

А.В. Гордеев

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Часть 1

**Учебное пособие для студентов
машиностроительных специальностей**



**Тольятти
ТГУ
2008**

**Федеральное агентство по образованию
Тольяттинский государственный университет**

**Автомеханический институт
Кафедра «Оборудование и технологии
машиностроительного производства»**

А.В. Гордеев

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Часть 1

**Учебное пособие для студентов
машиностроительных специальностей**

Тольятти
ТГУ
2008

УДК 658.512.2(075.8)

ББК 74.200.585.01

Г68

Рецензенты:

д.т.н., профессор *О.И. Драчев*;

акад. РАЕН, д.т.н., засл. деятель науки и техники РФ,

профессор *В.И. Столбов*.

Г68 Гордеев, А.В. Основы технического творчества : учебное пособие / А.В. Гордеев. – Тольятти : ТГУ, 2008. – Ч. 1. – 216 с.

В книге в доступной, увлекательной форме рассказано о методике изобретательства. Изложены наиболее эффективные методы решения изобретательских задач. Приведено большое число задач с решениями, полученными различными методами.

Книга представляет интерес для рабочих и инженерно-технических работников, учащихся и студентов машиностроительных специальностей.

Рекомендовано к изданию методической комиссией автомеханического института Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-0451-1

© Тольяттинский государственный университет, 2008

© А.В. Гордеев, 2008

ОТ АВТОРА

Будущее нашего народа зависит от состояния в стране профессии изобретатель. Безусловно, та страна окажется в будущем самой сильной в борьбе за существование, в которой будет наибольшее число самостоятельно работающих изобретателей.

Акад. П.И. Вальден

Для того чтобы человек стал мореплавателем и открыл новые земли, нужен не только учебник навигации, но и «Робинзон Крузо».

И.Я. Маршак

Технический прогресс, определяющий уровень развития как страны, так и человеческой цивилизации в целом, обуславливается созданием новых, более прогрессивных, чем известные, изделий и технологий. Поэтому для молодого специалиста – рабочего, техника, инженера – мало научиться решать такие теоретические и практические задачи, для которых уже имеется готовая постановка (модель) задачи, даётся способ её решения в виде чёткого алгоритма, имеются примеры решения задач по этому способу. Важно научиться решать творческие задачи, то есть такие, для которых зачастую нет чёткой формулировки задачи, нет готового алгоритма её решения, неизвестна область поиска решения, нет примеров решения аналогичных или близких задач, ответ может быть многовариантным.

Ещё совсем недавно у нас бытовало мнение, что процесс творчества, в том числе и технического, непознаваем, что изобретения делаются в результате «внезапного озарения», что процессом творчества нельзя управлять. И лишь с 60-х годов прошлого столетия отношение специалистов к процессу творчества начинает меняться, разрабатывается технология технического творчества, которая, в конце концов, формируется в теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ). Основоположителем ТРИЗ по праву считается наш соотечественник, советский писатель-фантаст и инженер-изобретатель Генрих Саулович Альтшуллер. В основе ТРИЗ лежит знание основных законов развития техники. Для изучения этих законов, выработки осмысленного применения их при совершенствовании объектов техники, освоения основных методов решения изобретательских задач во многих вузах, колледжах, технических училищах введена учебная дисциплина «Основы технического творчества».

Цель данной книги – познакомить читателя с основными положениями ТРИЗ, помочь ему овладеть интенсивной технологией создания новых прогрессивных технических решений.

Конечно, в какой-то мере технологией создания новых технических решений можно овладеть интуитивно, в результате производственной деятельности. Нам известны имена выдающихся изобретателей, в том числе и отечественных, которые пришли к созданию принципиально новых изделий и технологий в результате многолетнего кропотливого, напряженного, самоотверженного труда. Изобретение в 1717 году Андреем Константиновичем Нартовым токарного станка с цепным приводом, а затем и токарно-винторезного станка более чем на полвека опередило изготовление аналогичного станка англичанином Генри Модсли (1797 г.). Изобретение в 1763 году Иваном Ивановичем Ползуновым паровой машины для откачки воды из шахты проложило прямую дорогу к созданию англичанином Джеймсом Уаттом в 1774 году универсального парового двигателя. В 1779 году знаменитый русский изобретатель Иван Петрович Кулибин создал первый прожектор, свет от которого был виден на 30 км. В 1832 году Павел Львович Шиллинг изобрёл электромагнитный телеграф и проложил первую подземную телеграфную линию в Петербурге. Борис Семёнович Якоби в 1838 году испытал первое в мире судно с электрическим двигателем, кстати, им же изобретённым. Известный русский металлург Павел Петрович Аносов сумел в 1841 году раскрыть секрет получения знаменитой булатной стали. В 1864 году из Кронштадта в Ораниенбаум прошёл сквозь лёд первый ледокол «Пилот» («Пайлот») купца Бритнева, построенный им по идее неизвестного капитана, положивший начало ледокольному флоту. Создание «электрической свечи» Павлом Николаевичем Яблочковым в 1875 году и лампы накаливания Александром Николаевичем Лодыгиным в 1873 году дало толчок разработкам выдающегося американского изобретателя Томаса Эдисона в этом направлении. В 1880 году Фёдор Абрамович Блинов создал первый гусеничный трактор, положив начало новому направлению в развитии наземного транспорта. В 1881 году приговорённый к смерти народоволец Николай Иванович Кибальчич составил описание изобретённого им реактивного летательного аппарата, усовершенствованного потом Константином Эдуардовичем Циолковским. В 1882 году русский инженер Николай Николаевич Бенардос, используя явление электрической дуги, открытое Василием Владимировичем Петровым, изобрёл способ электрической сварки металлов с помощью угольного электрода. Этот способ в 1887 году был усовершенствован Николаем Гавриловичем Славяновым, заменившим угольный электрод металлическим – так родилась электросварка,

самый распространенный ныне способ неразъёмного соединения металлов. В 1888 году Михаил Осипович Доливо-Добровольский изобрёл и построил первый трёхфазный генератор и асинхронный электродвигатель трёхфазного тока, позднее не раз им же усовершенствованные. В 1891 году Сергей Иванович Мосин изобрёл знаменитую трёхлинейную винтовку, в руках с которой три поколения российских воинов более полувека защищали Родину. В 1893 году Михаил Филиппович Фрейденберг создал первую в мире автоматическую телефонную станцию – АТС. В 1895 году Александр Степанович Попов изобрёл радио – одно из наиболее выдающихся достижений технической мысли, положившее начало новому виду связи. А в 1907 году русский инженер Борис Львович Розинг создаёт электроннолучевую трубку, позволившую ему осуществить в 1911 году первую в мире телевизионную передачу. Владимир Григорьевич Шухов в 1890 году, а затем Николай Дмитриевич Зелинский предложили новый способ переработки нефти, что позволило в четыре раза увеличить выход бензина и повысить его качество. Сергей Васильевич Лебедев в 1908 году впервые получил синтетический каучук. В 1911 году Глеб Евгеньевич Котельников разработал ранцевый спасательный парашют. В 1921 году Яков Модестович Гаккель спроектировал один из первых тепловозов, который был построен в 1924 году. В 1939 году авиаконструктор Сергей Владимирович Ильюшин создал бронированный самолёт – штурмовик ИЛ-2, положивший начало новому классу боевой авиации. В 1943 году Борис Романович и Нина Иосифовна Лазаренко изобрели принципиально новый способ обработки материалов – электроискровую обработку. В 1947 году Михаил Тимофеевич Калашников создал знаменитый автомат АК, который и сегодня является лучшей базовой моделью стрелкового оружия. В 1950 году Андрей Дмитриевич Сахаров и Игорь Евгеньевич Тамм разработали управляемый термоядерный реактор. В 1954 году в Советском Союзе была пущена первая в мире атомная электростанция. В 1959 году спущен на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин». В 1960 году Николай Геннадиевич Басов и Александр Михайлович Прохоров создали первый оптический квантовый генератор (лазер). Известны достижения отечественных изобретателей последних лет – автоматическая роторная линия, искусственные алмазы, электрошлаковая сварка, крупнейший в мире синхрофазотрон, атомная подводная лодка, первый в мире завод-автомат, противоракетный комплекс «Тополь», координатно-измерительная машина, самый стойкий инструментальный материал минералокерамика, крупнейший в мире транспортный самолёт «Антей», самые мощные прокатные станы, первый искусственный спутник Земли, запуск человека в космос. Свыше 2,5 миллионов изобретений зарегистрировано только за советский и постсоветский периоды истории нашей страны.

Осмелимся предположить, что изобретений было бы ещё больше, если бы наши специалисты владели основами ТРИЗ. Будем надеяться, что овладение основами технического творчества даст новый толчок изобретательской активности нашей молодёжи. Ведь по мере технического прогресса число проблем, требующих решения, отнюдь не уменьшается. Вот, например, выдержка из сводного прогноза отечественных и зарубежных специалистов по поводу актуальных проблем техники, которые необходимо решить до 2000 года, опубликованного в 1973 году в журнале «Химия и жизнь»: создание автомобильного топлива, не загрязняющего атмосферу; создание твердотопливного ядерного двигателя; электронные источники света; газотурбинные автомобили из пластмасс; производство пластмасс прочнее металла; экономичное опреснение воды; голографическое трёхмерное телевидение; биохимические топливные элементы; атомные двигатели на железной дороге; наручные телевизоры; управляемый термоядерный синтез; постоянные автоматические станции на соседних планетах и многое другое. Мы видим, что далеко не все прогнозы учёных сбылись. И перед нынешним поколением стоит несколько не меньше проблем, чем перед предыдущими поколениями.

Это интересно:

Слуховой аппарат изобрёл американец Миллер Риз Хатчинсон в 1901 году. Он же является изобретателем клаксона. Друг изобретателя Марк Твен сказал ему:

— Ты изобрёл клаксон, чтобы люди глохли, а оглохнув, пользовались твоим аппаратом, чтобы слышать.

1. ПОГОВОРИМ О ТВОРЧЕСТВЕ

В наше время долгие поиски решения свидетельствуют не только о настойчивости изобретателя, но и о плохой организации творческой работы.

Г.С. Альтигуллер

Кто не знает, в какую гавань он плывёт, для того нет попутного ветра.

Сенека

В процессе продвижения человечества по пути прогресса оно вынуждено решать самые разнообразные задачи — политические, экономические, нравственные и др. Среди этих задач важное место принадлежит и техническим задачам.

Технической задачей будем называть задачу из любой области человеческой деятельности, решаемую техническими средствами.

А что такое технические средства? Техника — это совокупность средств и приёмов труда, которые являются объектами техники. Следовательно, технической можно считать задачу из любой области человеческой деятельности, решаемую с помощью объектов техники.

Объекты техники принято разделять на три типа: устройства (конструкции), способы (технологии) и вещества.

Устройство — это объект техники, характеризующийся *конструктивными* свойствами. К конструктивным свойствам относятся наличие определенных узлов, деталей, элементов, их форма, материал, взаимное расположение, взаимосвязь, соотношение размеров, взаимодействие при работе. Устройствами являются машины (автомобиль, металлорежущий станок, промышленный робот), их узлы (двигатель, коробка скоростей, узел захвата) и детали (коленчатый вал, шпиндель), механизмы (вариатор скоростей), приборы (вольтметр), инструменты (режущие, вспомогательные, мерительные).

Способ — это объект техники, характеризующийся *действиями*, их последовательностью, условиями выполнения, режимом, применяемыми вспомогательными средствами. К способам относятся технологические процессы (обработка давлением, сварка, обработка резанием, термообработка, шлифование), методы измерения (сил, температур), испытания, контроля.

Вещество — это объект техники, характеризующийся *составом*. К веществам относятся механические смеси (шлифовальная паста,

смазывающе-охлаждающая жидкость, абразивная смесь), вещества, полученные физико-химическим превращением (сплавы металлов, минералокерамика, металлокерамические твёрдые сплавы), химические вещества (бензин, электрокорунд).

Совокупность однородных объектов, выполняющих одинаковые функции, называют *видом техники*. Например, токарный резец из быстрорежущей стали, токарный резец с припаянной пластиной, фасонный токарный резец и т.п. составляют вид техники «Токарные резцы». Токарный резец, строгальный резец, зубострогальный резец составляют вид техники «Резцы». Резец, фреза, сверло и т.п. составляют вид техники «Режущие инструменты».

Совокупность близких видов техники, предназначенных для решения близких задач, называют *областью техники*. Например, режущие инструменты, приспособления, металлорежущие станки, смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ) относятся к области техники «Обработка резанием».

Сложные объекты техники могут содержать в своём составе более простые объекты. Например, станок содержит станину, коробку скоростей, суппорт и т.д. В свою очередь, коробка скоростей содержит валы, зубчатые колеса, муфты и др. Совокупность нескольких объектов, находящихся во взаимосвязи или взаимодействии называют *технической системой*.

Любой объект представляет совокупность *технических решений*. Каждое техническое решение, как и объект техники, представляет собой устройство, способ или вещество.

Техническое решение характеризуется совокупностью *существенных признаков*. Существенными будем считать такие признаки технического решения, отсутствие которых лишает объект возможности выполнять свои функции либо делает невозможным достижение цели, поставленной при его создании. Например, устройство можно характеризовать такими группами существенных признаков:

- а) элементы (например, токарный резец содержит режущую часть и державку, режущая часть содержит главную и вспомогательную режущие кромки);
- б) форма элементов (режущая часть имеет форму клина, главная режущая кромка прямолинейная);
- в) материалы (режущая часть выполнена из твёрдого сплава);
- г) взаимное расположение элементов (главная режущая кромка составляет с осью резца угол $90^\circ - \varphi$);
- д) взаимосвязь элементов (режущая часть припаяна к державке);
- е) соотношение размеров (высота державки в 1,2–2 раза больше ширины).

Рассмотрим пример. Требуется обработать за смену 10 заготовок валов. Рабочему следует выполнить все требования чертежа и технологической карты, и задача будет решена.

Техническую задачу, решение которой состоит в выполнении заранее заданных действий заданными средствами в заданных условиях, будем называть **исполнительской задачей**.

Исполнительская задача имеет единственное правильное решение.

Усложним задачу. Пусть требуется обработать за смену не 10, а 15 валов. На том же оборудовании, тем же режущим инструментом при тех же режимах обработки задачу не решить. Нужно повысить производительность обработки, то есть каждую деталь обрабатывать в 1,5 раза быстрее. Если пренебречь для простоты потерями вспомогательного времени, производительность обработки P можно представить выражением:

$$P=ASV, \quad (1.1)$$

где A – постоянная,

S – подача (перемещение инструмента за 1 оборот заготовки), мм/об;

V – скорость резания, м/мин.

Из выражения (1.1) видно, что повысить производительность P в 1,5 раза можно тремя принципиально различными путями:

1) Повысить скорость резания V в 1,5 раза. Но при обработке металлов резанием действует так называемый закон T - V , согласно которому с увеличением скорости резания V уменьшается стойкость инструмента T :

$$T = C/V^x \quad (1.2)$$

причём, как правило, $x > 1$. Это означает, что при увеличении V режущий инструмент будет быстрее выходить из строя, его нужно будет чаще менять, расход инструмента резко возрастет, возрастут расходы на переточку инструмента и т.п.

2) Увеличить подачу S в 1,5 раза. Но известно, что при этом пропорционально возрастёт глубина рисков на обработанной поверхности, увеличится шероховатость поверхности Ra :

$$Ra = BS^y \quad (1.3)$$

Величина шероховатости может при этом превысить допустимое значение, и тогда потребуются дополнительная обработка.

3) Одновременно увеличить V и S . Ясно, что стойкость инструмента снизится, а шероховатость увеличится, хотя и в меньшей степени, чем в случаях 1 и 2.

Какое же решение принять?

Техническую задачу, в которой из множества возможных решений требуется выбрать оптимальное, будем называть *инженерной* задачей.

Для решения инженерной задачи требуются определенные инженерные знания, то есть знание основных закономерностей, действующих при различных путях её решения.

Инженерная задача всегда содержит в себе противоречия. Эти противоречия состоят в том, что при попытке улучшить одно свойство технической системы (например, увеличить V или S) ухудшаются другие его свойства (снижается стойкость инструмента, возрастает шероховатость). Такие противоречия называют техническими противоречиями.

Техническое противоречие – это противоречие между *свойствами* системы при её изменении.

Техническое противоречие вытекает из анализа условия задачи, при попытке решить задачу напрямую.

Решение инженерной задачи состоит в разрешении выявленного технического противоречия.

Существует два принципиальных пути решения инженерной задачи.

1) Частично удовлетворяются оба требования технического противоречия, то есть, в какой-то мере усиливаются полезные свойства системы, но при этом в какой-то мере усиливаются и её вредные свойства.

Например, скорость резания V увеличивают не в 1,5 раза, а, скажем, в 1,3 раза. Это позволит обработать вместо 10 валов 13 (не 15!), но зато и падение стойкости инструмента будет незначительным. То есть, мы находим компромиссное решение.

Инженерную задачу, при решении которой оба условия технического противоречия реализуются частично, будем называть *компромиссной* задачей.

Для решения компромиссной задачи, как правило, достаточно инженерного опыта, содержащегося в технической литературе. Например, для получения оптимального решения поставленной выше задачи увеличения количества обработанных валов можно представить её в виде ряда технических ограничений и целевой функции:

$$\begin{aligned}
 T(S, V) &> T_0 \\
 \underline{Ra(S, V)} &< \underline{Ra_0} \\
 \Pi(S, V) &\rightarrow \max
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

где T_0 и Ra_0 — ограничивающие факторы, допустимые значения стойкости и шероховатости и решить относительно S и V с помощью ПК.

Но часто нас может не удовлетворить частичное разрешение технического противоречия. Тогда в результате анализа технического противоречия выявляют еще более глубокое противоречие — так называемое физическое противоречие.

Физическое противоречие — это противоречие между двумя противоположными **физическими состояниями** объекта, в которые он должен быть приведён для решения задачи.

Для того чтобы усилить полезное свойство технической системы, какой-то её элемент должен находиться в одном физическом состоянии. Для того чтобы ослабить вредное свойство системы, он должен находиться в противоположном физическом состоянии. Например, объект должен быть горячим и холодным, большим и малым, тяжёлым и лёгким, подвижным и неподвижным и т.п.

Вернёмся к задаче об обработке валов. Видим следующие физические противоречия:

- для того чтобы производительность обработки была высокой, скорость резания должна быть высокой; для того, чтобы стойкость инструмента была высокой, скорость резания должна быть низкой;

- для того чтобы производительность обработки была высокой, подача должна быть большой; для того, чтобы шероховатость поверхности была малой, подача должна быть малой.

Более чёткие, краткие формулировки физического противоречия:

- скорость резания должна быть высокой и низкой;

- подача должна быть большой и малой.

(В компромиссной задаче мы бы сказали: скорость и подача должны быть оптимальными)

Если ещё более обострить выявленные физические противоречия, то получим их так называемую жёсткую формулировку:

- скорость резания должна быть и не должна быть;

- подача должна быть и не должна быть.

Выявление физического противоречия позволяет получить более эффективное решение технической задачи путём полного разрешения противоречия, то есть удовлетворить оба противоречивых требования к объекту. Не компромисс требований, а именно разрешение противоречия.

Инженерную задачу, при решении которой удовлетворяются оба противоположных требования технического или физического противоречия, будем называть *творческой* задачей.

Физические противоречия на первый взгляд кажутся абсурдными, заведомо неразрешимыми. Но именно только на первый взгляд. Как мы увидим в дальнейшем, в большинстве технических задач только выявление физического противоречия может привести к их эффективно-му решению. В качестве примера рассмотрим задачу, взятую нами, как и многие другие в этой книге, из интересной книги Г.С.Альтшуллера «Творчество как точная наука»:

Задача 1.1. В цехе обрабатывают стёкла оптических приборов. В качестве инструмента используют полировальник из затвердевшей смеси синтетической смолы с абразивным порошком. Полировальнику сообщают вращение, вводят в контакт с обрабатываемым стеклом и, прикладывая небольшое усилие, производят обработку. Чем больше скорость вращения V полировальника и чем больше сила P прижатия, тем выше производительность обработки.

Но увеличение V или P ведет к интенсивному теплообразованию в контакте полировальника со стеклом и повышению температуры контакта. В результате смола размягчается, появляется брак.

Как быть?

Первое, что приходит в голову – применить смазывающе-охлаждающую жидкость (СОЖ). Зону обработки поливают струёй эмульсии на основе воды (вода, как известно, является одним из самых эффективных охлаждающих средств). СОЖ охлаждает и полировальник, и стекло, в результате чего часть образующегося тепла из зоны контакта отводится в эти тела. Но поскольку СОЖ не попадает непосредственно в контакт, эффективность охлаждения весьма мала.

Чтобы СОЖ попадала непосредственно в контакт, в полировальнике делают сквозные отверстия. Чем больше этих отверстий и чем больше их диаметр, тем больше СОЖ будет попадать в контакт, тем эффективнее будет охлаждение. Однако с увеличением числа отверстий и их диаметра соответственно уменьшается площадь рабочей поверхности полировальника, в работе участвует меньше абразивных зерен, ухудшается шероховатость обработанной поверхности.

Возникает техническое противоречие: увеличение диаметра и числа отверстий снижает температуру контакта, но одновременно уменьшает рабочую поверхность инструмента.

Анализируя данное техническое противоречие, выявляем физическое противоречие: для снижения температуры контакта отверстия

должны быть большими (отверстий должно быть много); для увеличения рабочей поверхности инструмента отверстия должны быть малыми (отверстий должно быть мало).

Более кратко: отверстия должны быть большими и малыми (отверстий должно быть много и мало).

Жёсткая формулировка физического противоречия: отверстия должны быть и не должны быть.

То есть в пределе поверхность полировальника должна быть сплошной рабочей поверхностью и одновременно сплошным отверстием, чтобы пропускать СОЖ. Нелепость? Не спешите с выводами. Можно, например, изготовить полировальник из льда с замороженным в него абразивным порошком. При полировании лёд будет плавиться тем интенсивнее, чем интенсивнее обработка. Оба требования физического противоречия выполняются: вся поверхность является рабочей, и одновременно вся она выполняет функции отверстия для подвода СОЖ.

Целью решения творческих задач является совершенствование объектов техники (устройств, способов, веществ) путём применения прогрессивных технических решений. Прогрессивными будем называть такие технические решения, которые обеспечивают наибольшую эффективность при применении, по сравнению с известными аналогами.

Эти прогрессивные технические решения могут быть известными для мировой технической мысли.

Творческую задачу, решение которой состоит в использовании известных технических решений по традиционному назначению, будем называть *рационализаторской* задачей.

Прогрессивные технические решения могут быть *созданы* в процессе решения творческой задачи. Такие технические решения, содержащие хотя бы один новый существенный признак, называют *изобретениями*.

Изобретения – это вершина технического творчества. Ежегодно в мире делается свыше 350 тыс. изобретений. Изобретения в каждой стране охраняются законом, как и любая интеллектуальная собственность. Документом, удостоверяющим право собственности на изобретение, является *патент*. К каждому патенту обязательно прилагается подробное описание изобретения. Собрание всех описаний изобретений называют *патентным фондом*. Патентные фонды имеются в библиотеках. Самый полный патентный фонд – свыше 20 млн. описаний изобретений из всех стран мира – имеется в Центральной патентной библиотеке. Патентные фонды – это клад прогрессивных технических решений из любой отрасли. Почти все рассматриваемые в этой книге

примеры задач и их решения взяты из патентного фонда. Ещё больше интересных технических решений вы сможете найти сами, если обратитесь к патентному фонду.

Техническую задачу, решение которой состоит в создании нового технического решения, будем называть *изобретательской* задачей.

Рационализаторская задача всегда является инженерной задачей, но не обязательно является творческой. Изобретательская задача всегда является творческой.

Процесс решения творческой технической задачи будем называть *техническим творчеством*.

Выводы

Техническая задача — это задача из любой области, решаемая техническими средствами. Объектами техники могут быть устройство, способ или вещество. Любой объект представляет совокупность технических решений. Совокупность взаимосвязанных объектов составляет техническую систему.

Решение технической задачи состоит в устранении противоречий: технического — между положительными и отрицательными свойствами объекта; физического — между противоположными состояниями изменённого объекта.

Техническая задача может быть: исполнительской, имеющей одно решение; инженерной, имеющей множество решений, из которых выбирают оптимальное; компромиссной, решение которой лишь частично удовлетворяет требования противоречий; творческой, решение которой устраняет техническое или физическое противоречие. Целью решения творческой задачи является совершенствование объекта путём применения прогрессивных технических решений, в том числе изобретений — неизвестных ранее технических решений.

Процесс решения творческих задач называют техническим творчеством.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие задачи мы называем техническими?
2. Какие объекты техники относятся к устройствам? Приведите примеры.

3. Какие объекты техники относятся к способам? Приведите примеры.
4. Какие объекты техники относятся к веществам? Приведите примеры.
5. Какие признаки технического решения считаются существенными? Приведите пример.
6. Какие задачи мы называем исполнительскими? Приведите пример.
7. Какие задачи мы называем инженерными? Приведите пример.
8. Что такое техническое противоречие? Приведите пример.
9. Что такое физическое противоречие? Приведите пример.
10. Какие задачи мы называем компромиссными? Приведите пример.
11. Какие задачи мы называем творческими? Приведите пример.
12. Какие задачи мы называем рационализаторскими? Приведите пример.
13. Какие задачи мы называем изобретательскими? Приведите пример.
14. Что мы называем техническим творчеством?

Это интересно:

Когда Эдисон спросил редактора газеты «Нью-Йорк Геральд» Томаса Коннери о впечатлении, которое произвела на него электрическая лампочка, тот шутливо ответил:

– Всё прекрасно, исключая одно. О газовый рожок я могу зажечь сигару. Ваши новомодные лампочки для этого не годятся.

Через несколько дней Эдисон посетил редакцию и преподнёс Коннери электрическую зажигалку.

Упражнения и примеры решений

Упражнение 1.1. Из приведённого ниже (с. 26) «Перечня объектов для усовершенствования» выберите любой объект. К какому виду техники его можно отнести? Какие ещё объекты можно отнести к этому виду техники?

Пример:

Объект техники – молоток. Его можно отнести к виду техники «Молотки». К этому виду техники можно отнести объекты: молоток слесарный, молоток строительный, молоток альпинистский, молоток клепальный, молоток геологический, молоток мясоразделочный. Можно отнести молоток к виду техники «Слесарный инструмент». К этому виду техники можно отнести также зубило, отвёртку, гаечный ключ.

Упражнение 1.2. К какому типу объектов (устройство, способ, вещество) можно отнести данный объект и почему?

Молоток характеризуется конструктивными свойствами, а именно: состоит из определенных деталей (боёк, рукоятка), определённой формы (боёк в виде параллелепипеда, рукоятка в виде стержня), выполненных из определённых материалов (боёк стальной, рукоятка деревянная), расположенных определённым образом (рукоятка вставлена в отверстие бойка), связанных между собой (рукоятка вставлена с натягом и расклинена), с определённым соотношением размеров (рукоятка длиннее бойка, отверстие в бойке соответствует сечению рукоятки), взаимодействующих при работе (молоток берут за рукоятку и бойком наносят удар). Следовательно, молоток является *устройством*.

Упражнение 1.3. Какие технические решения входят в данный объект?

Молоток содержит следующие технические решения:

- молоток, общая компоновка;
- боёк;
- рукоятка;
- материал бойка;
- соединение бойка с рукояткой;
- способ изготовления молотка;
- способ использования молотка и др.

Упражнение 1.4. Назовите существенные признаки одного из технических решений в выбранном объекте.

Существенные признаки технического решения «Боёк»:

- боёк имеет форму прямоугольного параллелепипеда;
- параллелепипед имеет скос;
- боёк содержит сквозное отверстие;
- ось отверстия перпендикулярна оси бойка;
- отверстие имеет форму эллипса;
- боёк выполнен из металла.

Упражнение 1.5. Постройте иерархическую схему технической системы с участием выбранного объекта.

Объект – молоток плотницкий.

Молоток входит в техническую систему «Молоток, доска, гвоздь».

Молоток содержит подсистемы: боёк, рукоятка.

Упражнение 1.6. Придумайте исполнительскую задачу с участием выбранного объекта. Почему эту задачу следует считать исполнительской?

Требуется забить гвоздь в доску.

Гвоздь приставляют заострённым концом к доске, молоток берут за рукоятку, поднимают и, резко опуская вниз, несколько раз наносят бойком удар по шляпке гвоздя. Задача решена.

Данная задача является исполнительской, так как её решение состоит в выполнении заданных действий заданными средствами в данных условиях. Задача имеет единственное решение.

Упражнение 1.7. Придумайте теперь инженерную задачу с участием выбранного объекта. Почему эту задачу следует считать инженерной?

Требуется забить гвоздь в доску, а через некоторое время вытащить его.

Забивают гвоздь молотком так же, как и в предыдущей задаче. Для выдёргивания гвоздя используют гвоздодёр – рычаг с изогнутым и расплюснутым концом, на котором выполнен клиновидный паз. Расплюснутым концом гвоздодёра приподнимают шляпку гвоздя, затем заводят под неё клиновидный паз и, опираясь изогнутой частью гвоздодёра о доску, поворачивают рычаг. Гвоздь вынимается из доски.

Задача может иметь и другие решения. Вместо гвоздодёра, например, можно использовать отвёртку, действуя ею как рычагом, используя в качестве опоры рукоятку молотка. В любом случае мы имеем техническое противоречие: увеличение числа функций (полезное свойство) ведёт к увеличению числа применяемых инструментов (вредное свойство). Поэтому задача является инженерной, а её решение – компромиссным.

Упражнение 1.8. А как будет выглядеть творческая инженерная задача?

Требуется молотком забить гвоздь в доску, а через некоторое время вытащить его. Применение дополнительных инструментов недопустимо.

Имеем физическое противоречие: для того, чтобы выдернуть гвоздь, нужно иметь гвоздодёр; для уменьшения количества инструментов гвоздодёра быть не должно.

Гвоздодёр должен быть и не должен быть.

Забивают гвоздь молотком так же, как и в предыдущей задаче. Для выдёргивания гвоздя в конструкцию молотка внесены изменения. Один конец бойка выполнен изогнутым и заострённым, с клиновидным пазом, как у гвоздодёра. При необходимости выдернуть гвоздь его шляпку приподнимают заострённым концом бойка, заводят под неё клиновидный паз и, опираясь изогнутым концом бойка о доску, поворачивают молоток за рукоятку.

Упражнение 1.9. Приведите примеры технических противоречий с участием выбранного объекта.

С увеличением массы бойка увеличивается сила удара, но при этом работа молотком становится труднее.

С увеличением длины рукоятки сила удара возрастает, но поднимать молоток становится труднее.

С увеличением зазора между отверстием бойка и рукояткой сборка молотка облегчается, но снижается надёжность закрепления рукоятки.

Упражнение 1.10. Приведите примеры физических противоречий с участием выбранного объекта.

Для увеличения силы удара боёк молотка должен быть тяжёлым; для облегчения работы молотком боёк должен быть лёгким.

Для увеличения силы удара рукоятка должна быть длинной; для облегчения подъёма молотка рукоятка должна быть короткой.

Для облегчения сборки молотка между отверстием бойка и рукояткой должен быть зазор; для обеспечения надёжности закрепления бойка на рукоятке зазора не должно быть.

Перечень объектов техники для усовершенствования

Авторучка	Кисть	Обои	Скворечник
Альбом	Клеши	Отвёртка	Сковорода
Багор	Ключ	Очки	Скрепка
Банка	Книга	Пакет	Спички
Бидон	Кнопка	Палатка	Стакан
Бинокль	Ковёр	Папка	Стамеска
Блокнот	Ковш	Патронташ	Стеллаж
Болт	Коврик	Парта	Стол
Борона	Колесо	Паяльник	Стремянка
Ботинки	Кольцо	Пенал	Стул
Бра	Компас	Перчатки	Сумка
Браслет	Конверт	Петля	Тарелка
Брелок	Корзина	Печка	Тележка
Брюки	Коробка	Планшет	Термос
Блюдце	Корыто	Плащ	Тетрадь
Бутылка	Костыль	Плитка	Трость
Валенки	Кофейник	Плоскогубцы	Топор
Варежки	Кошелёк	Подушка	Торшер
Ведро	Кошки	Полка	Точилка
Веер	Кресло	Полотенце	Тумбочка
Верёвка	Кроссовки	Понтон	Удочка

Верстак	Кружка	Поплавок	Указка
Весло	Крышка	Портфель	Флакон
Весы	Крюк	Посох	Фломастер
Винт	Крючок	Пояс	Фляжка
Гайка	Кувалда	Прищепка	Фонарь
Галстук	Кувшин	Пробирка	Фуражка
Гамак	Кусачки	Пружина	Циркуль
Гвоздоде́р	Ластик	Пряжка	Чайник
Гвоздь	Лестница	Пуговица	Чашка
Глобус	Линейка	Расчёска	Чемодан
Грабли	Лобзик	Ракетка	Чехол
Дверь	Лодка	Решётка	Шайба
Долото	Лом	Ролик	Шалаш
Зеркало	Лопата	Рубашка	Шампур
Зонт	Лупа	Рупор	Шапка
Зубило	Лыжи	Ручка	Шезлонг
Зубочистка	Мел	Рюкзак	Шило
Игла	Мензурка	Самокат	Шлагбаум
Каблук	Мешок	Сани	Шланг
Калитка	Молоток	Сапоги	Шлюпка
Канистра	Мотыга	Сачок	Шприц
Карабин	Мышеловка	Светильник	Штанга
Карандаш	Мяч	Свеча	Шуруп
Кастрюля	Напильник	Седло	Штопор
Катушка	Нож	Сейф	Шётка
Кеды	Ножницы	Сервант	Щипцы
Кейс	Носки	Свитер	Экран
Кирпич	Обложка	Сито	Ящик

Это интересно:

Первый велосипед был сделан английским кузнецом Кирпатриком Мак-милланом в 1839 году. В 1842 году он поехал на своём велосипеде в Глазго, где сбил на дороге ребёнка, за что был оштрафован на 5 шиллингов.

