить дирижаблем, самолетом, вертолетом, ракетой. Физический принцип действия этих систем разный, хотя они выполняют одну функцию.

В дирижабле используется физический закон движения горячих, легких газов.

В самолете и вертолете реализуется закон образования подъемной силы на теле особой формы при движении его в воздухе.

В ракете используется принцип реактивного движения.

Конструктивное оформление физического принципа действия представляет **техническое решение (ТР)** системы.

Завершающей стадией разработки ТС является **проект (П)**. В нем указывают значения параметров системы и ее элементов, а также приводят всю необходимую информацию для изготовления и эксплуатации ТС. Здесь под проектом понимается техническая документация, разработанная на различных стадиях:

- технического предложения;
- эскизного проекта;
- технического проекта;
- разработки рабочей документации.

5. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

При разработке новой технической системы выбирают аналог из числа известных систем и в нем совершенствуют содержание частей одного или нескольких уровней.

Создание любой технической системы происходит путем последовательного определения и словесного описания следующих ее частей:

- потребности;
- технической функции;
- физической структуры;
- физического принципа действия;
- технического решения;
- проекта.

При определении потребности в задаче формулируется новая потребность, уточняются условия и ограничения ее реализации. Находится новая проблема, иногда непонятная для подавляющего большинства специалистов.

В процессе нахождения технической функции необходимо исходить из того, что для реализации одной и той же потребности существует несколько альтернативных технических функций. Проектировщику предстоит найти их и выбрать наиболее перспективную.

Нахождение физической структуры, определяется тем, что для одной и той же технической функции можно найти несколько функциональных альтернативных структур. При поиске разрабатываемую техническую систему разбивают на узлы с указанием их функций. Затем проводят функционально-структурный анализ, который начинают с наиболее важных функций. По источникам информации находят известные узлы функционального идентичного назначения и из них составляют ТС с новыми функциональными связями.

Нахождение физического принципа действия необходимо выполнить в связи с тем, что каждая функциональная структура системы может быть реализована на основе различных физических принципов действия. В задаче требуется найти варианты технической системы с применением различных физических законов, закономерностей и явлений. Накопленные варианты анализируются при принятии решений, в результате чего выбирается лучший вариант.

Создание технического решения осложняется тем, что один и тот же физический принцип действия может быть реализован большим числом вариантов технических решений. Поэтому решение задачи сводится к разработке различных вариантов и выбору лучших из них.

Разработка проекта заключается в том, что по каждому техническому решению с изменением параметров в заданном пространстве можно подобрать множество альтернативных вариантов проектов технической системы. Задача проектировщика сводится к тому, чтобы, используя оптимизационные методы, найти наилучший вариант проекта.

Известно, что каждая техническая система стремится к своему идеалу, если ее параметры веса, объема, площади и т.п. приближаются к оптимальным.

Принято считать **систему идеальной (оптимальной)**, если она имеет одно или несколько из следующих свойств:

- размеры системы приближаются или совпадают с размерами обрабатываемого или транспортируемого объекта, а масса системы намного меньше массы объекта. Например, в древности сыпучие материалы хранили и транспортировали в глиняных сосудах, сейчас в мешках;
- масса и размеры технической системы или ее главных функциональных элементов должны приближаться к нулю, т.е. когда устройства нет, а необходимая функция выполняется. Например, деление древесины на части выполняется пилой. Но вот появились лазерные установки для этих целей. Режущего инструмента как бы нет, но функции его выполняются;
- время обработки объекта стремится к нулю. Основной путь реализации этого свойства – интенсификация процессов, сокращение числа операций, совмещение их в пространстве и во времени;
- коэффициент полезного действия идеальной системы стремится к единице, а расход энергии – к нулю;
- все части идеальной системы выполняют без простоев полезную работу в полной мере своих расчетных возможностей;
- система функционирует длительное время без простоев и ремонта;
- система функционирует без участия человека;
- система не оказывает вредного влияния на человека и окружающую среду.

6. ПРОТИВОРЕЧИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Объекты техники, как и весь мир, развиваются по закону единства и борьбы противоположностей, а само развитие технических средств выглядит как процесс зарождения, обострения и разрешения противоречий.

Социально-техническое противоречие – противоречие между потребностями общества и возможностями их удовлетворения с помощью технических средств, то есть потребность есть, а средств для ее удовлетворения нет. Например, давно у людей возникла потребность побывать на Луне, Марсе, но необходимых для этого технических средств не было.

Техническое противоречие – единство улучшения и ухудшения сторон технической системы, единство положительного и нежелательного эффектов при изменении части системы. Это можно хорошо представить, исходя из известной пословицы "Нет худа без добра и добра без худа".

Например, возникла потребность улучшить качество обработанной поверхности, фрезеруемой на станке. Этого можно достичь, если увеличить скорость резания. Однако при этом возникают нежелательные (вредные) эффекты: увеличился уровень шума, возникла вибрация и др. Отношение между потребностью и обычным путем ее разрешения с помощью станка настолько обострилось, что стало тормозом дальнейшего развития.

Технических систем без противоречий не бывает. Вместо устраненного противоречия возникает другое противоречие. Поэтому задача разработчика технической системы сводится к устранению исходного нежелательного эффекта и недопущению или минимизации других нежелательных эффектов.

7. МЕТОДЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Для разрешения технических противоречий и поиска новых решений создано около тридцати методов. Причем все известные методы технического творчества можно объединить в несколько групп:

- **мозгового штурма;**
- **морфологического ящика;**
- **контрольных вопросов;**
- **методы, основанные на эвристических приемах.**

7.1. Метод мозгового штурма

Метод мозгового штурма был разработан морским офицером США Алексом Осборном после Второй мировой войны. Известна история рождения метода мозгового штурма. Однажды судно А. Осборна, на котором он был капитаном, шло с грузом в Европу. Капитан получил предупреждение о возможной атаке немецких подводных лодок. А. Осборн собрал команду на палубе и попросил высказать соображения, как спасти судно от торпед подлодок. Один из матросов сказал, что нужно всей команде встать вдоль борта и при обнаружении торпеды дружно дуть на нее, чтобы отдуть ее в сторону. Встреча с подлодками на этот раз не состоялась, однако высказанная идея была реализована. Вернувшись на базу, А. Осборн оснастил судно вентилятором, создающим мощный направленный воздушный поток, и этим вентилятором в одном из рейсов действительно отдул торпеду от борта. Используя этот опыт, после войны А. Осборн разработал метод мозговой атаки и создал свою школу изобретателей и рационализаторов.

Согласно методу поиск проводится двумя группами в два этапа. Первая группа – **группа генераторов** – предлагает идеи, строго придерживаясь правила запрета критики. Вторая группа – **группа экспертов** – обсуждает и анализирует выдвинутые идеи.

Группа генераторов состоит из 5...12 человек. В группу приглашаются специалисты-смежники (конструкторы, технологи, экономисты, снабженцы),

один-два человека со стороны (например, врач, парикмахер). Заседание группы продолжается 30...50 мин под руководством ведущего. Ведущий должен обеспечить раскрепощенную обстановку в группе. Идеи записываются магнитофоном. За один сеанс обычно высказывается 50...150 разных идей. Затем идеи передаются группе экспертов, которые их анализируют и пытаются оценить скрытые возможности предложений.

Благодаря своей простоте и легкости освоения в пятидесятых годах метод мозгового штурма быстро распространился и считался лучшим методом поиска во всех областях науки и техники.

На базе метода мозгового штурма в период 1952...1959 гг. Уильямом Дж. Гордоном разработан **метод синектики**. Слово “синектика” означает “совмещение разрозненных элементов”.

Для генерации новых идей формируется группа синекторов из 5...7 человек, прошедших предварительную подготовку. Синектор – человек с широким кругозором, имеющий, как правило, две специальности, например, врач-механик, химик-музыкант и т.п.

При подготовке синекторов учат применять в процессе поиска идей следующие четыре вида аналогий:

- прямая аналогия;
- личностная аналогия или эмпатия;
- аналогия фантастическая;
- аналогия символическая.

Прямую аналогию используют все инженеры и изобретатели. Для этого они ищут аналогичные ситуации, встречающиеся в других задачах, в природе. Природа создала много примеров различных способов и механизмов. Например, известны сотни конструкций насосов, аналогами которым послужили сердца разных животных.

При использовании личностной аналогии (эмпатии) синектор отождествляет себя с техническим объектом и представляет себе, что бы он сделал сам, если бы оказался на месте этого объекта. Эмпатия требует от человека вхождения в образ. Этим хорошо владеют дети. Они легко отождествляют себя с самолетиком, машинкой, животным и т.д. Вхождению в образ обучают артистов. Этому надо учиться и инженеру.

Эмпатия помогает найти новую идею при решении задачи. Пусть задача состоит в том, чтобы на конвейере извлекать ядра из грецких орехов. Все усилия по раскалыванию, распиливанию, разрезанию не дали хорошего результата. Применяя метод эмпатии, отождествим себя с ядром ореха, находящимся под скорлупой. Будем обдумывать решение задачи, находясь внутри ореха. Нельзя ли продавить скорлупу изнутри, со стороны ядра? Надо создать внутри давление. Просверлив в скорлупе маленькое отверстие и подав через него внутрь сжатый воздух, можно расколоть скорлупу и решить задачу.

Аналогия фантастическая предполагает что фантазия – это воображение, с помощью чего можно достичь того, чего хочется. Синектор прибегает к помощи золотой рыбки, волшебной палочки, всемогущего Джина и т.п. Часто

бывает полезно рассмотреть идеальное решение, которое сопряжено с долей фантазии. Размышление о желаемом может натолкнуть нас на новую идею или точку зрения, которая приведет к новому решению.