Это была первая в мире велосипедная авария.

2. В МИРЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Закон противоречий, присущий вещам, явлениям, то есть закон единства противоположностей, есть основной закон природы и общества и, следовательно, основной закон мышления.

В.И. Ленин

Наличие противоречия есть критерий истины, отсутствие противоречия – критерий заблуждения.

Георг Гегель

Изобретательство прошло большой путь, прежде чем изобретатели поняли, что для направленного поиска решения технической задачи необходимо, прежде всего, выявить содержащиеся в задаче противоречия. Вплоть до конца 19 столетия изобретения рождались либо в результате длительного, кропотливого, изнурительного поиска, либо в результате случайного озарения. Единственным методом поиска решения был так называемый метод проб и ошибок. Сущность этого метода заключается в простом переборе вариантов: а что, если сделать так?

Т.А. Эдисону пришлось провести около 6 тысяч опытов, чтобы найти подходящей материал для нити накаливания электрической лампы. А при создании щелочного аккумулятора он проделал 50 тысяч опытов. Основоположник химиотерапии П. Эрлих лишь в результате 606-й попытки создал знаменитый сальварсан – иногда его так и называют: сальварсан-606. Уже тогда стало ясно, что необходимо как-то упорядочить методику поиска решений. Но как это сделать, если процесс творчества, в том числе и технического, считался (а зачастую и сейчас считается) непознаваемым, а следовательно, и неуправляемым?

2.1. Модификации метода проб и ошибок

Как зарождается идея? Возможно, иногда она возникает подобно вспышке молнии, но обыкновенно вырисовывается на фоне бесчисленных ошибок после кропотливых изысканий. Всякий изобретатель работает в окружении огромного числа отвергнутых идей, проектови экспериментов. Много надо их перепробовать, чтобы достичь хоть чего-нибудь. Очень немногие выдерживают до конца.

Рудольф Дизель

Конечно, специалисты видели неэффективность метода проб и ошибок и всячески старались его усовершенствовать. При этом задача усовершенствования была одна: увеличить число проб, то есть интенсифицировать

процесс выдвижения идей, и уменьшить число ошибок, то есть увеличить долю полезных идей среди массы выдвигаемых предложений. Рассмотрим наиболее значимые, с нашей точки зрения, из этих усовершенствований.

В 1939 году Алекс Осборн (США) предложил метод коллективного творчества, который он назвал *мозговым штурмом* (мозговой атакой). В основе мозгового штурма лежит разделение процессов генерирования идей и их обсуждения. Делается это в условиях максимально благоприятной обстановки при полном отсутствии какой-либо критики. И лишь после окончания выдвижения идей начинается их обсуждение, причём участниками мозгового штурма на этой стадии могут быть уже совсем другие люди.

Метод оказался весьма плодотворным, за полчаса группа из 6–8 человек высказывала 50–100 идей. Но оказалось, что хорошие результаты мозговой штурм даёт главным образом при решении организационных задач. Из технических же задач решению этим методом поддаются лишь самые простые, а сами решения получаются тривиальными. Иначе и не могло быть: ведь каждый участник мозгового штурма выдвигал свои идеи, пользуясь всё тем же методом проб и ошибок.

Ещё один способ активизировать метод проб и ошибок – метод фокальных объектов, предложенный американским инженером Чарльзом Вайтингом. Сущность метода состоит в том, что на фокальный объект, то есть объект, находящийся в фокусе нашего внимания, переносят признаки случайно выбранных объектов. Так, если фокальным объектом является, например, токарный резец, а за случайный объект мы приняли колесо, то можно выйти на идеи круглого резца, вращающегося резца, резца с ободом и т.п.

В 1942 г. швейцарец Фриц Цвикки предложил метод, который он назвал морфологическим анализом. Сущность морфологического анализа заключается в том, что в совершенствуемом объекте выделяют основные элементы, а затем каждый элемент наделяют альтернативными признаками. Комбинируя варианты, получают множество различных исполнений объекта, среди которых могут оказаться и интересные решения. Так, в авиационной фирме в США, где работал Цвикки, с помощью морфологического анализа в конце второй мировой войны была разработана гамма ракет, среди которых, как потом стало известно, оказались и аналоги немецких ракет ФАУ-2, которыми немцы обстреливали Лондон.

Известно много других методов достаточно эффективного поиска технических решений. Но все они до недавнего времени являлись модификациями всё того же метода проб и ошибок. Нужен был принципиально новый подход.

Это интересно:

Один из биографов Марка Твена, демонстрируя чистый блокнот писателя, заметил, что это у него единственная книга, в которой нет оригинальных мыслей. Биограф ошибся. Оригинальная мысль была и здесь, только не художественная, а техническая. Именно Марк Твен предложил делать в блокноте перфорацию для облегчения отрыва листа.

2.2. Алгоритм выявления противоречий

Хромой, идущий по верному пути, обгонит сбившегося с дороги скорохода.

Френсис Бэкон

При постановке технической задачи технические, а тем более физические, противоречия не лежат на поверхности, их предстоит выявить в результате анализа задачи. Г.С. Альтшуллер в своё время предложил чёткий алгоритм действий по выявлению технического и физического противоречий. Автор назвал его алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ). По мере развития методологии решения технических задач АРИЗ многократно совершенствовался и к настоящему времени превратился в достаточно эффективный инструмент решения сложных задач. Одновременно следует отметить, что в современном варианте АРИЗ труден для освоения и требует при использовании значительного времени из-за его громоздкости. Нам хотелось бы иметь такой алгоритм, который, не уступая существенно АРИЗу в эффективности, был бы значительно проще для усвоения. Назовём его алгоритмом выявления противоречий (АВП). АВП уступает АРИЗу по технологическим возможностям, но в то же время является более кратким и чётким, а, следовательно, и более легко усвояемым.

В предлагаемом варианте АВП состоит из трех **этапов**:

- 1) Выявление проблемы;
- 2) Выявление технического противоречия;
- 3) Выявление физического противоречия.

Каждый этап в свою очередь содержит несколько **шагов**.

Рассмотрим подробно каждый этап.

Этап 1. Выявление проблемы

Шаг 1.1. Описание ситуации

Под ситуацией понимаем совокупность свойств и условий работы технической системы в целом и входящих в неё объектов – устройств, способов и веществ. Мы не знаем заранее, какие из свойств и условий потребуется учитывать при решении задачи. Поэтому в описание ситуации следует включить максимальное количество сведений.

Ситуацию описывают в произвольной форме. Текст при необходимости сопровождают эскизом. Вот пример такого описания, взятый нами из интересной книги Г. Альтова (псевдоним Г.С. Альгшуллера) для детей «И тут появился изобретатель»:

Задача 2.1. Требуется запаять ампулы с лекарством. Делают это следующим образом. 25 ампул устанавливают вертикально в гнездах специального держателя – пять рядов по пять ампул. Сверху подводят газовую горелку. Огонь запаивает капилляры ампул. К сожалению, способ имеет недостаток: пламя плохо регулируется, оно то слишком большое, то слишком маленькое. Некоторые ампулы перегреваются, некоторые не запаиваются. Можно, конечно, пустить огонь на полную мощность. Тогда все ампулы запаяются, но от перегрева испортится лекарство. Можно, наоборот, пустить очень слабый огонь. Тогда лекарство в ампулах не испортится, но некоторые ампулы не запаяются.

Как быть?

Шаг 1.2. Выявление главного недостатка

Следует иметь в виду, что АВП при решении конкретной задачи направлен на устранение только одного недостатка системы. Поэтому выявляют именно главный недостаток, мешающий объекту выполнять свою главную функцию. Здесь же может быть указана и причина недостатка, если она известна.

Вот так может выглядеть запись шага 1.2 для задачи 2.1:

Недостатком описанного способа является опасность испортить лекарство вследствие его перегрева.

Шаг 1.3. Формулировка проблемы

Проблему формулируют как требование устранения главного недостатка путём устранения его причины.

Требуется устранить опасность испортить лекарство путём предотвращения его перегрева.

Этап 2. Выявление технического противоречия

Техническое противоречие – это противоречие между полезным и вредным свойствами системы: с усилением полезного свойства усиливается и вредное свойство.

Шаг 2.1. Выделение конфликтующей пары объектов

Задача этого шага – сузить область поиска решения.

Так же, как скульптор при создании своего творения «берёт глыбу и отсекает от неё лишнее», так и мы должны убрать из задачи лишние элементы, детали, обстоятельства, оставив только те, которые необходимы, по нашему мнению, для решения задачи.

Из системы убирают лишние элементы, оставляя только конфликтующую пару объектов: ***изделие*** – объект, который выпускается,

обрабатывается, обнаруживается и т.п., то есть объект, *на который направлено действие*, и **инструмент** – объект, который непосредственно взаимодействует с изделием, то есть объект, *которым мы действуем на изделие*.

Запись шага:

- а) изделие – (*указывают изделие*);
- б) инструмент – (*указывают инструмент*).

Для нашей задачи:

- а) изделие – ампула с лекарством;
- б) инструмент – горелка.

Шаг 2.2. Выявление полезного свойства

Выясняют, что ухудшается в системе «изделие - инструмент» при попытке решить задачу «напрямую». Шаг записывают в виде трёх пунктов.

В п. «а» описывают сущность решения задачи «напрямую», т.е. делают попытку решить её очевидным путем, без применения технического творчества.

В п. «б» указывают, что ухудшится при таком решении задачи.

В п. «в» указывают полезное свойство системы «изделие – инструмент», которое ухудшается при решении задачи по п. «а».

Для задачи 2.1 запись шага 2.2 может выглядеть так:

- а) чтобы исключить перегрев лекарства, нужно уменьшить мощность пламени горелки.
- б) при уменьшении мощности пламени ампула может не запаяться.
- в) полезное свойство – гарантия запайки ампул.

Шаг 2.3. Формулировка технического противоречия

Техническое противоречие формулируют в виде двух пунктов:

- а) полезное свойство – (*указывают полезное свойство системы, п. 2.2в*);
- б) вредное свойство – (*указывают главный недостаток, п. 1.2а*)

Для нашего случая будем иметь:

Техническое противоречие:

- а) полезное свойство – ампулы запаиваются;
- б) вредное свойство – лекарство перегревается.

Этап 3. Выявление физического противоречия

Физическое противоречие – это противоречие между двумя противоположными состояниями объекта, в которые он должен быть приведён для решения задачи.

Шаг 3.1. Выбор изменяемого объекта

Задача этого шага – ещё более сузить область поиска решения.

Из двух конфликтующих объектов, выявленных на шаге 2.1, нужно выбрать тот, который целесообразно изменить для решения задачи. При

этом следует иметь в виду, что: технический объект легче изменить, чем природный; инструмент легче изменить, чем изделие; дешёвый объект легче изменить, чем дорогой.

Шаг записывают в виде двух пунктов.

В п. «а» указывают объект, который изменить нельзя или нецелесообразно, и причину этого.

В п. «б» указывают объект, который нужно изменить, сохранив его полезное свойство, п. 2.2в.

Запись шага имеет вид:

а) *(указывают объект, который нецелесообразно изменять)* изменять нельзя, так как *(указывают, почему нельзя)*.

б) Будем изменять *(указывают объект, который следует изменить)*, сохранив *(указывают полезное свойство, п. 2.2в)*.

Для задачи 2.1:

а) Ампулу с лекарством изменять нельзя, так как требования к качеству лекарства установлены техническими условиями.

б) Будем изменять горелку, сохраняя её способность запаивать ампулы.

Шаг 3.2. Формулировка идеального решения

Идеальное решение – это решение задачи, при котором изменяемый объект **сам** устраняет вредное свойство, сохраняя при этом полезное свойство.

При формулировании идеального решения не следует заранее задумываться, возможно или невозможно получение такого результата. Не следует также задумываться над тем, какими действиями он будет достигнут. Зачастую идеальное решение принципиально невозможно получить (например, объект с КПД = 100%, нулевым временем срабатывания, бесконечным сроком службы, нулевой массой и т.п.). Идеальное решение – это тот идеал, к которому нужно стремиться, а для этого, естественно, необходимо его четко представлять.

Запись шага:

Идеальное решение: *(указывают изменяемый объект, п. 3.1б)* сам обеспечивает *(указывают устранение вредного свойства, п. 2.3б)*, сохраняя при этом *(указывают полезное свойство, п. 2.3а)*.

Для нашей задачи будем иметь:

Идеальное решение: горелка сама обеспечивает предохранение лекарства от перегрева, сохраняя при этом гарантированную запайку ампул.

Шаг 3.3. Выделение дефектного элемента

В изменяемом объекте следует выделить «большое место» – дефектный элемент, который не справляется с требованиями идеального решения.

Запись шага:

Дефектный элемент (*указывают изменяемый объект, п. 3.1*) – (*указывают дефектный элемент*).

Для задачи 2.1:

Дефектный элемент горелки – пламя.

Шаг 3.4. Формулировка физического противоречия

Физическое противоречие – это противоречие между двумя противоположными физическими состояниями дефектного элемента, в которые он должен быть приведён для удовлетворения обоих требований идеального решения.

Применяют три формы записи физического противоречия соответственно в п.п. а, б, в шага 3.4.

В п. «а» приводят развёрнутую формулировку физического противоречия, с обоснованием каждого из требуемых противоположных физических состояний дефектного элемента: каким должен быть дефектный элемент для выполнения первого требования идеального решения (устранение вредного свойства, п. 2.3б) и каким он должен быть для выполнения второго требования (сохранение полезного свойства, п. 2.3 а):

а) Для (*указывают устранение вредного действия*) (*указывают дефектный элемент*) должен быть (*указывают физическое состояние дефектного элемента*); для (*указывают обеспечение полезного свойства*) (*указывают дефектный элемент*) должен быть (*указывают противоположное физическое состояние дефектного элемента*).

В п. «б» приводят формулировку физического противоречия без указания обоснований, только его «сущностную» часть:

б) (*Указывают дефектный элемент*) должен быть (*указывают физическое состояние дефектного элемента*) и (*указывают противоположное состояние дефектного элемента*)

В п. «в» приводят краткую, «жёсткую» формулировку физического противоречия:

в) (*Указывают дефектный элемент*) должен быть и не должен быть.

Для задачи 2.1 формулировки физического противоречия могут иметь следующий вид:

а) для предохранения лекарства от перегрева пламя горелки должно быть слабым; для гарантированной запайки ампул пламя должно быть мощным;

б) пламя должно быть слабым и мощным;

в) пламя должно быть и не должно быть.

На примере рассмотренной задачи видно, как постепенно сужается область поиска решений: от многокомпонентной технической системы (шаг 1.1) – к паре конфликтующих объектов (2.1), затем к одному объекту (3.1) и, наконец, – к дефектному элементу этого объекта (3.3).

В итоге вместо совокупности сложных объектов мы имеем относительно простой элемент, к которому и предъявляем требования физического противоречия.

Иногда анализ задачи по алгоритму сразу же приводит к её решению. Вот пример интересной задачи из книги Г.Альтова «И тут появился изобретатель»:

Задача 2.2. В лаборатории исследовали действие горячей кислоты на сплавы. В стальную камеру с толстыми стенками помещали 15–20 кубиков из разных сплавов и заливали кислоту. Затем камеру закрывали и помещали в электрическую печь. Через какое-то время кубики доставали и исследовали их поверхность под микроскопом.

— Плохи наши дела, — сказал однажды заведующий лабораторией. — Кислота разъедает стенки камеры.

— Облицевать бы их чем-нибудь, — предложил один сотрудник. — Может быть, золотом...

— Или платиной, — сказал другой.

— Не пойдёт, — возразил заведующий. — Выиграем в устойчивости, проиграем в стоимости. Я уже подсчитывал, нужен килограмм золота...

Ситуация кажется тупиковой. Давайте проанализируем задачу по алгоритму. Начнём сразу с шага 2.1.

2.1. Выделение конфликтующей пары объектов.

Изделие — кубики.

Инструмент — кислота.

Стоп! А где же камера, из-за которой собственно и возникла проблема? А её нет. Взаимодействуют кубики и кислота. А для чего нужна камера? Только для того, чтобы кислота не растекалась. Но ведь с этой задачей может справиться и кубик, для этого нужно сделать кубики полыми и заливать в них кислоту. Видите, как, даже не закончив анализ задачи, мы пришли к её решению. Выделение конфликтующей пары объектов позволило задачу о защите стали от коррозии, над которой безуспешно трудится много лет всё человечество, заменить простой задачей о предотвращении растекания кислоты.

Это интересно:

Средневековая Голландия. Оптических дел мастер Захарий Янсон шлифует линзы для лорнета госпожи бургомистерши. Он поднимает линзы к окну, чтобы рассмотреть изъяны шлифовки и... о чудо! Крест далёкой церквушки словно увеличился в размерах и влез в окно мастерской. Мастер замечает, что он держит в руках выпуклое и вогнутое стёкла. Хотел через одну линзу разглядеть изъяны другой и увидел, что комбинация стёкол приближает далёкие предметы.

Так был изобретён телескоп.

2.3. Банк противоречий

Для того чтобы оставаться на месте, нужно всё время бежать вперёд.

Льюис Кэрролл

Изобретательность — самое замечательное свойство человека. В сущности, все, что составляет смысл человеческой жизни, сводится к изобретательности. Без нее жизнь остановилась бы на месте, превратилась бы в простое повторение самой себя.

А.В. Луначарский

Систематически выявляя технические и физические противоречия в какой-то конкретной области техники, можно составить банк противоречий. Пример такого банка противоречий применительно к задаче совершенствования режущих инструментов приведён в табл. 2.1. Использование таких банков существенно облегчает формулировку физического противоречия при решении технических задач в данной области.

Таблица 2.1

Типичные физические противоречия, возникающие при совершенствовании режущих инструментов

Сокращения:

д.б. — должен (должна, должно) быть РИ — режущий инструмент
З. — заготовка РК — режущая кромка
ИМ — инструментальный материал РЭ — режущий элемент
АИ — абразивный режущий инструмент

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
1	Производительность — силы резания	РК (зубьев) д.б. много и мало РК д.б. длинной и короткой Активная часть РК д.б. большой и малой АИ д.б. твёрдым и мягким Зерно АИ д.б. прочным и хрупким

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
2	Производительность – трение	<p>ИМ д. обладать высоким и низким средством с материалом З.</p> <p>РК (зубьев) д.б. много и мало</p> <p>РК должна быть длинной и короткой</p> <p>РЧ д.б. и не д.б. в контакте с З.</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Площадь контакта РИ со стружкой и З. д.б. большой и малой</p> <p>АИ д.б. твёрдым и мягким</p>
3	Производительность – температура резания	<p>ИМ д.б. высоко- и низкотеплопроводным</p> <p>РИ д.б. жёстким и эластичным</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Площадь контакта РИ с З. д.б. большой и малой</p> <p>АИ д.б. твёрдым и мягким</p> <p>Структура АИ д.б. плотной и открытой</p>
4	Производительность – вибрации	<p>РИ д.б. жёстким и эластичным</p> <p>Активная часть РК д.б. большой и малой</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Угол в плане д.б. большим и малым</p>
5	Производительность – стойкость	<p>ИМ д. обладать высоким и низким средством с материалом З.</p> <p>ИМ д.б. высоко- и низкотеплопроводным</p> <p>ИМ д.б. прочным (вязким) и хрупким (твёрдым)</p> <p>Активная часть РК д.б. большой и малой</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Угол в плане д.б. большим и малым</p> <p>Площадь контакта РИ с З. д.б. большой и малой</p>

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
6	Производительность – шероховатость	РЭ д.б. твёрдым и эластичным Угол в плане д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Зерно абразивного инструмента д.б. крупным и мелким Структура АИ д.б. открытой и плотной
7	Производительность – наклёп	РИ д.б. жёстким и эластичным Задний угол д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Радиус затупления (фаска) д.б. большим и малым
8	Производительность – прочность РК	ИМ д.б. прочным и хрупким Угол резания д.б. большим и малым Передний угол д.б. большим и малым Задний угол д.б. большим и малым
9	Производительность – дробление стружки	Активная часть РК д.б. большой и малой Угол резания д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Угол наклона РК д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым
10	Сила резания – температура	ИМ д. обладать высоким и низким средством с материалом З. РК (зубьев) д.б. много и мало Активная часть РК д.б. большой и малой Задний угол д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Поверхность контакта РИ со стружкой и З. д.б. большой и малой

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
11	Сила резания – шероховатость	<p>Угол в плане д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Фаска на задней поверхности д.б. большой и малой Зерно АИ д.б. крупным и мелким</p>
12	Сила резания – прочность РК (РЭ)	<p>РК (зубьев) д.б. много и мало РК д.б. большой и малой Активная часть РК д.б. большой и малой Передний угол д.б. большим и малым Угол резания д.б. большим и малым Задний угол д.б. большим и малым Угол заострения д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Угол наклона РК д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Фаска на передней поверхности д.б. большой и малой Фаска на задней поверхности д.б. большой и малой Радиус стружкозавивающей канавки д.б. большим и малым. АИ должен быть твёрдым и мягким Структура АИ д.б. плотной и открытой</p>

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
13	Сила резания – стойкость (срок службы)	<p>ИМ д. обладать высоким и низким средством с материалом З.</p> <p>Передний угол д.б. большим и малым</p> <p>Угол резания д.б. большим и малым</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Угол заострения д.б. большим и малым</p> <p>Угол в плане д.б. большим и малым</p> <p>Угол при вершине д.б. большим и малым</p> <p>Угол в плане д.б. большим и малым</p> <p>Угол наклона РК д.б. большим и малым</p> <p>Радиус при вершине д.б. большим и малым</p> <p>Фаска на задней поверхности д.б. большой и малой</p> <p>АИ д.б. твёрдым и мягким</p> <p>Зерно АИ д.б. прочным и хрупким</p> <p>Структура АИ д.б. плотной и открытой</p>
14	Сила резания – точность	<p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>АИ д.б. твёрдым и мягким</p> <p>Зерно АИ д.б. прочным и хрупким</p>
15	Сила трения – вибрации	<p>РИ д.б. жёстким и эластичным</p> <p>РК (зубьев) д.б. много и мало</p> <p>Активная часть РК д.б. большой и малой</p> <p>Поверхность контакта д.б. большой и малой</p> <p>Угол резания д.б. большим и малым</p> <p>Задний угол д.б. большим и малым</p> <p>Угол наклона РК д.б. большим и малым</p>

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
16	Сила трения – шероховатость	РИ д.б. жёстким и эластичным Активная часть РК д.б. большой и малой Поверхность контакта д.б. большой и малой Задний угол д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Угол наклона РК д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Зерно АИ д.б. крупным и мелким Структура АИ д.б. плотной и открытой Пористость АИ д.б. высокой и низкой
17	Температура резания – расход СОЖ	СОЖ д.б. много и мало Давление СОЖ д.б. большим и малым
18	Температура резания – стружкоотвод	Угол наклона РК д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым Поверхность контакта со стружкой д.б. большой и малой СОЖ д. и не д. двигаться навстречу стружке Струя СОЖ д.б. направлена на зону резания и на стружку
19	Вибрация – размеры, масса РИ	Сечение державки д.б. большим и малым Вылет РИ д.б. большим и малым
20	Вибрация – стружкоотвод	Угол наклона РК д. б. большим и малым Вылет РИ д.б. большим и малым
21	Стойкость – обрабатываемость РИ	РЧ д.б. твердой и мягкой Шероховатость поверхностей РЧ д.б. большой и малой
22	Стойкость – точность	Активная часть РК д.б. большой и малой Задний угол д.б. большим и малым Угол в плане д.б. большим и малым Радиус при вершине д.б. большим и малым

№	Противоречивые свойства	Физическое противоречие (в «мягкой» форме)
23	Стойкость – стоимость	ИМ д.б. износостойким и неизносостойким ИМ д.б. дорогим и дешёвым РЭ д.б. большим и малым Активная часть РК д.б. большой и малой
24	Прочность корпуса (державки) – масса	Сечение державки д.б. большим и малым
25	Срок службы (число переточек) – стоимость	ИМ д.б. износостойким неизносостойким, РЭ д.б. толстым и тонким РЭ д.б. иметь вершин много и мало РК д.б. большой и малой
26	Стружкодробление – стоимость	Стружколомающее устройство д.б. и не д.б.
27	Обработка поверхности 1 – обработка поверхности 2	РИ д.б. инструментом для обработки поверхности 1 и инструментом для обработки поверхности 2 РИ д.б. обрабатывать поверхности 1 и 2
28	Обрабатываемость РИ – износостойкость	РЭ д.б. мягким и твёрдым
29	Возможность закрепления – масса (стоимость)	РИ д.б. большим и малым

Выводы

Недостаток традиционного метода решения технических задач – метода проб и ошибок – бессистемность поиска решений и как следствие – неоправданно большое число ошибочных решений. Различные модификации этого метода – мозговой штурм, метод контрольных вопросов, метод фокальных объектов, морфологический анализ и т.п. – лишь частично устраняют этот недостаток, поскольку не выявляют технических и физических противоречий, содержащихся в задаче, а следовательно, и не нацелены на их устранение.

Алгоритм выявления противоречий (АВП) позволяет правильно сформулировать задачу и, последовательно сужая поле поиска (от технической системы – к паре конфликтующих объектов, затем – к одному изменяемому объекту и, наконец, – к дефектному элементу объекта) поэтапно выявить техническое и физическое противоречия, содержащиеся в задаче.

АВП включает три этапа, каждый из которых содержит несколько шагов:

1) Выявление проблемы (описание ситуации, выявление главного недостатка, формулировка проблемы).

2) Выявление технического противоречия (выделение конфликтующей пары объектов, выявление полезного свойства, формулировка технического противоречия).

3) Выявление физического противоречия (выбор изменяемого объекта, формулировка идеального решения, выделение дефектного элемента, формулировка физического противоречия).

Вопросы для самоконтроля

- 2.1. В чём сущность метода проб и ошибок и каковы его недостатки?
- 2.2. В чём сущность мозгового штурма?
- 2.3. В чём сущность метода фокальных объектов?
- 2.4. В чём сущность морфологического анализа?
- 2.5. Назовите основные этапы алгоритма выявления противоречий.
- 2.6. Что такое ситуация? Какое требование предъявляется к описанию ситуации при постановке технической задачи?
- 2.7. Что включает формулировка проблемы?
- 2.8. Что входит в конфликтующую пару объектов?
- 2.9. Как выявить полезное свойство технической системы?
- 2.10. Как из двух объектов выбрать тот, который следует изменить?
- 2.11. Что такое идеальное решение? Всегда ли оно достижимо? Если нет, то зачем оно нужно?
- 2.12. Что такое дефектный элемент?
- 2.13. Какие требования предъявляются к дефектному элементу?

Это интересно:

Часто встречаются высказывания о том, что Жюль Верн первым предвосхитил появление подводной лодки. Однако ещё в отчёте английского Королевского общества за 1620 год сохранилось сообщение о подводке голландца Дреббеля, на которой команда из 15 человек опускалась под воды Темзы. В журнале за 1820 год приводится доклад иезуита Фурнье о «подводных пирогах» запорожских казаков. За тридцать лет до выхода

романа Жюль Верна более совершенную подводную лодку построил русский генерал Шильдер, а в 1864 году во время гражданской войны в Америке полуподводная лодка «Ханли» потопила двенадцатипушечный шлюп с командой 300 человек. Даже название «Наутилус» писатель взял от подводной лодки Фюльтона, которую в своё время недооценил Наполеон.

Упражнения и примеры решений

Упражнение 2.1. Попытайтесь усовершенствовать выбранный вами ранее объект из перечня (с. 18) с помощью мозгового штурма.

Проведём сначала так называемый обратный мозговой штурм (ОМШ), цель которого – выявить недостатки объекта.

На первой стадии ОМШ выявлены следующие недостатки молотка:

- 1) Молоток тяжёлый, рука быстро устаёт при работе.
- 2) Молоток лёгкий, удар по гвоздю недостаточно эффективный.
- 3) Рукоятка молотка короткая, сила удара недостаточна.
- 4) Рукоятка длинная, молоток занимает много места.
- 5) Рукоятка непрочная, ломается при ударе.
- 6) Боёк соскальзывает с рукоятки.
- 7) Боёк трудно одевать на рукоятку при сборке молотка.
- 8) Гвоздь приходится придерживать пальцами, есть опасность травмы.
- 9) Для выдёргивания гвоздя необходим ещё один инструмент – гвоздодёр, отвёртка, пассатижи.

10) При ударе возникает искра, нельзя работать во взрывоопасном помещении.

На второй стадии ОМШ выявляем главные недостатки, которые требуется устранить в первую очередь:

1) Боёк соскальзывает с рукоятки, он может нанести травму окружающим, повредить соседние предметы, на его насадку требуется дополнительное время.

2) Рукоятка непрочная, это также может привести к травме или повреждению соседних предметов, на замену рукоятки требуется время, запасной рукоятки может не оказаться.

3) Рукоятка короткая, сила удара молотка недостаточная, а применение более длинной рукоятки увеличивает габариты молотка, делает неудобной его хранение и транспортировку.

Проведём мозговой штурм, направленный на устранение первого главного недостатка.

Чтобы боёк не соскакивал с рукоятки, предлагается:

- 1) Сделать молоток цельным из одного куска металла;
- 2) Приварить металлическую рукоятку к бойку;
- 3) Сделать отверстие в бойке коническим и расклинить рукоятку с помощью металлического клина;

- 4) Сделать рукоятку толще размера отверстия в бойке, а боёк при сборке нагреть;
- 5) Замочить место соединения рукоятки с бойком в воде перед работой;
- 6) Насадить рукоятку в отверстие бойка на клей;
- 7) Установить на торце рукоятки предохранительную пластину;
- 8) Сделать в отверстии бойка и на рукоятке кольцевые выточки, в которые установить пружинное кольцо;
- 9) Выполнить конец рукоятки в виде винта, а боёк – в виде гайки.

Упражнение 2.2. Попытайтесь усовершенствовать выбранный объект с помощью метода фокальных объектов.

Фокальный объект – молоток. В качестве случайных объектов выберем отвёртку, чайник и стол. Составляем матрицу в виде таблицы, в которую столбцами записываем признаки каждого случайного объекта, объединив их в группы:

- элементы;
- форма элементов;
- материал;
- связи (табл. 2.2):

Таблица 2.2

Матрица фокального объекта «Молоток»

Группа признаков	Отвёртка	Чайник	Стол
Элементы	Рукоятка Наконечник Пружинное кольцо	Корпус Дно Стенки Крышка Ручка Крепление ручки Отверстие Носик	Столешница Ножки Тумба Ящики

Продолжение Табл. 2.2

Группа признаков	Отвёртка	Чайник	Стол
Форма элементов	Рукоятка цилиндрическая Рукоятка коническая Наконечник прямой Наконечник крестовый Набор наконечников Рукоятка рифлёная	Корпус цилиндрический Корпус конический Корпус сферический Корпус полый Ручка по форме руки Ручка в виде дужки	Прямоугольный Овальный Круглый
Материал	Рукоятка – пластмасса Покрытие – резина Наконечник – сталь	Алюминий Латунь Сталь Стекло Фарфор	Дерево ДСП Сукно Оргстекло
Связи	Цельная С натягом Цанговый зажим Пружинное кольцо	На шарнирах На заклёпках Сварка	Клей На винтах На шурупах На резьбе Клинья Ящики выдвижные

Пользуясь данной матрицей, можно предложить, например, молоток, содержащий полую пластмассовую коническую ручку по форме руки с резиновой рифлёной оболочкой, с резьбой на конце и с крышкой на другом конце, и набор сменных наконечников (стальной, латунный, деревянный, пластмассовый) с центральным резьбовым отверстием, которым бойки навинчивают на рукоятку. Получить такую конструкцию простым перебором вариантов было бы достаточно сложно.

Упражнение 2.3. Усовершенствуйте выбранный объект с помощью морфологического анализа.

Основные элементы молотка – рукоятка, боёк, крепление. Составляем морфологическую матрицу (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Морфологическая матрица объекта «Молоток»

Группа признаков	Рукоятка	Боёк
Форма элементов	Цилиндрическая Коническая Криволинейная Полая С покрытием По форме руки Рифлёная С резьбой	Прямоугольный Со скосом С криволинейным скосом С отверстием С гвоздодёром С выступами на рабочем конце С резьбовым отверстием
Материал	Дерево Сталь Пластмасса Резина	Сталь Латунь Дерево
Крепление	Цельный С натягом На резьбе С помощью клина С помощью прижимной планки Клей Сварка	

Комбинируя альтернативные признаки из приведённой матрицы, можно предложить, например, молоток, содержащий коническую деревянную рукоятку, армированную стальным прутком с резьбовым отверстием на конус, стальной боёк, один конец которого выполнен в виде гвоздодёра, с центральным отверстием, которым он насажен на рукоятку, и прижимную планку, прижимающую боёк к рукоятке с помощью винта, завинченного в резьбовое отверстие рукоятки.

Упражнение 2.4. Пользуясь алгоритмом, выявите техническое и физическое противоречия в приведённой задаче.

Задача 2.3. Для обработки на фрезерном станке детали неправильной формы её требуется зажать в тисках. Губки тисков плоские, поэтому надёжного закрепления детали добиться не удаётся, а это значит, что при обработке деталь может вырвать из тисков. Деталь тонкостенная, поэтому при попытке увеличить силу зажима возникает опасность её поломки. Применение эластичных прокладок между губками тисков и деталью положительного результата не дало.

Как быть?

Этап 1. Выявление проблемы.

1.1. Описание ситуации:

Ситуация описана в условии задачи

1.2. Выявление главного недостатка:

При установке детали в тисках не обеспечивается её надёжное закрепление.

1.3. Формулировка проблемы:

Требуется обеспечить надёжное закрепление детали.

Этап 2. Выявление технического противоречия.

2.1. Выделение конфликтующей пары объектов:

а) изделие – деталь;

б) инструмент – тиски.

2.2. Выявление полезного свойства:

а) чтобы обеспечить надёжное закрепление детали, необходимо увеличить силу зажима;

б) но в этом случае возникает опасность поломки детали;

в) полезное свойство – сохранность детали.