Аналогию символическую еще называют метафорой, названием книги. Литераторы и журналисты часто пользуются этим приемом для того, чтобы в названии произведения ярко вскрыть противоречивую сущность описываемых персонажей и явлений, например: “Без вины виноватый”, “Живой труп”, “Горячий снег” и т.д. Такие образные характеристики полезно давать и техническим объектам при поиске идей. Например, для мрамора подходит название радужное пространство, для храпового колеса – надежная прерывистость, для поверхности, защищаемой от истирания, могут быть названия: живая броня, невидимая кольчуга, бессменная пленка и т.д. Удачно сформулированная аналогия подсказывает решение.

Синекторы работают по определенной программе:

- на первом этапе **уточняют проблему**. На заседание синекторов приглашаются эксперты, которые помогают прояснить проблемную ситуацию;
- на втором этапе **проблема дробится на несколько маленьких задач**. Каждая задача подчинена достижению одной конкретной цели;
- на третьем этапе ведется **генерирование идей**. Начинается “экскурсия” по различным объектам техники, природы. Выявляется, как аналогичные проблемы решаются в различных областях науки и техники;
- на четвертом этапе производится **перенос аналогичных решений на решаемую проблему**. Проводится критический анализ предложенных решений.

Услугами синекторов пользуются известные американские фирмы, такие, как “Дженерал электрик”, IBM, “Зингер” и др. В нашей стране, к сожалению, метод синектики широкого применения не нашел.

7.2. Метод морфологического анализа

Метод морфологического анализа **основан на классификации объектов**. Классификация позволяет систематизировать материал, сделать его наглядным и доступным. Метод разработан в 30-х годах прошлого столетия швейцарским астрономом Ф. Цвикки. Впервые метод был применен для решения технических задач в 1942 году, когда Ф. Цвикки начал разрабатывать ракетные двигатели.

Суть метода морфологического анализа покажем на условном примере. Допустим, необходимо разработать проект лунохода. В этом случае для начала надо иметь несколько вариантов решений, а затем для проекта выбрать лучший.

По правилам Ф. Цвикки, прежде всего необходимо составить перечень функциональных узлов, от которых зависит решение проблемы. Пусть список узлов будет такой:

- А – двигатель;
- Б – движитель;
- В – кабина;
- ...
- К – система амортизации.

Сейчас постараемся определить возможные варианты выполнения узлов.

Двигатель может быть: А1 – электрический; А2 – химический; А3 – реактивный; А4 – ядерный.

Движитель может быть: Б1 – колесный; Б2 – моноколесный (кабина внутри колеса); Б3 – гусеничный; Б4 – шагающий; Б5 – шнековый.

Кабина: В1 герметичная; В2 – негерметичная.

Система амортизации: К1 – специальные амортизаторы; К2 – амортизация за счет движителя; К3 – без амортизации.

На основе полученных списков **строится морфологическая матрица**, имеющая следующий вид:

А1	А2	А3	А4	-
Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
В1	В2	-	-	-
-	-	-	-	-
К1	К2	К3	-	-

Такая матрица дает представление о всех возможных вариантах лунохода. Например, вариант А1-Б1-В1-...-К1 характеризует луноход с электрическим двигателем, колесный, с герметичной кабиной и специальными амортизаторами.

Общее число возможных вариантов равно произведению чисел элементов в каждой строке таблицы: $4 \cdot 5 \cdot 2 \cdot \dots \cdot 3$. Самая трудная часть работы заключается в анализе полученных вариантов.

7.3. Метод контрольных вопросов

Контрольные вопросы позволяют стимулировать решение творческих задач. Их списки предлагались разными авторами (А. Осборном, Т. Эйлоартом, Д. Пойа и др.). Вопросами можно пользоваться как при индивидуальном, так и при коллективном поиске идей. Контрольные вопросы особенно полезны для молодых специалистов.

Опытные изобретатели списками вопросов, как правило, не пользуются, но в затруднительных ситуациях всегда их просматривают.

В качестве примера можно привести список контрольных вопросов Т.Эйлоарта:

- Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.
- Ясно сформулировать задачи. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные и аналогичные задачи. Выделить главные.
- Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предложения.
- Набросать фантастические, биологические, экономические, химические, молекулярные и другие аналогии.
- Построить математическую, гидравлическую, электрическую, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналогии).
- Попробовать различные виды материала – газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и др.; различные виды энергии – тепло, магнитную энергию, электрическую, свет, силу удара и т.д.; различные длины волн, поверхностные свойства и т.п.; переходные состояния – замерзания, конденсации, переход через точку Кюри и т.д.; эффекты Джоуля-Томпсона, Фарадея и др.
- Установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения.
- Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.
- Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все предложения и каждую идею без критики.
- Спать не забывая о проблеме, идти на работу, гулять, ехать, принимать душ, пить, есть, играть в теннис – думать о ней.
- Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т.д. для разных решений проблемы или разных ее частей.
- Определив идеальное решение, разрабатывать возможные.
- Видоизменить решение проблемы с точки зрения времени (скорее или медленнее), размеров, вязкости и т.п.
- В воображении проникнуть внутрь механизма.
- Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.
- Чья это проблема? Почему его?
- Кто придумал это первым? История вопроса. Какие известны ложные толкования этой проблемы?
- Кто еще решал эту проблему? Чего он добился?
- Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

Обратите внимание на вопрос номер 4. Этот вопрос списка рекомендует воспользоваться аналогиями. Увидеть аналогию часто означает найти решение.

Для иллюстрации этого часто приводят событие, случившееся с конструктором авиационных двигателей А.А. Микулиным. Это было в начале прошлого столетия, когда самолеты с двигателями внутреннего сгорания часто попадали в аварию из-за отказов магнето. А.А. Микулин долго не мог решить эту проблему. Однажды он шел по улице и увидел мужика с подбитым и ничего не видящим левым глазом. И пришла догадка: “У людей два глаза. Подбейте левый – правый будет видеть! Поставьте на машину два магнето, и проблема будет решена!”

7.4. Метод эвристических приемов

Часто задачи решаются методом проб и ошибок, т.е. путем логического анализа недостатков и их устранения. Если таким образом задача решена, то изобретатель, помимо решения, приобретает еще и метод решения. При появлении другой задачи изобретатель использует для ее решения прежде всего известные ему методы поиска идей. Если эти методы не дают желаемого результата, то изобретатель опять решает задачу методом проб и ошибок и находит новый метод. Так постепенно у человека формируется набор методов, приемов, которые называют эвристическими.

Эвристические приемы (ЭП) содержат указания, предписания, подсказки, как преобразовать имеющийся прототип, или в каком направлении искать решение.

Опытные изобретатели составляют свой индивидуальный набор (фонд) приемов. Из большого межотраслевого фонда приемов они выписывают некоторые приемы для себя, излагая их своим языком, снабжая своими примерами.

Некоторые примеры эвристических приемов:

- изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве: горизонтальное положение на вертикальное или наклонное;
- изменить габаритные размеры, объем или длину объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние;
- элементу, работающему под нагрузкой, придать выпуклую форму;
- вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные (надутые, воздушные подушки);
- присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины, трубы, находящейся в рабочей среде;
- заранее расставить элементы так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места;
- перейти от неподвижного физического поля к движущемуся полю;
- использовать массу объекта (элемента).

8. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА НОВЫХ РЕШЕНИЙ

Решение задачи поиска каждого нового решения выполняется в следующей последовательности:

- постановка задачи;
- решение задачи;
- оценка вариантов и выбор решения.

Постановка задачи проводится в случае, когда необходимо улучшить прототип, но заданная цель не может быть достигнута по причине противоречия в системе. Если задача правильно сформулирована, то до ее решения часто бывает один шаг. Поэтому не следует экономить время на процессе постановки задачи.

Постановка задачи выполняется в пять этапов:

- описание проблемной ситуации;
- описание функции (назначения) объекта;
- выбор прототипа и составление списка требований;
- составление списка недостатков прототипа;
- формулировка задачи.

Описание проблемной ситуации – это краткая формулировка задачи, в которой содержатся ответы на следующие вопросы:

- в чем состоит проблемная ситуация и какова ее предыстория;
- что нужно сделать для устранения проблемной ситуации;
- что мешает устранению проблемной ситуации;
- что дает решение задачи для людей.

При описании функции (назначения) объекта сначала дают обобщенное качественное описание объекта и выполняемых им действий, а затем приводят количественное описание характеристик объекта.

Для **выбора прототипа и составления списка требований** из числа аналогов выбирают прототип – наиболее близкий аналог по сущности и достигаемому результату при его использовании.

Список требований к прототипу должен быть достаточным для достижения в разрабатываемой системе ожидаемых работоспособности, производительности, надежности, ремонтпригодности и т.п. Если в этом списке не будет учтено хотя бы одно требование, то в системе окажется по крайней мере один серьезный недостаток. Список требований – это список ограничений и критериев, использование которых необходимо и достаточно для достижения цели и выбора технического решения.

Составление списка недостатков прототипа необходимо выполнять в связи с тем, что каждый прототип чаще всего обладает несколькими недостатками. Для того чтобы эти недостатки не перешли в проектируемую систему, для каждого прототипа необходимо указать следующее:

- критерии развития;
- показатели, не соответствующие сформулированной функции;

- факторы, снижающие эффективность или затрудняющие использование прототипа;
- показатели, которые желательно улучшить.

По каждому показателю желательно дать количественную оценку с перспективой на будущее. Составленный таким образом документ называют списком недостатков прототипа. Заканчивают данный этап ранжированием списка недостатков в порядке их важности.

В процессе **формулировки задачи** обобщаются результаты, полученные на предыдущих этапах. Задача формулируется следующим образом на основании исходных данных:

- качественного и количественного описания функций объекта (назначения, условий и ограничений);
- описания прототипа и списка требований к нему (критериев);
- ранжированного списка недостатков прототипа.

Требуется найти такое решение задачи, которое соответствовало бы функциональному назначению и не имело бы недостатков, присущих прототипу.

Приступая к **решению задачи**, прежде всего ее надо разделить на несколько простых задач. Простой задачей считают ту, в которой требуется разрешить только одно обостренное техническое противоречие. Технических противоречий и простых задач будет столько, сколько отмечено нежелательных эффектов в списке недостатков прототипа. Решение следует начать в порядке ранжирования недостатков.

Процесс решения задачи выполняется поэтапно.

На первом этапе для каждой простой задачи, относящейся к подсистеме, желательно **сформулировать техническое противоречие**, а затем, опираясь на него, **подобрать несколько подходящих эвристических приемов**. Подбираются они интуитивно, и каждый творческий работник это делает по-своему. Основная задача заключается в выборе таких эвристических приемов, которые позволяют устранить техническое противоречие.

На втором этапе с помощью эвристических приемов выполняют **преобразование прототипа** так, чтобы каждый полученный вариант подсистемы мог обеспечить:

- устранение нежелательного эффекта;
- неухудшение других сторон и способностей технической системы;
- выполнение ограничений и критериев (списка требований к объекту);
- выполнение всех требований, повышение идеальности технической системы.

Все улучшенные варианты подсистем надо фиксировать в виде описаний и схем. Надо стремиться получить несколько улучшенных идей. Если из них не удастся отобрать удовлетворительное решение, то наилучшую полученную

схему следует принять за прототип, который следует снова обработать с помощью эвристических приемов.

Технические системы живут и развиваются путем обострения и разрешения противоречий. Без противоречий системы не бывает. Поэтому, стремясь к достижению цели и устраняя главные недостатки, мы создаем новую техническую систему с новыми недостатками. И здесь важно, чтобы эти недостатки не тормозили развитие системы, чтобы противоречия между добром и злом не стали бы сразу обостренными. Поэтому **на третьем этапе проводят анализ последствий от новых технических решений** с целью

установления их совместимости с другими подсистемами и надсистемой. Анализ проводят по форме таблиц для всех перспективных вариантов, отобранных на втором этапе. С помощью заполненных таблиц приступают к **синтезу предлагаемых вариантов технической системы**. Синтез начинают с главной подсистемы, в наибольшей степени определяющей выполнение главной полезной функции. При синтезе необходимо получить несколько вариантов решения задачи для системы. Форма анализа последствий от нового технического решения:

Отрицательные последствия	Положительные последствия
1.	1.
2.	2.
...	...

Целью **оценки вариантов и выбора решения** является выявление из нескольких вариантов решения задачи наиболее предпочтительного.

В процессе оценки вариантов производится их анализ и сравнение с критериями качества. Сначала делается качественная оценка, а затем количественная по качественным и количественным критериям. Оценка позволяет отсеять неработоспособные, неэффективные варианты и варианты, не соответствующие поставленным целям.

Количественная оценка критериев предполагает количественный анализ синтезированных технических систем. Это единственное средство, позволяющее убедиться, что полученная новая техническая система удовлетворяет списку требований.

После анализа вариантов и их сравнения с критериями качества часть вариантов отсекается, а оставшаяся часть предназначается для выбора предпочтительного варианта. Выбор можно провести просто, если один из вариантов явно предпочтительнее других. В противном случае выбор проводят с помощью методов оптимизации.

Пример решения задачи поиска нового технического решения

1. Описание проблемной ситуации.



Колесные пары железнодорожных вагонов или локомотивов изнашиваются, и время от времени их надо приводить в порядок – обтачивать бандажи колес в строгом соответствии с железнодорожными требованиями.

Это делается по традиционной схеме: колеса выкатывают из-под вагонов или тепловозов, устанавливают на специальные токарные станки и обрабатывают.

Специального оборудования на ремонтных заводах для этого недостаточно. Поэтому многие вагоны и тепловозы простаивают, дожидаясь "своей очереди". Кроме того, тратится много времени и сил для снятия и установки колес. Как более производительнее и с меньшей затратой сил обтачивать колеса?

Что нужно сделать для устранения проблемной ситуации: обточку осуществлять не снимая колесной пары с вагона.

Что мешает устранению проблемной ситуации: если обточку производить не на токарном станке, а непосредственно на вагоне, то колесную пару не нужно снимать, но при этом не ясно, как обрабатывать колеса с требуемой точностью в таких условиях.

Что дает решение задачи: идеальный конечный результат – точную и удобную обработку колес без снятия их с вагона.

2. Описание функции (назначения) системы.

Обработка колес колесной пары должна производиться не снимая их с вагона.

3. Выбор прототипа и составление списка требований.

Прототип – токарный станок.

Требования к токарному станку:

- обработка колес колесной пары с требуемой точностью;
- обработка колес должна осуществляться не снимая колесную пару с вагона.

4. Недостатки прототипа.

Токарный станок слишком большой, что не позволяет установить его для обработки колес колесной пары непосредственно на вагоне.

5. Формулировка задачи.

Токарный станок включает привод главного движения, шпиндель, суппорт с резцедержателем, привод подачи режущего инструмента, которые установлены на станине. Наиболее громоздкие части: станина, суппорт, приводы. Все большие части токарного станка не должны быть на локомотиве или на вагоне в процессе обработки колес колесной пары, но их функции должны выполняться.

6. Решение технической задачи.

Формулировка технического противоречия: необходимо обрабатывать колеса колесной пары на вагоне, но массо-габаритные характеристики токарных станков не позволяют это выполнить.

Подбор эвристических приемов для решения противоречия.

Эвристический прием **дробление** – токарный станок представить в виде отдельных элементов:

- привод вращения колесной пары;
- суппорт, обеспечивающий подачу режущего инструмента;
- станина, несущая суппорт, закрепленная на вагоне.

Эвристический прием **динамичность** – разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга:

- одна часть – колесная пара;
- вторая часть – перемещающийся на суппорте режущий инструмент.

Эвристический прием **универсальность** – объект выполняет несколько разных функций:

- колесная пара обеспечивает перемещение вагона;
- одновременно колесная пара выполняет функцию привода колес при их вращении в процессе движения вагона.

Преобразование прототипа.

- заменить источник энергии: в качестве движителя привода вращения колесной пары использовать не электродвигатель токарного станка, а энергию вращения колесной пары при движении вагона;
- существенно изменить компоновку элементов: суппорт с режущим инструментом установить на вагоне, а не на станине токарного станка.

Оценка вариантов и выбор решения.

Создается несколько вариантов устройств для обработки колес колесной пары без снятия ее с вагона, различающиеся особенностями, такими как, например:

- схемами устройства;
- способом закрепления суппорта, несущего резцедержатель;
- разновидностями используемых режущих инструментов и направлениями их перемещения;
- другими особенностями.

Каждый из этих вариантов анализируется, в результате чего выбирается лучший вариант.

9. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

В результате анализа методов, использованных разработчиками новых технических решений, учеными предложены основные приемы для устранения противоречий при решении технических задач.

Дробление:

- разделить объект на независимые части;
- выполнить объект разборным;
- увеличить степень дробления объекта.

Примером может быть пневматическая шина, состоящая из двенадцати независимых секций. Разделение шины осуществляется, чтобы повысить надежность.

Вынесение:

- отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство);
- или, наоборот, выделить единственно нужную часть или нужное свойство.

Этот прием использован, например, для предотвращения столкновений самолетов с птицами при взлете и посадке, которые вызывают иногда тяжелые катастрофы. Запатентованы самые различные способы отпугивания птиц от аэродромов (механические чучела, распыление нафталина и т.д.), но наилучшим оказалось громкое воспроизведение крика перепуганных птиц, записанное на магнитофонную ленту. Отделить птичий крик от птиц – решение конечно, необычное, но характерное для принципа вынесения.

Местное качество:

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

Например, предложен способ сушки зерна риса, отличающийся тем, что, с целью уменьшения образования трещиноватых зерен, рис перед сушкой разделяют по крупности на фракции, которые сушат отдельно с дифференцированными режимами.

Асимметрия:

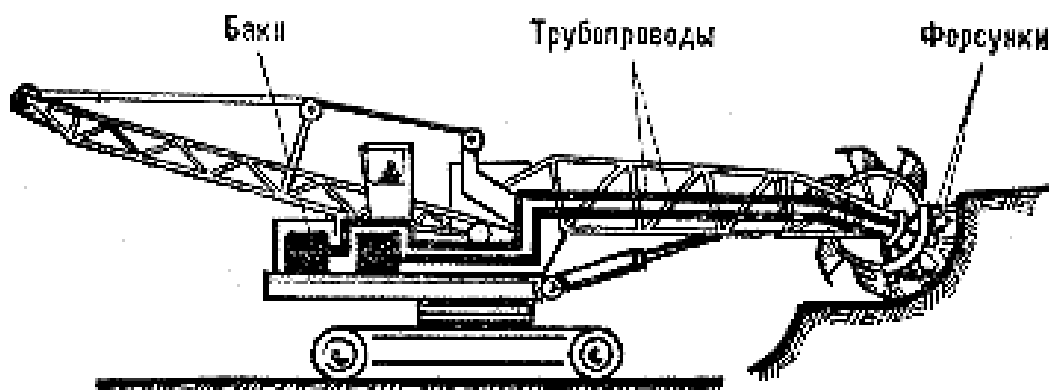
- перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- если объект уже асимметричен, увеличить степень асимметрии.