2.3. Формулировка технического противоречия:

а) полезное свойство – сохранность детали;

б) вредное свойство – ненадёжное закрепление детали.

Этап 3. Выявление физического противоречия.

3.1. Выбор изменяемого объекта:

а) деталь изменять нельзя, так как её параметры заданы техническими условиями;

б) будем изменять тиски.

3.2. Формулировка идеального решения:

Идеальное решение: тиски сами обеспечивают надёжность закрепления, обеспечивая сохранность детали.

3.3. Выделение дефектного элемента:

Дефектный элемент – губки тисков.

3.4. Формулировка физического противоречия:

а) для обеспечения надёжного закрепления необходимо, чтобы губки тисков были твёрдыми; для обеспечения сохранности детали необходимо, чтобы губки тисков были эластичными;

б) губки должны быть твёрдыми и эластичными;

в) губки должны быть и не должны быть.

Упражнение 2.5. Аналогично, пользуясь алгоритмом, попытайтесь выявить технические и физические противоречия в приведённых ниже задачах. Задачи в основном несложные, их решение можно найти простым перебором вариантов. Но не нужно этого делать. Наша задача - приобрести навыки анализа технических задач с целью выявления технических и физических противоречий.

Задача 2.4. Директор «Детского мира» приехал на фабрику игрушек.

– Покупатели спрашивают Карлсона.

– Мы планируем выпуск такой игрушки, – ответил главный инженер. – Пока получается вот что.

И он протянул директору двух Карлсонов. Один из них был точно такой, как в мультфильме – в меру упитанный, с пропеллером за спиной. Единственный его недостаток – он не мог летать, для этого диаметр пропеллера слишком мал.

Другой Карлсон мог летать. Но зато пропеллер за спиной был таким большим, что этот Карлсон даже стоять не мог.

– Да, – вздохнул директор. – Какая-то ветряная мельница, а не Карлсон.

Как быть?

Задача 2.5. Директор мебельной фабрики говорит главному инженеру:

– В прошлом году мы выпустили сто комплектов мебели для детских садов. Но потребители жалуются: ребята сдирают краску, царапают...

– А мы тут при чём? – обиделся главный инженер. – Самую прочную краску можно содрать или поцарапать. Это от нас не зависит. Может быть, им нужна некрашенная мебель?

– Нет, – вздохнул директор. – Для детских садов обязательно нужна разноцветная мебель. Вот если бы краска была не на поверхности, а пропитывала всю древесину...

– Фантазия! – рассмеялся главный инженер. – Тысячи раз пробовали пропитывать древесину краской. Ничего не получалось, вы же знаете.

Что вы можете предложить?

Задача 2.6. На токарном станке обрабатывается длинный вал малого диаметра. Вал установлен в центрах, вращение передаётся поводковым устройством. Под действием составляющей силы резания P_y (перпендикулярной к оси вала) вал прогибается. Применение дополнительной опоры – люнета - исключено. Чтобы прогиб вала не вышел за пределы

допуска, приходится уменьшать глубину резания и подачу, а это ведёт к потере производительности.

Составляющую R_u можно уменьшить, увеличив главный угол реза в плане φ . Но это ведёт к увеличению глубины рисков от реза на обработанной поверхности. Для её уменьшения до заданного значения придется ввести дополнительную обработку.

Как быть?

Задача 2.7. При обработке деталей шлифованием в зоне обработки возникает высокая температура. Из-за этого в поверхностном слое детали происходят необратимые структурные изменения. Возникают так называемые прижоги, видимые невооруженным глазом. Для снижения температуры применяют охлаждение поливом струёй СОЖ. Но СОЖ практически не попадает в контакт шлифовального круга с деталью, поэтому температура снижается недостаточно.

Как обеспечить снижение температуры? Другими словами, как обеспечить попадание СОЖ в контакт круга с деталью?

Задача 2.8. Обработка отверстий протягиванием – наиболее производительный из известных способов, обеспечивающий к тому же высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности. Режущий инструмент – протяжка. Это многозубый инструмент, форма режущей кромки зуба соответствует профилю отверстия. Каждый зуб возвышается над предыдущим на величину $S = 0,02–0,05$ мм и при работе снимает тонкую стружку большой ширины. Увеличить S нельзя – возрастает суммарное усилие резания, что может привести к разрыву протяжки. Поэтому, чтобы снять необходимый припуск, протяжка должна иметь десятки, а иногда и сотни зубьев. Увеличение числа зубьев ведёт к увеличению длины протяжки и, как следствие, к возрастанию её стоимости. Особую трудность представляет термообработка длинных протяжек, никакими мерами не удаётся избежать их коробления при закалке.

Нельзя ли уменьшить длину протяжки, не увеличивая S ?

Это интересно:

Гильотина обязана названием своему создателю – доктору и революционеру Жозефу Гийотену, который изобрёл её в 1772 году «для гуманного лишения жизни». Доктор сам имел возможность убедиться в гуманности своего детища, когда был казнён в 1773 году.

Наверное, не многие знают, что изобретатель телефона Александр Белл является автором еще одного выдающегося изобретения: в 1882 году он подарил одному из госпиталей США прибор «для безболезненного обнаружения пуль и других металлических предметов в теле человека». Понимая, что его «миноискатель» должен служить сугубо гуманистическим целям, Белл не стал оформлять на него патент.

3. КАК РАЗРЕШИТЬ ПРОТИВОРЕЧИЕ?

При решении поставленной задачи надо сформулировать наиболее контрастное противоречие *или – или* и решение задачи искать в логической композиции тождества противоположностей *и – и*.

Роберт Бартини

Для творческого процесса очень важно умение превращать непривычное в привычное и наоборот, привычное – в непривычное.

Уильям Гордон

Выявление противоречий – важный шаг на пути решения технической задачи. Но для получения решения, как мы уже отмечаем, требуется разрешить противоречие, то есть сделать так, чтобы удовлетворялись оба противоположных требования к объекту. Вот примеры физических противоречий: объект должен быть большим и малым, подвижным и неподвижным, легким и тяжелым, острым и тупым и т.п. Как добиться сочетания в объекте таких свойств? Одним из методов разрешения физических противоречий является **метод разделения противоречий (РП)**.

Сущность метода РП состоит в том, что предъявляемые к объекту противоречивые требования разводятся, разъединяются, разделяются во времени или в пространстве.

Например, имеем физическое противоречие: объект должен быть подвижным и неподвижным. Примером разделения этого противоречия во времени может быть прерывистое движение объекта – в какой-то момент времени он подвижен, в какой-то момент – неподвижен. Примером разделения этого противоречия в пространстве может быть частичная подвижность – одна часть объекта подвижна, другая – неподвижна.

Соответственно метод РП включает два правила:

- 1) Разделение противоречия во времени;
- 2) Разделение противоречия в пространстве.

3.1. Разделение противоречия во времени (РПВ)

Изобрести — значит применить к решению задачи принцип, в корне отличающийся от всего, что использовалось для этой цели ранее, принцип, к которому нельзя прийти в ходе обычного логического рассуждения.

Меридит Тринг

Специалисты вредны тем, что они скорее других найдут недостатки всякой новой идеи и тем самым помешают ее применению. Они так умны и опытны, что в точности знают, почему нельзя сделать то-то и то-то, они видят пределы и препятствия, поэтому я не беру на службу чистокровного специалиста. Если бы я хотел убить конкурентов нечестными средствами, я предоставил бы им полчища специалистов.

Генри Форд

Сущность правила РПВ состоит в том, что выполняются оба противоречивые требования физического противоречия, но проявляются они в разные моменты времени.

Правило включает несколько *приёмов*. Рассмотрим некоторые из них. При этом будем обозначать их соответственно РПВ1, РПВ2 и т.д., а также дадим им краткие названия, отражающие их сущность.

Приём РПВ1 «Оптимизация»: если не обеспечиваются оптимальные условия действия, его нужно разделить так, чтобы в каждый момент объект находился в оптимальных условиях.

Вернёмся к задаче 2.4. На фабрике игрушек готовились к выпуску игрушки «Карлсон». Недостаток опытного образца — Карлсон не летает.

Запишем задачу по АВП.

Проблема:

- а) Карлсон не летает;
- б) Карлсон должен летать.

Техническое противоречие:

- а) полезное свойство — Карлсон похож на Карлсона из мультфильма;
- б) вредное свойство — Карлсон не летает.

Идеальное решение:

Карлсон сам обеспечивает способность летать, сохраняя похожесть на Карлсона из мультфильма.

Дефектный элемент — пропеллер.

Физическое противоречие:

а) для обеспечения способности летать пропеллер должен быть большим; для сохранения похожести на Карлсона из мультфильма пропеллер должен быть маленьким;

б) пропеллер должен быть большим и маленьким;

в) пропеллер должен быть и не должен быть.

Для разрешения физического противоречия применим приём РПВ1. Когда пропеллер должен быть большим? Когда Карлсон в полёте. Когда пропеллер должен быть маленьким? Когда Карлсон в руках у ребенка. В этом состоит физическое решение задачи. Осталось найти техническое решение. Таким решением может быть пропеллер, лопасти которого скручены в плоские спирали. При вращении пропеллера спираль под воздействием центробежной силы расправляется, лопасти удлиняются, и Карлсон получает возможность летать. Другим решением может быть пропеллер с телескопическими лопастями, выдвигающимися при вращении и возвращающимися в исходное положение при остановке под действием пружины или резинки.

Задача 3.1. На заре авиации итальянский авиаконструктор Роберт Бартини заявил: «Красные самолёты должны летать быстрее чёрных» – и эмигрировал в Советскую Россию. При создании самолёта «Сталь-6», кстати, по многим показателям существенно превосходящего зарубежные аналоги того времени, потребовалось сварить две детали из разных сталей – жаропрочной и нержавеющей. Для сварки жаропрочной стали необходима высокая температура и, следовательно, большая сила сварочного тока; для сварки нержавеющей стали температура должна быть значительно ниже, поскольку при перегреве она теряет свои свойства, а значит, и сварочный ток должен иметь малую силу.

Как быть?

Решение. Имеем физическое противоречие: сварочный ток должен быть сильным и слабым. Р. Бартини совместно с инженером С. Поповым предложили сначала разогреть место сварки током в течение определенного времени до расплавления нержавеющей стали. Затем подавался импульс тока большой силы. Температура возросла до величины, необходимой для сварки жаропрочной стали, но из-за краткости импульса структурные изменения в нержавеющей стали не успевали произойти.

Задача 3.2. Известен способ автоматической дуговой сварки ленточным электродом. Благодаря большой ширине ленты-электрода удаётся значительно повысить скорость сварки. Недостатком этого способа является то, что ширина ленты определяется величиной зазора в месте стыка заготовок, а он меняется довольно часто. Поэтому приходится иметь в запасе электроды с различной шириной, что усложняет организацию производства.

А может быть, возможно одним электродом сваривать заготовки с различным зазором?

Решение. Имеем физическое противоречие: электрод должен быть широким, чтобы сваривать заготовки с большим зазором, и должен быть узким, чтобы сваривать заготовки с малым зазором. Предлагается сделать ширину электрода регулируемой. Полосу изгибают вдоль осевой линии ленты в виде жёлоба. Изменяя величину прогиба, удаётся регулировать ширину полосы в зависимости от величины зазора.

Самоходный копёр японской компании «Кобе» на гусеничном ходу сочетает на одной стреле бур и молот. Он не сразу забивает сваю в грунт, а сперва сверлит для неё направляющую скважину спиральным долотом. И только после этого в работу включается дизельный молот. Какие же здесь преимущества? Во-первых, процесс, несмотря на две операции, идёт быстрее. За час свая углубляется на 10 м. Верхний конец её меньше повреждается. Во-вторых, резко уменьшается шум, что немаловажно при строительстве в черте города.

Приём РПВ2 «Растяжение – сжатие»: если действие невозможно или не обеспечивает требуемый эффект, его нужно растянуть (сжать) во времени, то есть выполнять действие существенно быстрее (существенно медленнее).

Задача 3.3. Подвижная система шёковой камнедробилки содержит эксцентриковый вал, шатун, маховик, подвижную щеку. Каждая из этих деталей весит несколько тонн. А вращается вал с маховиком с огромной скоростью. Соответственно и электродвигатель привода дробилки имеет большую мощность, но и её недостаточно, чтобы сдвинуть систему в начальный момент пуска. Если попытаться это сделать, двигатель просто выйдет из строя. Для запуска дробилки мощность двигателя должна во много раз превышать рабочую. Но тогда во время нормальной работы использование его будет неэффективным.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие: скорость движения подвижных частей дробилки должна быть большой и малой. В этом и аналогичных случаях применяют вспомогательный привод, который позволяет запустить систему на малых оборотах. После её разгона вспомогательный привод отключают.

Задача 3.4. Фирма занимается изготовлением и монтажом водопроводных систем для дачных участков и ферм. Стальные трубы режут на гильотинных ножницах. При нажатии на подвижный нож гильотины он плавно входит в металл и разрезает трубу. Но однажды было решено перейти от стальных труб к пластмассовым. Последние имеют ряд преимуществ перед стальными – они легче, не подвержены коррозии,

не разрушаются блуждающими токами. Ожидалось, что и резать их будет легче, чем металлические. Но оказалось, что при резании трубы сплюсциваются.

Как решить проблему, не изменяя способа разрезания?

Решение. Скорость опускания ножа при резке металлических труб была выбрана, видимо, с учетом их прочности. Быстрее резать было нельзя, так как мог сломаться нож. При резании пластмассовых труб возникло физическое противоречие: сила давления ножа должна быть достаточно большой, чтобы резать трубу, и достаточно малой, чтобы не деформировать её. Но поскольку при резке пластмассовых труб можно не бояться поломки ножа, стали резать их с такой скоростью, что они просто не успевали деформироваться.

Задача 3.5. При обработке металлов резанием широко применяется инструмент с режущими пластинами из металлокерамических твёрдых сплавов. Пластину припаивают к стальной державке с помощью специального припоя. При резании инструмент нагревается, причём коэффициенты линейного расширения у материала державки и твёрдого сплава сильно различаются, поэтому они расширяются в разной степени. В месте соединения возникают большие напряжения, припой не выдерживает, и пластина отлетает. Хорошо бы не припаивать, а приваривать её к державке. Но основу металлокерамики составляют карбиды вольфрама и титана (свыше 90% массы), которые не плавятся. А используемый для их связки кобальт хоть и плавится, но его в твёрдом сплаве всего 4–8%. Если кобальт расплавить, твёрдый сплав разрушится.

Как обеспечить надёжное соединение пластины с державкой?

Решение. Место стыка должно быть расплавлено, чтобы осуществить сварку, и не должно быть расплавлено, чтобы не испортить пластину. Предлагается нагрев места стыка вести с помощью мощного импульса электрического тока в течение полсекунды. За это время державка оплавится, а пластина расплавиться не успеет. Их сильно прижимают одну к другой, чтобы расплавленное железо проникло в поры пластины и прочно приклеило её к державке.

Интересное изобретение сделали польские учёные-аграрии. Они создали удобрение в виде гранул диаметром 30-40 мм. Вносят такое удобрение в почву один раз в четыре года. Всё это время гранулы постепенно отдают полезное содержимое в почву.

Прием РПВЗ «Предварительное действие»: если выполнить требуемое действие в данный момент невозможно, его нужно выполнить до начала работы (или после её окончания). Это может быть как полезное действие, так и предотвращение вредного действия.

Простая задача: как добиться, чтобы складки на шторах всегда располагались равномерно? Нужно связать крючки (или кольца) друг с другом прочной ниткой так, чтобы все они были на одинаковом расстоянии. Стоит потянуть за первый крючок, и штора раздвинется, образуя равномерные складки.

Специалисты из Петербургского технического университета предлагают снимать большие припуски при обтачивании заготовок со сверхвысокой подачей. Для этого перед чистовым резцом с широкой режущей кромкой предлагается пускать резец с треугольной режущей частью, продельвающий винтовую канавку на всю глубину. Производительность возрастает в несколько раз.

Или ещё задача: как протянуть толстый кабель через трубу длиной 15 м, да ещё изогнутую? Монтажники из Тольятти применили пневмопистолет, который «выстреливает» тонким тросом, за который теперь можно вытянуть и кабель.

Вернёмся к задаче 2.5 об изготовлении мебели. Имеем физическое противоречие: древесину нужно пропитать и её нельзя пропитывать. Карельские изобретатели предложили оригинальное решение. Около комля растущего дерева сверлят несколько отверстий, к стволу дерева привязывают ёмкость с органическим красителем, из которой он по шлангам поступает в отверстия. Это позволяет получить красивую окраску древесины, причём сохраняя и её текстуру – рисунок, образованный волокнами дерева.

А вот задача на предотвращение вредного действия.

Задача 3.6. При обрезке плодового дерева места спила сучков долго не заживают. Дерево, как говорят, «болеет». В дереве содержатся и питательные, и «лечащие» вещества, они устремляются к больному месту, и дерево в конце концов «выздоровливает».

А нельзя ли сократить время «болезни» дерева?

Решение. Имеем физическое противоречие: «лечащие» вещества должны быть заранее сконцентрированы в месте спила, а дерево даёт команду на концентрацию только после спиливания сучка.

Предлагается за несколько дней до спиливания наложить на место спила стягивающие кольца. Дерево, чувствуя «боль», направляет туда питательные и «лечащие» вещества, что затем способствует быстрому заживанию спила.

Задача 3.7. Одна фирма покупала у другой растительное масло и перевозила его в автоцистернах ёмкостью 3000 л. И вот обнаружилось, что каждый раз в цистерне не хватает около 10 л масла. Проверили контрольные приборы, герметичность цистерны, пробки на заливном люке – всё в порядке. Подумали на шофёра, стали посылать с ним экспедитора – ничего не помогло.

В чём причина потерь?

Решение. Давайте представим себя на месте водителя, который поставил цель похитить масло. Сделать это во время его заливки в цистерну, транспортировки и слива практически невозможно. Имеем противоречие: требуется отлить ведро масла, а сделать это невозможно. Водитель поступал просто: он заранее подвешивал в цистерну пустое ведро. Когда её наполняли маслом, наполнялось и оно. При сливе масла из цистерны ведро так и оставалось полным. Ну а дальше — дело техники.

Задача 3.8. Гипсовую повязку накладывают на место перелома для фиксации сломанной кости в исходном положении. Когда она срастётся, гипс нужно снимать. Его распиливают специальной пилой. О том, что гипс перепилен, узнают просто: пациент вскрикивает от боли.

А нельзя ли избежать болезненного ощущения?

Решение. Конечно, можно. Физическое противоречие: чтобы гипс был распилен до конца, пила должна коснуться кожи больного, и она не должна её коснуться, чтобы не причинить ему боль. Разрешить это противоречие несложно. Пусть пила коснётся тела не в конце, а в начале работы. Для этого предлагается поместить её в полиэтиленовую трубку, наложить на место перелома и загипсовать. А пилить гипсовую повязку нужно теперь от тела наружу без опасения задеть кожу.

Вот ещё несколько примеров.

Чтобы устранить изгиб вала при обработке резцом, с противоположной резцу стороны заготовки прикладывают усилие, равное по величине и противоположное по направлению усилию резания.

Чтобы увеличить несущую способность железобетонных строительных конструкций, в них создают напряжение сжатия (так называемые предварительно напряжённые конструкции) путём предварительного упругого растяжения арматуры перед заливкой бетона.

Перед напрессовкой втулки на вал её разогревают. Отверстие расширяется, и втулка легко одевается на посадочную шейку вала. После остывания втулка сжимается, создаётся натяг в сопряжении. Можно для этой же цели охлаждать участок вала под втулку в жидком азоте.

Прием РПВ4 «Опережение - запаздывание»: если выполнить действие в данный момент времени или заранее (позднее) невозможно, его нужно выполнить чуть раньше (чуть позже).

Задача 3.9. При открытых взрывных разработках для борьбы с распространением пыли одновременно с подрывом основного заряда создают (тоже взрывным способом) водяную завесу. Но при этом, опередив её образование буквально на долю секунды, часть пыли успевает проникнуть за пределы этой преграды. Можно создать завесу заранее,

но к моменту взрыва её плотность заметно снизится и тогда её нужно будет искусственно поддерживать, что сложно осуществить по техническим причинам.

Как быть?

Решение. Завеса должна быть создана заранее и завеса должна быть создана одновременно с подрывом основного заряда. Предлагается создать водяную завесу на 0,1–0,2 с раньше подрыва основного заряда, благодаря чему резко повышается эффективность её защитного действия.

Задача 3.10. Для снижения прочности и твёрдости заготовки её с целью уменьшения сил резания перед обработкой подогревают. При этом применяются различные способы нагрева: газовой горелкой, в печи, электроконтактным методом, токами высокой частоты, плазменной струёй и др. Но всем этим способам присущ один недостаток. Если мы нагреем заготовку так, что к началу обработки она будет иметь оптимальную температуру, то к концу работы она понизится, и силы резания возрастут. Если мы нагреем заготовку до более высокой температуры из расчёта, что к концу обработки она понизится до оптимальной, то в начале работы режущий инструмент будет перегреваться, что может стать причиной его быстрого затупления.

Как добиться поддержания оптимальной температуры в течение всего периода обработки?

Решение. Имеем противоречие: температура резания должна быть высокой, чтобы уменьшить твёрдость заготовки, и должна быть низкой, чтобы не перегревался режущий инструмент. Очевидно, разница между температурой подогрева и оптимальной температурой будет тем меньше, чем меньше времени проходит между нагревом и обработкой. Следовательно, нагревать зону обработки нужно непосредственно перед началом работы. Например, установить на суппорте станка перед резцом плазменную горелку или лазерный источник, отрегулировав их мощность так, что они будут нагревать зону резания до оптимальной температуры.

Приём РПВ5 «Перестановка»: если последовательность действий не обеспечивает требуемый эффект, нужно изменить последовательность действий, совместить действия, устранить лишнее действие.

Задача 3.11. Технология производства бетона на бетонном заводе предусматривает подачу компонентов (цемент, щебень, песок, вода) в бетоносмеситель. Все составляющие здесь перемешиваются, идёт реакция воды с цементом, и через некоторое время бетонная смесь приобретает необходимые вяжущие свойства. Её выливают в кузов самосвала, который доставляет бетон на стройку. В последнее время появились специальные машины — бетоновозы с вращающейся ёмкостью.

Какие изменения можно в связи с этим внести в технологию приготовления бетона?

Решение. Бетон необходимо долго перемешивать по условиям изготовления и не следует долго перемешивать, так как это снижает производительность. Для повышения производительности изменили порядок операций. В бетоносмесителе компоненты перемешивают и выливают в ёмкость бетоновоза, которая вращается во время транспортировки, в результате чего бетон за время пути доводится до кондиции.

Задача 3.12. Массивные медные контакты изготавливают литьём по выплавляемым моделям и потом обрабатывают на металлорежущих станках. Затем поверхность контакта покрывают тонким слоем серебра. Но для нормальной работы контакта достаточно серебрить всего 6 см^2 из общей его площади поверхности 2000 см^2 . Чтобы исключить большой перерасход серебра, подлежащие серебрению поверхности стали покрывать специальными съёмными накладками. После чего весь контакт окунали в лак, сушили, снимали накладки и серебрили. На лак серебро не осаждается. Но при этом резко возросла трудоёмкость: контакты выпускаются самых различных типоразмеров, целая бригада рабочих ставит и снимает накладки.

Как можно усовершенствовать технологический процесс?

Решение. Имеем физическое противоречие: поверхности, подлежащие серебрению, должны быть изолированы при окунании в лак и должны быть открыты при серебрении. Если изоляция их накладками неприемлема, то, может быть, найдется другой её способ? Такой изоляцией может быть сам металл контакта, который будем снимать не до окунания в лак, а после него. Последовательность операций такая: окунаем необработанный контакт в лак, сушим, обрабатываем резанием поверхности, подлежащие серебрению, серебрим и, наконец, обрабатываем остальные поверхности.

Задача 3.13. При изготовлении осевого режущего инструмента (сверло, развёртка, метчик) стружечные канавки фрезеруют в цилиндрической заготовке специальной профильной фрезой. После этого заготовку термически обрабатывают (калят) для повышения твёрдости, а затем стружечную канавку шлифуют (затачивают) абразивным кругом такого же профиля. При этом острые кромки инструмента в результате резкого охлаждения в процессе термообработки становятся концентраторами напряжений, отчего на них появляются явные или скрытые дефекты: выкрашивание, микротрещины, большие остаточные напряжения растяжения. Такой инструмент при работе быстро выйдет из строя. Изменять режим термообработки нецелесообразно, так как он обеспечивает требуемую твёрдость материала инструмента.

Как быть?

Решение. Инструмент должен иметь режущие кромки, чтобы осуществлять резание, и не должен иметь их, поскольку они являются концентраторами напряжений при термообработке. Путь к разрешению этого противоречия очевиден: при термообработке кромок не должно быть, а в готовом инструменте они необходимы. Следовательно, их нужно получать после термообработки. Для этого сначала надо закалить цилиндрическую заготовку, а затем вышлифовать в ней стружечные канавки на всю глубину профильным абразивным кругом.

Приём РПВ6 «Прерывистость»: если непрерывное (прерывистое) действие неэффективно, его нужно заменить прерывистым (непрерывным), изменить соотношение импульсов и пауз, использовать паузы между импульсами одного действия для другого действия.

Рассмотрим пример. Два полюса эксплуатационной прочности металла – твёрдость и пластичность. Применяя различные виды и режимы термообработки, мы регулируем соотношение этих свойств в зависимости от условий работы детали в машине. Закалив, например, деталь мы делаем её твердой, но хрупкой. Этому имеется известное объяснение. При нагреве металла перед закалкой он переходит в аустенитное состояние. Но при этом одновременно начинается рост зерна. При охлаждении аустенит переходит в твёрдый мартенсит, но крупная величина зерна сохраняется, в результате чего он теряет пластичность. Ленинградскими учеными предложен новый способ термообработки – термоциклическая обработка. Не нужно ждать, пока весь металл перейдёт в аустенитное состояние, а зерно неизбежно увеличится до неприемлемых размеров. Можно нагреть металл, и, пока зерно ещё не начало расти, перевести быстрым охлаждением в твёрдое, стабильное мартенситное состояние. Затем снова нагреть и опять охладить. За 5–6 циклов обеспечивается заданная твёрдость стали при сохранении высокой пластичности.

Вернемся к задаче 2.7 о прижогах при шлифовании.

Решение. Имеем противоречие: чтобы шлифовать, круг должен находиться в контакте с деталью, а чтобы поверхность охлаждалась, он не должен контактировать с нею. Противоречие разрешается, если рабочую поверхность круга сделать прерывистой, выполнив на ней пазы или отверстия. Тогда в процессе контактов выступов круга с деталью будет осуществляться шлифование, а во время перерывов – охлаждение обрабатываемой поверхности. Поскольку скорость круга составляет 35–50 м/с, охлаждение зоны обработки происходит почти непрерывно, и температура контакта не поднимается до критического значения.

Задача 3.14. Учёные исследовали процесс электросварки. Их интересовало, как плавится металлический стержень, внесённый в дугу, и как при этом ведёт себя сама дуга. Сняли процесс на киноплёнку. Оказалось,

что на экране видна только дуга. Осветили капли другой дугой, более яркой. Теперь стали видны только они, а сварочной дуги не видно.

Что делать?

Решение. Физическое противоречие: вспомогательная дуга должна быть ярче основной, чтобы были видны капли металла, и она не должна быть яркой, чтобы было видно основную дугу. Иначе говоря, вспомогательная дуга должна быть и не должна быть. Предлагается включать вспомогательную дугу в импульсном режиме. В моменты вспышки будут видны капли металла, а между вспышками — основная дуга. Процесс снимают на видеокамеру. Частота импульсов выбрана таким образом, что для глаз эти два процесса сливаются, и видны как капли металла, так и основная дуга.

Задача 3.15. При обработке штампов и других сложных поверхностей применяют электрохимическую обработку. Заготовку погружают в электролит и присоединяют к положительному полюсу источника тока, а инструмент — к отрицательному. Рабочая поверхность инструмента имеет форму будущей обработанной поверхности. Под воздействием тока металл на поверхности заготовки переводится в ионное состояние и растворяется в электролите — растворе поваренной соли. Максимальный ток проходит в том месте, где расстояние в зазоре между заготовкой и инструментом минимальное. Здесь и происходит наиболее интенсивное растворение металла. В результате обрабатываемая поверхность принимает форму поверхности инструмента.

Однако при обработке возникает противоречие. При малой величине зазора он быстро забивается шлаком, и процесс прекращается. Увеличение зазора позволяет вымывать шлак, но при этом теряется точность обработки, так как мелкие детали рельефа «размываются».

Требуется обеспечить высокую производительность, не снижая точности обработки.

Решение. Имеем физическое противоречие: зазор между инструментом и заготовкой должен быть большим, чтобы обеспечить высокую производительность, и малым, чтобы обеспечить высокую точность. Разделим процесс во времени: идёт обработка — зазор уменьшается, прокачивается электролит — зазор увеличивается, т.е. инструменту нужно сообщить поперечные колебания.

Задача 3.16. При токарной обработке незакаленных сталей образуется так называемая сливная стружка. Она сходит непрерывной лентой с огромной скоростью. С одной стороны, это хорошо т.к. свидетельствует о том, что процесс резания протекает спокойно, равномерно. Но с другой стороны, стружка наматывается на заготовку и инструмент, занимает большой объём, её трудно собирать, упаковывать и транспортировать, да и к тому же возникает опасность для рабочего. Приходится применять специальные

стружколомы, что усложняет конструкцию инструмента или приспособления. К тому же они малоэффективны, так как весьма чувствительны к изменениям условий обработки (марка стали, глубина, подача и скорость резания), их приходится перенастраивать при изменении условий.

Предложите более простой и надёжный способ дробления стружки.

Решение. Итак, стружка должна быть непрерывной, чтобы обеспечить нормальный плавный процесс резания, и прерывистой, чтобы обеспечить обзор зоны обработки и уборку отходов. Одно из решений – сообщить режущему инструменту колебания (осцилляцию) вдоль подачи (вдоль обрабатываемой поверхности) с амплитудой, примерно равной подаче инструмента за один оборот заготовки. В зоне резания стружка будет сливной, но сходить станет не в виде сплошной ленты, а отдельными кусочками, величина которых будет определяться соотношением скорости резания и частоты колебаний. Дробления не требуется.

Это интересно:

Один из в общем-то прогрессивных русских военачальников генерал Драгомиров дал такой отзыв на изобретение пулемёта:

– 600 выстрелов в минуту! Если бы одного и того же человека нужно было убивать по нескольку раз, то это было бы чудесное оружие. Но на беду поклонников столь быстрого выпуска пуль, человека достаточно подстрелить один раз, и расстреливать его вдогонку, пока он будет падать, надобности нет.

Первый зерноуборочный комбайн изобрел русский крестьянин Андрей Романович Власенко. Он назвал своё детище «жнейкой-молотилкой». Производительность ее была в 8–9 раз выше, чем у обычной жнейки. В 1869 году изобретатель был удостоен Золотой медали экономического общества. Появившийся в 1879 году в Калифорнии комбайн уступал машине Власенко по производительности. Но зато дал это название всем уборочным машинам.

3.2. Разделение противоречия в пространстве (РПП)

Изобретатель – это человек, нашедший новую комбинацию уже известных вещей для наиболее экономичного удовлетворения человеческих потребностей.

Альберт Эйнштейн

Это открытие было результатом того духа противоречия, которому я обязан большинством других своих открытий.

Акад. Б.С. Якоби

Сущность правила РПП состоит в том, что выполняются оба противоречивых требования физического противоречия, но проявляются они в разных частях объекта.

Приём РПП «Дробление»: если объект не выполняет достаточно эффективно свою функцию, его нужно разделить на части, выполняющие одинаковые функции.

Задача 3.17. На химическом заводе вышел из строя фильтр. Фильтр представляет собой стеклянный цилиндр диаметром 1 м и длиной 2 м. Вдоль цилиндра выполнены сквозные отверстия диаметром 2 мм — несколько сот отверстий. Конечно, тут же заказали на стекольном заводе новые фильтры. Но технологический процесс на химзаводе непрерывный, нельзя остановить производство ни на час. Нужно срочно поставить хотя бы временный фильтр.

Как же изготовить такой фильтр?

Решение. Имеем физическое противоречие: отверстия нужно делать, так как это требуется по условиям задачи, и отверстия не нужно делать, поскольку это очень сложно. Иначе говоря, отверстия должны быть и их не должно быть. Противоречие легко разрешается с помощью дробления. Изготовим фильтр не из цельного стеклянного цилиндра, а в виде пучка стеклянных трубок требуемого диаметра. Ещё проще будет выглядеть фильтр из стеклянных стержней. Наконец, совсем простое решение — фильтр из битого стекла.

Задача 3.18. При создании авиалайнера Ту-114 за прототип был принят самолет Ту-104. В связи с увеличением грузоподъёмности для нового самолета понадобились более мощные двигатели с винтом диаметром 9 м. Для этого крыло самолета пришлось бы поднять ещё на 3 м, что вызвало бы коренное изменение всей конструкции. Если диаметр винта сохранить прежним, потребовалось бы восемь двигателей вместо четырёх, а их негде разместить.

Конструкторы нашли выход, использовав приём дробления.

Решение. Физическое противоречие состоит в том, что винтов должно быть много, чтобы обеспечить нужную тягу, и их должно быть мало, чтобы уложиться в заданные габариты. Было предложено количество двигателей оставить прежним, но на каждом из них расположить по два винта, причём так, чтобы вал одного винта находился внутри полого вала другого.

Задача 3.19. При проколе камеры водителю необходимо срочно остановиться и сменить колесо. А «запаска» не всегда есть. Нельзя ли сделать такие шины, чтобы при проколе можно было доехать до ближайшей мастерской?

Решение. Имеем физическое противоречие: чтобы воздух не выходил из камеры, он не должен соединяться с атмосферой; однако

при проколе он обязательно будет соединяться с атмосферой. Предлагается разделить камеру на изолированные ёмкости.