Например, асимметричная пневматическая шина имеет одну боковину повышенной прочности и сопротивляемости ударам о бордюрный камень тротуара.

Объединение:

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

Например, предложено рабочее оборудование роторного экскаватора, включающее ротор и стрелу, отличающееся тем, что, с целью уменьшения усилия резания, оно выполнено с устройством для разогрева мерзлого грунта, имеющим форсунки, смонтированные, например, на секторах по обеим торцам ротора. Принцип объединения заключается в следующем: если раньше приходилось останавливать роторный экскаватор, чтобы разогреть мерзлый грунт, то теперь форсунки установлены непосредственно на роторе.

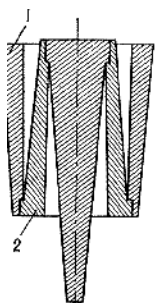


Универсальность: объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

Например, рассматривается возможность постройки танкера, оборудованного нефтеперегонной установкой. Смысл проекта – совмещение во времени процессов транспортировки и переработки нефти.

«Матрешка»:

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



Примером может служить ультразвуковой концентратор упругих колебаний, состоящий из скрепленных между собой полуволновых отрезков, отличающийся тем, что, с целью уменьшения длины концентратора и увеличения его устойчивости, полуволновые отрезки выполнены в виде конусов, вставленных один в другой.



Принцип "матрешки" позволяет создать компактный ультразвуковой концентратор, у которого 1 и 2 – полые конуса.

Антивес:

- компенсировать вес объекта соединением с другим объектом, обладающим подъемной силой;
- компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (преимущественно за счет аэро- и гидродинамических сил).

Например, при создании сверхмощных турбогенераторов возникла сложная задача: как уменьшить давление ротора на подшипники? Решение нашли в том, что над турбогенератором установили сильный электромагнит, компенсирующий давление ротора на подшипники.

Предварительное антидействие: если по условиям задачи необходимо совершать какое-то действие, то надо заранее совершить антидействие.



Примером является принцип предварительного напряжения: трубы составного вала заранее скручены в направлении, противоположном рабочей деформации, что позволяет воспринимать валом больший крутящий момент, не увеличивая его наружный диаметр. Для этого вал составлен из вставленных одна в другую труб, предварительно закрученных на определенные расчетом углы.

Вал предварительно получает деформацию, противоположную по знаку той деформации, какую он получает во время работы. Крутящий момент должен сначала снять эту предварительную деформацию, только после этого начнется деформация вала в "нормальном" направлении. Составной вал может иметь значительно меньшую массу равного ему по прочности обычного вала.

Предварительное действие:

- заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);
- заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

Примером может служить способ снятия гипсовых повязок с помощью проволочной пилы, отличающийся тем, что, с целью предупреждения травм и облегчения снятия повязки, пилу помещают в предварительно смазанную подходящей смазкой трубку, выполненную, например, из полиэтилена, и заранее загипсовывают под повязку при ее наложении. Благодаря этому распиливать повязку можно от тела наружу – без опасения задеть тело.

Или, например, окраска древесины до того, как дерево срубили: красители поступают под кору дерева и разносятся соками по всему стволу.

«Заранее положенная подушка» позволяет компенсировать относительно невысокую надежность объекта аварийными средствами.

Например, способ предотвращения распространения лесного пожара посредством создания заградительных полос из растений, отличающийся тем,

что, с целью придания огнестойкости растениям, образующим заградительную полосу, в почву вносят биологически усваиваемые или химические элементы, тормозящие процесс их воспламенения.

Или жесткий металлический диск, заранее расположенный внутри автомобильной шины и позволяющий продолжать движение на спущенной шине без повреждения покрышки.

Эквипотенциальность позволяет изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

Примером использования этого приема может быть контейнеровоз, в котором груз не поднимается в кузов, а только приподнимается гидроприводом и устанавливается на опорную платформу. Такая машина работает без крана и перевозит значительно более высокие контейнеры.

«Наоборот»:

- вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие; сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся;
- повернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

Например, предложен способ вибрационной очистки металлоизделий в абразивной среде, отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса очистки, движения вибрации сообщают обрабатываемой детали.

Другим примером могут быть испытания самолетов, которые обдувают в аэродинамической трубе.

Сфероидальность:

- перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям;
- использовать ролики, шарики, спирали;
- перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

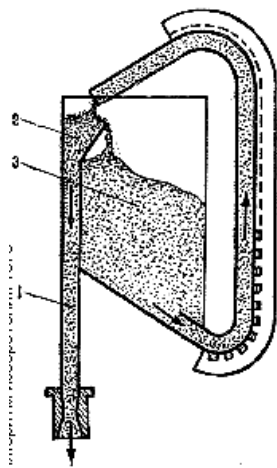
Например, при выполнении сложных работ удобны ножницы криволинейной формы, используемые при резании по кривой, обрезке края, фигурном раскрое и т.п.

Динамичность:

- характеристики объема (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;
- разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;
- если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным.

Примером может быть куртка с подстежкой, которая может оперативно сниматься.

Или, например, автомобиль с шарнирно соединенными секциями рамы, которые могут поворачиваться при помощи гидроцилиндров. Такой автомобиль обладает повышенной проходимостью.



Частичное или избыточное действие: если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше». Задача при этом может существенно упроститься.

Например, устройство для дозирования металлических порошков, содержащее бункер с дозатором, отличающееся тем, что, с целью обеспечения равномерной подачи порошка к дозатору, бункер снабжен внутренней приемной воронкой и каналом с электромагнитным насосом для подачи (с избытком) порошка к воронке.

Принцип избыточного действия: чтобы подавать порошок по трубке 1 равномерно, его насыпают в воронку 2 с избытком, лишний порошок высыпается в бункер 3, а воронка всегда заполнена до краев.

Переход в другое измерение:

- трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух-трех измерениях;
- использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;
- наклонить объект или положить его набок;
- использовать обратную сторону данной площади;
- использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

Теплица для круглогодичного выращивания овощных культур, отличающаяся тем, что, с целью улучшения светового режима растений за счет использования солнечных лучей, она снабжена вогнутым отражательным экраном, установленным поворотом с северной стороны теплицы.

Использование механических колебаний:

- привести объект в колебательное движение;
- если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвукового);
- использовать резонансную частоту;
- применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;
- использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

Примером может быть ультразвуковая стиральная машина.

Или способ безопилочного резания древесины при помощи изменяющего свои геометрические размеры режущего инструмента, отличающийся тем, что, с целью снижения усилия внедрения инструмента в древесину, резание осуществляют инструментом, частота импульсов которого близка к собственной частоте колебаний перерезаемой древесины.

Периодическое действие:

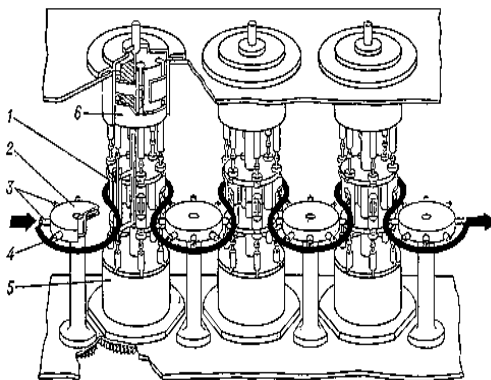
- перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);
- если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность;
- использовать паузы между импульсами.

Например, способ контроля исправности термопары путем ее подогрева и проверки наличия в цепи э.д.с., отличающийся тем, что, с целью уменьшения времени контроля, нагревают термопару периодическими импульсами тока, а в промежутки времени между импульсами проверяют наличие термо э.д.с.

Непрерывность полезного действия:

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

Например, автоматическая роторная линия – комплекс рабочих машин, транспортных устройств, приборов, объединённых единой системой автоматического управления, в котором одновременно с обработкой заготовки перемещаются по дугам окружностей совместно с воздействующими на них орудиями.



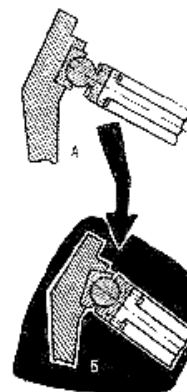
На таких линиях наиболее часто выполняются: штамповка, вытяжка, прессование, сборка, контроль.

Проскок позволяет вести процесс или отдельные его части (например, вредные или опасные) на большой скорости.

Примером может быть устройство для разрезания тонкостенных пластмассовых труб большого диаметра, в котором нож рассекает трубу так быстро, что она не успевает деформироваться.

«Обратить вред в пользу»:

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



Например, предложено подвижное соединение двух частей щековой дробилки.

Подвижность достигается благодаря сферической форме чугунного наконечника. Шейка этого наконечника – самое слабое место конструкции, где обычно и происходит излом. Можно, конечно, принять меры для предотвращения излома. Ну а если мы заранее умышленно "сломаем" наконечник? Тогда он превратится в цилиндрическую втулку, которую уже невозможно сломать.

Обратная связь:

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

Применение этого приема широко используется в автоматических системах регулирования и управления технологическими объектами. Например, автоматическое перекрытие поступления жидкости в резервуар выполняется клапаном, запорный элемент которого связан с поплавком. Поплавок плавает и при достижении определенного уровня жидкости клапан запирает трубу, из которой поступает жидкость.

«Посредник»:

- использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;
- на время присоединить к объекту другой (легко удалимый) объект.

Например, способ нанесения летучего ингибитора атмосферной коррозии на защищаемую поверхность, отличающийся тем, что, с целью получения равномерного покрытия внутренних поверхностей сложных деталей, через последние продувают нагретый воздух, насыщенный парами ингибитора.

Самообслуживание:

- объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
- использовать отходы (энергии, вещества).

Примером может быть дробеметный аппарат, корпус которого облицован изнутри износостойчивыми плитами, отличающийся тем, что, с целью повышения стойкости облицовки, плиты выполнены в виде магнитов, удерживающих на своей поверхности защитный слой дроби. На стенках дробемета возникает, таким образом, постоянно обновляемый защитный слой дроби.

Копирование:

- вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;
- заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);
- если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

Например, при контроле поверхности внутренних полостей сферических деталей в деталь наливают малоотражающую жидкость и, последовательно меняя ее уровень, производят фотографирование. На снимке получаются концентрические окружности. Сравнивая после увеличения (в проекционной системе) полученные этим способом линии с теоретическими линиями чертежа, с большой точностью определяют величину отклонения формы детали.

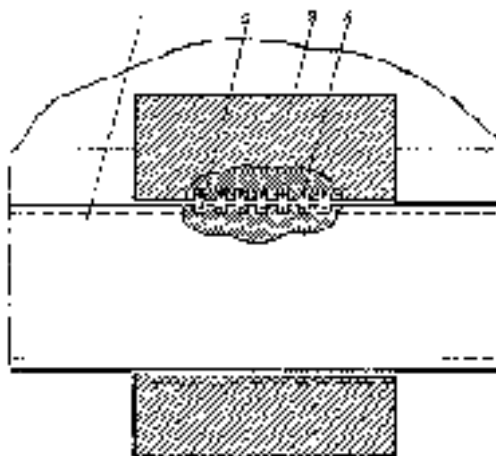
Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности: заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

Например, пленка одноразового использования, которая содержит наполнитель типа промокашки. Существует множество изобретений такого типа: на одноразовые термометры, мусорные мешки, зубные щетки и т.д.

Замена механической схемы:

- заменить механическую схему оптической, акустической;
- использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

Например, неизнашиваемая винтовая пара состоит из винта 1, в резьбу которого уложена обмотка 2 и гайки 3 с обмоткой 4. Винт и гайка расположены с зазором между ними. Гайка 3 жестко связана с подвижным узлом станка или прибора. При прохождении тока по обмоткам 2 и 4 вокруг них создаются электромагнитные поля. Замыкание этих полей происходит соответственно через гайку и винт, причем магнитный поток достигает максимальной величины при совмещении витков винта и гайки.



Использование пневмо- и гидроконструкций: вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие (надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные).

Например, в опорах валов и направляющих станков используются гидро-статические и аэростатические подшипники.

Использование гибких оболочек и тонких пленок:

- вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;
- изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

Например, вместо объемных жестких конструкций можно использовать гибкие оболочки, тонкие пленки и изолировать с их помощью объект от внешней среды.

Применение пористых материалов:

- выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);
- если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

Например, с целью повышения теплозащитных свойств одежды широко используются в качестве прокладки теплозащитные пористые материалы (ватин, пенополиуретан, искусственная ватка и др.).

Изменение окраски:

- изменить окраску объекта или внешней среды;
- изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;
- для наблюдений за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки;
- если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.

Например, в кузнечных и литейных цехах, на металлургических заводах, всюду, где необходимо защитить рабочих от действия жары, применяют водяные завесы, которые защищают рабочих от тепловых лучей. Однако слепяще-яркие лучи от расплавленного металла беспрепятственно проходят сквозь тонкую жидкую пленку. Предложили окрашивать воду, из которой создается водяная завеса, - оставаясь прозрачной, она полностью задерживает тепловые лучи и в нужной степени ослабляет силу видимого излучения.

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

Например, при изготовлении многослойных изделий легкой промышленности составные материалы (верх, подкладка, приклад) должны иметь очень близкие физико-механические (особенно деформационные и усадочные) характеристики, что обеспечивает высокие эксплуатационные свойства изделий.

Отброс и регенерация частей:

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

Например, хирургические нити для сшивания тканей через некоторое время растворяются в организме.

Или отработавшие ступени ракеты отстреливаются.

Изменение агрегатного состояния объекта: сюда входят не только простые переходы, например от твердого состояния к жидкому, но и переходы к «псевдосостояниям» («псевдожидкость») и промежуточным состояниям, например использование эластичных твердых тел.

Например, для того, чтобы заложить жидкую начинку в конфеты, ее замораживают.

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

Предложен, например, способ проведения массообменных процессов в системе газ – вязкая жидкость, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса, вязкую жидкость перед подачей в аппарат предварительно газифицируют.

Применение теплового расширения:

- использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов;
- использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

Например, устройство для микроперемещения рабочего объекта отличается тем, что, с целью обеспечения максимальной плавности, оно содержит два стержня, подвергаемых электронагреву и охлаждению по заданной программе, находящихся в закрепленных на суппортах термостатируемых камерах и поочередно перемещающих объект в нужном направлении.

Применение сильных окислителей:

- заменить обычный воздух обогащенным;
- заменить обогащенный воздух кислородом;
- воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями;
- использовать озонированный кислород;
- заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Например, при плазменно-дуговой резке нержавеющей стали в качестве режущего газа используют чистый кислород.

Применение инертной среды:

- заменить общую среду инертной;
- вести процесс в вакууме.

Например, в лампах накаливания используется инертный газ или вакуум.

Применение композитных материалов: перейти от однофазных материалов к композитным.

Например, фюзеляжи и крылья современных самолетов выполнены из композитных материалов (углепластика).

10. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРЕБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Методы преобразования прототипов служат получению новых вариантов объектов, обеспечивающих решение следующих основных задач:

- устранение нежелательных эффектов прототипов;
- неухудшение других сторон и способностей создаваемой технической системы;
- выполнение ограничений и критериев (списка требований) к создаваемым объектам;
- повышение «идеальности» технической системы.

Разработаны рекомендации по преобразованию прототипов:

- все улучшенные варианты подсистем надо фиксировать в виде описаний и схем;
- надо стремиться получить несколько улучшенных идей;
- если из вариантов не удастся отобрать удовлетворительного решения, то наилучшую схему следует принять за прототип, который следует снова обработать с помощью эвристических приемов.

Межотраслевой фонд эвристических приемов содержит описания 180 приемов, разделенных на 12 групп:

- преобразование формы;
- преобразование структуры;
- преобразования в пространстве;
- преобразования во времени;
- преобразование движения и силы;
- преобразование материала и вещества;
- дифференциация;
- количественные изменения;
- использование профилактических мер;
- использование резервов;
- преобразования по аналогии;
- повышение технологичности.

Используемые эвристические приемы преобразования объектов приведены ниже.

10.1. Преобразование формы

- Использовать круговую, спиральную, древовидную, сферическую или другую компактную форму.
- Сделать в объекте (элементе) отверстия или полости (инверсия приема).
- Проверить соответствие формы объекта законам симметрии. Перейти от симметричной формы и структуры к асимметричной. (инверсия приема).

- Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей, кубических и многогранных форм (особенно в местах сопряжений) к криволинейным, сферическим и обтекаемым формам (инверсия приема).
- Объекту (элементу), работающему под нагрузкой, придать выпуклую (более выпуклую) форму.
- Компенсировать нежелательную форму сложением с обратной по очертанию формой.
- Выполнить объект в форме:
 - другого технического объекта, имеющего аналогичное название или назначение;
 - животного, растения или их органа;
 - человека или его органов.
 - сделать объект (элемент) приспособленным к форме человека или его органов.
- Использовать в аналогичных условиях работы природный принцип формирования в живой или неживой природе.
- Сделать рациональный (оптимальный) раскрой листового или объемного материала.
- Внести изменения в форму деталей для более полного использования материала.
- Выбрать конструкцию деталей, в наибольшей мере приближающуюся по форме и размерам к выпускаемому прокату и другим профильным заготовкам.
- Найти глобально-оптимальную форму объекта.
- Найти наибольшую цельную форму объекта (зрительное выделение главного функционального элемента, устранение или прикрытие многих ненужных деталей и т. д.).
- Использовать различные виды симметрии и асимметрии, динамические и статические свойства формы, ритма (чередования одинаковых или схожих элементов), нюансов и контраста.
- Осуществить гармоническую увязку форм различных элементов (выбор масштабов и соотношений между объектами и окружающей предметной средой, использование эстетически предпочтительных пропорций).
- Выбрать (придумать) наиболее красивую форму объекта и его элементов.

10.2. Преобразование структуры

- Исключить наиболее напряженный (нагруженный) элемент.
- Исключить элемент при сохранении объектом всех прежних функций. Один элемент выполняет несколько функций, благодаря чему отпадает необходимость в других элементах. Убрать «лишние детали» даже при потере «одного процента эффекта».

- Присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины (стержня, оболочки или трубы), находящейся в рабочей среде или в контакте с ней.
- Присоединить к базовому объекту дополнительное специализированное орудие труда, инструмент и т. п.
- Заменить связи (способ или средства соединения) между элементами; жесткую связь сделать гибкой или наоборот.
- Заменить источник энергии, тип привода, цвет и т. д.
- Заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной.
- Существенно изменить компоновку элементов, уменьшить компоновочные затраты.
- Сосредоточить органы управления и контроля в одном месте.
- Объединить элементы единым корпусом, станиной или изготовить объект цельным.
- Ввести единый привод, единую систему управления или энергоснабжения.
- Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.
- Объединить в одно целое объекты, имеющие самостоятельное назначение, которое сохраняется после объединения в новом комплексе.
- Использовать принцип агрегатирования – создать базовую конструкцию (единую раму, станину), на которую можно «навесить» различные (в различных комбинациях) рабочие органы, агрегаты, инструменты.
- Совместить или объединить явно или традиционно несовместимые объекты, устранив возникающие противоречия.
- Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей и обработки заготовок.
- Использовать раздвижные, раскладные, сборные, надувные и другие конструкции, обеспечивающие значительное уменьшение габаритных размеров при переводе ТО из рабочего состояния в нерабочее.
- Найти глобально-оптимальную структуру.
- Выбрать (придумать) наиболее красивую структуру.