Вернёмся к задаче 2.8 о необходимости уменьшения длины протяжки. Физическое противоречие можно сформулировать следующим образом: сечение стружки должно быть большим, чтобы протяжка была короткой, и малым, чтобы исключить обрыв протяжки от действия сил резания.

Предлагается сделать режущую кромку каждого зуба прерывистой, по типу шлицевой протяжки. Режущие участки по ширине чуть больше впадин. Обработку отверстия такой протяжкой следует выполнять за два хода. За первый ход прорезают канавки, а за второй – срезают оставшуюся часть. Обычная протяжка была бы в два раза длиннее предлагаемой.

Иллюстрацией к приёму РПП1 может быть создание автопоездов различной конструкции. Так, польские изобретатели предложили грузовую автомашину разделить на три части: передняя – кабина водителя и начало кузова, средняя – кузовная вставка и задняя – хвостовая часть кузова и задние колёса. Под погрузку подают грузовик необходимой вместимости.

Интересное решение предлагает школьник из Братска Сергей Молотков. Тележки автопоезда выполнены складными: до погрузки они сдвинуты вплотную одна к другой, наподобие мехов гармошки. Контейнер с грузом подают внутрь сложенных тележек и крепят к первой из них. Тягач трогается и выдвигает вперёд первую тележку и контейнер, остальные тележки пока неподвижны. Другой край контейнера крепят ко второй тележке. Затем подают второй контейнер и крепят его к третьей тележке, тягач снова трогается и раздвигает автопоезд ещё больше и т.д. Выгружают контейнер в обратном порядке.

Представляет интерес и аэродромный топливозаправщик, который напоминает Тянитолка из сказки Корнея Чуковского. У заправщика две кабины – спереди и сзади. Поэтому ему не надо разворачиваться, что немаловажно для работы в тесноте аэродромных стоянок.

Японские судостроители предложили делать сборно-разборными и суда. Судно разделено на три отсека: первый – для экипажа, второй – трюм, третий – для двигательной установки. При прибытии судна в порт средняя часть ставится под разгрузку, а первый и третий отсеки могут отправляться в рейс с новым трюмом.

Применение сменных быстроизнашивающихся элементов – зубьев режущих инструментов, лопастей гребного винта и т.п. – позволяет существенно увеличить общий срок службы устройств, а также замену вышедшего из строя элемента вместо замены всего устройства в аварийной ситуации.

Ещё одно японское изобретение — напильник, который собирается из ножовочных полотен. Его преимущество — более острые режущие зубья, удобство очистки при засаливании, отсутствие концентраторов напряжений и трещин.

А белорусские изобретатели предложили зубчатое колесо, набранное из стальных дисков, чередующихся с дисками из легкоплавкого материала, служащего твердой смазкой. По мере расходования смазывающих дисков стальные поджимаются в осевом направлении.

Приём РПП2 «Деление»: если объект не выполняет требуемых функций, его нужно разделить на части, каждая из которых выполняет свою функцию.

Задача 3.20. Австрийский музей решил купить во Франции картину известного художника. Подлинность её была подтверждена группой компетентных экспертов. В их присутствии нотариус поставил на обратной стороне холста печать, удостоверяющую подлинность картины, и она со всеми предосторожностями была доставлена в Австрию. Когда же в музее провели повторную экспертизу, оказалось, что картина — подделка.

Решение. Перед аферистами стояло физическое противоречие: картина должна быть подлинной, так как экспертов обмануть не удастся, и она должна быть поддельной — в этом смысл аферы. Жулики разрешили это противоречие очень просто: на подрамник натянули копию картины, на нее — подлинник и все это поместили в раму. Эксперты оценили одну картину, а печать была поставлена на другой, поддельной.

Задача 3.21. Для равномерного освещения всей площади карьера было предложено использовать подвешенные на аэростате источники света. Прожекторы имеют большой вес (источник питания, отражатель, провода), поэтому понадобились аэростаты большого объёма. В результате большой парусности их трудно было удержать при большом ветре.

Как быть?

Решение. Прожекторы должны иметь большую массу, чтобы содержать источник питания, отражатель, провода, и должны быть лёгкими, чтобы можно было поднять их аэростатом небольшого объёма. А так ли необходимо поднимать прожектор целиком? А если поднимать только часть его? Так и поступили. Предлагается поднимать только лампу с отражателем, а источник питания оставить на земле. Если и это не решит проблему, поднимем на аэростатах только отражатели, направив на них лучи прожекторов с земли.

Задача 3.22. Внутренние полости отливок очищают от остатков формовочной смеси струей воды под давлением до 40 атмосфер. Для повышения эффективности очистки в воду добавляют песок. Но гидроабразивная струя изнашивает сопло гидромонитора.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие: струя воды должна содержать песок для повышения эффективности очистки и не должна его содержать, чтобы не изнашивать сопло гидромонитора. Изобретатели предложили помещать отливку в ванну с водой и песком и подавать под давлением струю чистой воды. Можно также подавать абразивную пульпу в зону действия водяной струи.

С помощью приёма РПП2 можно предложить ещё одно решение задачи 3.19 о езде с проколотой камерой. В США и Канаде на ступице колеса автомашины за крышкой монтируют диск из прочного полимера. Диаметр его на 70–80 мм меньше диаметра колеса, но этого достаточно чтобы доехать со скоростью 40 км/ч до ближайшей мастерской.

С помощью приёма РПП2 можно получить и решение задачи 2.8 об уменьшении длины протяжки, альтернативное полученному выше. Воспользуемся зависимостью силы резания P от толщины S и ширины b среза:

$$P = C \cdot S^x \cdot b^y \quad (3.1)$$

Значения показателей степени при обработке стали определены экспериментально: $x=0,75$; $y=1$, то есть влияние ширины среза на силу P больше, чем толщины. Если, к примеру, b увеличить вдвое, во столько же раз возрастёт и P . При аналогичном увеличении S сила возрастёт лишь в 1,7 раза. Это явление положено в основу так называемой протяжки с прогрессивной схемой резания. Зубья такой протяжки расположены в шахматном порядке. Каждый зуб срезает стружку половинной ширины, но зато толщина S её может быть увеличена не в 2, а в 2,5 раза.

Грузинские изобретатели предложили поворотную оконную раму, в которой одна сторона стекла покрыта теплоотражающим составом, а другая — теплопоглощающим. В зависимости от температуры на улице раму поворачивают нужной стороной.

Приём РППЗ «Оптимизация»: если объект не выполняет своих функций, потому что к нему предъявляются противоположные требования, его нужно разделить так, чтобы каждая его часть находилась в условиях, наиболее благоприятных для неё.

Если условиями работы объекта к нему предъявляют противоположные требования, следует выполнить его из двух частей. Первая часть должна соответствовать одному требованию физического противоречия, а вторая — противоположному требованию.

Вот пример применения такого приёма.

Известно, что лес лучше не пилить, а срезать — тогда и опилок не будет. Раньше инженеры предлагали стволы деревьев перерезать

раскалённой проволокой. Но удавалось углубиться лишь на несколько сантиметров. Пробовали резать мощной струёй воды, но она, проходя твёрдые горные породы, оказалась бессильной при встрече с мягким деревом. Пытались приспособить даже квантовые генераторы. Однако плохое качество реза и низкая производительность заставили отказаться и от них. Тогда-то и вернулись к механическому способу. Сделали так. Ножи, почти такие же тонкие, как обычное пильное полотно, словно бритва резали дерево, легко углубляясь в толщу ствола, а вслед пустили массивные стальные клинья. Усилие резания по сравнению с толстыми ножами уменьшилось почти в три раза. Срез получался чистым и ровным.

Вернемся к задаче 2.6 о точении нежесткого вала. Имеем физическое противоречие: главный угол в плане φ должен быть большим, чтобы уменьшить составляющую P_y силы резания, и должен быть малым, чтобы обеспечить малую шероховатость поверхности.

Рассмотрим зону резания. Шероховатость поверхности формируется не всей режущей кромкой, а лишь небольшим её участком, прилегающим к вершине (микрометры, в худшем случае – десятки микрометров). Сила же резания формируется на всей активной части режущей кромки. Поэтому на небольшом участке, прилегающем к вершине, угол φ нужно выполнить малым, а на остальной режущей кромке – большим, близким к 90° . Можем воспользоваться и жесткой формулировкой физического противоречия: угол φ должен быть и не должен быть. Такой формулировке отвечает режущая кромка, закругленная у вершины. В каждой её точке есть угол φ – он измеряется от касательной в этой точке, а в целом нельзя сказать, что режущая кромка наклонена под таким-то углом φ .

Задача 3.23. Корм скоту приготавливают из смеси разных трав. Для этого скошенные травы перемешивают с помощью специальных дозирующих устройств. Проще было бы посеять все их вперемешку, как на лугу. Но дело в том, что удобрения, стимулирующие рост одних трав, не оказывают влияния на развитие других, а то и подавляют его. Кроме того, не все травы совместимы: некоторые из них угнетают другие.

Как быть?

Решение. Мы имеем противоречие: травы должны быть посеяны вперемешку, чтобы сразу получать готовую смесь, и должны быть посеяны отдельно, чтобы обеспечить оптимальные условия их роста. Предлагается разные травы высевать узкими параллельными полосами, а уборку их вести поперек рядов. Травы смешиваются прямо в кузове машины, идущей за косилкой.

Задача 3.24. Инструмент для ультразвуковой обработки отверстий должен быть высокотеплопроводным, чтобы уменьшить нагрев обрабатываемой зоны, и износостойким против ударов абразивных

зёрен. Но теплопроводные материалы относительно мягкие, не износостойкие, а твёрдые, износостойкие имеют, как правило, низкую теплопроводность.

Решение. Физическое противоречие содержится в самой формулировке задачи: материал инструмента должен быть твёрдым и мягким, или теплопроводным и нетеплопроводным. Используя приём оптимального разделения, делаем контактную поверхность его из твёрдого, нетеплопроводного материала, а всё остальное — из мягкого, теплопроводного.

Вернёмся к задаче 2.1 о запаивании ампул с лекарством. Имеем противоречие: температура должна быть высокой, чтобы стекло расплавилось, и низкой, чтобы лекарство не испортилось. Оптимальным является способ запайки, при котором температура будет высокой в месте нагрева и низкой там, где расположено лекарство. Предлагается поместить кассету с ампулами в воду так, чтобы над поверхностью остались только их носики — теперь к ним можно подводить мощное пламя и запаивать, не боясь испортить лекарство.

Задача 3.25. В плавучей ёмкости нужно хранить несколько видов нефтепродуктов, вязкость отдельных из которых сильно увеличивается при снижении температуры, что нежелательно.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие может иметь вид: ёмкость должна контактировать с водой по условиям задачи и не должна контактировать, чтобы при понижении температуры не увеличивалась вязкость нефтепродуктов. Разделив эти требования, приходим к решению: снаружи расположить отсеки с продуктами, вязкость которых мало зависит от снижения температуры, а внутри — отсеки с продуктами, для которых охлаждение нежелательно.

Приём РПП4 «Противопоставление»: если объект не выполняет свои функции, его нужно разделить так, чтобы каждая его часть обладала свойствами, противоположными свойству объекта в целом.

Для разрешения физического противоречия одно из его требований предъявляется к объекту в целом, а противоположное — к его составным частям.

Задача 3.26. В 1896 году российский инженер Владимир Григорьевич Шухов продемонстрировал на художественно-промышленной выставке в Нижнем Новгороде ажурную 32-метровую башню из восьми поставленных друг на друга гиперблоидов вращения. Ещё более высокая башня подобного типа высотой 160 м была сооружена по его проекту в 1922 году в Москве, на Шаболовке (её изображение и сейчас является эмблемой Гостелерадио). Почему же Шухов избрал в качестве основы конструкций именно гиперблоид?

Решение. Известно, что гиперблоид вращения — это фигура, образуемая вращением гиперболы вокруг оси, перпендикулярно

линии, соединяющей фокусы двух её ветвей. Но не все, наверное, помнят, что тот же гиперboloид можно получить ещё и вращением наклонной прямой вокруг той же оси. По условиям прочности и устойчивости В.Г. Шухову нужна была криволинейная конструкция. Но с точки зрения технологичности, то есть возможности её простого изготовления, элементы такой конструкции должны быть прямыми. Этим требованиям и отвечает гиперboloид: секции башни изготовлены из наклонных прямолинейных стержней.

Вернемся к задаче 2.3 о закреплении детали при фрезеровании. Мы имеем противоречие: губки должны быть твёрдыми, чтобы обеспечить надёжный зажим, и эластичными, чтобы обеспечить малое давление их на деталь. Предлагается губки сделать полыми и заполнить шариками, а их рабочую поверхность — гибкой, например, в виде тонкой плёнки. По мере зажатия детали при сближении губок шарики перекатываются внутри их полостей, охватывая поверхность детали. При дальнейшем усилении зажатия шарики теряют подвижность и, наконец, при окончательном сжатии губки жёстко крепят деталь.

Задача 3.27. При сборке изделий для прочного соединения винт вводят в резьбовое отверстие с эпоксидным клеем. В состав его входят эпоксидная смола и отвердитель. Но время полимеризации эпоксидного клея составляет всего несколько минут. Приходится часто готовить новые порции клея, а неиспользованный остаток старого выбрасывать. Это, конечно, нерационально.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие имеет вид: отвердитель должен находиться в контакте со смолой, чтобы смесь обладала способностью склеивать, и не должен находиться в контакте, чтобы она могла храниться. Налицо разделение во времени: в контакте со смолой отвердитель должен находиться только в момент склеивания, а в остальное время он должен быть отделён от неё. Но это ещё не решение задачи. Применяем разделение в пространстве: смолу и отвердитель помещаем в микрокапсулы размером в несколько микрометров. Микрокапсулы смешиваем в нужной пропорции и мелкими порциями насыпаем в места склеивания. При нажатии винта капсулы раздавливаются, и отвердитель входит в контакт со смолой.

Выводы

1. Одним из методов решения технических задач является метод разделения противоречий (РП): разделение противоречивых требований физического противоречия во времени или в пространстве.

Метод включает два правила:

- 1) Разделение противоречия во времени (РПВ);
- 2) Разделение противоречия в пространстве (РПП).

2. Правило РПВ: выполняются оба противоречивые требования физического противоречия, но в разные моменты времени.

Правило РПВ включает приёмы:

РПВ1 «Оптимизация» — разделение действия так, чтобы в каждый момент объект находился в оптимальных условиях;

РПВ2 «Растяжение — сжатие» — выполнение действия быстрее или медленнее;

РПВ3 «Предварительное действие» — выполнение действия до начала работы;

РПВ4 «Опережение — запаздывание» — выполнение действия чуть раньше;

РПВ5 «Перестановка» — изменение последовательности действий;

РПВ6 «Прерывистость» — замена непрерывного действия прерывистым.

3. Правило РПП: выполняются оба противоречивые требования ФП, но применительно к разным частям объекта.

Правило РПП включает приемы:

РПП1 «Дробление» — разделение объекта на части с одинаковыми функциями;

РПП2 «Деление» — разделение объекта на части с разными функциями;

РПП3 «Оптимизация» — разделение объекта на части так, чтобы каждая часть находилась в оптимальных условиях;

РПП4 «Противопоставление» — разделение объекта на части со свойствами, противоположными свойствам объекта в целом.

Вопросы для самоконтроля

- 3.1. В чём сущность метода разделения противоречий?
- 3.2. В чём сущность правила РПВ?
- 3.3. В чём сущность приёма РПВ1 «Оптимизация»? Приведите пример.
- 3.4. В чём сущность приёма РПВ2 «Растяжение - сжатие»? Приведите пример.
- 3.5. В чём сущность приёма РПВ3 «Предварительное действие»? Приведите пример.
- 3.6. В чём сущность приёма РПВ4 «Опережение - запаздывание»? Приведите пример.
- 3.7. В чём сущность приёма РПВ5 «Перестановка»? Приведите пример.
- 3.8. В чём сущность приёма РПВ6 «Прерывистость»? Приведите пример.

- 3.9. В чём сущность правила РПП?
- 3.10. В чём сущность приёма РПП1 «Дробление»? Приведите пример.
- 3.11. В чём сущность приёма РПП2 «Деление»? Приведите пример.
- 3.12. В чём сущность приема РПП3 «Оптимизация»? Приведите пример.
- 3.13. В чем сущность приёма РПП4 «Противопоставление»? Приведите пример.

Это интересно:

Однажды реставратору принесли старинную картину с изображением двух простых людей на чёрном фоне. Этот фон показался ему подозрительным. И когда он начал осторожно смывать чёрную краску, на заднем плане возникло изображение паровозика с большими колёсами и длинной трубой. Реставратор понял, что перед ним портрет отца и сына Черепановых — создателей первого русского паровоза.

Упражнения и примеры решений

Упражнение 3.1. Вернитесь к выбранному вами из «Перечня» (с. 18) объекту. Применяя последовательно приёмы РП, попытайтесь усовершенствовать объект.

Усовершенствуем молоток с помощью метода РП.

Правило РПВ.

РПВ1 «Оптимизация»: разделить действие так, чтобы в каждый момент объект находился в оптимальных условиях.

Недостаток молотка в том, что боёк имеет большую массу, рука при работе быстро устаёт. Если уменьшить массу бойка, сила удара будет недостаточной.

Предлагается на конце рукоятки молотка сделать предохранительный выступ. Это позволит при подъёме молотка держать рукоятку ближе к бойку, что уменьшит момент силы тяжести бойка и облегчит подъём. При опускании молотка силу сжатия рукоятки ослабляют, рука соскальзывает по рукоятке до упора в предохранительный выступ, скорость, а следовательно, и сила удара возрастут.

РПВ3 «Предварительное действие»: выполнить действие до начала работы.

При работе боёк соскакивает с рукоятки, что мешает работе и представляет опасность. Расклинивание рукоятки, применение стопорных устройств и т.п. усложняет конструкцию молотка и требует много времени.

Предлагается перед работой опустить боёк с прилегающим участком рукоятки в воду. Через полчаса рукоятка в месте крепления разбухает, и боёк будет надёжно закреплён на рукоятке.

РПВ4 «Опережение»: выполнить действие чуть раньше.

При работе молотком трудно нанести сильный удар точно в заданное место, например, по шляпке гвоздя. Опытные плотники и сапожники разделяют действие: сначала наносят несильный точный удар с небольшой амплитудой замаха, а затем повторяют удар с большей силой и большей амплитудой.

РПВ6 «Прерывистость»: использовать паузы между импульсами одного действия для другого действия.

В кузнице кузнецу помогает молотобоец. Пока молотобоец замахивается тяжёлой кувалдой, кузнец лёгким молотком наносит удар по заготовке, показывая таким образом молотобойцу, куда следует бить. Молотобоец наносит удар, а во время следующего замаха кузнец снова ударяет молотком в нужном месте и т.д.

Другим приёмам РПВ не удалось найти применение.

Правило РПП.

РПП2 «Разделение»: разделить объект на части, выполняющие разные функции.

В разд. 2 мы выявили противоречия, возникающие из-за неспособности молотка выдёргивать забитые гвозди. Сформулировали физическое противоречие: боёк молотка должен быть плоским, чтобы забивать гвозди, и острым, чтобы выдёргивать гвозди.

В соответствии с приёмом РПП2 сделаем один конец бойка плоским, а другой — заострённым, причём в заострённом конце сделаем паз для гвоздя. Сначала гвоздь заострённым концом поддевают за шляпку, чуть вытягивают, а затем подводят паз и, пользуясь бойком как опорой рычага, поворотом молотка выдёргивают гвоздь.

РПП3 «Оптимизация»: разделить объект так, чтобы каждая его часть находилась в условиях, наиболее благоприятных для неё.

Предлагается комплект молотков заменить молотком с набором бойков, соединяемых с рукояткой, например, с помощью резьбы, клина и т.п. В зависимости от характера работы на рукоятку надевают боёк требуемой формы (прямой, заострённый для пробивания отверстий, с лопаткой для обтёсывания кирпичей, с зубьями для отбивания мяса и т.д.).

РПП4 «Противопоставление»: разделить объект на части, каждая из которых по свойствам противоположна целому.

Деревянная или металлическая рукоятка молотка может выскользнуть из руки во время работы. Обрезиненная рукоятка не выскальзывает, но она не впитывает пот от ладони. Предложена рукоятка из колец бересты, насаженных на металлический стержень и плотно прижатых друг к другу. Вся рукоятка получается жёсткой, что обеспечивает концентрацию энергии удара, а каждое кольцо — упругое, что препятствует выскальзыванию рукоятки из руки.

Упражнение 3.2. Выявите физические противоречия в приведённых ниже задачах и попытайтесь разрешить их с помощью приёмов РПВ.

Задача 3.28. В металлическом корпусе прибора имеется глухое отверстие, в которое запрессован шарик. Через некоторое время его нужно извлечь, но сделать это трудно. Разборные конструкции не допускаются.

Как быть?

Решение. Имеем ФП: шарик должен быть надежно закреплен в гнезде по условиям работы прибора, и должен легко выниматься для замены. Явно напрашивается РПВ: в какой-то момент удовлетворяется первое требование, в какой-то – второе. Предлагается до запрессовки ввести в гнездо каплю воды. Перед выпрессовкой его нагревают до образования пара, под давлением которого шарик выталкивается. Авторами применен прием РПВ3 «Предварительное действие».

Задача 3.29. При выплавке никеля для удаления вредных примесей, например, серы, в печь через 40 – 50 специальных отверстий – фурм – продувают воздух. Но он охлаждает металл около них, и над каждой фурмой нарастает козырёк из отвердевшего расплава. Чтобы козырьки совсем не перекрыли фурмы, их приходится периодически сбивать ломом.

Как избавиться от этой трудоёмкой операции?

Решение. Конечно, выход состоит не в том, чтобы заменить лом каким-либо механизированным устройством. Физическое противоречие заключается в том, что по условиям задачи воздух через фурмы должен подаваться согласно технологии и не должен подаваться, чтобы не образовывались козырьки. Применим приём РПВ6 «Прерывистость». Сразу же становится очевидным и решение: будем включать фурмы в работу поочередно. Пока вокруг работающих нарастают козырьки твёрдого металла, козырьки над неработающими фурмами под действием горячего металла расплавляются.

Задача 3.30. Новорождённые поросята первое время растут со своей мамашей, а затем их переводят в специальные помещения для молодняка. И тут между ними немедленно начинаются «турнирные бои» за лидерство, прекращающиеся только после установления строгой внутренней иерархии подчинённости. Бои могут продолжаться довольно долго, при этом падают привесы, многие «бойцы» калечатся, возможна даже гибель поросят. Содержать их в индивидуальных помещениях слишком дорого.

Как быть?

Задача 3.31. В республике Бангладеш растёт 13 миллионов финиковых пальм. За сезон одна пальма даёт свыше 200 литров сока, из которого приготавливают пальмовый сахар. Но для сбора сока нужно сделать надрез на стволе под самой кроной. А это 20 метров высоты.

Как быть?

Предложили делать ступеньки: человек поднимается и вырубает эти ступеньки. Но способ оказался непригоден — при большом числе ступенек дерево погибает. Применение специальных машин с выдвижной лестницей дорого и неудобно в пальмовых зарослях. Между тем бангладешские крестьяне легко решают эту задачу.

Задача 3.32. В последнее время все большее применение находят суда типа «река — море», позволяющие транспортировать груз без перегрузки. Для того, чтобы выдерживать морские штормы, корабль должен обладать хорошей устойчивостью. Лучшее всего этому требованию отвечает катамаран — судно с двумя корпусами. Но на реке могут встречаться узкие места, где такой корабль не сможет пройти.

Как быть?

Задача 3.33. В конце 50-х годов прошлого столетия будущему академику и лауреату Нобелевской премии А.М. Прохорову потребовалось изготовить для лазерного генератора элементы из монокристалла редкого металла — циркония. Получить цирконий можно из расплава его окиси — белого порошка. Единственным приемлемым способом расплавления окиси является нагрев её в электромагнитном поле индуцированным током. Но окись циркония в твёрдом виде является диэлектриком. Получается замкнутый круг: для того чтобы окись была электропроводной, она должна быть расплавлена, а для того, чтобы расплавить окись, она должна быть электропроводной.

Как быть?

Задача 3.34. При производстве качественных сталей в них вводят большое число легирующих добавок — кремний, алюминий, молибден, хром и др. Добавки ещё до выпуска стали помещают в ковш в виде порошка, в котором их соотношение строго дозировано. Однако при выпуске стали её струя выбивает из ковша часть добавок.

Что можно предпринять, чтобы избежать этого?

Задача 3.35. При выплавке стали возникает необходимость перемешивать расплавленную сталь со шлаком (шлак поглощает примеси). Для этого используют мешалку, сделанную также из стали. Недостаток: мешалка быстро плавится. Сделать мешалку из тугоплавкой стали или титана — дорого. Сделать мешалку из керамики нельзя: мешалка быстро разрушится, появятся ненужные примеси.

Как быть?

Задача 3.36. После операции хирургу редко удается наложить швы так, чтобы точно совместить края разреза. Студентка Нижегородского медицинского института Галина Исаева предложила простое решение проблемы.

В чём, по-вашему, оно состоит?

Задача 3.37. В задаче 3.16 мы уже упоминали о неприятностях, которые доставляет при обработке резанием сливная стружка: она обвивает заготовку в месте обработки, затрудняет наблюдение за обработкой, попадает в зону работы соседних инструментов, вызывает трудности с уборкой из зоны обработки. Поэтому применяют различные способы дробления стружки.

Исследования показали, что если бы можно было подавать в зону резания некоторые вещества, например, гелий, то их ионы, проникая в кристаллическую решетку обрабатываемого металла со стороны только что образовавшейся идеально чистой поверхности стружки, способствовали бы её охрупчиванию, в результате чего стружка из сливной превращается в легко дробимую элементную. Но чистая поверхность стружки настолько плотно прилегает к поверхности режущего инструмента, что попадание постороннего вещества в контакт исключено. За пределами же контакта металл мгновенно окисляется, окисная плёнка оказывается непреодолимой преградой для гелия.

Как быть?

Задача 3.38. При обработке вязких материалов, например, жаропрочных сплавов, большая часть работы резания затрачивается на предварительную деформацию каждого элемента срезаемого слоя, прежде чем произойдет его сдвиг. Общая работа резания значительно возрастает по сравнению с работой при обработке твёрдых материалов. Кроме того, при обработке вязких материалов велика сила трения о переднюю поверхность инструмента, повышается опасность возникновения нароста на инструменте, возникают проблемы с уборкой непрерывной ленточной стружки.

Для устранения этих недостатков применяют искусственное упрочнение материала, например, термообработку. Но термообработка – дорогой процесс, требующий специальных условий. Хорошо бы применить наклёпывание поверхностного слоя методами поверхностного пластического деформирования – накатыванием, выглаживанием, дробеударной или виброударной обработкой. Но все эти методы упрочняют металл на глубину долей мм, к тому же степень наклёпа резко уменьшается с глубиной от поверхности в тело заготовки. А нам желательно упрочнить металл на всю глубину резания, причём по возможности равномерно.

Что вы можете предложить?

Упражнение 3.3. В приведённых ниже задачах выявите физические противоречия и попытайтесь разрешить их с помощью приёмов РПП.

Задача 3.39. Для подавления пыли в горных выработках используют водяную завесу в виде тумана. Однако туман ухудшает видимость

и вреден для здоровья. Увеличение же величины капель снижает эффективность поглощения пыли.

Как быть?

Решение. Имеем физическое противоречие: капли должны быть мелкими, чтобы эффективно поглощать пыль, и крупными, чтобы не препятствовать нормальному дыханию шахтёров. Применим приём РПП2 «Разделение функций». Создадим завесу из двух слоёв. Внутренний, контактирующий с пылью, будет состоять из мелких капель, а наружный, обращённый к людям – из крупных капель. Каждый слой оптимально выполняет свою функцию.

Задача 3.40. Обмотки электрических машин закладывают в пазы, сделанные в железе статора, и плотно прижимают пластмассовыми вкладышами, имеющими в сечении форму ласточкиного хвоста. Если вкладыш выполнить по размеру паза, он будет надёжно удерживать обмотку, но его трудно вставлять, приходится применять молоток, что может стать причиной повреждения обмотки. Если же вкладыш выполнить сзором, то вставить его несложно, но крепление не будет надёжным, возможны вибрации обмотки.

Как быть?

Задача 3.41. Вернёмся к задаче 2.7. Для снижения температуры шлифования на поверхности шлифовального круга предлагается сделать пазы. Но такой круг будет работать с ударами, он будет быстро изнашиваться, обработанная поверхность будет волнистой.

Как избежать ударов? Применяя разные приёмы РПП, вы сможете получить и разные решения.

Задача 3.42. Вернемся к задаче 2.6. Мы решили её путем разделения режущей кромки на два участка: участок с малым углом в плане Φ , прилегающий к вершине резца, и участок с большим Φ . Но теперь вместо плоской стружки, которая свободно завивалась в спираль, мы имеем корытообразную стружку, завивание которой затруднено. При больших значениях подачи стружка имеет вид прямого стержня, она мешает работе и представляет опасность для станочника.

Как быть?

Задача 3.43. Маленьких детей полезно купать с раствором морской соли или с травяным настоем. Детской ванночки нет. А при купании ребёнка во «взрослой» ванне расход соли и настоя получается неоправданно большим.

Как его уменьшить?

Задача 3.44. Трубы в топках испытывают атаку коррозии с двух сторон: изнутри они разъедаются паром, а снаружи – горячими газами. Пару хорошо противостоит углеродистая легированная сталь, но она не выдерживает высокой температуры пламени. Жаропрочная же сталь хорошо противостоит нагреву, но разрушается под действием водяного пара.

Из какой же стали делать трубы?

Задача 3.45. Охлаждение зоны обработки при шлифовании осуществляют струёй СОЖ. Если поливать зону контакта шлифовально-го круга с обрабатываемой заготовкой свободной струёй, то воздуш-ный поток, образующийся вокруг быстро вращающегося круга, будет отбрасывать СОЖ от зоны контакта. Повышение же давления струи СОЖ вызывает резкое увеличение расхода СОЖ, а также приводит к необходимости создания специальных устройств, защищающих стан-ок и рабочего от разбрызгивания СОЖ.

Как быть?

Задача 3.46. Сварка трением – один из самых простых способов соединения металлических деталей. Одну деталь закрепляют непод-вижно, а другую быстро вращают. Как только детали соприкасаются, в месте контакта температура резко повышается, металл расплавляет-ся. В этот момент детали сжимают, и они свариваются.

А теперь представим ситуацию: в цехе нужно смонтировать трубоп-ровод из 10-метровых труб. Станок для вращения труб не помещается в цехе. Демонтировать оборудование нельзя – сложно и дорого, при-дётся останавливать производство. Можно сварить трубопровод из ко-ротких труб, например, метровых – для их вращения достаточно не-большого станка. Но это тоже удорожает монтаж, к тому же увеличение числа швов снизит надежность трубопровода.

Как быть?

Задача 3.47. При обогащении руды исходные продукты подают в наполненную жидкостью открытую цилиндрическую камеру. Жид-кость вспенивают, и пена, несущая частицы руды, перехлестывает через край камеры. Для снятия пены используют лопастное устрой-ство, расположенное над камерой: вращаясь, лопасти смахивают пену. При этом лопасти постепенно раскручивают и жидкость в камере, а это затрудняет отделение руды от пустой породы.

Как предотвратить вращение жидкости в камере, не мешая лопас-тям смахивать пену?

Задача 3.48. При сверлении глубоких отверстий специальным сверлом СОЖ подают к зоне обработки по стружечным канавкам. По этим же канавкам навстречу потоку СОЖ отводится из зоны ре-зания стружка. Она препятствует движению СОЖ, выбрасывает её из отверстия. Кроме того, стружка горячая и, двигаясь в потоке СОЖ, она нагревает жидкость. Поэтому если какая-то часть жидкости и по-падает в зону обработки, она уже сильно нагрета, и её охлаждающая способность снижается.

Как облегчить попадание СОЖ в зону резания, не снижая при этом её охлаждающей способности?

Задача 3.49. Резьбу в сквозном отверстии нарезают метчиком. Стружечные канавки метчика имеют наклон, вследствие чего стружка выходит из отверстия впереди метчика. Глубина канавки рассчитывается из условия помещаемости стружки. При недостаточной глубине канавки стружка в канавке уплотняется, «пакетируется», полностью забивает канавку, метчик тормозится, что может привести к его разрыву. Если канавку сделать глубокой, то уменьшится диаметр сердцевины метчика, что также может привести к его разрыву вследствие больших сил трения на калибрующей части метчика.

Как быть?

Задача 3.50. Из всех режущих инструментов наименьший период стойкости имеют свёрла – всего несколько минут. Частая смена инструмента приводит к большим потерям времени.

Как увеличить период стойкости хотя бы в два раза?

Задача 3.51. Резьбу в отверстии можно нарезать метчиком. Но при резании, как мы знаем, перерезаются волокна металла, резьба имеет недостаточную прочность. Можно изготовить резьбу пластическим деформированием при помощи метчика-раскатника. Прочность такой резьбы будет значительно выше. Но при деформации возникают большие усилия, которые могут привести к скручиванию инструмента. Поэтому на практике нарезают сначала метчиком резьбу неполного профиля, которую затем упрочняют при помощи метчика-раскатника. Но такая обработка в два раза менее производительна.

Как быть?

Задача 3.52. Черновое шлифование выполняют крупнозернистыми кругами из высокопрочного абразива. Чистовую обработку производят мелкозернистыми кругами из хрупкого абразива. Поэтому обработку ведут последовательно на двух станках, либо периодически меняют шлифовальные круги на одном станке. И то и другое существенно удорожает обработку.

Как быть?

Задача 3.53. На авиационном заводе для сверления отверстий в труднообрабатываемых материалах применяли свёрла из высококобальтового твёрдого сплава. Попытка увеличить скорость резания привела к быстрому затуплению режущих кромок, особенно их периферийной части. Поэтому с целью повышения стойкости свёрл было предложено делать их из малокобальтового твёрдого сплава. Режущие кромки стали изнашиваться медленнее, но свёрла стали ломаться.

Где же выход?