10.3. Преобразования в пространстве

- Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве:
 - горизонтальное положение на вертикальное или наклонное;
 - положить на бок;
 - повернуть низом вверх;
 - повернуть путем вращения.
- Использовать «пустое пространство» между элементами объекта - один элемент проходит сквозь полость в другом элементе.

- Объединить известные порознь объекты (элементы) с размещением одного внутри другого по принципу «матрешки».
- Размещение по одной линии заменить размещением по нескольким линиям или по плоскостям (инверсия приема).
- Заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной). (инверсия приема).
- Изменить направление действия рабочей силы или среды.
- Перейти от контакта в точке к контакту по линии, от контакта по линии к контакту по поверхности, или от контакта по поверхности к объемному (пространственному) (инверсия приема).
- Осуществить сопряжение по нескольким поверхностям.
- Приблизить рабочие органы объекта к месту выполнения ими своих функций без передвижения самого объекта.
- Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.
- Перейти от последовательного соединения элементов к параллельному или смешанному (инверсия приема).
- Разделить объект на части так, чтобы приблизить каждую из них к тому месту, где она работает.
- Разделить объект на две части — «объемную» и «необъемную»; вынести «объемную» часть за пределы, ограничивающие объем.
- Вынести элементы, подверженные действию вредных факторов, за пределы их действия.
- Перенести (поместить) объект, или его элемент в другую среду, исключаящую действие вредных факторов.
- Выйти за традиционные пространственные ограничения или габаритные размеры.

10.4. Преобразования во времени

- Перенести выполнение действия на другое время. Выполнить требуемое действие до начала или после окончания работы.
- Перейти от непрерывной подачи энергии (вещества) или непрерывного действия (процесса) к периодическому или импульсному (инверсия приема).
- Перейти от стационарного во времени режима к изменяющемуся.
- Исключить бесполезные («вредные») интервалы времени. Использовать паузу между импульсами (периодическими действиями) для осуществления другого действия.
- По принципу непрерывного полезного действия осуществлять работу объекта непрерывно, без холостых ходов. Все элементы объекта должны все время работать с полной нагрузкой.

- Изменить последовательность выполнения операций.
- Перейти от последовательного осуществления операций к параллельному (одновременному) (инверсия приема).
- Совместить технологические процессы или операции. Объединить однородные или смежные операции (инверсия приема).

10.5. Преобразование движения и силы

- Изменить направление вращения.
- Заменить поступательное (прямолинейное) или возвратно - поступательное движение вращательным (инверсия приема).
- Устранить или сократить холостые, обратные и промежуточные ходы и движения.
- Существенно изменить направление движения, в том числе на противоположное.
- Заменить традиционную сложную траекторию движения прямой или окружностью (инверсия приема).
- Заменить изгиб растяжением или сжатием. Заменить сжатие растяжением.
- Разделить объект на две части — «тяжелую» и «легкую», передвигать только «легкую» часть.
- Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать обрабатываемый объект.
- Заменить трение скольжения трением качения (инверсия приема).
- Перейти от неподвижного физического поля к движущемуся. (инверсия приема).
- Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга. Сделать движущиеся элементы неподвижными, а неподвижные – движущимися.
- Изменить условия работы так, чтобы опасные или «вредные» моменты осуществлялись на большой скорости (инверсия приема).
- Использовать магнитные силы.
- Компенсировать действие массы объекта соединением его с объектом, обладающим подъемной силой.

10.6. Преобразование материала и вещества

- Рассматриваемый элемент и взаимодействующие с ним элементы сделать из одного и того же материала или близкого ему по свойствам (инверсия приема).
- Выполнить элемент или его поверхность из пористого материала. Заполнить поры каким-либо веществом.
- Разделить объект (элемент) на части так, чтобы каждая из них могла быть изготовлена из наиболее подходящего материала.
- Убрать лишний материал, не несущий функциональной нагрузки.

- Изменить поверхностные свойства объекта (элемента): упрочить поверхность объекта, нейтрализовать свойства материала на поверхности объекта.
- Заменить жесткую часть элементами из материала, допускающего изменение формы при эксплуатации; вместо жестких объемных конструкций использовать гибкие оболочки и пленки (инверсия приема).
- Изменить физические свойства материала, например, изменить агрегатное состояние.
- Заменить некоторые объекты среды на объекты с другими физико-механическими и химическими свойствами.
- Использовать другой материал (более дешёвый, новейший и т.д.).
- Использовать детали из материала с последующим отверждением.
- Отделить вредные или нежелательные примеси от вещества.
- Заменить традиционную окружающую среду. Рассмотреть возможность использовать вакуум инертную, водную, космическую или какую-либо другую среду.
- Заменить объекты их оптическими копиями (изображениями); использовать изменение масштаба изображения. Перейти от видимых оптических копий к инфракрасным, ультрафиолетовым и другим изображениям.
- Дорогостоящий долговечный элемент заменить дешевым, недолговечным.
- Заменить разнородные по материалу и форме элементы одним унифицированным или стандартным элементом.
- Выполнить элементы из материалов с различающимися характеристиками, дающими нужный эффект (например, с разным термическим расширением).
- Вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные (надувные, гидронаполняемые, воздушные подушки, гидростатические, гидрореактивные) (инверсия приема).
- Выбрать материалы, обеспечивающие снижение отходов при изготовлении деталей. Например, перейти от применения деталей, изготавливаемых обработкой резанием, к деталям из пластмассы (изготавливаемых формовкой) или металлокерамики.
- Перейти к безотходным технологиям, например, получить отходы материалов в более ценном виде, позволяющем использовать их для изготовления других деталей.
- Осуществить упрочнение материалов механической, термической, термохимической, электрофизической, электрохимической, лазерной и другими видами обработки.
- Использовать материалы с более высокими удельными прочностными, электрическими, теплофизическими и другими характеристиками.

- Использовать армированные, композиционные, пористые и другие новые перспективные материалы.
- Использовать материал с изменяемыми во времени характеристиками (жесткостью, прозрачностью и т. д.).

10.7. Приемы дифференциации

- Разделить движущийся поток (вещества, энергии, информации) на два или несколько.
- Разделить сыпучий, жидкий или газообразный объект на части.
- Сделать элемент съемным, легко отделяемым.
- Дифференцировать привод и другие источники энергии, приблизить их к исполнительным органам и рабочим зонам.
- Сделать автономным управление и привод каждому элементу.
- Провести дробление традиционного целого объекта на мелкие однородные элементы с аналогичной функцией (инверсия приема).
- Разделить объект на части, после чего изготавливать, обрабатывать, грузить и т. п. каждую часть отдельно, а затем выполнять сборку.
- Разделить объект на части так, чтобы их можно было заменять при изменении режима работы.
- Разделить объект на части: «горячую» и «холодную»; изолировать одну от другой.
- Представить объект в виде составной конструкции; изготовить его из отдельных элементов и частей.
- Придать блочную структуру объекту, при которой каждый блок выполняет самостоятельную функцию.
- Выделить в объекте самый нужный элемент (нужное свойство) и усилить его или улучшить условия его работы.

10.8. Количественные изменения

- Резко изменить (в несколько раз, в десятки и сотни раз) параметры или показатели объекта (его элементов, окружающей среды).
- Увеличить в объекте число одинаковых или подобных друг другу элементов (или сделать наоборот).
- Изменить число одновременно действующих или обрабатываемых объектов (элементов), например, рабочих машин, их рабочих органов, двигателей и т.д.
- Изменить габаритные размеры, объем или длину объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние.
- Увеличить степень дробления объекта (или сделать наоборот).
- Допустить незначительное снижение требуемого эффекта.
- Использовать идею избыточного решения (если трудно, получить 100% требуемого эффекта, задаться получить несколько больше).

- Изменить (усилить) вредные факторы так, чтобы они перестали быть вредными.
- Уменьшить число функций объекта и сделать его более специализированным, соответствующим только оставшимся функциям и требованиям.
- Гиперболизировать, значительно увеличить размеры объекта и найти ему применение (инверсия приема).
- Повысить интенсивность технологических процессов с рабочей зоной в виде площадки или замкнутого объекта.
- Создать местное локальное качество, осуществить локальную концентрацию сил, напряжения и т.п.
- Найти глобально-оптимальные параметры технического объекта по различным критериям развития.

10.9. Использование профилактических мер

- Предусмотреть прикрытие и защиту легко повреждающихся элементов. Экранировать объект.
- Ввести предохранительные устройства или блокировку.
- Разделить хрупкий и часто повреждающийся объект на части.
- Выполнить объект (элемент) разборным так, чтобы можно было заменить отдельные поврежденные части.
- Для уменьшения простоев и повышения надежности создать легко используемый запас рабочих органов или элементов. Предусмотреть в ответственных частях объекта дублирующие элементы.
- Защитить элемент от воздушной или другой агрессивной среды.
- Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям.
- Заранее придать объекту изменения, противоположные недопустимым или нежелательным изменениям, возникающим в процессе работы.
- Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично).
- Обеспечить автоматическую подачу смазочных материалов к трущимся частям.
- Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок (поместить объект в оболочку, капсулу, гильзу) (инверсия приема).
- Придать объекту новое свойство, например, обеспечить его плавучесть, герметизацию, самовосстановление, сделать его прозрачным, электропроводным и т. д. Сделать объект (элементы) взаимозаменяемым.
- Предусмотреть компенсацию неточностей изготовления объекта.
- Разделить объект на части так, чтобы при выходе из строя одного элемента объект в целом сохранял работоспособность.

- Для повышения надежности заранее подготовить аварийные средства.
- Обеспечить снижение или устранение вибрационных, ударных нагрузок и инерционных перегрузок.
- Использовать объекты живой и неживой природы в формировании зоны эстетического воздействия.
- Исключить из окружающей предметной среды объекты, вызывающие отрицательные эмоции (создание зеленой изгороди из деревьев и кустарников, маскировка, мимикрия под предметы, вызывающие положительные эмоции и т. д.).
- Исключить шумы и запахи, вызывающие отрицательные эмоции; трансформировать их в более эстетические звуки и ароматы.
- Создать замкнутые безотходные технологии с утилизацией и возвращением в производство загрязняющих веществ в виде сырья и материалов.
- Осуществить разработку новых устройств и технологий, обеспечивающих резкое снижение загрязнения и изменения среды (например, геотехнология, приливные гидроэлектростанции и т. д.).

10.10. Использование резервов

- Использовать массу объекта (элемента) или периодически возникающие усилия для получения дополнительного эффекта.
- Компенсировать, чрезмерный расход энергии получением какого-либо дополнительного положительного эффекта.
- Исключить подбор и подгонку (регулировку и выверку) деталей и узлов при сборе объекта.
- Устранить вредный фактор (например, за счет компенсации его другим вредным фактором).
- Использовать или аккумулировать тормозную и другую попутно получаемую энергию.
- Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать).
- Выполнивший свое назначение или ставший ненужным элемент, отходы (энергия, вещество) использовать для других целей.
- Использовать вредные факторы (в частности, вредные воздействия среды) для получения положительного эффекта.
- Выбрать и обеспечить оптимальные параметры (температуру, влажность, освещение и др.).
- Уточнить расчетные напряжения в элементах на основе использования более точных математических моделей и ЭВМ.
- Перейти на другие физические принципы действия с более дешевыми или доступными источниками энергии или более высоким КПД.

- После конструктивного улучшения какого-либо элемента определить, как должны быть изменены другие элементы, чтобы эффективность объекта в целом еще более повысилась.

10.11. Преобразования по аналогии

- Применить объект, предназначенный для выполнения аналогичной функции в другой отрасли техники, пользуясь классификаторами патентов.
- Использовать природный принцип повторяемости однотипных элементов (пчелиные соты, клетки, листья, кристаллы и т. п.).
- Использовать в качестве прототипа искомого технического решения объект неживой или живой природы, близкие или отдаленные области техники.
- Применить решение, аналогичное имеющемуся в ведущей отрасли техники или в древних и прошлых технических объектах:
 - в неживой природе (физика, химия, биохимия и др.);
 - в современных или вымерших живых организмах;
 - в экономике или общественной жизни людей;
 - в научно-фантастической литературе;
 - ответить на вопрос, как решаются подобные задачи в указанных областях?
- Использовать аналоги свойств других объектов; использовать свойства без самого объекта.
- Применить принцип имитации, заключающийся в создании таких объектов, которые по форме, цвету, внешнему виду и другим необходимым свойствам аналогичны другому объекту.
- Использовать эмпатию: мысленно превратить себя в объект (элемент), с помощью своих ощущений найти наиболее целесообразное решение.
- Использовать в качестве прототипа детские игрушки.
- Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии, модели, макеты.

10.12. Повышение технологичности

- Упростить форму и конструкцию деталей путем сокращения числа обрабатываемых поверхностей, неплоских и некруговых поверхностей, рабочих ходов при обработке.
- Выбрать форму и конструкцию элементов, обеспечивающих применение наиболее производительного технологического оборудования, приспособлений и инструмента.
- Выбрать конструкцию деталей узлов, обеспечивающую максимальное совмещение и одновременное выполнение операций обработки и сборки.

- Снизить или исключить пригоночные работы при сборке. Использовать средства компенсации неточности изготовления.
- Осуществить технологическую унификацию конструкций, формы и размеров деталей.
- Заменить механическую обработку способом обработки без снятия стружки.
- Использовать саморегулирующиеся, самоустанавливающиеся, самозатачивающиеся элементы, инструменты, сокращающие трудоемкость профилактического ухода и ремонта.
- Максимально применять стандартные элементы, имеющие весьма широкую область применения.
- Использовать модульный принцип конструирования, когда из небольшого числа стандартных элементов (универсального набора) можно собрать любое изделие в заданном классе (например, универсально-сборные приспособления, универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики).
- Максимально использовать в проектируемом объекте освоенные в производстве узлы и детали.
- Максимально использовать заготовки с размерами, близкими к размерам готовой детали. Использовать точное литье, штамповку, сварку.
- Выбрать наиболее целесообразное расчленение объекта на блоки, узлы и детали.
- Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей.

11. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Изменение традиционной ориентации объекта в пространстве:



- хранилище лодок на спортивной базе с размещением их в вертикальном положении;
- подвижная пусковая установка: на марше ракеты находятся в горизонтальном положении, а перед пуском их устанавливают вертикально:

Изменение габаритных размеров, объема или длины объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние:

- надувная лодка;
- телескопическая антенна;
- выдвижная лестница:



Элементу, работающему под нагрузкой, придать выпуклую форму:

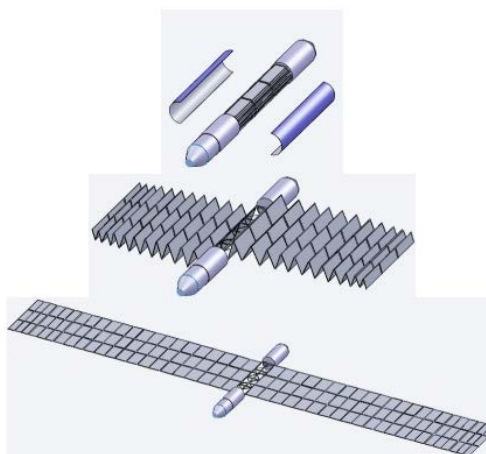


- элементы мостов, плотин, подпорных стенок и других сооружений, имеющие арочную и сводчатую форму, обеспечивают более эффективное противодействие нагрузкам;
- колеса в форме шара, обеспечивают перемещение транспортного средства в любом направлении;
- выпуклая форма носовой части корабля ниже ватерлинии (бульб Юркевича) снижает волновое сопротивление при движении на большой скорости:

Вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные, например, гидростатические или аэростатические направляющие станков:



Присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины, трубы, находящейся в рабочей среде, например, к корпусу теплообменника прикрепляют «лепестки» из никелида титана, которые при повышении температуры корпуса «лепестки» отгибаются, увеличивая площадь теплообмена:

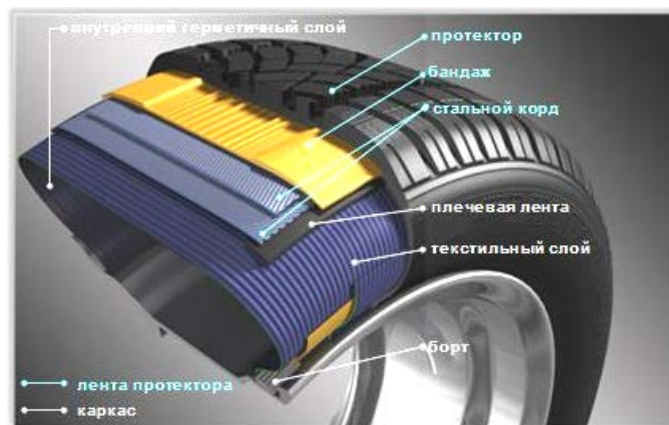


а

б

в

Заранее расставить элементы так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места, например, жесткий металлический диск, заранее расположен внутри автомобильной шины, что позволяет продолжать движение на спущенной шине без повреждения покрышки:



Перейти от неподвижного физического поля к движущемуся, например, поезд на магнитной подушке:



Библиографический список

1. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. Иванов, Г.И. Формулы творчества или как научиться изобретать? / Г.И. Половинкин - М.:Машиностроение, 1994. – 208 с.
3. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск: Наука, 1986.-236с.
4. Буш, Г.Я. Аналогия и техническое творчество / Г.Я. Буш. – Рига: АВОТС, 1981. – 320 с.