Задача 3.54. В научно-фантастическом рассказе описана экспедиция на Марс. Космический корабль опустился в долину с очень неровной поверхностью: всюду холмы, ямы, камни. Космонавты быстро

снарядили вездеход — колёсный, с большими надувными шинами. Но на первом же крутом склоне вездеход опрокинулся набок.

Как быть? Учтите, что у космонавтов не было возможности переделывать вездеход.

Рассмотрим некоторые решения. Если к днищу вездехода подвесить груз, центр тяжести машины станет ниже, её устойчивость повысится. Но одновременно ухудшится проходимость: груз будет цепляться за камни. Если выпустить воздух из шин, замедлится скорость передвижения. Снабдить вездеход дополнительной парой боковых колес — усложнение конструкции, а мастерских на Марсе нет. Рекомендовать членам экипажа высовываться из окон и держать равновесие, как это делают мотогонщики — опасно.

Что вы сможете предложить?

Упражнение 3.4. А вот несколько задач, решаемых одновременным применением РПВ и РПП.

Задача 3.55. Грузы на складе перемещают с помощью ленточного транспортёра. Для транспортировки грузов в ящиках или коробках поверхность транспортёра должна быть плоской, следовательно, его опорные ролики должны иметь цилиндрическую форму. Для перемещения же сыпучих грузов поверхность транспортёров должна быть вогнутой, корытообразной, поэтому ролики должны иметь вогнутый профиль. Но разместить в складе два транспортёра нет возможности.

Как должен выглядеть транспортёр для попеременной транспортировки сыпучих и тарных грузов?

В качестве подсказки посмотрите решение задачи 3.26.

Задача 3.56. Топливный бак автомобиля — потенциальный источник опасности: при аварии топливо вспыхивает, и это часто приводит к трагедии. Применение огнетушителя не всегда возможно — пожар начинается мгновенно.

Итальянским инженерам удалось сконструировать бак, в котором вспыхивание топлива при аварии исключено. Как выглядит такой бак?

Задача 3.57. При выращивании картофеля по «голландской» технологии клубни при посадке не закапывают в землю, а засыпают земляным валиком. Валик по технологии требуется уплотнить. Для этого применяют специальные катки с вогнутой поверхностью. Но валики после посадки получаются разной формы — высокие и низкие, широкие и узкие и т.п. — всё зависит от состава почвы, её влажности и других факторов. Если форма катка сильно отличается от профиля земляного валика — уплотнение будет неравномерным.

Как же должен выглядеть каток, которым можно надёжно уплотнить валики различной формы?

Задача 3.58. В 800 году папа римский должен был короновать Карла Великого. Перед Карлом возникла проблема: с одной стороны, необходимо, чтобы именно папа возложил на него корону, тогда в глазах подданных он стал бы императором законно. Но с другой стороны, Карл не мог этого допустить, так как это означало бы, что именно папа дал ему власть.

Карл блестяще справился с задачей. Подумайте, как.

Задача 3.59. Дороги, по которым грузовики возят зерно на элеватор, порой бывают усыпаны зерном на радость птицам. Конечно, рачительный хозяин тщательно укрывает зерно брезентом, но это долгая и кропотливая операция. Машин с открывающимися крышами над кузовом пока нет. Да к тому же такие крыши вдобавок будут мешать при погрузке и разгрузке.

Как быть?

Задача 3.60. Маска электросварщика имеет тёмное стекло, через которое хорошо видно дугу и зону сварки, но ничего не видно, когда процесс сварки прекращается. Для осмотра шва сварщику приходится приподнимать маску, ждать, пока глаза привыкнут к свету (а это около минуты), и только после этого осматривать швы.

Что вы можете предложить?

Задача 3.61. Для черного шлифования больших поверхностей, например, обработки мраморных полов, применяют прерывистые (сегментные) шлифовальные круги, работающие торцом. Такая конструкция круга позволяет снимать передней кромкой каждого сегмента большие припуски (как при фрезеровании). При этом наличие пазов между сегментами создаёт благоприятные условия для размещения стружки. В результате обеспечивается высокая производительность обработки. Однако наличие пазов ухудшает шероховатость обработанной поверхности. Поэтому чистовую обработку производят кругами со сплошной рабочей поверхностью. Смена круга ведёт к потере времени и снижению общей производительности.

Как быть?

Задача 3.62. В ванну с электролитом периодически загружают детали, выдерживают их там, а затем удаляют. При этом агрессивный электролит испаряется и разъедает металлические детали оборудования. Если ванну накрыть крышкой, её придётся каждый раз поднимать во время загрузки и выгрузки деталей.

Как быть?

Это интересно:

Будущий великий театральный режиссёр Константин Сергеевич Станиславский (Алексеев), работая директором золотоканительной фабрики, ввёл в 1896 году премирование за изобретательство. 10 премий по 30 руб. он ежегодно лично вручал на общем собрании рабочих.

4. ЧТО ТАКОЕ ВЕПОЛЬ?

Инженерная карьера потому и заманчива, что люди со средними способностями могут творить, то есть могут испытывать счастье, доступное только сверходарённым людям: поэтам, музыкантам, художникам и ученым.

В.Е. Грумм-Гржимайло

Каждое разрешение проблемы создаёт новую проблему.

Иоганн Гёте

Г.С. Альтшуллер ещё в 60-е годы прошлого столетия предложил рассматривать любую техническую систему как совокупность веществ В и полей П. При этом минимальную систему из двух веществ и поля он назвал веполем — от слов «вещество» и «поле». Для наглядности веполь схематически изображают в виде:

В2 — П — В1

Линии между элементами веполя изображают связи (взаимодействия) между ними. Их можно конкретизировать следующим образом:

- положительное действие,
- ~ вредное действие,
- ↔ взаимодействие.

Вещество В1, которое требуется перемещать, обрабатывать, обнаруживать и т.д., то есть то, на которое направлено действие, принято называть изделием. Вещество В2, непосредственно взаимодействующее с ним, осуществляющее необходимое действие, называют инструментом. Поле П — это форма выделения, поглощения или преобразования энергии, сопровождающая действие. Вещественно-полевое представление технических систем легло в основу **вепольного анализа** — одного из эффективных методов решения творческих задач.

Вепольный анализ включает несколько правил. Рассмотрим три из них:

- 1) Достройка веполя.
- 2) Улучшение элементов веполя.
- 3) Надстройка веполя.

4.1. Достройка веполя (ВАД)

Творчество не есть удел избранных, это удел нормально развитых.

Г.И. Иванов

Иногда для решения технической задачи бывает достаточно исходную систему из одного или двух элементов достроить до веполя путём добавления одного элемента (вещество или поле) или двух элементов (вещество и поле). Отсюда вытекает первое правило вепольного анализа — правило *достройки веполя (ВАД)*:

Если невьепольная система (из одного или двух элементов) неработоспособна, её нужно достроить до полного веполя путём добавления недостающих элементов.

Две первые буквы аббревиатуры означают «Вепольный анализ», Д — «достройка».

Рассмотрим задачу.

Задача 4.1. Рассказывают, что на основателя Китайского государства императора Цинь Ши-хуанди (259–210 гг. до н.э.), известного своей жестокостью, было совершено две попытки покушения. Покушавшимся оба раза удалось незаметно пронести во дворец мимо карауливших у ворот стражей кинжалы, спрятав их под одеждой.

Как же предотвратить покушения?

Имеем физическое противоречие: для того, чтобы незаметно пронести кинжал во дворец, он должен быть невидимым для стражи; для того, чтобы стража смогла обнаружить кинжал, он должен быть видимым.

Можно, воспользовавшись методом разделения противоречий, разделить это физическое противоречие во времени (кинжал должен быть невидимым, когда покушающийся его прячет, и должен быть видимым, когда он пронесит кинжал мимо стражи) или в пространстве (кинжал невидим для покушающегося и окружающих, но видим для стражи). Однако такое разделение не подсказывает нам идеи решения задачи. Вепольная её схема может быть представлена следующим образом:

~ В1

Здесь вещество В1 — кинжал. Волнистая стрелка означает, что его пока не могут обнаружить.

Первое требование физического противоречия удовлетворяется тем, что кинжал спрятан под одеждой. А как сделать его видимым? Император приказал сделать ворота во дворец из постоянного магнита —

огромного куска магнитного железняка. При попытке пронести через них кинжал он тут же «выскакивает» из-под одежды. Схему решения этой задачи можно представить так:

$$\sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow \Pi \rightarrow B1$$

где $B2$ – магнитные ворота, Π – создаваемое ими магнитное поле.

Знак \Rightarrow означает переход от условия задачи к её решению.

Возможны несколько вариантов неведомых схем.

1) Схема содержит один элемент – вещество $B1$, которое нужно обнаружить или которым нужно управлять. Пример такой задачи мы рассмотрели выше. Рассмотрим ещё одну задачу.

Задача 4.2. В океане потерпел аварию танкер. Нефть стала быстро вытекать через пробоину, и на поверхности воды образовалось огромное нефтяное пятно. Чтобы избежать экологической катастрофы, учёные предложили высыпать на него пористые гранулы $B1$, которые хорошо впитывают нефть.

А как потом их собрать?

Решение. Физическое противоречие: гранулы должны быть в океане, чтобы собирать нефть, и гранулы должны быть в собирающем устройстве. Правило разделения во времени не приводит нас к решению. Применим правило достройки веполя. Имеем гранулы $B1$. Требуется ввести вещество $B2$ и поле Π , которые обеспечили бы сбор гранул. То есть, имеем такую же вепольную схему, как и в предыдущей задаче. И решение будет подобным: в качестве недостающего вещества $B2$ в гранулы нужно предварительно поместить стальные дробинки и собирать их магнитом.

2) Схема содержит два элемента – вещества $B1$ и $B2$, между которыми есть вредное взаимодействие. Его нужно устранить, а ещё лучше – заменить полезным:

$$B2 \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow \Pi \rightarrow B1$$

Задача 4.3. В химической лаборатории собрали установку для получения нового минерального удобрения. Две жидкости, назовем их А и Б, распыляясь, превращались в потоки мелких капелек, причём капельки А шли навстречу капелькам Б, соединялись, и получалось удобрение АБ. Так, во всяком случае, предполагали создатели установки. Но оказалось, что кроме капелек АБ образуются и совершенно ненужные капельки АА и ББ.

Как быть? Заранее смешивать жидкости нельзя.

Решение. Имеем физическое противоречие: капельки А и Б должны притягиваться друг к другу, чтобы образовать капельки АБ, и не должны притягиваться, чтобы не образовывать капельки АА и ББ. Имеем неполный веполь: вещество $B1$ – капельки жидкости А, вещество $B2$ – капельки жидкости Б. Недостаёт поля. Какого? Из уроков физики

в шестом классе мы помним, что требуемыми свойствами обладают электрические заряды: разноимённые заряды притягиваются, а одноимённые – отталкиваются. Следовательно, для решения задачи нужно одну жидкость зарядить положительно, а другую отрицательно.

3) Схема содержит два элемента – вещество $V1$ и действующее на него поле Π , причём действие это вредное. Его нужно устранить, а ещё лучше – заменить полезным действием:

$$\Pi \sim V1 \Rightarrow V2 \rightarrow \Pi \rightarrow V1,$$

$$\Pi \sim V1 \Rightarrow \Pi \rightarrow V2 \rightarrow V1$$

Задача 4.4. На железных дорогах снег набивается между подвижными частями стрелок, смерзается, и стрелка перестаёт работать. Было много предложений: использовать термоаккумуляторы, тепловые трубы, непрерывные переключения стрелки... Все они малоэффективны.

Как быть?

Физическое противоречие: зазор должен быть, чтобы стрелку можно было бы переключать, и не должен быть, так как в него набивается снег. Разделение этого противоречия во времени или в пространстве к решению не приводит. Мы имеем стрелку $V1$ и вредное поле Π – мороз. Нужно добавить в систему такое вещество $V2$, которое бы нейтрализовало вредное действие поля. Например, поместить в зазор стрелки поролон, пропитанный машинным маслом.

Известно несколько приёмов реализации правила достройки веполя. Рассмотрим некоторые из них, обозначая буквами и номерами.

Приём ВАД1 «Добавки». Если требуется обнаружить объект $V1$ или управлять его свойствами (плотность, вязкость, пористость, движение, деформация, фиксация, дробление, перемешивание и т.п.), в него предварительно вводят добавку $V2$, которая либо создает поле Π , либо взаимодействует с имеющимся полем. В качестве $V2$ и Π можно использовать: ферромагнетик и электромагнитное поле; проводник и электрическое поле; груз и центробежную силу; люминофор и ультрафиолетовое поле; нагреваемое вещество и тепловое поле и т.п.

Задача 4.5. На время ремонта требуется перекрыть трубопровод путём образования пробки из быстротвердеющего полимера. Недостаток этого метода в том, что жидкий полимер до отверждения растекается. Пробка получается очень длинная, что удорожает работу и усложняет извлечение её из трубы после ремонта.

Решение. Имеем физическое противоречие: полимер должен быть твёрдым, чтобы перекрыть трубопровод, и жидким, чтобы его можно было закачать в трубу, а после ремонта легко извлечь. Разделение во времени (полимер жидкий при закачивании и твёрдый после закачивания) не приводит к решению задачи (хотя и ориентирует на него).

Применим рекомендуемый приём ВАД1. Вепольная запись задачи будет иметь следующий вид:

$$\sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B1,$$

где B1 – жидкий полимер.

Выбираем в качестве пары B2 — П ферромагнетик и электромагнитное поле. Для решения задачи нужно ввести в полимер B1 железные опилки B2 и удерживать состав магнитным полем.

Рассмотрим ещё одну задачу на применение электромагнитного поля.

Задача 4.6. На заводе, выпускавшем сельскохозяйственные машины, был небольшой полигон – участок земли, обнесённый забором. Здесь испытывали новые конструкции машин, их проходимость, маневренность, устойчивость и т.п. И вот стало известно, что в ближайшее время заводу предстоит выпускать машины для многих регионов, причём в каждом из них нужны агрегаты, рассчитанные на почвы данного региона.

– Нам понадобится много полигонов, – сказал директор инженерам. – Где мы возьмем столько места?

– Да и земли под них столько никто не выделит, – заметил его заместитель.

– И столько денег, – добавил главбух.

Как же быть?

Решение. Имеем физическое противоречие: полигонов должно быть много, чтобы испытывать машины в разных условиях, и мало (один), чтобы сократить затраты.

Г.С. Альшутлер утверждает, что за 10 лет работы семинара по теории решения изобретательских задач не было ни одного случая, чтобы эту задачу правильно решили до обучения. Со своей стороны, мы в качестве эксперимента предлагали её самым различным категориям учащихся – результат тот же. Но стоит эту задачу повторить при изучении правила достройки веполя, и не было случая, чтобы кто-либо тут же не предложил правильный ответ.

Вепольная схема данной задачи такая же, как у предыдущей задачи 4.5. Решение состоит в том, что в почву B1 вводят железные опилки B2 и управление её свойствами осуществляют регулированием напряжённости электромагнитного поля П.

Вот ещё несколько примеров достройки веполя путём введения ферромагнетика и магнитного поля.

Для транспортирования немагнитных деталей с помощью грузоподъемного электромагнита их предварительно засыпают ферромагнитным порошком.

При укладке дренажных труб в траншею с уплотнением стыков труб фильтрующим материалом поверхность труб и фильтрующий материал предложено покрыть слоем ферромагнетика и намагнитить.

Для определения степени затвердевания или размягчения полимера предлагается ввести в него ферромагнитный порошок и измерять его магнитную проницаемость.

Очищать проволоку от окалины можно, пропуская её через ферромагнитный порошок.

Для распыления полимерного расплава нужно ввести в него частицы ферромагнетика и пропустить расплав через знакопеременное магнитное поле.

Для изгибания немагнитных труб магнитным полем их наполняют ферромагнитным порошком.

Щит опалубки в виде гибкого баллона заполняют ферромагнитным материалом, твердеющим в магнитном поле.

Мишень для стрельбы из лука в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом, позволяет использовать её вечно.

Задача 4.7. — Что за сталь у этих деталей? — сокрушается токарь. — Не успеешь начать обрабатывать, смотришь, а у резца опять выкрошилась кромка. Уже замучился перетачивать, а обработке и конца не видно!

— А что если взять...? — сказал мастер.

Что же он предложил?

Решение. Есть два вещества: обрабатываемая деталь В1 и режущий инструмент В2. Материал детали должен быть твёрдым, чтобы обеспечить её работоспособность, и мягким, чтобы облегчить обработку. Требуется ввести такое поле П, которое бы облегчило обработку, уменьшив силу резания. Таким полем может быть тепловое поле. Для облегчения обработки деталь предварительно подогревают, например, с помощью плазменной горелки.

Задача 4.8. — Что, мужики, загораем? — обращается шофёр подъехавшего КамАЗа к группе водителей большегрузных автомобилей, выстроившихся вдоль обочины.

— Куда же денешься — шины нагреваются, вот-вот резина загорится, — невесело ответил один из водителей. — Неужели ничего нельзя придумать?

Решение. На шину В1 вредно действует тепловое поле П. Если налить в неё воды В2, то при нагреве она закипит и отнимет тепло у резины.

Задача 4.9. После сварки агрегата холодильника надо проверить, нет ли в нём течи, не вытекает ли сквозь неплотности и отверстия рабочая жидкость. Сделать это трудно: агрегат погружают в ванну с водой, поворачивают и внимательно осматривают, не появились ли где пузырьки воздуха. При этом приходится тщательно осматривать каждый участок агрегата, а на это требуется много времени.

Как ускорить процесс контроля, одновременно повысив его надёжность?

Решение. Вепольная схема здесь такая же, как и в предыдущих задачах. Имеем вещество В1 — жидкость, которую надо обнаружить, введя дополнительно второе вещество В2 и поле П. Что можно ввести в жидкость? Введение ферромагнетика ничего не дает. А вот если в неё ввести небольшое количество люминофора, то при освещении агрегата ультрафиолетовым светом даже самая маленькая просочившаяся капелька будет светиться ярко-голубым цветом.

Вот ещё несколько примеров применения приёма ВАД1.

Для контроля состояния трубопровода, проложенного в тундре в промерзающем болотном грунте, предложено заполнять проверяемый участок трубопровода водой под давлением с добавлением яркой жёлто-зелёной флуоресцирующей краски, после чего трассу осматривают с самолета; зона дефекта заметна по специфической окраске земли или воды (есть трубопровод В1, добавляем краску В2, которая создаёт видимое поле П).

Когда Огюст Пикар построил батискаф для изучения глубинных слоёв океана, возникла проблема: как осуществлять его погружение и последующее всплытие. Пикар решил применить в качестве балласта стальную дробь, разместив её снаружи корпуса. Дробь закреплена на корпусе с помощью электромагнита. При необходимости всплытия магнит отключают.

Представляет интерес способ деаэрации (отделения от газа) порошкообразных веществ с использованием центробежной силы (есть порошок В1 и газ В2, добавлено механическое поле П).

Для очистки электролита от продуктов анодного растворения при электрохимической обработке электролит пропускают через электростатическое поле.

Для срезания с дерева крупных сучьев после его спиливания предложено установить на пути падающего дерева ножи (есть дерево В1 и гравитационное поле П, добавлены ножи В2).

Для изготовления пористых огнеупоров с направленным расположением пор применяют заложенные в них выгорающие шёлковые нити.

Чтобы избежать операции шлифования при получении искусственного мрамора из смеси цемента и мраморной крошки, смесь выливают на стекло. Получается идеально гладкая поверхность.

Экипаж дирижабля «Италия», потерпевшего аварию на пути к северному полюсу весной 1928 года, был спасён благодаря находчивости механика, который сделал зеркальце из шоколадной фольги и сумел послать солнечный зайчик пилоту поискового самолёта.

Приём ВАД2 «Ограниченные добавки». Если при решении задач типа ВАД1 введение добавок в объект запрещено, то используют один из следующих обходных путей:

- 1) вместо внутренней добавки вводят наружную;
- 2) вводят в очень малых дозах особо активную добавку;
- 3) добавку вводят на короткое время;
- 4) добавку вводят в виде химического соединения, из которого она потом выделяется.

Задача 4.10. — Мы выпускаем овощные консервы в стеклянных банках, — поясняет начальник цеха пищекомбината. — Видите, сейчас по конвейеру движутся банки с маринованными огурцами. Вот конвейерная лента опускается в ванну с водой, где проверяется герметичность тары. Недопустимы даже мельчайшие неплотности. В течение всей смены работницы внимательно следят, не появится ли на какой-либо из банок пузырьёк воздуха. Они устают от напряжения, бывают просмотры. А это явный брак.

Как повысить производительность и надёжность контроля, одновременно облегчив труд работниц? Казалось, можно было бы решить эту задачу по аналогии с задачей 4.9 о проверке холодильных агрегатов. Но здесь другая ситуация, добавлять люминофор в овощи нельзя.

Как быть?

Решение. Предлагается воспользоваться вариантом 1 приёма ВАД2 и ввести люминофор не в банку, а в воду. Теперь если мельчайшая её капелька проникает в банку, она при ультрафиолетовом освещении будет светиться ярко-голубым светом.

Для измерения толщины стенки полого керамического сосуда В1 предложено заливать в сосуд жидкость В2 с высокой электропроводностью и замерять электрическое сопротивление П, подводя один электрод к жидкости, другой — к стенке сосуда снаружи.

Задача 4.11. Алмазные зёрна, применяемые для изготовления шлифовальных кругов, имеют форму вытянутого эллипсоида. При изготовлении круга желательно расположить зёрна по его радиусу, тогда они будут легче внедряться в обрабатываемый материал. Только вот как заставить их «выстроиться»?

Решение. Если бы можно было ввести в алмазные зёрна ферромагнетик, появилась бы возможность управлять ими с помощью магнитного поля. Но как это сделать? Для этого также применяют вариант 1 приёма ВАД2: подвергают алмазные зёрна металлизации, напыляя на них тонкий слой ферромагнетика, например, никеля. Кстати, металлизация упрочняет зерна, «залечивая» имеющиеся в них микротрещины, а кроме того, способствует более прочному соединению зёрен со связкой шлифовального круга. При работе металлическое покрытие

на выступающей из связки части зерна моментально стирается и не мешает резанию. Видим, что использован также вариант 3 приёма ВАД2 – добавка введена на короткое время.

Задача 4.12. Известны так называемые поверхностно-активные вещества (ПАВ). При попадании на поверхность металла они ослабляют взаимное притяжение молекул друг к другу, вследствие чего его прочность резко уменьшается.

– Хорошо бы применить ПАВ при обработке жаропрочных деталей, – заметил как-то один из технологов. – А то замучились отправлять свёрла на переточку.

– Нельзя, – возразил ему начальник цеха, – они ядовиты, и при длительном контакте с ними на коже могут возникнуть ожоги. К тому же высокая концентрация ПАВ в воздухе может привести к отравлению.

Как быть?

Решение. Одним из таких веществ является триэтаноламин – сильно ядовитая жидкость. Но, оказывается, в очень малых концентрациях (менее 0,1%) она для кожи безвредна и, тем не менее, сохраняет свои поверхностно-активные свойства. Триэтаноламин добавляют в смазывающе-охлаждающую жидкость (СОЖ), которой поливают зону обработки. Тут применён вариант 2 приема ВАД2.

Задача 4.13. Из стального листа нужно штамповкой изготовить деталь. Для этого её требуется нагреть до 1200°, например, пропуская электрический ток. Но уже при температуре выше 800° поверхность заготовки интенсивно окисляется, приводя лист в негодность.

– Получается как в сказке, – заметил технолог. – Налево пойдёшь – плохо, направо – еще хуже. Заготовку нужно нагревать до 1200°, иначе её не обработаешь, и в то же время не нагревать её выше 800°, чтобы не испортить поверхность листа.

Что же предложить?

Решение. Воспользуемся вариантом 3 приема ВАД2. Перед нагревом окунём заготовку в расплавленное стекло. При нагреве оно будет надёжно защищать её от контакта с атмосферой, и окисления не произойдет. При штамповке стеклянная корка сразу же разрушается.

Задача 4.14. При сборке агрегата требуется обеспечить ориентацию втулок из немагнитного материала. Если бы они были изготовлены из ферромагнетика, например из стали, то для ориентации можно было бы использовать магнитное поле.

А как быть в данном случае?

Решение. Предлагается ввести в отверстия втулок стальные стержни, которые после ориентации удалить.

Задача 4.15. В технике применяется так называемая металлоплакирующая смазка – масло с добавленным в него металлическим

порошком. В процессе работы частицы металла оседают на трущиеся поверхности и защищают их от износа. Чем меньше зазор между поверхностями, тем мельче должен быть порошок. Но мелкий порошок трудно, а то и невозможно получить.

Идеальное решение задачи: порошок предельно измельчён до отдельных атомов. Механическим путём это сделать невозможно. Но на помощь приходит вариант 4 приёма ВАД2. Ясно, что молекулы вещества В2, которое надо ввести, должны содержать атомы металла. Чтобы раствориться в масле, это должно быть органическое вещество. Наконец, нужно, чтобы при работе из В2 выделялся чистый металл. Для этого на В2 надо воздействовать полем. Каким? Готовое поле – возникающее при трении тепло. Следовательно, в качестве В2 нужно взять металлоорганическое соединение, разлагающееся при нагревании. Полистав химический справочник, без труда находим его, например, соль кадмиевой кислоты.

Задача 4.16. Полимеры стареют. Процесс этот напоминает ржавление металла, потому что виновник его – тот же кислород, разрушающий молекулы полимеров. Для защиты от него нужно при «варке» полимера добавить тонко измельчённое железо. Атомы его перехватят кислород и защитят полимер. Но чем тоньше измельчить железо, тем активнее оно будет соединяться с кислородом воздуха и, окислившись, потеряет свои защитные свойства.

– Придётся работать в среде инертного газа, – сказал химик, приглашённый для консультации.

– Сложно и неудобно, – возразил заводской инженер. – Нам бы что-нибудь попроще.

Что же можно здесь предложить?

Решение. Задача похожа на предыдущую. В качестве вещества В2 необходимо ввести в В1 соединение железа, которое разлагается в горячем полимере.

Вот ещё несколько решений на основе применения приёма ВАД2.

При обработке резанием в СОЖ вводят перекись водорода; при её разложении будет выделяться высокоактивный атомарный кислород, который образует на поверхности режущего инструмента защитную плёнку, уменьшая её износ.

Антифрикционные свойства деревянных подшипников скольжения существенно улучшаются, если пропитать их медью. Но даже самый мелкий порошок меди не загнать в дерево. Белорусские изобретатели пропитывают дерево раствором муравьинокислой меди, из которого при нагреве выделяется медь, заполняющая поры дерева.

Для той же цели в контакт между трущимися деревянными деталями можно ввести аммиак. Древесину предварительно пропитывают

солями аммиака, разлагающимися при температуре трения, например $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Приём ВАДЗ «Максимальный режим». Если невозможно обеспечить оптимальный режим действия, используют максимальный режим, убирая затем избыток поля веществом, а избыток вещества — полем.

$$\text{П} \sim \text{В1} \Rightarrow \text{П} \rightarrow \rightarrow \text{В1} \leftarrow \text{В2}$$

Здесь $\rightarrow \rightarrow$ — избыточное действие

Рассмотрим задачу 2.1 о запаивании ампул с лекарством, которую мы уже решали методом разделения противоречий, с позиций вепольного анализа.

Имеем ампулу В1 и пламя П. Оптимальный режим нагрева, обеспечивающий герметичную запайку и сохранность лекарства, подобрать не удастся. Согласно рекомендациям ВАДЗ включаем максимальное пламя, а избыток его убираем. Чем? Конечно, водой, т.е. ставим ампулы В1 в воду В2 и нагреваем только их носики.

Задача 4.17. Предприятие выпускает приборы в цилиндрических пластмассовых корпусах. Готовую продукцию надо покрыть тонким слоем специальной защитной краски. Использовать электростатический способ окраски по ряду причин невозможно. Её осуществляют распылителями, причём на каждый цилиндр уходит 15–20 с.

Повысить скорость окраски нетрудно: если пустить распылитель на полную мощность, цилиндр покроется краской за доли секунды. Но при этом будет практически невозможно получить тонкое и ровное покрытие. Лишнее мгновение — и слой краски будет слишком толстым, образуются подтёки. И наоборот: чуть меньше, чем надо, и где-то останутся незакрашенные места. Краскораспылители — приборы грубоватые и капризные, регулировать их трудно. Поэтому приходится вести окраску медленно, чтобы обеспечить требуемое качество окраски.

Как быть?

Решение. Применим максимальный режим — окунаем цилиндры В1 в краску В2. Теперь нужно убрать избыток В2 полем П. Электромагнитное поле не подходит, поскольку краска немагнитная. Тепловое поле не обеспечит удаление подтёков, а гравитационного поля недостаточно. Приемлемое решение — центробежная сила. Толщину слоя краски регулируют, изменяя частоту вращения цилиндра.

Задача 4.18. Если при изготовлении бетона добавить в него алюминиевую пудру, то в результате её взаимодействия с водой выделяются пузырьки водорода. Они вспенят, вспучат бетонную массу — получится пенобетон, отличный теплоизоляционный материал. К сожалению, процессом изготовления его очень трудно управлять. Высота вспучивания зависит от множества факторов: точности дозировки составляющих,

температуры бетона и воздуха, колебаний атмосферного давления, вида цемента и т.д. В огромном цехе, заставленном ваннами — формами, приходится поддерживать постоянную температуру, избегая сквозняков, сотрясений. И всё равно в разных формах пенобетон поднимается на разную высоту: иногда останавливается где-то на середине формы, иногда неудержимо ползёт через края, как каша у одного из героев рассказа Николая Носова.

Решение. Ответ очевиден: нужно добавлять в бетон В1 алюминиевую пудру В2 в избытке, а для остановки массы на точно заданном уровне использовать гравитационное поле. Скажем, накрыв форму готовой плитой.

Это интересно:

В одном фантастическом рассказе герой всю жизнь изобретал твёрдую воду, которая имела бы вид порошка и плавилась при высокой температуре. Изобретатель попал в сумасшедший дом.

Рассказ был опубликован в 1964 году. А через три года изобрели такую воду, состоящую из 90% воды и 10% кремниевой кислоты. Сейчас изобретатели стараются уменьшить содержание в твёрдой воде кислоты.

4.2. Улучшение элементов (ВАУ)

Нет вещи, которую нельзя было бы улучшить.

Генри Форд

Вепольная система может быть и неработоспособной. Так бывает, когда неработоспособным является один или два элемента веполя. Отсюда вытекает второе правило вепольного анализа — правило **улучшения элементов веполя (ВАУ)**.

Если вепольная система неработоспособна, нужно улучшить (изменить или заменить) один или два её элемента.

А что значит улучшить элемент? Г.С. Альтшуллер, [2] проанализировав патентный фонд по многим областям техники, пришёл к выводу, что технические системы развиваются в направлении увеличения динамичности, идеальности, дробности и управляемости их элементов.

Рассмотрим подробнее эти качества.

Под **динамичностью** понимают способность объекта изменять свои характеристики в процессе работы, приближая их к оптимальным в каждый момент. При этом неподвижный объект или его элементы могут становиться подвижными.

Задача 4.19. Для полётов на небольших скоростях самолёту нужен широкий размах крыльев: чем он больше, тем выше подъёмная сила. Но для полётов на сверхзвуковых скоростях размах крыльев должен быть как можно меньше. Только при таком условии самолёт будет иметь малое сопротивление.

Имеем вепольную систему: B_1 – крыло самолета, B_2 – воздух, Π – подъёмная сила. Но система неработоспособна, так как из-за большого сопротивления крыльев скорость снижается.

Решение. Имеем физическое противоречие: крылья должны иметь широкий размах, чтобы обеспечить взлёт самолета, и они должны иметь как можно меньший размах, чтобы уменьшить сопротивление самолёта в полёте.

В соответствии с требованием динамичности крыло B_1 должно изменяться в зависимости от требований к нему. Такие самолёты уже есть, правда, пока только в военной авиации – так называемые самолёты с изменяемой геометрией крыла. Размах крыльев у них меняется путём поворота в горизонтальной плоскости вокруг специального шарнира.

Похожую ситуацию мы имеем и в задаче 2.4 про Карлсона, пропеллер у которого тоже имеет «изменяемую геометрию»; и в задаче 3.2, где ширина ленточного электрода меняется в зависимости от величины зазора между свариваемыми деталями; и в задаче 3.32 о катамаране типа «река – море», ширина которого меняется в зависимости от характера водоёма.

Под *идеальностью* объекта понимается степень его приближения к идеалу – объекту с нулевой массой, нулевыми размерами, нулевым временем срабатывания, 100%-ным КПД, бесконечным сроком службы, максимальной производительностью, 100%-ной автоматизацией и т.п.

Задача 4.20. Металлические отливки очищают струёй песка. Поверхность получается чистой, но песок попадает во внутренние полости отливок. Как его оттуда извлечь? Не станешь же переворачивать тяжёлые отливки и вытряхивать из них песок. Приходится отсасывать песок специальным пневматическим устройством либо просто выгребать его вручную.

– Да, много лишней работы, – вздыхает инженер. – Но я не вижу иного выхода. Сами по себе песчинки не исчезнут.

Как быть?

Имеем вепольную систему: отливку B_1 , песок B_2 и абразивное воздействие Π . Система не удовлетворяет нас тем, что песок не может исчезнуть сам по себе после очистки отливки.

Решение. Мы имеем противоречие: песчинки должны быть, чтобы очищать отливку, и их не должно быть после очистки.

Идеальные песчинки должны очищать отливку и затем сами по себе исчезать. Для начала вспомним случай, описанный когда-то в наших

газетах. Человек послал на свой адрес посылку, её взвесили, запломбировали, отправили адресату. Однако когда получатель явился за ней на почту, оказалось, что посылка вместо 10 кг весит 2 кг. Ему выплатили компенсацию, но о происшествии сообщили в милицию. И когда этот человек попытался повторить свой фокус, он был задержан. Вскрытие посылки показало, что ящик был заполнен ... сухим льдом.

Вот и песчинки В2' для очистки отливок согласно американскому патенту представляют собой кристаллики сухого льда.