12.ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ п/п	Задание
1	2
1.	1. Основание пирамиды Хеопса имеет абсолютно точную нивелировку, хотя занимает площадь 4,5 га. Как древние египтяне, не имея современных высокоточных приборов для нивелировки, могли выполнить эту работу? 2. Предложите способ удаления сломанного метчика из отверстия.
2.	1. Как узнать, какой из радиоэлементов перегревается при работе и его следует заменить? 2. Предложите способ измерения температуры в зоне резания при механической обработке на токарном станке.
3.	1. Формовочный автомат каждую секунду выдает одну круглую таблетку. Она катится по наклонному лотку и попадает на приемный стол линии упаковки. Бывает, что автомат выдает брак: таблетку не круглой формы, а со сколами по краям или же вообще расколотую на две половинки. Как, не применяя каких-либо специальных механизмов, отделить бракованные таблетки от целых? 2. Предложите способ измерения температуры в зоне резания при механической обработке на фрезерном станке.
4.	1. Во многих крупных городах автомобильные перекрестки оборудуются специальными светофорами, которые сами регулируют длительность свечения красного или зеленого цвета в зависимости от количества скопившихся автомашин. Как это может быть? 2. Предложите способ измерения температуры в зоне резания при механической обработке на шлифовальном станке.
5.	1. В бункер по трубопроводу самотеком подается песок. По мере заполнения бункера требуется перекрывать трубопровод, но любые задвижки или краны быстро истираются песком. Предложите способ перекрытия трубопровода. 2. В процессе обработки детали резанием она нагревается и после остывания изменяет свой размер, в результате чего возникает погрешность обработки. Предложите способ компенсации этой погрешности.
6.	1. На северных метеостанциях требуется зимой (часто в лютые морозы) четыре раза в сутки опускать в прорубь приборы для замеров параметров воды и взятия пробы. Работа осложняется тем, что прорубь через 2—3 часа полностью замерзает и ее приходится пробивать заново. Никаких сложных механизмов на метеостанции нет. Как освободить работника метеостанции от ручной работы по пробиванию проруби? 2. Предложите способ удаления стружки из отверстий в процессе сверления.
7.	1. В цех на катках вкатили тяжелый пресс массой более 40 т и установили над фундаментом глубиной 0,5 м, куда его следовало опустить, убрав катки. Подходящего грузоподъемного оборудования не оказалось, поэтому монтаж пресса остановился и план пуска цеха срывался. Предложите выход из создавшегося положения. 2. Предложите способ определения работоспособности резца в процессе обработки.
8.	1. Как, не сливая воду из трубопроводной системы, заменить ее поврежденный участок? 2. Предложите способ определения работоспособности фрезы в процессе обработки
9.	1. Плужковый сбрасыватель сыпучих материалов с ленты конвейера должен плотно и сильно прижиматься к поверхности ленты. Однако при этом лента недопустимо быстро изнашивается. Как устранить износ ленты? 2. Предложите способ определения внутренних раковин в отливках.
10.	1. Как предотвратить истирание днища ковша экскаватора? 2. Предложите способ определения скрытых трещин в изделии.

11.	1. Известно, к каким последствиям может привести замороженная в тепловых радиаторах вода. Внесите минимальные изменения в конструкцию радиаторов, позволяющие не допустить его разрывов при замерзании воды. 2. Предложите способ автоматического измерения диаметра детали при токарной обработке.
12.	1. Как с помощью обычного медицинского термометра измерить температуру мухи или червяка? 2. Предложите способ автоматического измерения размера детали при фрезеровании.
13.	1. Нужно транспортировать влажную глину шнековым винтовым питателем, но глина прилипает к поверхности шнека и не продвигается вперед. Предложите решение этой задачи. 2. Предложите способ контроля износа резцов в процессе обработки.
14.	1. Зимой на дно открытого водохранилища для гидроизоляции уложили полиэтиленовую пленку. Для того чтобы пленка долго сохранялась, ее нужно было закрыть слоем грунта. Привезли грунт, сложили у края котлована и попробовали его разровнять на пленке с помощью бульдозера, но гусеницы бульдозера прорвали пленку. Предложите решение этой задачи. 2. Предложите способ автоматической сортировки шариков подшипников по отклонениям их размеров от номинальных значений.
15.	1. Нужно склепать между собой две плоские пластины, которые впоследствии образуют шарнир. Если заклепку, служащую осью, расклепать сильно, то пластины будут плотно прижаты друг к другу, но не смогут проворачиваться. Если слабо, то пластины будут проворачиваться, но будут слабо закреплены. Поэтому пластины не должны иметь зазора, чтобы их закрепление было хорошим, и в то же время зазор необходим, чтобы пластины были подвижными. Как это осуществить? 2. Предложите способ автоматической компенсации погрешностей диаметров деталей при токарной обработке, вызванных износом режущих инструментов.
16.	1. Как определить направление движения холодной воды в закрытом стальном трубопроводе? 2. Предложите способ завальцовки вала с подшипниками в цилиндрическую обечайку (трубу).
17.	1. Как пробить швейной иглой медный пятак? 2. Предложите способ автоматического контроля поломки режущих инструментов при обработке на токарных станках.
18.	1. Как аккуратно и точно просверлить отверстие в трубке, изготовленной из полиэтиленовой пленки? 2. Предложите способ автоматического контроля поломки режущих инструментов при обработке на фрезерных станках.
19.	1. Это случилось в прошлом веке. При строительстве железной дороги на ровном месте оказался огромный валун. Запрягли всех лошадей, но оттащить камень не удалось. Изменять трассу железной дороги нельзя. Как можно решить эту задачу? 2. Предложите способ автоматизированного контроля шероховатости поверхностей деталей при обработке на токарном станке с числовым программным управлением.
20.	1. Петр I спешно создавал российский флот. Корабли строились и зимой и летом. Если летом спуск построенных кораблей с берега в воду по дощатому наклонному настилу проходил нормально, то зимой возникали сложности. Набрав скорость, с дощатого настила корабль врезался в лед, который наносил деревянным корпусам кораблей значительные повреждения. Можно было предварительно делать большие полыньи, но это была длительная и утомительная работа. Российские корабли научились спускать корабли зимой на лед без ущерба для деревянных корпусов. Как им удалось это сделать? 2. Предложите способ контроля силы резания при обработке на токарных станках.
21.	1. Как определить момент затвердения (схватывания) бетонной смеси? 2. Предложите способ контроля силы резания при обработке на фрезерных станках.

22.	1. Предложите компас для слепых. 2. Предложите способ диагностики работоспособности подшипников металлообрабатывающих станков.
23.	1. В глубокую скважину опустили взрывчатое вещество и подорвали его. Под землей образовалась обширная полость. Как определить ее объем? 2. Предложите способ автоматического дробления сливной стружки в процессе обработки на металлообрабатывающих станках.
24.	1. Внутренняя поверхность труб покрывается отложениями транспортируемого материала. Возникает необходимость периодической чистки. Как, не разрушая трубу, вести контроль за величиной отложений? 2. Предложите способ автоматического удаления стружки после обработки на токарных станках.
25.	1. В керамическом сосуде нужно отшлифовать внутренние стенки каналов. Когда каналы были достаточно большого диаметра, в них вводили соответствующих размеров шлифовальный наконечник и вращали его с помощью гибкого вала. Для шлифования капиллярных каналов этот инструмент явно не годится. Что Вы можете предложить? 2. Предложите способ автоматического удаления стружки с базирующих поверхностей установочных приспособлений токарных станков с числовым программным управлением.
26.	1. Две стеклянные пластины расположены одна над другой. Их поверхности нагревают горячим воздухом. Нужно дождаться, когда поверхности стекол «потекут», и в этот момент сжать их. Так получают некоторые оптические элементы. Предложите способ, позволяющий сигнализировать с высокой точностью момент расплавления поверхности стекла. 2. Предложите способ автоматического удаления стружки с базирующих поверхностей установочных приспособлений фрезерных станков с числовым программным управлением.
27.	1. В одном из музеев наибольший интерес у посетителей вызывали старинные часы. Особенность была в том, что их никто никогда не заводил, но тем не менее они в течение вот уже более двух столетий исправно отсчитывают время. Как это может быть? Откуда часы могут брать энергию? 2. Предложите способ автоматического удаления стружки с базирующих поверхностей установочных приспособлений сверлильных станков с числовым программным управлением.
28.	1. Всем знакомо устройство для сушки рук нагретым воздухом, так называемое «Электрополотенце». Встроенный в него вентилятор засасывает холодный наружный воздух, гонит его через ряд нагретых электроспиралей и выталкивает наружу. Предложите решение, которое позволит при той же эффективности устройства значительно уменьшить потребление электроэнергии, которая идет на подогрев воздуха. 2. Предложите способ автоматического контроля и сортировки деталей на годные и брак после обработки на токарном станке.
29.	1. Как очистить длинную проволоку от ржавчины, не применяя никаких специальных щеток или приспособлений? 2. Предложите способ автоматического контроля и сортировки деталей на годные и брак после обработки на фрезерном станке.
30.	1. По наклонному лотку скатываются кнопки острием вверх. Некоторые из кнопок расположены острием вниз. Нужно обнаружить неправильно лежащие кнопки и повернуть их. Как это сделать? 2. Предложите способ автоматического контроля и сортировки деталей на годные и брак после обработки на шлифовальном станке.

Содержание

1. ТИПЫ ТВОРЧЕСТВА.....	4
2. ПРОЦЕСС ТВОРЧЕСТВА.....	5
3. СХЕМА ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ	5
4. СТРУКТУРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	8
5. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	9
6. ПРОТИВОРЕЧИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	10
7. МЕТОДЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ	11
7.1. Метод мозгового штурма.....	11
7.2. Метод морфологического анализа.....	13
7.3. Метод контрольных вопросов.....	14
7.4. Метод эвристических приемов	16
8. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА НОВЫХ РЕШЕНИЙ	17
9. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ.....	22
10. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРЕБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ.....	32
10.1. Преобразование формы	32
10.2. Преобразование структуры	33
10.3. Преобразования в пространстве	34
10.4. Преобразования во времени	35
10.5. Преобразование движения и силы.....	36
10.6. Преобразование материала и вещества	36
10.7. Приемы дифференциации	38
10.8. Количественные изменения	38
10.9. Использование профилактических мер.....	39
10.10. Использование резервов	40
10.11. Преобразования по аналогии	41
10.12. Повышение технологичности	41
11. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ	42
Библиографический список	44
12. ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	45

Подписано в печать 23.06.2014.

Усл. печ. л. 3,0

Тираж 20 экз.

Печать офсетная.

Бумага писчая.

Заказ № 299.

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15