Степень идеальности объекта В2 мы увеличивали и при решении задачи 1.1, заменив традиционный полировальник ледяным В2', который сам себя охлаждает; и при изменении способов введения люминофора В2 для проверки плотности закупорки банок с огурцами в задаче 4.10.

Под *дробность* будем понимать степень разделения (раздробления) объекта на составные части, в идеале – переход с макроуровня на микроуровень.

Задача 4.21. При изготовлении листового стекла лента расплава движется по роликам, перескакивая с одного на другой. Между роликами она прогибается и так застывает, что ухудшает качество стекла.

Имеем вепольную систему: В1 – стекло, В2 - ролики, П – тепловое поле. Ролики В2 слишком велики, что ведёт к провисанию стекла. Если диаметр их уменьшить, уменьшится и провисание, но роликов потребуется больше, конвейер усложнится.

Решение. Действительно, простое механическое уменьшение роликов усложнит всю конструкцию. А если продолжить дробление роликов до размера молекулы? На первый взгляд, фантазия. Так, во всяком случае, показалось представителям стекольного завода, когда Г.С. Альтшуллер предложил им этот путь решения проблемы. И только после нескольких лет безуспешных попыток других решений, на заводе вернулись к этому предложению: вместо роликового конвейера применили ванну с жидким оловом.

Замену объекта В2 на более дробный мы применили ранее к решению задачи 3.59 о замене сплошной крышки кузова В2 на жалюзи В2'; в задаче 4.15 о получении металлоплакирующей смазки путём разложения химического соединения.

Под *управляемость* системы будем понимать возможность управления её свойствами (действиями) во время работы. В идеале управление должно быть автоматическим.

Задача 4.22. В сельском хозяйстве для выращивания огурцов, помидор и других культур применяются парники – ажурные металлические застеклённые конструкции. Для того чтобы регулировать температуру в парнике, крышка его установлена на шарнирах. Если температура поднимается выше, скажем, 20°C, крышку приоткрывают, если температура

опускается – крышку закрывают. Но делать это вручную долго и утомительно, а оснащать парники специальным приводом – дорого.

Как быть?

Имеем веполь: $V1$ – растения, $V2$ – крышка, Π – тепловое поле. Недостаток системы – ею трудно управлять.

Решение. Очевидно, что крышку $V2$ нужно изменить таким образом, чтобы она сама открывалась при повышении температуры и закрывалась при понижении. Ответ – в учебнике физики для девятого класса: поперечные стержни крышки $V2'$ нужно изготовить биметаллическими, например, из соединённых полос железа и меди.

Правило улучшения элементов веполя включает два приёма.

Приём ВАУ1 «Изменение элемента». Если вепольная система неработоспособна, один из её элементов изменяют, повышая его динамичность, идеальность, дробность, управляемость.

Вепольная запись задачи имеет такой вид:

$$V2 \rightarrow \Pi \sim V1 \Rightarrow V2' \rightarrow \Pi \rightarrow V1$$

$$V2 \rightarrow \Pi \sim V1 \Rightarrow V2 \rightarrow \Pi \rightarrow V1'$$

где $V1'$ и $V2'$ – видоизменение вещества соответственно $V1$ или $V2$.

Связи в этой записи могут иметь другие виды и направления для конкретных задач. Сущность приёма состоит в том, что взамен вредного действия вещества $V2$ (или Π , или $V2$ и Π) получаем полезное действие видоизменения $V2'$ (Π' ; $V2'$ и Π').

Рассмотрим несколько задач на применение этого приёма.

Задача 4.23. Весьма распространённым способом обработки отверстий с целью повышения их точности и уменьшения шероховатости поверхности является растачивание. Обработка ведётся либо при вращающейся заготовке неподвижным резцом, либо при неподвижной заготовке резцом, установленным во вращающейся борштанге. Недостаток операции растачивания – одностороннее нагружение системы, что ведёт к возникновению вибраций и, как следствие, к волнистости обработанной поверхности.

Какие вам известны способы обработки, лишённые этого недостатка?

Решение. Одно из применяемых с этой целью решений, к которому можно прийти, применяя принцип повышения дробности режущего инструмента – замена резца зенкером. Зенкер – многозубый инструмент (от трёх до восьми зубьев), что обеспечивает симметричность нагрузки и, как следствие – снижение вибраций и повышение качества обработки.

Ещё заметнее эффект повышения точности и снижения шероховатости при увеличении дробности – замене зенкера развёрткой. Развёртка

имеет большее число зубьев (до 24), а, кроме того, она устанавливается на шпинделе станка в плавающем патроне, что обеспечивает равномерность снятия припуска и почти полное отсутствие вибраций.

Задача 4.24. Шлифование – наиболее распространённый способ окончательной обработки деталей. Инструментом служит шлифовальный круг из абразивных зёрен, соединённых керамической связкой. Но таким кругом можно обрабатывать либо плоские поверхности, либо тела вращения. А как обработать криволинейную поверхность, например, лопатку турбины? Или хотя бы обыкновенную ложку?

Решение. Идеальный круг тот, который сам приспособливается к поверхности любой формы. Чтобы круг В2 постоянно приспособлялся к форме шлифуемой поверхности В1, его делают упругим (эластичным): на каучуковой основе, войлочные, фетровые, тканевые круги В2'.

Задача 4.25. При обработке металлов резанием зону контакта инструмента с деталью поливают струёй смазывающе–охлаждающей жидкости (СОЖ). Для повышения эффективности охлаждения зоны резания СОЖ охлаждают, повышают давление струи, увеличивают расход СОЖ. Однако этих мер бывает недостаточно.

Как можно ещё повысить охлаждающую способность СОЖ?

Имеем веполь: зона резания В1, СОЖ В2 и тепловое (охлаждающее) поле П. Будем изменять СОЖ, применяя принцип дробления.

Решение. В перечисленных путях повышения теплоотвода из зоны резания не используется ещё один резерв – скрытая теплота испарения. Испарение происходит с поверхности: чем больше поверхность жидкости, тем интенсивнее её испарение, тем больше отнимается теплоты. Следовательно, нужно увеличить площадь СОЖ. Как это сделать?

Применим к СОЖ принцип дробности. Вместо подачи её поливом будем подавать распылённую струю. Удельная поверхность СОЖ, а следовательно, и её испарение возрастут в десятки и сотни раз. При ещё более мелкодисперсном распылении, так называемом масляном тумане, удельная поверхность возрастет в сотни тысяч раз. Теперь уже теплоотвод за счёт испарения СОЖ приведёт к заметному снижению температуры резания.

Задача 4.26. В центрифуге в течение длительного времени должна идти химическая реакция. Для этого необходимо поддерживать внутри центрифуги температуру 250°С. Поставить центрифугу в термостат нельзя – она слишком велика. Подавать электрический ток внутрь быстро вращающейся центрифуги? Сложно, да и как контролировать температуру внутри центрифуги? Использовать нагрев инфракрасными лучами? Снова возникает вопрос: как контролировать температуру? Ведь измерение температуры на поверхности центрифуги – это совсем не то....

Как быть?

Решение. Нагреть центрифугу В1 можно электромагнитным полем П, если поместить внутри центрифуги диск В2 из ферромагнетика. Но по условию задачи требуется не просто нагревать вещество внутри центрифуги, но и поддерживать постоянную температуру 250°С. Можно сделать диск В2' из материала с точкой Кюри 250°С, тогда по достижении этой температуры поле автоматически будет отключаться.

Приём ВАУ2 «Замена элемента». Если изменение одного или двух элементов не дало результата, их заменяют на элементы, обладающие большими динамичностью, идеальностью, дробностью, управляемостью.

Вепольная схема такой задачи имеет вид:

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B3 \rightarrow П \rightarrow B1$$

Задача 4.27. Как-то фараон приказал одному своему мудрецу измерить высоту пирамиды. На следующий день мудрец дал ему точный ответ.

Как это ему удалось?

Решение. Поскольку непосредственно измерить высоту пирамиды невозможно, мудрец поступил иначе. Воткнул в песок свой посох, дождался, пока тень от него стала равна его длине, и измерил тень пирамиды. Здесь В1 – пирамида, В2 – посох, В3, которое измеряется вместо В1 – тень пирамиды.

Задача 4.28. При возникновении аварийной ситуации в шахте нужно срочно оповестить всех, кто находится под землёй. Световой сигнал ненадёжен, поскольку электрическая сеть также может выйти из строя, звуковой сигнал люди могут не услышать.

Что можно предложить?

Решение. Речь идёт о замене поля. На шахтах уже давно используют для этого «запаховое» поле: раздавливают ампулу с веществом, имеющим характерный резкий запах.

Задача 4.29. Лампы-мигалки на спецмашинах управляются от сложной электронной системы. Пока машина проходит стендовые испытания, система работает безотказно. Но в дорожных условиях электроника часто выходит из строя.

А нельзя ли обойтись без неё, заменить её чем-то более надёжным?

Имеем веполь: лампа В1, свет П и электронная система управления В2, причем действие В2 на П считаем неудовлетворительным из-за ненадёжности и дороговизны системы.

Заменим электронную систему управления вращающимся корпусом В3 с окном.

Задача 4.30. Известен дозатор для мелких предметов – стальных шариков, гвоздей, шурупов и т. п. Дозатор представляет собой вертикальную

или наклонную трубу с двумя заслонками — верхней и нижней. Открывают верхнюю заслонку, и шарики, скатываясь по лотку, заполняют трубу. Закрывают верхнюю заслонку и открывают нижнюю: порция шариков высыпается из дозатора.

В 1967 году механические заслонки В2 заменили электромагнитами В3. управлять дозатором стало значительно проще: не требуется усилия при закрывании заслонки, заслонка не изнашивается — шарики в магнитном поле сами играют роль заслонки.

Попробуйте, используя приём изменения элемента веполя, усовершенствовать этот дозатор.

Решение. Недостаток дозатора — невозможность регулировать объём порций шариков. Изменим электромагниты — сделаем их подвижными. Теперь мы можем выдавать из дозатора любую порцию шариков.

Это интересно:

Дмитрий Иванович Менделеев, открывший один из законов естествознания — периодический закон элементов. Охотно занимался переплётным делом и изготовлением чемоданов. Однажды, когда он покупал на рынке материал для своих увлечений, продавца спросили, кто это такой.

— Как же-с? Их все знают. Это известный чемоданных дел мастер Менделеев-с!

Дмитрий Иванович, слышавший эти слова, был очень польщён такой характеристикой.

4.3. Надстройка веполя (ВАН)

Специалисты находили мои предложения неосуществимыми. Единственным возражением, которое они выдвигали, было: «Всё это до сих пор не существует». Как много раз приходилось мне слышать соображения такого рода.

Огюст Пикар

Изобретательство - это борьба против тупости и зависти, безразличия и злобы, тайных противников и открытого столкновения интересов, страшное время борьбы, всегда мучительное даже при достижении успеха. Изобретение приходит в жизнь сквозь бесчисленные компромиссы и неудачи. Вот почему любой изобретатель должен быть оптимистом.

Рудольф Дизель

При решении технических задач часто бывает так, что изменение или замена элемента в вепольной системе не приводит к желаемому результату. В этих случаях строят на базе веполя более сложную систему, добавляя 4-й, 5-й элементы и т.д., то есть «надстраивают» веполь.

Отсюда третье правило вепольного анализа – правило *надстройки веполя (ВАН)*.

Если вепольная система неработоспособна, а улучшение элементов не обеспечивает требуемого результата, её нужно преобразовать путём добавления элементов.

Это правило также содержит несколько приёмов.

Приём ВАН1 «Видоизменённое вещество». Если требуется устранить вредное воздействие П на вещество В1, то между полем П и одним из веществ, В1 или В2, вводят видоизменение одного из данных веществ – В1' или В2' соответственно.

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B2' \rightarrow B1,$$

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B1' \rightarrow B1$$

Задача 4.31. В повести замечательного писателя Григория Анисимовича Федосеева «Злой дух Ямбуя» описывается такая история. Жил в тайге старый охотник. Уходя в лес, он брал с собой собак. Они выслеживали зверя, лаяли, и охотник шёл на звук. Но случилась беда: охотник оглох.

Как быть дальше?

В истории охотник нашел выход. Подумайте, какой?

Решение. Веполь «собаки – лай – охотник» стал неработоспособным. Согласно приему ВАН1 между охотником В1 и собаками В2 нужно ввести видоизмененного охотника В1' или видоизмененную собаку В2'. Охотник всего один. Как же должна выглядеть видоизмененная собака? Ясно, что она должна подавать охотнику какой-то другой сигнал взамен звукового. Для этого одну собаку охотник держит на поводке. Услышав лай, она не останется безучастной и приведёт его к обложенному зверю.

Задача 4.32. Осенью 1892 года выдающийся флотоводец Степан Осипович Макаров, будучи главным инспектором морской артиллерии, присутствовал на испытаниях артиллерийских снарядов. Стрельба велась по броневым плитам, которыми английская сталелитейная фирма «Гарвей» оснащала боевые корабли Британии. Наружная поверхность брони была закалена до высокой твёрдости, а остальная её толщина оставалась вязкой и прочной. Снаряды были бессильны перед такой бронёй, они отскакивали от закалённой поверхности. И вдруг –

один за другим снаряды начали пробивать броню с поразительной лёгкостью. Сенсация? Нет, оказывается, матросы по ошибке поставили броню не той стороной. Ошибку исправили, и все забыли об инциденте. Все, кроме Макарова, который вскоре сделал выдающееся изобретение.

В чём оно состояло?

Решение. Степан Осипович не знал вепольного анализа. Но он понял, что броня легко пробивается, если поверх закалённого слоя есть хотя бы небольшой слой мягкого металла. Поскольку на броне неприятельского судна такой слой не создать, Макаров и предложил насадить на головку снаряда колпачок из мягкой стали. Так был создан бронебойный снаряд. Преимущество британского флота было сведено на нет.

Задача 4.33. Плавку медной руды осуществляют в ваннах из меди. Но температура плавления руды выше $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура плавления меди – $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как защитить стенки ванны от расплавления? Облицовку ванны огнеупорным материалом сразу исключаем.

Решение. Охлаждение стенок ванны водой приводит к образованию на них «намороженного» слоя меди – так называемого гарнисажа.

Задача 4.34. На подшипниковом заводе установили станок-автомат, но у него то и дело выходила из строя простая деталь – изогнутая трубка, по которой сжатый воздух с большой скоростью гнал поток маленьких стальных шариков. Они били по её стенке в месте поворота и за смену иногда насквозь пробивали её. Пробовали утолщать стенку трубки, делать колесо сменным, покрывать поверхность трубы резиной – ничего не помогало.

Как быть?

Решение. Между трубкой В1 и шариками В2 нужно ввести видоизменённую трубку В1 или видоизменённые шарики В2. Защищать трубку могут неподвижные шарики. Сделать их такими просто: поставить на изгибе трубки наружный магнит. Внутри к этому месту прилипнет слой шариков. Если какой-либо шарик будет выбит, на его место тут же встанет другой.

Ещё несколько примеров. Для защиты подводных крыльев судна от кавитационного разрушения предложено создать защитный слой путем намораживания на них ледяной корки (есть крыло В1, вода В2 и вредное кавитационное поле П; вводим видоизменённую воду В2'). Сходное решение применено с целью снижения износа трубопровода для транспортировки пульпы – смеси порошка с водой. Наружную поверхность трубы охлаждают до образования на внутренней её поверхности корки из замороженной пульпы (В2' – видоизменённая пульпа).

Для предотвращения износа днища ковша экскаватора из-за трения об него грунта и камней предложено к днищу со стороны грунта

приварить невысокие поперечные рёбра, разделяющие дно на ячейки. При выгрузке грунта в этих ячейках застревают его мелкие кусочки, которые образуют предохранительный слой над днищем. Кстати, рёбра также увеличивают жёсткость днища, что позволяет сделать его из более тонких листов.

Приём ВАН 2 «Третье вещество». Если введение видоизменённого вещества $V1'$ или $V2'$ не устраняет вредного воздействия поля Π на вещество $V1$, то между полем Π и одним из веществ вводят третье вещество $V3$:

$$V2 \rightarrow \Pi \sim V1 \Rightarrow V2 \rightarrow V3 \rightarrow \Pi \rightarrow V1$$

$$V2 \rightarrow \Pi \sim V1 \Rightarrow V2 \rightarrow \Pi \rightarrow V3 \rightarrow V1$$

Задача 4.35. Зимой 1919 года студенты московского авиационного техникума, спасаясь от холода, соорудили в лекционной аудитории печку, на которую поставили бак с водой. Стало не то чтобы тепло, но чернила не замерзали. Зато возникла другая беда: агрегат сильно парил, в помещении стало настолько сыро, что уже стали подумывать: а не убрать ли бак?

Когда студенты поделились своей бедой с Н.Е. Жуковским, который читал лекции в этой аудитории, он посоветовал им...

Как вы думаете, что предложил Николай Егорович?

Решение. Совет учёного был прост и эффективен: налить в воду ложку машинного масла. Масляная плёнка препятствует испарению воды.

Задача 4.36. Потеря каменного угля при железнодорожных перевозках составляет только в нашей стране около 4 млн. *т*. Уходят эти миллионы буквально «на ветер» - уголь выдувается из вагонов. Погрузка и разгрузка его из закрытых вагонов сложны, а удобных вагонов со съёмными крышами нет.

Решение. Предложено защитить уголь плёнкой, которая образуется при распылении водно-мазутной эмульсии. Она достаточно прочна и выдерживает перевозку на 2000 км со скоростью 100 км/ч. Плёнка одновременно предохраняет уголь и от возгорания.

Задача 4.37. — Раньше мы с вами проверяли качество сварного шва рентгеном, на что уходило много времени, — говорит мастер бригаде сварщиков газопровода. — Теперь будем проверять шов вот этим простым прибором. Вы прижимаете щуп с шариком ко шву и ведёте им, как авторучкой по бумаге, а ультразвук обнаруживает дефект. Правда, есть одно «но». Между щупом и швом должен быть надёжный контакт, а поверхность шва, видите, какая неровная.

— Может быть, поливать место контакта водой? — спросил один из рабочих.

– Так делают, – ответил мастер, – но где нам взять столько воды?
– Да она зимой при нашей температуре замёрзнет, – добавил дру-
гой. – Не отказаться ли от этого прибора?

Как поступить?

Решение. В контакт надо ввести каплю магнитной жидкости, кото-
рая обеспечит его надёжность в течение длительного времени.

Задача 4.38. В задаче 4.12. рассказывалось об эффективности при-
менения поверхностно-активных веществ (ПАВ) при обработке металлов резанием. По расчетам физиков, сила резания при этом должна уменьшиться в 1,5–2 раза. Но реальный эффект оказался существенно меньшим. Выяснилось, что охлаждающая жидкость, реагируя с металлом и атмосферой, образует на поверхности обрабатываемой детали окисную пленку, которая оказывает экранирующее действие, препятствуя контакту ПАВ с металлом.

Как быть?

Решение. Для обеспечения контакта ПАВ с металлом в состав охлаждающей жидкости вводят антиокислители, связывающие свободный кислород и препятствующие экранированию.

Узбекские изобретатели предложили для предотвращения перегрева гелиоустановки применить дым, который подаётся дымогенератором по сигналу от температурного датчика (В1 – зеркало гелиоустановки, В2 – солнце, П – тепловое поле; добавлено В3 – дым).

Для облегчения страданий больного при ожогах и ускорения процесса рубцевания кожи в качестве матраца используют восходящий поток стерилизованного теплого воздуха.

Для предотвращения стука от ударов прутка о направляющую трубу в прутковых токарных автоматах в механосборочном производстве ВА3а в трубе установлены втулки из фторопласта.

Для предотвращения царапания плёнки при демонстрации неразрезанных слайдов через перфорацию продевают капроновую леску диаметром 0,1 мм.

Не найдя методов борьбы с привычкой туристов оставлять на объектах надписи мелом или краской, в Италии предложили покрывать стены синтетической плёнкой из пульверизатора и периодически её менять.

Чтобы при закрывании термоса с горячей жидкостью её пары не выталкивали пробку, в неё предлагается вставить иглу от шприца и выступающие концы спилить надфилем.

По патенту Великобритании предлагается муфта, содержащая наружный и внутренний роторы, между которыми помещена магнитная жидкость. При выключенном электромагните роторы свободно вращаются относительно друг друга; при включении электромагнита жидкость твердеет, и вращение передается от одного ротора другому.

Приём ВАНЗ «Объединение веществ». Если действие на объект В1 невозможно из-за его непрочности, нежесткости и т.п., то объект объединяют с веществом В3, делаящим его прочным, жестким и т.п., а после завершения действия вещество В3 удаляют растворением, испарением и т.п.:

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow (B1+B3).$$

Задача 4.39. При горячей прокатке надо подавать жидкую смазку в зону соприкосновения металла с валками. Существует множество систем её подачи: самотёком, с помощью разного рода щёток и кистей, под напором (струйками) и др. Но они не удовлетворяют производителей: смазка поступает неравномерно, большая её часть разбрызгивается, загрязняет воздух, затруднена регулировка режимов подачи смазки для различных условий обработки.

Требуется обеспечить надёжную подачу нужного количества смазки в зону контакта без существенного усложнения оборудования.

Решение. Имеем валки В1 и смазку В2, причем процесс смазывания П нас не удовлетворяет из-за вредных свойств В2. Нужно объединить В2 с веществом В3, позволяющим смазке В2 равномерно распределяться по валкам, которое затем можно легко удалить.

Предлагается подавать в валки промасленную бумагу из рулона.

Задача 4.40. Требуется шлифовать тонкостенный цилиндр. Для этого его сажают на цилиндрическую оправку, которую устанавливают на станке. Но из-за того, что между цилиндром и оправкой имеется зазор, толщина стенки после шлифования получается неравномерной. Если же взять оправку без зазора, цилиндр очень трудно установить.

Как быть?

Решение. Цилиндр надевают на цилиндрическую оправку с большим зазором, который заполняют легко твердеющим веществом В3, например, серой. По окончании обработки серу выплавляют.

Более красивое решение получается, если мы вместо вещества В3 введем поле П2. Сделаем оправку из магнитоотрицательного материала, который меняет свои размеры в магнитном поле. На время одевания цилиндра создадим в оправке электромагнитное поле, она сожмётся, и цилиндр легко наденется на неё. После выключения тока оправка расширится и надёжно закрепит цилиндр.

А эта задача заинтересует тех, кто помогает родителям летом работать на огороде.

Задача 4.41. Вспомните, как сажают морковь. Сначала семена на день-два замачивают. Когда они набухают, их смешивают с песком и по возможности равномерно высевают в неглубокие канавки на грядке. Как ни стараться, равномерно распределить семена не удастся. Всходы получаются неравномерными: где густо, а где пусто. Чтобы растения нормально развивались, приходится их прореживать, вырывать там, где они растут особенно густо. Операция весьма трудоёмкая.

Нельзя ли её избежать, да при этом еще и сэкономить семена?

Решение. Можно. Нужно заблаговременно нарезать полоски туалетной бумаги, мучным клейстером равномерно приклеить к ним семена и свернуть в рулон. Весной останется аккуратно постелить полоски в канавки и засыпать землёй. Прореживание не требуется.

Задача 4.42. Спутник связи представляет собой шар из проволочной сетки. Запустить его в таком виде в космос невозможно.

Может быть, запустить его в сложенном виде, а в космосе как-то расправлять?

Решение. Так и делают. В сетку помещают воздушный шар, внутри которого заложена небольшая порция реактивов. После запуска начинается реакция, в результате которой выделяется газ. Шар надувается и расправляет каркас спутника. Под действием солнечных лучей материал шара разлагается и испаряется.

Ещё несколько примеров. Резиновые шары изготавливают формированием и вулканизацией резиновой оболочки на ядре из смеси измельченного мела и воды с последующей просушкой и разрушением твёрдого ядра жидкостью, вводимой с помощью иглы (есть веполь: оболочка В1, твёрдое ядро В2, формирование оболочки П; добавляем воду В3, растворяющую В2).

Для повышения температуры сварки в зазор между свариваемыми деталями закладывают экзотермическую (выделяющую тепло) смесь (есть детали В1 и В2 и сварочная дуга П, добавляем экзотермическую смесь В3).

Чтобы изготовить однослойный алмазный шлифовальный круг, алмазный порошок наносят на синтетическую ткань, ткань наклеивают на корпус круга и погружают круг в ацетон, который растворяет ткань.

Чтобы при резком старте ракеты не пострадали приборы, американские изобретатели предлагают погружать их в жидкий пенопласт, который, выполнив роль амортизатора, быстро испаряется в космосе.

Вместо предохранительных прививок животным немецкие изобретатели предложили загонять их в специальное помещение, где они в течение получаса дышат воздухом, насыщенным парами вакцины.

Финские изобретатели предложили заменить металлические фиксаторы для закрепления костей при переломах фиксаторами из специального вещества, с течением времени рассасывающегося в организме, что позволило избежать повторной операции.

При ускоренных испытаниях двигателей путём введения в них абразивного порошка требуется его точное дозирование. Для этого порошок тонким слоем наносят на бумажную ленту и равномерно подают её в зону нагрева. Бумага сгорает, а абразив попадает в исследуемую зону.

Аналогично производят микродозирование химических препаратов: раствор препарата наносят на бумагу, от которой отрезают кусок необходимой площади.

Приём ВАН4 «Перенос действия». Если действие на объект В1 невозможно, его направляют на другой объект В3, связанный с В1:

$$В2 \rightarrow П \sim В1 \Rightarrow В2 \rightarrow П \rightarrow В3 - В1$$

Вещество В3 следует подбирать таким образом, чтобы на него можно было направить максимальный режим действия П.

Задача 4.43. В механическом цехе для упрочнения и отделки поверхностей деталей успешно применяли обдувку дробью. Струю воздуха с дробью под большим давлением направляли перпендикулярно обрабатываемой поверхности, дробинки с силой ударялись об неё. Но вот потребовалось обработать стенки глубокого и узкого отверстия. Подавать струю воздуха с дробью перпендикулярно поверхности невозможно: диаметр отверстия слишком мал. Если же делать это под углом, энергия удара падает, упрочнения не происходит.

Как быть?

Решение. Имеем стенку В1 и дробь В2. Если нет возможности направить последнюю непосредственно на стенку, нужно направить её на вещество В3, от которого она под прямым углом устремится к стенке. В качестве В3 надо взять конический экран – пробку с углом конуса 90° , которая движется вместе с соплом. Дробь, отражаясь от него, ударяется о стенки отверстия под прямым углом и производит упрочнение.

Задача 4.44. Нескольким цветкам, которые стоят в глубине комнаты, не хватает освещения. Более освещённого места нет. Использовать искусственное освещение дорого.

Как быть?

Решение. Имеем солнце В2 и цветок В1. Солнечный свет П непосредственно на цветок не попадает. Нужно, чтобы он попадал сначала на объект В3, а от него на цветок. Ответ ясен: для этого нужно использовать зеркало.

Задача 4.45. Для изготовления предварительно напряжённого железобетона нужно растянуть арматуру. В растянутом состоянии арматуру закрепляют в форме и подают бетон. После затвердения бетона, концы арматуры освобождают, арматура сжимается, и в бетоне создаются напряжения сжатия, что повышает его прочность при нагрузках. Для растяжения арматуры использовали гидравлические домкраты, но они оказались слишком сложными и ненадёжными. Был предложен электротермический способ растяжения: через арматуру пропускают ток, она нагревается и удлиняется. В таком состоянии её закрепляют. Если в качестве арматуры использовать стержни, их достаточно нагреть

до 400°С, чтобы получить требуемое удлинение. Но вместо стержней выгоднее использовать проволоку. Однако для требуемого удлинения проволоки её нужно нагреть до 700°. А при температуре выше 400 °С проволока теряет свои высокие механические свойства. Расходовать жаропрочную проволоку недопустимо дорого.

Решение. Итак, мы имеем бетон В1 и арматуру В2, в которой создается напряжение П. Поскольку в проволоке создать требуемое напряжение её непосредственным нагревом невозможно, будем нагревать третье вещество В3, связанное с В2, в котором можно создать такие напряжения. Очевидно, В3 должен быть жаропрочным стержнем, соединённым с арматурой В2. Решение задачи состоит в том, что нагревают жаропрочный стержень, который от нагрева увеличивается, и в таком виде его соединяют с проволокой. Охлаждаясь, стержень укорачивается, растягивая проволоку, остающуюся холодной.

Приёмы вепольного анализа его автор Г.С. Альтшуллер назвал стандартами для решения типовых изобретательских задач. Типовыми названы такие задачи, которые решаются буквально в один-два хода по чётким правилам, основанным на знании законов развития технических систем. По мере развития теории и практики вепольного анализа число разработанных и рекомендованных стандартов возрастает. Если в 1979 году было известно 18 стандартов (в том числе и рассмотренные в данной главе), то к 1989 году их насчитывалось уже 76. Развитие метода идёт как по пути конкретизации, деления стандартов, так и по введению новых стандартов, правомерность которых подтверждена практикой.

В наиболее полном виде вепольный анализ описан в литературе, указанной в конце книги. Освоив этот метод в рамках данной главы, вы можете познакомиться и с другими стандартами и применять их как при решении учебных конструкторских и технологических задач, так и в дальнейшей инженерной практике.

Это интересно:

Изобретателю Виталию Петровскому выдан патент на поворотный мост. Чтобы развернуть мост для прохода судов, достаточно повернуть щит, а остальное сделает вода. Удивительно, что эта идея никому не пришла в голову раньше

Но удивительное не только в этом. Дело в том, что изобретателю всего ... 14 лет

Выводы

1. Одним из методов решения технических задач является вепольный анализ (ВА), в основе которого лежит представление простейшей технической системы в виде веполя – двух веществ и поля.

Метод включает 3 правила:

- 1) Достройка веполя (ВАД).
- 2) Улучшение элементов (ВАУ).
- 3) Надстройка веполя (ВАН).

2. Правило ВАД: если система состоит из одного или двух элементов, её достраивают до веполя.

Правило ВАД включает приёмы:

ВАД1 «Добавки»: введение в объект добавки В2, которая создаёт поле П;

ВАД2 «Ограниченные добавки»: при запрещении введения добавок:

- применение вместо внутренней добавки наружной;
- введение в малых дозах особо активной добавки;
- введение добавки на короткое время;
- введение добавки в виде химического соединения, из которого она потом выделяется.

ВАД3 «Максимальный режим»: обеспечение максимального режима при невозможности обеспечить оптимальный режим с последующим удалением избытка.

3. Правило ВАУ: если вепольная система неработоспособна, улучшают один или два её элемента.

Правило ВАУ включает приёмы:

ВАУ1 «Изменение элемента»: изменение элементов путём, повышения их динамичности, идеальности, дробности, управляемости;

ВАУ2 «Замена элемента»: замена элементов на более совершенные.

4. Правило ВАН: если вепольная система неработоспособна, а изменение элемента не дало результата, в систему вводят дополнительные элементы.

Правило ВАН включает приёмы:

ВАН1 «Видоизменённое вещество» - введение между двумя веществами видоизменения одного из них;

ВАН2 «Третье вещество» - введение между двумя веществами третьего;

ВАН3 «Объединение веществ» - объединение вещества с более прочным, жёстким и т.п. веществом с последующим удалением последнего;

ВАН4 «Перенос действия» - направление действия на третье вещество, связанное с первым.

Известны и другие приёмы вепольного анализа.

Вопросы для самоконтроля

- 4.1. В чём сущность вепольного анализа?
- 4.2. В чём сущность правила достройки веполя? Приведите пример.
- 4.3. В чём сущность приёма ВАД1 «Добавки»? Приведите пример.
- 4.4. В чём сущность приёма ВАД2 «Ограниченные добавки»? Приведите пример.
- 4.5. В чём сущность приёма ВАД3 «Максимальный режим»? Приведите пример.
- 4.6. В чём сущность правила улучшения элементов веполя? Приведите пример.
- 4.7. В чём сущность приёма ВАУ1 «Изменение элемента»? Приведите пример.
- 4.8. В чём сущность приёма ВАУ2 «Замена элемента»? Приведите пример.
- 4.9. В чём сущность правила надстройки веполя? Приведите пример.
- 4.10. В чём сущность приёма ВАН1 «Видоизменённое вещество»? Приведите пример.
- 4.11. В чём сущность приёма ВАН2 «Третье вещество»? Приведите пример.
- 4.12. В чём сущность приёма ВАН3 «Объединение веществ»? Приведите пример.
- 4.13. В чём сущность приёма ВАН4 «Перенос действия»? Приведите пример.

Упражнения и примеры решения

Упражнение 4.1. Вернитесь к выбранному вами из «Перечня» (с. 18) объекту. Применяя последовательно приёмы ВА, постарайтесь усовершенствовать объект.

Усовершенствуем молоток с помощью метода ВА.

Правило ВАД.

ВАД1 «Добавки»: ввести в объект добавку В2, создающую поле П:
 $\sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow P \rightarrow B1$

Недостаток молотка – недостаточная сила удара.

Предлагается в бойке смонтировать электромагнит В2, который включается в момент опускания молотка. За счёт магнитного поля П удар усилится.

ВАД2 «Ограниченные добавки»: вместо внутренней добавки ввести наружную.

Недостаток молотка - неудобство пользования из-за отсутствия устройства крепления для хранения. Предлагается установить намагниченную планку, на которую «вешать» молоток металлическим бойком.

ВАД3 «Максимальный режим»: использовать максимальный режим, а излишек убрать.

При раскалывании орехов трудно подобрать такую силу удара, чтобы скорлупа раскололась, а ядро осталось целым. Приходится наносить несколько ударов, постепенно усиливая их.

Предлагается в бойке В1 сделать лунку В2 глубиной чуть меньше самого ореха. Это позволит наносить удары с большой силой, предотвращая в то же время разрушение ядра.

Правило ВАУ.

ВАУ1 «Изменение элемента»: изменить элемент вепольной системы, который делает её неработоспособной.

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2' \rightarrow П \rightarrow B1$$

При нанесении ударов по деревянной ручке стамески ручка может расколоться.

Предлагается изготовить боёк В2' из дерева.

ВАУ2 «Замена элемента»: заменить неработоспособный элемент веполя.

$$B1 \rightarrow П \sim B2 \Rightarrow B3 \rightarrow П \rightarrow B1$$

Для работы на леднике заменим боёк ледорубом В3.

Правило ВАН.

ВАН1 «Видоизменённое вещество»: между В1 и В2 вводят видоизменение В1' или В2':

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B1' \rightarrow B1$$

Для утапливания шляпки гвоздя В1 на неё кладут шляпкой второй гвоздь В1' и наносят удары по нему.

ВАН2 «Третье вещество»: между В1 и В2 вводят третье вещество В3:

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow B3 \rightarrow П \rightarrow B1$$

Вместо второго гвоздя применить специальный пробойник В3.

ВАН4 «Перенос действия»: Направить действие на объект В3, связанный с В1:

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B3 \text{ — } B1$$

Чтобы гвоздь В1 не согнулся, его держат плоскогубцами В3 и наносят удары по губкам плоскогубцев.

Упражнение 4.2. Выявите физические противоречия в приведённых ниже задачах и попытайтесь разрешить их с помощью приёмов ВАД.

Задача 4.46. В печь с жидким металлом требуется подавать жидкий кислород. Однако во время транспортировки по трубопроводу из кислородной установки часть кислорода нагревается и газифицируется, что не допускается технологией.

Как быть?

Решение. Эта задача из разряда простейших. Есть вещество В1 – жидкий кислород и тепловое поле П, оказывающее на него вредное воздействие.

Применим приём ВАД1. В качестве В2 следует принять теплоизоляцию трубы. При недостаточном эффекте взять материал с меньшей теплопроводностью и увеличить толщину изоляции. Еще лучше выполнить кислородопровод в виде двух концентричных труб с прокачиванием через промежуток холодной воды.

Задача 4.47. Детали сложной формы шлифуют надувными абразивными кругами. Круг представляет собой баллон из эластичного материала, покрытый слоем абразивного порошка, закрепленного эластичной связкой. Такой круг обеспечивает равномерный съём материала с криволинейной поверхности детали. Однако при шлифовании таким кругом не обеспечивается достаточная сила прижима круга к обрабатываемой заготовке. В результате производительность обработки низкая.

Как повысить производительность шлифования?

Решение. Имеем шлифовальный круг В1 и механическое поле П, обеспечивающее прижатие круга к заготовке. Сила прижатия недостаточна, то есть действие П на В1 неудовлетворительное.

Используя приём ВАД1, в качестве В2 примем ферромагнетик – насыплем в баллон железный порошок, а прижатие круга к заготовке будем осуществлять электромагнитным полем.

Задача 4.48. Вкладыши подшипников скольжения прокатных станков при работе изнашиваются. Износ контролируют замером зазора между шейкой вала и вкладышем. Для такого осмотра требуется остановить стан и демонтировать подшипниковые узлы, что ведёт к остановке всей линии. Если мы просмотрим момент, когда износ вкладыша достиг допустимой величины, может произойти авария.

Как быть?

Задача 4.49. Плоскостность поверхностей после шлифования, шабрения, притирки, например, направляющих металлорежущих станков, проверяют, нанося на контрольную поверхность тонкий слой краски и накладывая одну поверхность на другую, после чего по распределению пятен краски на проверяемой поверхности судят о точности обработки. Слой краски имеет толщину несколько микрометров. Для контроля поверхностей высокой точности, например направляющих прецизионных металлорежущих станков, необходимо применять слой краски толщиной в доли микрометра. Однако такой тонкий слой краски дает отпечатки, которые трудно различить.

Требуется предложить эффективный способ контроля высокоточных поверхностей.

Задача 4.50 является развитием задачи 4.48. Об износе двигателя судят по количеству частиц металла в масле. Однако концентрация этих частиц в масле настолько мала, что обнаружить их весьма трудно. Ещё труднее определить их количество.

Как быть?

Задача 4.51. Не так-то просто очистить внутреннюю поверхность трубы от ржавчины или накипи. Большинство применяемых способов очистки весьма трудоёмко.

Предложите простой и надёжный способ очистки.

Задача 4.52. В железобетонной стене требуется просверлить несколько отверстий. Сделать это с помощью сверла, оснащенного твёрдосплавной пластиной, несложно, если отверстие не попадёт на арматуру.

А как определить, где проходит арматура?

Задача 4.53. Требуется капнуть из пипетки строго одну каплю лекарства. Вручную это сделать сложно.

Как можно точно дозировать лекарство?

Задача 4.54. — Нам предстоит изготовить большую партию ковриков из пластмассы с ворсинками в виде иголочек, — говорит начальник цеха технологу. — В прошлом году у нас был подобный заказ, но там высота ворсинок была 3 мм. Мы изготовили «штамп» из иголочек. Макаем штамп в расплавленную массу, затем поднимаем, за каждой иголкой тянется ворсинка, которая тут же застывает.

— Ну, так в чём же дело, давайте, применим этот способ и сейчас.

— Пробовали, ничего не выходит. У нынешних ковриков длина ворсинок 10 мм. На такую высоту пластмасса за иголочками не поднимается.

Что делать?

Задача 4.55. Перед тем, как заправить машину вы хотите убедиться, что в минеральное масло не добавлена вода.

Как это сделать в течение трёх минут?

Задача 4.56. В химической лаборатории посуду требуется тщательно промывать после каждого опыта.

Как убедиться в чистоте посуды?

Задача 4.57. Магнитопроводы запоминающих устройств представляют собой пластины из немагнитного материала с пазами, заполненными ферромагнетиком. Операция заполнения пазов сложная и трудоёмкая.

Как можно её облегчить?

Задача 4.58. Формовочную смесь подают в опоку (ящик с моделью) с помощью пескомётной установки. Вследствие абразивного воздействия головка установки быстро изнашивается.

Как быть?

В качестве подсказки укажем, что подход к решению напоминает решение задачи 4.34 и следующих за ней решений.

Задача 4.59. Для направленного бурения скважины используют отклонитель. Это изогнутая труба, установленная между турбобуром и колонной труб, через которую прокачивают жидкость, приводящую в движение турбобур. Кривизна отклонителя не поддается управлению с поверхности. Приходится часто прерывать бурение, поднимать всю колонну труб, чтобы заменить отклонитель.

Как быть?

Задача 4.60. При бурении глубоких скважин нужно точно знать состояние буровых коронок: не затупились ли зубья, не сломался ли зуб? Не зная этого, приходится работать вслепую, время от времени заменяя инструмент на новый. Для этого из скважины достают всю колонну труб — это иногда несколько километров. Понятно, что операция длительная и трудоёмкая.

Предложите простой и надёжный способ контроля состояния инструмента.

Задача 4.61. Для пожарных машин и машин скорой помощи, спешащих на вызов, дорога каждая секунда. И если на светофоре горит красный свет, то приходится терять драгоценное время либо мчаться наперерез машинам, создавая опасную ситуацию.

Как быть?

Задача 4.62. Большие помещения (склады, ангары и т.п.) нет смысла отапливать зимой, так как они редко посещаются людьми, а хранящимся в них машинам и деталям холод не причинит вреда. Но иногда людям приходится довольно долго работать в этих помещениях. Тёплая одежда сковывает движения, не дает возможности выполнять действия, требующие точных и быстрых движений.

Как быть?

Упражнение 4.3. В приведённых ниже задачах выявите физические противоречия и попытайтесь разрешить их с помощью приёмов ВАН.

Задача 4.63. Опыт показывает, что из всех средств борьбы с мухами в комнате самым эффективным остаётся обычная мухобойка. Единственный её недостаток — от убитых мух остаются следы на стенах, мебели и т.п.

Как избавиться от этого недостатка?

Решение. Читатели журнала «Наука и жизнь» рекомендуют наклеить на поверхность язычка мухобойки слой поролона. Такая мухобойка не оставляет следов.

Задача 4.64. Гололёд — частая причина травм.

Предложите простые способы предотвращения падений в гололёд.

Решение. Известно много вариантов решения проблемы – от простейших до самых сложных. Большинство из них – предложения ввести между каблуком В1 и льдом В2 третье вещество: намазать подошву смесью клея с песком, приклеить к подошве наждачную бумагу, покрыть подошву смесью эпоксидной смолы со стальной стружкой, вбить в каблуки стальные скобки и т.п.

Мы уверены, что вы предложите и другие варианты решения.

Задача 4.65. Пластмассовый шланг пылесоса ломается в месте крепления.

Как можно предотвратить поломку?

Задача 4.66. При мытье полов с помощью «лентяйки» концы металлического прихвата могут поцарапать мебель.

Как этого избежать?

Задача 4.67. Вам поручили почистить и мелко нарезать килограмм луку. По опыту вы знаете, что если не принять специальных мер, вам придётся прослезиться.

Что можно предпринять?

Задача 4.68. До сих пор в технике используется один из древнейших механизмов – клин. Но клиновым устройствам присущ один важный недостаток: клин трудно извлекать. Были сконструированы разного рода «складывающиеся» клинья, но они оказались сложными и ненадёжными.

Что вы можете предложить?

Задача 4.69. Для защиты поверхностей ответственных деталей их перед транспортировкой окунают в раствор полимера. Однако при расконсервации снятие полимерной защиты, особенно с поверхностями сложной формы, достаточно трудоёмко.

Нельзя ли облегчить снятие защиты, не ухудшая её качества?

Задача 4.70. На выставке инженер объясняет посетителям:

– Раньше персики укладывали в ящики вручную, а теперь это делает машина. Конвейер подает пустой ящик на стол. Персики скатываются сверху по лотку. Электромотор заставляет стол вибрировать, чтобы фрукты укладывались плотнее. Прекрасная машина, но... падая в ящик, персики ударяются друг о друга и от этого портятся.

– Можно опустить лоток прямо ко дну ящика, – предложил один из посетителей.

– Можно, конечно, – согласился инженер. – Но по мере наполнения ящика его придется поднимать. Значит, нужна автоматическая система управления. Машина усложнится. Опускать ящик? Ещё сложнее...

Как быть?

Задача 4.71. В автоматической линии для штамповки динамной стали работает магазин, накапливающий заготовки и поштучно их выдающий.

Магазин представляет собой коробку, в которую сверху поступают заготовки – плоские стальные листы толщиной 0,5–1,0 мм. Внизу коробка имеет щель, достаточную, чтобы пропустить нижнюю заготовку, выталкивает эту заготовку шибер (толкатель). Недостаток устройства: заготовки слипаются друг с другом, устройство заклинивается, выходит из строя.

Как быть?

Задача 4.72. При прокатке легированной стали возникает неприятное явление – мелкие частицы металла прилипают к прокатным валкам и портят их поверхность. При прокатке обычных сталей этого не бывает.

Как быть при прокатке легированной стали?

Задача 4.73. Свечи быстро прогорают потому, что стеарин вокруг пламени быстро плавится и стекает вниз по стержню свечи. В этом вы сами можете убедиться: бывшая в употреблении свеча всегда в подтёках.

Предложите простой способ борьбы с подтёками, позволяющий увеличить срок службы свечи.

Задача 4.74. При ультразвуковой обработке заготовок методом копирования инструмент прижимают к заготовке и сообщают ему вибрации, а в зону обработки подают абразивную суспензию. При этом инструмент быстро изнашивается, что ведёт к снижению точности обработки.

Как быть?

Задача 4.75. Рассказывают, что однажды художник эпохи Возрождения Лукас Кранах–старший получил заказ на портрет реакционного кардинала Альбрехта Брандербургского. Кардинал должен был быть изображен в своем кабинете с Библией и распятием. Но кардинал был таким страшным, что написать его таким, как есть, было небезопасно. Неужели идти на сделку с совестью?

Художник нашел выход. Кардинал изображен с благообразным лицом. Однако посетители Эрмитажа, бывает, содрогаются, глядя на портрет.

Как художнику удалось добиться этого?

Задача 4.76. Вот интересный случай, описанный в литературе. Несколько столетий назад у берегов Японии затонула шхуна. Команда спаслась, а вот груз, среди которого были ценные корейские вазы из тончайшего фарфора, спасти не удалось. Техника того времени не позволяла достать вазы с такой большой глубины... И вдруг эти вазы появились в домах простых рыбаков из прибрежной деревушки.

Как это могло произойти?

Задача 4.77. В Саудовской Аравии (да, наверное, и в других арабских странах) ночью весьма часто происходили столкновения автомобилей с верблюдами. Как сделать животных заметными в темноте? Был принят закон, требующий установки на верблюдах аккумуляторов с лампочкой.

Попытайтесь найти более простое решение с помощью вепольного анализа.

Задача 4.78. Рабочий сварщик наблюдает за зоной сварки только через затемнённое стекло. При работе на стекло попадают брызги металла и портят его. Приходится часто менять дорогие и дефицитные стёкла.

Как быть?

Это интересно:

Американец Чарльз Гудбир долгие годы искал способ сделать каучук нелипким и нечувствительным к жаре и морозу. Он проделал тысячи опытов, на что истратил всё своё состояние. Однажды он случайно положил кусок каучука с серой на горячую плиту. Каково же было его удивление, когда через некоторое время он обнаружил на плите кусок сухого и упругого вещества. Это было то, что мы теперь называем резиной.

«Честь изобретения глубоководного лота принадлежит Петру I. Русский царь разработал специальное приспособление — цилиндрический зонд, который опускается за борт на длинной веревке и при ударе о дно открывается и забирает в себя образцы грунта». Это выдержка из книги американского океанографа 19 века М. Мори «Физическая география моря».

Лот был применен при исследовании с личным участием Петра I дна Каспийского моря. За эту работу царь был удостоен звания члена Парижской Академии наук.

5. ВСПОМНИМ ФИЗИКУ

Без знаний нельзя изобретать, как нельзя слогать стихи, не зная языка... Природные способности — хотя и необходимое, но далеко не единственное условие для создания новых, полезных обществу изобретений.

Альберт Эйнштейн

Есть высшая смелость — смелость изобретения, где план обширный объемлется творческой мыслью.

А.С. Пушкин

АВП облегчает нам решение творческой задачи тем, что сужает область поиска, делает его более направленным, помогает нам выявить технические и физические противоречия, содержащиеся в задачах. Правильно сформулированное противоречие позволяет нам отказаться от решения задачи методом проб и ошибок и воспользоваться такими эффективными методами разрешения противоречий, как разделение противоречий и вепольный анализ. Но и эти методы сами по себе в большинстве случаев не дают готового решения задачи, а только облегчают его получение.

Применение правил и приёмов разделения противоречий и вепольного анализа быстро выводит нас на путь получения «сильных», нетривиальных решений. Но выход на правильный путь — ещё не конец дороги. Исследования показывают, что в основе «сильных» изобретений лежат, как правило, физические эффекты — свойства, явления и закономерности материального мира. Школьник знаком примерно с сотней физэффектов, инженер после окончания вуза — около 200. В научно-технической литературе на сегодня описано более 5 тыс. физических эффектов и их сочетаний. Если проанализировать фонд описаний изобретений, можно убедиться, что более-менее широко используется менее 100 эффектов, остальные же встречаются довольно редко. Между тем, получить в настоящее время серьёзное техническое решение без применения физических эффектов и явлений достаточно проблематично.

5.1. В мире физэффектов

Он, человек, – творец, он – создатель, он – бог, человечество было сформировано не императорами, жрецами и полководцами, а теми, кто создал топор, колесо, самолёт, кто открыл железо, полупроводники, радиоволны.

Даниил Гранин

Рассмотрим вновь несколько рассмотренных ранее задач.

В задаче 2.4 мы для расправления лопастей пропеллера у Карлсона использовали центробежную силу. Этот же эффект использован для удаления излишков краски корпусов приборов в задаче 4.17.

В задаче 4.1 (ворота во дворе китайского императора) использовано явление магнетизма. Это же явление лежит в основе способа сбора нефтепоглощающих гранул в океане (задача 4.2), и в способе пережатия трубопровода жидким полимером при ремонте (задача 4.5), и в создании единого полигона для универсальных испытаний дорожных машин (задача 4.6), и для ориентации втулок при сборке машины (задача 4.14), и при защите трубки от пробоя транспортируемыми шариками (задача 4.34), и для обеспечения постоянства контакта шупа прибора со сварным швом с помощью магнитной жидкости (задача 4.37), и при определении места сверления отверстия в железобетонной плите (задача 4.52).

В задаче 4.3, чтобы препятствовать слиянию капель жидкости, мы заряжаем их одноименными зарядами – явление электростатики.

В задаче 4.9 при проверке качества запаивания холодильного агрегата использовано явление люминесценции. Это же явление применено при проверке герметичности закатывания банок с огурцами в задаче 4.10 и при контроле плоскостности поверхности после шабрения в задаче 4.49.

В задаче 4.20 об очистке отливок от песка использован эффект испарения, это же явление учтено при защите от испарения горячей воды в аудитории (задача 4.35) и при подаче СОЖ в зону резания расплётной струёй (задача 4.25).

В задаче 4.15 о получении металлоплакирующей смазки, в задаче 4.16 о предотвращении окисления полимера, в задаче 4.18 о получении пенобетона использованы химические реакции.

В задаче 4.22 о самооткрывающихся теплицах использовано явление теплового расширения. Это же явление мы использовали для растяжения арматуры напряжённого бетона в задаче 4.45, и для подачи микродозы лекарства в задаче 4.53.

В задаче 4.26 использовано явление потери магнитных свойств при переходе через точку Кюри.

Для надёжного закрепления цилиндра на оправке использовано явление магнитострикции (задача 4.40).

Заметим, что из всех решённых нами ранее задач приведенные выше решения — самые интересные, оригинальные, неочевидные. Это говорит о больших возможностях получения «сильных» решений путём использования физических эффектов.

В табл. 5.1 приведено для примера 100 физических эффектов и явлений, изучаемых в средних классах школы. Приведённые здесь определения физэффектов не являются строгими с точки зрения современной физики и даны в виде, удобном для решения технических задач.

Рассмотрим несколько задач.

Задача 5.1. Один из видов мультфильмов — так называемая контурная мультипликация. На фанерном щите художник выкладывает рисунок цветным шнуром, а оператор снимает. На каждом метре киноплёнки размещается 52 рисунка. А всего в десятиминутном фильме содержится свыше 15 тысяч рисунков. Поэтому процесс съёмки затягивается на недели.

Нельзя ли ускорить съёмку?

Задача 5.2. В северных районах электрические провода часто покрываются льдом, растягиваются под его тяжестью и рвутся. Приходится время от времени отключать от сети потребителей и подавать сильный ток, под действием которого провода нагреваются, и лёд тает. Возникло противоречие: если часто отключать линию, у потребителей нарушается ритм работы, если редко — возникает опасность обрыва.

Как быть? Решить задачу вы сможете, если откроете учебник физики для восьмого класса.

Задача 5.3. Отрывок из детективного рассказа.

— Я не убивал его, шериф, клянусь вам. Вы же видите, мой пистолет совсем чист, — с отчаянием произнес Ник.

Шериф улыбнулся.

— Убийство произошло двое суток назад, — сказал он. — У тебя было время почистить оружие.

Представьте, что вас пригласили в качестве эксперта. Нужно установить, стреляли или нет из этого пистолета двое суток назад.

Задача 5.4. При съёмках фантастического пейзажа используют такой приём. В налитую в стеклянную ванночку тонким слоем цветную жидкость капают жидкость другого цвета. Капля растекается, возникает причудливая игра красок. Метод очень дешёв и эффективен. Единственный недостаток — перемешиванием нельзя управлять, что снижает возможности метода.

Как устранить этот недостаток?

Задача 5.5. Для очистки горячих газов от немагнитной пыли применяют фильтры из нескольких слоёв металлической ткани. Эти фильтры хорошо

задерживают пыль, но именно поэтому их трудно очищать. Приходится отключать фильтр и подолгу продувать его в обратном направлении.

Как быть?

Таблица 5.1

Физические эффекты и явления

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
Механика	
1	<i>Вес тела</i> – сила, с которой тело действует на опору (или подвес) вследствие притяжения к Земле (гравитации). Если тело и опора неподвижны относительно Земли, то вес тела равен его силе тяжести. При свободном падении тела его вес равен нулю (явление невесомости). При движении с ускорением, направленным в сторону свободного падения, вес тела меньше покоящегося тела, при движении в противоположную сторону – больше.
2	<i>Давление</i> – отношение силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности. С увеличением площади контакта давление уменьшается.
3	<i>Деформация</i> – изменение формы или размеров тела при внешнем воздействии, вызывающем изменение относительного положения части тела. Упругая деформация – исчезающая после устранения воздействия, пластическая деформация – остающаяся после устранения воздействия. Простейшие деформации – растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. В упругом теле напряжение пропорционально деформации (закон Гука). Коэффициент пропорциональности называется модулем упругости (модуль Юнга).
4	<i>Импульс силы</i> сохранения закон: изменение импульса равно произведению силы, приложенной к телу, на время ее действия. Одна и та же сила за одно и то же время вызывает у разных тел одно и то же изменение импульса. Геометрическая сумма импульсов сил в замкнутой системе постоянна при любых движениях и взаимодействиях тел системы.
5	<i>Инерция</i> – сохранение скорости движения тела постоянной при отсутствии внешнего воздействия. При приложении внешнего воздействия скорость тела изменяется не мгновенно, а постепенно (инертность тела).
6	<i>Кинетическая энергия</i> – физическая величина, характеризующая движущееся тело. Изменение кинетической энергии равно работе силы, приложенной к телу, и определяется произведением массы тела на полуразность квадратов конечной и начальной скоростей.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
7	<i>Момент силы</i> – произведение силы на плечо, произведение силы на радиус её приложения и на синус угла между ними. Система находится в равновесии, если сумма моментов действующих сил относительно любой точки равна нулю. Во сколько раз выигрывается в силе при выведении системы из равновесия, во столько раз проигрывается в расстоянии (и наоборот). Этот принцип лежит в основе действия простых механизмов (наклонная плоскость, клин, рычаг, блок, полиспаст, винт).
8	<i>Поступательное движение</i> – движение тела, при котором все его точки движутся параллельно с равными скоростями. При поступательном движении линия действия силы проходит через центр тяжести (центр масс) тела.
9	<i>Потенциальная энергия</i> – энергия тела, поднятого на некоторую высоту над нулевым уровнем. Потенциальная энергия равна работе силы тяжести при падении тела с этой высоты до нулевого уровня. Потенциальная энергия деформированного тела равна работе силы упругости при переходе тела в недеформированное состояние.
10	<i>Работа</i> постоянной силы (механическая работа) – энергия, необходимая на перемещение тела под действием силы, равная произведению силы на перемещение (если их векторы совпадают по направлению) и на косинус угла между ними (если не совпадают). При приложении к телу силы, перпендикулярной её движению, работа не совершается. Работа равна изменению кинетической энергии тела. Работа, отнесенная к времени, называется <i>мощностью</i> . Мощность равна произведению силы на скорость. При постоянной силе сопротивления скорость пропорциональна мощности.
11	<i>Свободного падения</i> законы: Ускорение свободного падения не зависит от массы тела и составляет $9,81 \text{ м/с}^2$. Тело под действием силы тяжести движется вертикально вниз. Тело, имеющее начальную скорость, направленную горизонтально или под углом к горизонту, движется по параболе. Наибольшая дальность полета тела достигается при начальной скорости, направленной под углом 45° к горизонту.
12	<i>Сила тяжести</i> – сила притяжения тела к центру Земли, направленная по вертикали и равная произведению массы тела на ускорение свободного падения (при пренебрежении центробежной силой от вращения Земли, составляющей на экваторе около 0,3% силы тяжести). Работа силы тяжести равна произведению силы тяжести на разность высот исходного и конечного положений тела и не зависит от формы траектории его движения. Работа силы тяжести на замкнутой траектории равна нулю.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
13	<i>Сохранения механической энергии</i> закон: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается неизменной при любых движениях тел системы.
14	<i>Торможение</i> тела – уменьшение его скорости под действием силы трения. Время торможения – период времени от начала торможения до остановки – пропорционально массе тела и скорости и обратно пропорционально силе трения. <i>Тормозной путь</i> – расстояние, пройденное телом за время торможения, пропорционален массе и квадрату скорости и обратно пропорционален силе трения.
15	<i>Трение</i> – механическое взаимодействие между твердыми телами в месте контакта, препятствующее относительному перемещению тел. <i>Трение покоя</i> – трение между неподвижными телами. <i>Трение скольжения</i> – трение между телами, одно из которых скользит по поверхности другого. <i>Трение качения</i> – трение между телами, одно из которых движется по поверхности другого без скольжения. Трение качения меньше трения скольжения.
16	<i>Трения сила</i> – сила, препятствующая движению, равна по модулю и направлена противоположно силе, приложенной к покоящемуся телу параллельно поверхности контакта его с другим телом. Максимальная сила трения покоя пропорциональна силе нормального давления. Коэффициент пропорциональности называется коэффициентом трения. Работа силы трения преобразуется в тепло.
17	<i>Удар</i> – столкновение двух твердых тел, сопровождающееся значительным изменением скоростей соударяющихся тел за очень малое время (1–100 мкс).
18	<i>Упругость</i> – свойство тела восстанавливать свою форму и объём после прекращения действия сил, вызывающих деформацию. <i>Сила упругости</i> , возникающая при деформации тела, пропорциональна деформации и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела при деформации. Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упруго деформированного тела с противоположным знаком.
19	<i>Устойчивость тела</i> – способность его сохранять положение равновесия при действии внешних сил. Устойчивость тела тем выше, чем ниже расположен его центр тяжести.
20	<i>Центробежная сила</i> – сила, возникающая при криволинейном движении тела и направленная от центра кривизны траектории движения. Центробежная сила равна произведению массы тела на квадрат скорости, делённому на радиус кривизны траектории (расстояние от центра масс до оси вращения).

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
Тепловые явления. Молекулярная физика	
21	<i>Агрегатное превращение</i> – переход вещества из одного агрегатного состояния в другое: <i>плавление</i> – <i>затвердевание</i> , <i>испарение</i> – <i>конденсация</i> , <i>возгонка</i> – <i>сублимация</i> .
22	<i>Адиабатный процесс</i> – процесс в теплоизолированной системе (не обменивающейся теплотой с окружающими телами). При адиабатном процессе изменение внутренней энергии происходит только за счет совершения работы. При сжатии газа внутренняя энергия его увеличивается, температура возрастает. При расширении газа он охлаждается.
23	<i>Архимедов закон</i> : на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости (Архимедова сила). Если сила тяжести больше Архимедовой силы, тело тонет; если меньше – всплывает.
24	<i>Атмосферное давление</i> – давление атмосферы (воздушной оболочки Земли) на поверхность Земли. Нормальное атмосферное давление составляет $0,1013 \text{ МПа} = 760 \text{ мм ртутного столба} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ атмосфера}$.
25	<i>Давление насыщенного пара</i> (пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью) возрастает с ростом абсолютной температуры и не зависит от объема. Температура, при которой водяной пар становится насыщенным, называется <i>точкой росы</i> . При охлаждении воздуха до <i>точки росы</i> начинается конденсация паров (туман, роса).
26	<i>Диссоциация</i> – разложение молекул на более простые частицы – молекулы, атомы, радикалы, ионы. Различают диссоциацию <i>термическую</i> (при повышении температуры), <i>электролитическую</i> (в растворах электролитов), <i>фотохимическую</i> (при действии света).
27	<i>Диффузия</i> – распространение вещества в какой-либо среде в направлении убывания его концентрации, обусловленное тепловым движением молекул, атомов, Диффузия интенсифицируется с ростом температуры.
28	<i>Испарение</i> – переход вещества из жидкого или твёрдого состояния в газообразное (пар) при температуре ниже точки кипения. Испарение происходит со свободной поверхности вещества с поглощением теплоты. Испарение твердого вещества называется <i>возгонкой</i> . Количество теплоты, затрачиваемое на испарение 1 г вещества, называется <i>удельной теплотой парообразования</i> .

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
29	<p><i>Изменение внутренней энергии</i> системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе (первый закон термодинамики). Количество теплоты, переданное системе, идёт на изменение её внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами. При изохорном процессе (постоянном объеме) работа газа равна нулю. При изотермическом процессе (постоянной температуре) и при изобарном процессе (постоянном давлении) вся переданная системе теплота идёт на совершение работы. При адиабатном процессе (теплоизолированная система) изменение внутренней энергии происходит только за счёт совершения работы. Например, при сжатии газа температура повышается, при расширении – снижается.</p>
30	<p><i>Капиллярные явления</i> – подъём или опускание жидкости в узких трубках (капиллярах). Уровень смачивающей жидкости в капилляре выше, чем в широком сосуде, не смачивающей – ниже. Чем меньше диаметр капилляра, тем выше уровень подъёма (или ниже уровень опускания).</p>
31	<p><i>Кипение</i> – интенсивное испарение жидкости по всему объёму внутри образующихся пузырьков пара. Кипение начинается при температуре, при которой давление насыщенного пара в пузырьках сравнивается с давлением в жидкости. Температура кипения возрастает с ростом внешнего давления. Температура, при которой исчезают различия между жидкостью и насыщенным паром, называется критической (для воды 375°С), выше неё газ нельзя обратить в жидкость ни при каком давлении.</p>
32	<p><i>Клапейрона–Менделеева</i> уравнение состояния идеального газа: произведение давления на объём, отнесённое к абсолютной температуре данной массы газа, есть величина постоянная. Отсюда следует что: при постоянной температуре (изотермический процесс) произведение давления газа на объём постоянно (закон Бойля–Мариотта); при постоянном давлении (изобарный процесс) отношение объёма газа к температуре постоянно (закон Гей–Люссака); при постоянном объёме отношение давления газа к температуре постоянно (закон Шарля).</p>
33	<p><i>Конвекция</i> – перенос теплоты в жидкостях, газах или сыпучих средах потоками вещества из области с более высокой температурой в области с более низкой температурой. Различают конвекцию <i>естественную</i> (свободную), возникающую при неравномерном нагреве (например, подогреве снизу) за счёт изменения плотности вещества и приводящую к выравниванию его температуры, интенсивность которой возрастает с увеличением разности температур, и <i>вынужденную</i>, когда перемещение вещества происходит под действием специального устройства (насоса, мешалки и т.п.).</p>

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
34	<i>Конденсация</i> – переход вещества из газообразного состояния в жидкое или кристаллическое: при температуре ниже точки кипения – в жидкое, а при температуре ниже точки плавления – в твёрдое. Конденсация происходит с выделением теплоты. На несмачиваемых поверхностях образуются <i>капли</i> , а на смачивающих – <i>плёнки</i> .
35	<i>Кристаллизация</i> – образование кристаллов из паров, растворов, расплавов при <i>температуре кристаллизации</i> , зависящей от природы вещества. Кристаллизация происходит с выделением теплоты.
36	<i>Парообразование</i> – переход вещества из жидкого или твёрдого состояния в газообразное. Парообразование со свободной поверхности жидкости называется испарением, с поверхности твердого тела – возгонкой. Парообразование сопровождается увеличением потенциальной энергии молекул. Для превращения жидкости в пар требуется теплота, количество которой пропорционально её массе. Коэффициент пропорциональности – <i>удельная теплота парообразования</i> – количество теплоты, необходимое для превращения в пар 1 кг жидкости при постоянной температуре.
37	<i>Паскаля закон</i> : в замкнутом объёме давление, производимое на жидкость или газ, передаётся без изменения в каждую точку их объёма. Давление внутри жидкости на одном уровне одинаково по всем направлениям. С глубиной давление возрастает. Давление жидкости на дно сосуда пропорционально её плотности и высоте столба жидкости.
38	<i>Плавление</i> – переход вещества из кристаллического состояния в жидкое при <i>температуре плавления</i> , зависящей от природы вещества. Плавление происходит с поглощением теплоты. Количество теплоты, затрачиваемое на плавление 1 г вещества, называется <i>удельной теплотой</i> . Плавление сплавов происходит в интервале температур.
39	<i>Поверхностного натяжения сила</i> – сила, действующая в плоскости, касательной к поверхности жидкости и стремящаяся сократить её до минимума, пропорциональная длине границы поверхностного слоя. Коэффициент пропорциональности называется коэффициентом поверхностного натяжения.
40	<i>Работа газа</i> – изменение его внутренней энергии (кинетической энергии теплового движения его молекул), равна произведению давления на изменение его объёма. Работа внешних сил определяется тем же уравнением с обратным знаком.
41	<i>Сжимаемость</i> – свойство тел изменять форму и объём. При всестороннем сжатии твёрдые тела сохраняют объём, жидкости сохраняют объём и принимают форму сосуда, газы изменяют объём и целиком заполняют предоставленную им ёмкость.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
42	<i>Смачивание</i> – проявление межмолекулярного взаимодействия на границе трёх фаз – твёрдого тела, жидкости и газа, выражающееся в растекании жидкости по поверхности твёрдого тела и приводящее к искривлению поверхности жидкости у поверхности твёрдого тела.
43	<i>Сообщающиеся сосуды</i> – сосуды, соединённые в нижней части. В открытых сообщающихся сосудах любой формы и сечения поверхности однородной жидкости устанавливаются на одном уровне. Если жидкости в сообщающихся сосудах имеют разную плотность, то высота столба жидкости с меньшей плотностью будет больше. В сообщающихся сосудах разной площади сечения, закрытых поршнями, силы, действующие на поршни, пропорциональны их площадям.
44	<i>Тепловое расширение</i> – увеличение размеров тела при нагревании. Тепловое расширение пропорционально размеру тела и разнице конечной и начальной температур. Коэффициент пропорциональности называется температурным <i>коэффициентом линейного расширения</i> . Исключение – вода, у которой при температуре ниже 4 °С коэффициент линейного расширения отрицательный. В связи тепловым расширением площадь веществ с повышением температуры уменьшается (у воды плотность максимальная при 4 °С).
45	<i>Теплоёмкость тела</i> – количество теплоты, которое нужно сообщить ему (отнять у него) для нагревания (остывания) на 1°K, пропорциональное его массе. Коэффициент пропорциональности называется <i>удельной теплоёмкостью</i> – количество теплоты, которое получает (отдаёт) 1 кг вещества при нагреве (охлаждении) на 1° K.
46	<i>Теплообмен</i> – самопроизвольный необратимый перенос энергии в форме теплоты в пространстве с неоднородным температурным полем. Теплота передаётся только от более горячей системы к более холодной (2-й закон термодинамики). Различают конвективный теплообмен и теплопроводность.
47	<i>Теплопроводность</i> – теплообмен, при котором перенос тепла осуществляется в результате теплового движения частиц (молекул, электронов и т.п.) и не связан с макроскопическим движением среды.
Электродинамика	
48	<i>Джоуля–Ленца закон</i> : количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления и времени прохождения тока по проводнику.
49	<i>Вихревые токи (точки Фуко)</i> – замкнутые индуцированные токи в массивных проводниках, индуцированные изменяющимся магнитным полем.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
50	<i>Ионизация газов</i> – отрыв от атома или молекулы газа одного или нескольких электронов под действием высокой температуры, ультрафиолетового, рентгеновского или гамма-излучения, в результате чего газ становится проводником. Обратный процесс называется <i>рекомбинацией</i> .
51	<i>Кулона закон</i> : сила взаимодействия в вакууме двух точечных заряженных тел пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эта сила направлена вдоль прямой, соединяющей эти тела. Одноимённые заряды отталкиваются, разноимённые – притягиваются. В диэлектрике сила их взаимодействия меньше, чем в вакууме. Отношение между ними называется <i>диэлектрической проницаемостью</i> среды.
52	<i>Кюри точка</i> – температура, при которой ферромагнетики обратимо теряют магнитные свойства.
53	<i>Магнетизм</i> – магнитное взаимодействие между токами, между магнитами, между током и магнитом. Вещества, обладающие магнитными свойствами, называются <i>ферромагнетиками</i> (железо, никель, многие сплавы).
54	<i>Магнитная индукция</i> – характеристика магнитного поля, векторная величина, равная отношению силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник с током, к произведению силы тока на длину проводника; либо отношению момента сил к произведению силы тока на площадь рамки. Произведение магнитной индукции на площадь проводника в магнитном поле и на косинус угла между вектором магнитной индукции и нормалью к поверхности проводника называется <i>магнитным потоком</i> .
55	<i>Магнитное поле</i> – одна из форм электромагнитного поля. Магнитное поле возникает в пространстве, окружающем электрический ток. Параллельные проводники притягиваются, если по ним протекает ток одного направления, и отталкиваются, если противоположных; силы взаимодействия проводников называются магнитными силами (силами <i>Ампера</i>).
56	<i>Мощность тока</i> – отношение работы тока за интервал времени к этому интервалу времени; мощность тока равна произведению силы тока и напряжения; квадрата силы тока и сопротивления; отношению квадрата напряжения к сопротивлению.
57	<i>Напряжение электрическое</i> – разность потенциалов между двумя точками на участке электрической цепи, равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную, к этому заряду. При последовательном соединении проводников напряжение равно сумме напряжений обоих проводников, при параллельном – одинаково в обоих проводниках.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
58	<i>Напряжённость электрического поля</i> – отношение силы, с которой поле действует на заряд, к этому заряду. Напряжённость поля в данной точке от нескольких зарядов равна сумме напряжённостей полей этих зарядов. Напряжённость в среде меньше, чем в вакууме. Отношение между ними называется <i>диэлектрической проницаемостью</i> среды.
59	<i>Ома закон</i> : на участке электрической цепи сила тока пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.
60	<i>Плазменная дуга</i> – дуговой разряд при высоких температурах в ионизированном газе. Плазменная дуга может перемещаться под действием электрического и магнитного полей. Обладает чрезвычайно высокой проводимостью.
61	<i>Полупроводники</i> – вещества, занимающие промежуточное место между проводниками и изоляторами (диэлектриками). С повышением температуры электросопротивление полупроводников резко уменьшается.
62	<i>Поляризация диэлектриков</i> – смещение положительных и отрицательных зарядов диэлектрика в противоположные стороны под воздействием электрического поля либо других причин (например: механических напряжений в <i>пьезоэлектриках</i>).
63	<i>Работа тока</i> – изменение энергии участка цепи за определённое время, равна произведению силы тока, напряжения и времени, произведению квадрата силы тока, сопротивления и времени; отношению произведения квадрата напряжения и времени к сопротивлению. Если не совершается механическая работа, то работа тока переходит в тепло.
64	<i>Самоиндукция</i> – возникновение ЭДС в проводнике, по которому идёт переменный ток. В момент нарастания тока вихревое поле препятствует этому, в момент убывания – поддерживает его. Поэтому при замыкании цепи определённая сила тока устанавливается постепенно, а при отключении источника падает до нуля не мгновенно. ЭДС самоиндукции пропорциональна силе тока. Коэффициент пропорциональности называется <i>коэффициентом самоиндукции</i> .
65	<i>Сила тока</i> – количественная характеристика электрического тока, равна отношению заряда, переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени, к этому интервалу времени. При последовательном соединении проводников сила тока в них одинакова, при параллельном – равна сумме сил тока обоих проводников.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
66	<p><i>Сопротивление электрическое</i> – сопротивление, которое оказывает проводник прохождению по нему электрического тока. Пропорционально длине проводника и обратно пропорционально площади его поперечного сечения; коэффициент пропорциональности – <i>удельное сопротивление</i> – зависит от материала проводника и возрастает с ростом температуры. При последовательном соединении проводников их общее сопротивление равно сумме сопротивлений обоих проводников, при параллельном – сумме величин, обратных сопротивлению проводников. Сопротивление электрическое постоянному току называется <i>активным</i>. Сопротивление, оказываемое переменному току индуктивным элементом (катушкой), называется индуктивным, ёмкостным элементом (конденсатором) – ёмкостным. Разность индуктивного и ёмкостного сопротивлений при их последовательном соединении называется реактивным сопротивлением. Векторная сумма активного и реактивного сопротивлений называется полным электрическим сопротивлением.</p>
67	<p><i>Электрический разряд</i> в газе – прохождение тока через газ под действием электрического поля. <i>Несамостоятельный</i> электрический разряд действует только при воздействии внешнего ионизатора, <i>самостоятельный</i> электрический разряд – и после удаления внешнего контура. Виды самостоятельного электрического разряда: <i>тлеющий</i>, возникающий в разреженном газе (несколько МПа) при напряжении десятки и сотни В; <i>дуговой</i>, возникающий при высокой температуре и напряжении десятки В в результате электронной эмиссии; <i>искровой</i> – кратковременный электрический разряд, когда мощности источника не хватает для поддержания дугового электрического разряда; <i>коронный</i> – электрический разряд в сильно неоднородном электрическом поле в виде свечения ионизированного газа вблизи заострённых электродов.</p>
68	<p><i>Электризация</i> тел – сообщение телу электрического заряда. При электрическом трении одно тело приобретает положительный заряд, другое – равный ему по модулю отрицательный заряд.</p>
69	<p><i>Ёмкость</i> двух проводников – отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между проводниками. Напряжение между двумя проводниками пропорционально электрическому заряду, коэффициент пропорциональности и есть ёмкость. Ёмкость конденсатора пропорциональна площади пластины и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами.</p>

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
70	<i>Электролиз</i> – химические процессы в электролите при прохождении через него постоянного тока, в результате которых на катоде осаждаются продукты восстановления, на аноде – окисления. Масса вещества, выделившегося на электроде при электролизе, пропорциональна силе тока и времени (закон <i>Фарадея</i>). Коэффициент пропорциональности – <i>электрохимический эквивалент</i> вещества – зависит от природы вещества, равен отношению массы иона к его заряду.
71	<i>Электромагнитная индукция</i> – возникновение ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле, либо в замкнутом контуре при изменении поля. Сила индукционного тока пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Изменяясь во времени, магнитное поле порождает электрическое поле.
Колебания и волны	
72	<i>Автоколебания</i> – незатухающие колебания в системе без переменного внешнего воздействия. Амплитуда и период автоколебаний определяются свойствами системы. Автоколебания поддерживаются от источника энергии в самой системе. Примеры автоколебаний: колебания маятника часов, струн в смычковых и столба воздуха в духовых музыкальных инструментах, электрические колебания в генераторах.
73	<i>Волны</i> – колебания, распространяющиеся в пространстве. <i>Упругие</i> волны – распространяющиеся в среде упругие деформации, электромагнитные волны – распространяющиеся в пространстве <i>электромагнитные</i> поля (радиоволны, свет), <i>поверхностные</i> волны – возмущения уровня свободной поверхности жидкости. Множество точек пространства, в которых колебания синфазны (в одной фазе), называются <i>волновой поверхностью</i> или <i>фронтом</i> волны. Волновые поверхности у плоской волны имеют вид параллельных плоскостей, у сферической волны – концентрических сфер. Энергия плоских волн не рассеивается, а амплитуда (при отсутствии потерь) постоянная. Энергия сферических волн убывает пропорционально квадрату расстояния от источника, а амплитуда – пропорционально расстоянию.
74	<i>Вынужденные колебания</i> – колебания под влиянием внешнего воздействия, например переменной нагрузки в механических системах, колебаний напряжения и силы тока в электрических системах. Если внешнее воздействие осуществляется с определенной частотой, то через какое-то время с такой же частотой будут происходить вынужденные колебания (<i>установившиеся</i> вынужденные колебания).

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
75	<i>Гармонические колебания</i> – периодические колебания, при которых изменения во времени физической величины происходят по закону синуса или косинуса. Любое сложное негармоническое колебание можно представить в виде суммы гармонических колебаний. Примеры гармонического колебания: малые колебания маятника, вынужденные электрические колебания в цепи переменного тока.
76	<i>Гюйгенса</i> принцип отражения волн: каждая точка среды, до которой дошла волна, становится источником вторичных волн. Огибающая этих волн даёт положение волновой поверхности в следующий момент времени. <i>Угол падения</i> – угол между лучом первичной волны и перпендикуляром к отражающей поверхности, <i>угол отражения</i> – угол между лучом отражённой волны и этим перпендикуляром. Лучи и перпендикуляр лежат в одной плоскости, а угол падения равен углу отражения.
77	<i>Дифракция</i> волн – огибание волнами препятствий.
78	<i>Ёмкостное сопротивление</i> – величина, обратная произведению циклической частоты переменного тока на электрическую ёмкость конденсатора; аналог электрического сопротивления в законе Ома. Чем меньше ёмкостное сопротивление, тем больше ток перезарядки.
79	<i>Ёмкость электрическая</i> – физическая характеристика проводника, равная отношению электрического заряда, сообщаемого проводнику, к его электрическому потенциалу. Ёмкость электрическая конденсатора равна отношению заряда, который переносится с одного проводника на другой, к возникающему при этом изменению разности их потенциалов. Ёмкость электрическая зависит от формы проводников, размеров, взаимного расположения и от диэлектрической проницаемости среды.
80	<i>Затухающие колебания</i> – колебания с постепенным уменьшением амплитуды вследствие потерь энергии, вызванных в механических системах трением и возбуждением упругих волн в окружающей среде, в электрических – тепловыделением, рассеянием, излучением электромагнитных волн.
81	<i>Звук</i> (звуковые волны) – механические колебания, распространяющиеся в твёрдых, газообразных средах; упругие волны малой интенсивности. Различают звуки: <i>слышимый</i> (частота 16 Гц – 20 кГц), <i>инфразвук</i> <16 Гц, <i>ультразвук</i> (20 кГц – 1 ГГц) и <i>гиперзвук</i> >1 ГГц. Скорость звука убывает с ростом массы молекул газа. В жидкости она больше, чем в газах, в твёрдых телах ещё выше: в воздухе – 331 м/с, в воде – 1435 м/с, в стали - 4980 м/с. Амплитуда колебания определяет <i>громкость</i> звука. Частота колебаний определяет <i>высоту</i> . Число и форма обертонов определяют <i>тембр</i> звука.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
82	<i>Индуктивное сопротивление</i> – величина, равная произведению циклической частоты переменного тока на индуктивность катушки; аналог электрического сопротивления в законе Ома. Чем больше индуктивное сопротивление, тем меньше сила тока в цепи.
83	<i>Интерференция</i> – наложение волн, приводящее к установлению в каждой точке пространства постоянной амплитуды колебаний. Максимумы амплитуды находятся в точках с разностью фаз, равной нулю или кратной периоду, минимумы – в точках с разностью фаз, кратной нечётному числу полупериодов. Частный случай интерференции – <i>стоячие волны</i> . Для получения устойчивой интерференции необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту, а фазы их колебаний совпадали или отличались на постоянную во времени величину (<i>когерентные волны</i>).
84	<i>Колебания</i> – движения (изменения состояния), повторяющиеся во времени. Различают колебания <i>механические</i> (колебания маятников, струн, сооружений, давления газа и т.п.), <i>электромагнитные</i> (колебания электрического тока, напряжения, переменный ток), <i>электрохимические</i> (колебания мембран, пьезоэлектрические магнитострикционные, ультразвуковые). Максимальное значение колеблющейся величины от положения равновесия называется <i>амплитудой</i> .
85	<i>Колебания силы тока</i> – вынужденные электромагнитные колебания. В проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока совпадают по фазе с колебаниями напряжения, а амплитуда силы тока равна отношению амплитуды напряжения к сопротивлению.
86	<i>Колебательный контур</i> – электрическая цепь, в которой могут происходить колебания с частотой, определяемой параметрами цепи. Простейший колебательный контур содержит последовательно соединённые индуктивную катушку и конденсатор.
87	<i>Модуляция колебаний</i> – изменение амплитуды, частоты или фазы периодических колебаний, осуществляемое значительно медленнее самих колебаний.
88	<i>Мощность переменного тока</i> (средняя мощность за период) равна произведению действующих значений силы тока и напряжения на косинус сдвига фаз (<i>коэффициент мощности</i>). При сдвиге фаз на четверть периода мощность переменного тока равна нулю, хотя в цепи течёт ток.
89	<i>Напряжение переменного тока</i> – переменная величина, равная произведению силы тока на сопротивление. Действующим значением напряжения переменного тока называется отношение амплитуды напряжения к $\sqrt{2}$. Оно равно напряжению постоянного тока, выделяющего в проводнике то же количество теплоты, что и переменный ток за то же время.

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
90	<i>Переменный ток</i> – электрический ток, периодически изменяющийся по силе и направлению. Переменный ток есть вынужденные электромагнитные колебания. Сила переменного тока меняется по гармоническому закону. Частота изменения силы переменного тока равна частоте колебания ЭДС, но по фазе они в общем случае не совпадают.
91	<i>Периодические колебания</i> – колебания, при которых значения физических величин, изменяющихся в процессе колебания, повторяются через равные промежутки времени (<i>период</i>) с определенной <i>частотой</i> .
92	<i>Резонанс</i> – резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты изменения внешнего воздействия на систему с частотой свободных (собственных) колебаний. Резонанс в электрическом контуре – резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний силы тока или напряжения при совпадении частоты внешнего переменного напряжения с собственной частотой колебательного контура.
93	<i>Собственные (свободные) колебания</i> – колебания в системе, не подвергающейся переменному внешнему воздействию, вследствие отклонения её от равновесия (колебания груза на пружине, маятника, электромагнитные колебания в колебательном контуре). Характер собственных колебаний определяется параметрами системы (масса, упругость, индуктивность, ёмкость, электросопротивление и др.), а интенсивность – энергией, запасённой в системе. Собственные колебания затухают вследствие рассеяния энергии.
94	<i>Сила переменного тока</i> – переменная величина, равная отношению напряжения к сопротивлению. Действующим значением силы переменного тока называется отношение амплитуды силы тока к $\sqrt{2}$. Оно равно силе постоянного тока, выделяющего в проводнике то же количество теплоты, что и переменный ток за то же время.
95	<i>Стоячая волна</i> – колебания в результате сложения двух бегущих волн с одинаковыми амплитудами и противоположными направлениями распространения. Амплитуда стоячей волны зависит от разности фаз прямой и отраженной волн. Точки с максимальной амплитудой называются <i>пучностями</i> , а с нулевой – <i>узлами</i> стоячей волны. Расстояние между соседними узлом и пучностью равно четверти длины волны, а между соседними узлами (или пучностями) – полуволне. Узлы и пучности не перемещаются. В стоячей волне в отличие от бегущей нет переноса энергии. Стоячая волна может иметь несколько частот. Наименьшая из них называется <i>основной частотой</i> или <i>основным тоном</i> . Остальные частоты, в целое число раз большие основной, называются <i>обертонами</i> .

№	Физический параметр, закон, явление, эффект
96	<i>Томсона</i> формула: период свободных колебаний в контуре пропорционален корню квадратному из произведения индуктивности на ёмкость. Соответственно частота колебаний обратна этой величине.
97	<i>Трансформатор</i> – электромагнитное устройство для изменения напряжения переменного тока, включающее магнитопровод из набора листовых стали и двух обмоток с разным числом витков. Отношение ЭДС в обмотках равно отношению их чисел витков. Отношение действующих значений напряжений также равно отношению чисел витков. Мощность (произведение напряжения на силу тока) без учёта потерь одинакова в обеих обмотках. Отношение напряжений в обмотках обратно отношению сил тока.
98	<i>Ультразвук</i> – упругая волна с частотой колебания $20 \text{ кГц} - 1 \text{ ГГц}$. Высокая частота и малая длина волны ультразвука определяют его специфические особенности: возможность распространения направленными пучками и их фокусирования; возможность генерации мощных волн, переносящих значительную механическую энергию.
99	<i>Электромагнитные волны</i> – возмущения электромагнитного поля (переменное электромагнитное поле), распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Электромагнитные волны – поперечные волны, т.е. векторы электрической и магнитной напряжённости колеблются перпендикулярно к направлению распространения электромагнитной волны. Различают следующие электромагнитные волны: радиоволны, оптическое излучение, рентгеновские лучи, гамма лучи.
100	<i>Электромагнитные колебания</i> – периодические колебания электрических величин в цепи (заряд, ток, напряжение), а также электрических и магнитных полей. Электромагнитные колебания могут быть свободными (например, при разрядке конденсатора) или вынужденными (при вращении рамки в магнитном поле). <i>Фаза</i> – величина, определяющая состояние колебательного процесса в каждый момент времени (величина, стоящая под знаком синуса или косинуса в уравнении гармонических колебаний). Фаза в начальный момент времени называется начальной фазой. Ток на активном сопротивлении совпадает по фазе с напряжением, на индуктивном – отстаёт, а на ёмкостном опережает на четверть периода.

В принципе, имея даже такой небогатый банк данных, можно воспользоваться им при решении конкретных технических задач.

Задача 5.6. Световые стеклянные фонари в цехах имеют огромную площадь. Для мытья стёкол внутри цеха предусмотрена специальная эстакада.

А как мыть стёкла снаружи?

Задача 5.7. Местоположение металлического трубопровода под землёй определяют с помощью миноискателя.

А как определить положение подземных дренажных конструкций, не имеющих металлических деталей?

Задача 5.8. Землесосный снаряд качает из реки на берег пульпу — смесь воды, глины и песка, намывая таким образом земляную плотину. Пульпа под действием собственного веса расплзается, приходится намывать плотину слоями, выжидая, пока намытые частички сольются в прочный грунт.

Как можно ускорить процесс схватывания грунта?

Задача 5.9. Свёрла из быстрорежущей стали закаливают с нагревом токами высокой частоты. Быстрорежущая сталь очень чувствительна к нагреву: немного недогрел — не будет достигнута нужная твёрдость, сверло будет быстро тупиться; чуть перегрел — неисправимый брак.

Как управлять процессом нагрева, гарантируя обеспечение заданной температуры?

Задача 5.10. При бурении скважин трубы иногда зажимаются в каком-то месте стенками скважины, происходит так называемый прихват. Чтобы ликвидировать прихват, надо узнать, где именно он произошёл. Длина колонны труб — километры, а длина участка прихвата — всего несколько десятков метров.

Как измерить расстояние до места прихвата?

Осуществить измерение, ударяя по трубе и улавливая отражённый сигнал, невозможно: звук не отражается в месте прихвата. Не годятся также способы, основанные на растяжении и скручивании труб: они не обеспечивают требуемой точности, поскольку нельзя учесть ряд факторов, например трение труб о стенки скважины. Невозможно и прямое механическое определение глубины прихвата шупом.

Итак, имеем 10 задач. Если решать их методами разделения противоречия или вепольного анализа (не говоря уже о методе проб и ошибок), то ещё неизвестно, сможем ли мы сразу получить оптимальное решение. Сразу отметим только, что в основе всех решений лежит одно физическое явление — магнетизм, с которым вы знакомы ещё с начальной школы.

Начнём с самых простых задач. В задаче 5.4 рассматривается проблема управления растеканием капли краски в жидкости при киносъёмке фантастического пейзажа. Вепольный анализ сразу подсказывает решение: добавить в краску железный порошок и управлять магнитом.

Несложной представляется и задача 5.1 об ускорении процесса контурной мультипликации. Шнур пропитывают клеем и обсыпают железными опилками, а управляют им с помощью магнитов, расположенных с обратной стороны щита. Применяют также вместо шнура трубку, заполненную ферромагнитным порошком.

Задачу 5.6 о мойке стёкол в производственных помещениях решили американские изобретатели. Фирма «Магна Клин» выпускает приспособления для мытья окон одновременно с двух сторон. Две щётки — одну с внутренней стороны окна, другую снаружи — прижимают к стеклу сильными постоянными магнитами. Достаточно перемещать одну щетку, вторая движется сама.

Несложной следует считать и задачу 5.7 об обнаружении под землёй расположения немагнитных дренажных труб. Если бы трубы были металлическими, магнитными, обнаружить их не представило бы труда. Ну так и давайте, сделаем их магнитными. Предлагается в местах изменения направления и разветвления трасс дренажей установить под землёй ферромагнитные метки.

Задача 5.5 чуть сложнее. Изобретатели предлагают вместо сетки использовать ферромагнитный порошок, помещённый между полюсами магнита и образующий пористую структуру. Включая и отключая электромагниты, мы легко можем управлять работой фильтра и его очисткой.

Похожее решение имеет и задача 5.8 о намыве земляной плотины. Пульпу пропускают между полюсами мощного магнита. Крупинки окиси железа, содержащиеся в глине, намагничиваются и слипаются друг с другом, как только схлынет вода. Намытый грунт быстро приобретает такую прочность, какую без магнитной обработки он достигал лишь после двух-трёх лет выдержки.

Интересно, что сходным путем пошли строители Рогунской плотины в Таджикистане. В состав будущего монолита, кроме основных компонентов — песка, гравия, камней, — добавили ещё железный порошок. По обе стороны гидросооружения установлены мощные электромагниты. В момент подземного толчка магниты включаются и сковывают тело плотины надёжным электромагнитным панцирем.

Задачу 5.2 о защите линий электропередач от обледенения можно отнести к категории сложных. Но только до того момента, пока мы не подберём нужный физэффект. Давайте вспомним решение задачи 4.26 об отключении центрифуги при достижении температуры 250 °С, где предложено диск центрифуги сделать из сплава с точкой Кюри 250 °С. Так и в задаче 5.2: предлагается надеть на провода ферритовые колечки из металла с точкой Кюри, например, минус 5 °С. Тогда колечки будут нагреваться при температуре ниже минус пяти градусов и отключаться при температуре воздуха выше этой температуры.

Подобным образом решается и задача 5.9 о прекращении нагрева при закалке свёрл при достижении заданной температуры. Изобретатели с Димитровградского автоагрегатного завода предложили магнитный захват приспособления делать из сплава, точка Кюри которого равна температуре нагрева под закалку. При достижении этой температуры захват отпускает заготовку сверла, и она падает в закалочную ванну.

И наконец, самые сложные задачи, решение которых также основано на использовании магнитного поля, но сами физэффекты в общеобразовательной школе не рассматриваются. В задаче 5.10 требуется найти место прихвата трубы в скважине. Изобретатели предлагают нанести внутри трубы на её стенку магнитные метки с шагом между ними 1 м. Сделать это можно уже после прихвата, опуская в трубу простой прибор. Если теперь дёрнуть колонну труб, то от рывка все метки выше прихвата размагнитятся, а метки ниже прихвата останутся без изменения. Теперь для определения глубины прихвата достаточно опустить в трубу магнитометр и сосчитать метки.

Ну и, наконец, задача 5.3 об установлении давности выстрела. В основе решения лежит тот факт, что пистолет, как и все ферромагнитные тела, в спокойном состоянии намагничен под действием естественного магнитного поля Земли. При выстреле происходит размагничивание, и нужно несколько дней, чтобы пистолет намагнитился до первоначального состояния. Поэтому, чтобы установить, был ли сделан выстрел из этого пистолета двое суток назад, необходимо замерить степень его намагниченности, сделать контрольный отстрел и затем замерить намагниченность через определённые промежутки времени до получения значения намагниченности в момент изъятия пистолета.

Как видим, с помощью только одного физэффекта можно решать самые различные творческие задачи: на управление объёмными свойствами объекта (задачи 4.5, 4.6, 4.26, 5.5, 5.8, 5.9), на управление движением объекта (4.2, 4.54, 5.1, 5.4, 5.6) и его ориентацией (4.11, 4.14), на обнаружение объекта (4.1, 4.52, 5.7, 5.10), на его фиксацию (4.34, 4.37, 4.40, 5.8) и др.

Вот интересный пример использования магнита в медицинской практике. Реальную опасность для жизни представляет сужение пищевода в результате образования внутри него рубца (после травмы и т.п.). Академик Фёдор Григорьевич Углов вспоминает, что ещё не так давно операция на пищеводе представляла весьма серьёзную проблему. «Наибольшее упорство в ту пору (20-е годы XX столетия) проявил известный немецкий хирург Зауербух, руководивший клиникой в одном из городов Швейцарии. Он сделал 40 операций на пищеводе, и все 40 его подопечных погибли. В швейцарский парламент поступил запрос: можно ли хирургу разрешать проводить операции, от которых больные умирали? Парламент, обсудив этот вопрос, вынес решение в пользу врача... После этого Зауербух осуществил ещё несколько операций на пищеводе и ... прежний скорбный итог. Подавленный, разуверившийся хирург вынужден был прекратить операции, так и не добившись излечения ни в одном случае».

Сейчас операцию проводят по-другому. Внутрь пищевода вводят два кольца из магнитного сплава с обеих сторон рубца. Магниты сжимают

рубец с силою до килограмма, и через несколько дней сдавленная часть рубца мертвеет и отпадает вместе с магнитами. Остаётся удалить их, и лечение закончено.

А вот другой пример использования магнита на службе хирурга. После операции на грудной клетке её нужно удерживать до полного заживления в неподвижном положении месяц, а то и два. Надёжное хирургическое средство — гипс здесь неприемлем, ведь грудь не закуёшь в каменный панцирь, она должна дышать.

Медики совместно с инженерами предложили специальный магнитный корсет. За грудиной у больного вшита запрессованная в биологически инертную резину небольшая магнитная пластинка. Снаружи на корсете установлен другой магнит, который может перемещаться по корсету. Корсет плотно облегает спину и грудь, но почти не мешает больному. Уже на вторые сутки он может садиться, а через неделю — вставать и ходить.

Это интересно:

На первых реактивных самолётах антенны радиорелейной связи ажурной конструкции не выдерживали нагрузки больших скоростей. Пришлось закрыть их обтекателями из стеклопластика. Но они гасили часть излучаемой энергии. Пришлось увеличить мощность передатчиков, что привело к утяжелению самолёта. С этим не согласился Андрей Николаевич Туполев.

— Какой материал самый лёгкий и в то же время абсолютно радиопрозрачный? Разумеется, воздух. Говорите, из него ничего не построишь? Неверно, я сам видел такую конструкцию на нашем пчельнике. Пчелиные соты на 90% состоят из воздуха.

Обтекатель из прочной ткани, пропитанной бакелитом оказался прочным, радиопрозрачным и почти невесомым.

5.2. Путеводитель в мире физэффектов

Уж лучше совсем не помышлять об отыскании каких бы то ни было истин, чем делать это без всякого метода.

Рене Декарт

Приведенным в табл. 5.1 банком данных из 100 физэффектов можно пользоваться путём их простого перебора. Но работать таким образом с банком в сотни и тысячи физэффектов, мягко выражаясь, неэффективно. Здесь существенную помощь могут оказать таблицы применимости физэффектов и их сочетаний.

Для знакомства с методикой использования физэффектов при решении технических задач на базе эффектов табл. 5.1 приводим пример таблицы применения физэффектов (табл. 5.2). В левой части таблицы (графы 1-2) указаны технические требования (технический эффект, требуемое действие, свойство), т.е. физический смысл решения. В правом столбце приведены номера физических эффектов из вышеприведённого перечня, которые целесообразно просмотреть в первую очередь на предмет возможности использования для получения указанного в левом столбце технического эффекта.

Таблица 5.2

Таблица применения физических эффектов

Параметры	Действия	Физэффекты табл. 5.1
1. Размер, масса	1. Измерение	13, 9, 11, 18, 20, 23, 30, 31, 43, 44, 51, 57, 58, 65, 67, 69, 72, 73, 74, 76, 81, 83, 84, 92, 93, 95, 98, 100
	2. Изменение	3, 18, 20, 22, 27, 28, 37, 40, 41, 43, 44, 53, 87, 95
2. Силы	1. Измерение	1-7, 9, 11, 13, 14, 16, 18, 20, 25, 37, 51, 54, 56-58, 80
	2. Изменение, управление	1-4, 7, 10, 11-18, 20, 22, 31, 32, 36-41, 44, 51-58, 60, 63, 73, 77, 82, 84, 85, 87, 90
	3. Стабилизация	10, 13, 14, 18, 20, 23, 25, 32, 36, 37, 44, 54, 56-58
	4. Разрушение	1-7, 9, 10, 12-14, 17, 20, 22, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 41, 44, 54, 56-58, 60, 63, 67, 73, 74, 82, 84, 90, 92, 99
3. Трение	1. Изменение	1, 2, 10, 14-16, 22, 25-28, 34-36, 38, 39, 42, 53, 60, 61, 68, 70, 72, 74, 83, 84, 87, 90, 93, 99
4. Температура	1. Измерение	3, 10, 22, 24, 25, 28, 31, 34-36, 38, 44-47, 48, 52, 57, 66, 94
	2. Изменение, управление	3, 4, 6, 10, 14-17, 22, 26, 28, 30, 31-36, 38, 40, 42, 45-48, 52, 56, 57, 60, 63, 64, 67, 99
	3. Стабилизация	19, 22, 28, 31, 32, 35, 36, 38, 45-48, 52, 57, 97

Параметры	Действия	Физэффекты табл. 5.1
5. Движение	1. Индикация	3, 8, 9, 10, 11, 20, 23, 30, 36, 37, 43, 44, 53, 55, 68, 71-75, 80, 81, 83, 84, 91-93, 95, 98, 99
	2. Управление	3-8, 11, 14-16, 18, 20, 23, 30, 36, 37, 42-44, 50, 51, 53-55, 60, 64, 71-76, 78, 79, 84, 87, 91, 95-100
	3. Стабилизация	1, 3, 5, 7, 14, 19-22, 36, 37, 43, 44, 52, 53, 55, 72-74, 83
6. Смеси	1. Перемешивание	5, 20, 26-28, 31, 33, 38, 49-51, 53-55, 64, 67, 73-75, 84, 85, 87, 91, 98
	2. Разделение	12, 20, 22, 23, 26-28, 30, 31, 34-36, 38, 42, 51-53, 55, 62, 70, 84, 92, 98
7. Поверхностные свойства	1. Контроль	15, 16, 27, 39, 42, 46, 47, 53, 67
	2. Изменение	3, 15, 16, 20, 25-27, 34, 35, 36, 39, 42, 46, 47, 65, 98
8. Объёмные свойства	1. Контроль	1, 3, 9, 17, 23, 25, 27-37, 41, 44, 45, 48, 53, 61, 66, 67, 78, 93, 98
	2. Изменение	3, 17, 20, 22, 25, 27-33, 35-38, 40, 41, 44, 45, 48, 50-52, 61, 62, 64, 66-69, 78, 80, 98

Рассмотрим ряд задач и попытаемся решить их с помощью табл. 5.1 и 5.2.

Задача 5.11. Одной из проблем, решаемых конструкторами самолетов, является проблема обледенения обшивки во время полёта. Половина горячего воздуха, который отбирают у двигателей самолёта противообледенительные системы, расходуется зря, так как нет надёжных систем, сигнализирующих о наступлении обледенения в полёте. Как обнаружить появление корки либо достижение ею критической толщины?

Решение. Имеем физическое противоречие: противообледенительная система должна работать, чтобы обеспечить полёт, и не должна работать, чтобы не было перерасхода энергии. Сразу видно, что данное противоречие целесообразно разделить во времени: система должна работать, когда толщина ледяной корки больше критической, и не должна работать, когда её толщина меньше критической.

Мы наметили область исследования, но решение пока не проглядывается. Обратимся к таблице 5.2 применения физэффектов.

Мы имеем задачу на измерение размера (поз.1.1). Для её решения нужно перебрать большое число физэффектов, указанных в графе 3 таблицы (в данном случае 28), но это всё же существенно меньше полного перечня физэффектов. Конструкторы самолета «Боинг-727» использовали эффект 93 «Собственные колебания», установив на самолёте вибрирующий штырёк, который в полёте подвергается обледенению так же, как и обшивка. По мере нарастания ледяной корки на нём частота его колебаний меняется. Как только корка достигнет толщины 0,1 мм, даётся сигнал на включение противообледенения.

Задача 5.12. Инженер-химик жалуется коллеге:

– Нам нужно управлять потоками газа, который идёт по этой металлической трубке. Мы пользуемся краном с притёртой стеклянной пробкой, но она не обеспечивает требуемой точности: трудно регулировать величину отверстия, через которое протекает газ.

– Конечно, - ответил тот. – Вы бы ещё самоварный кран поставили. Химик сделал вид, что не расслышал.

– Можно, - продолжал он, - поставить резиновую трубку и зажим.

– Может, бельевую прищепку? – усмехнулся коллега.

Химик не выдержал

– Десятки лет все так работают. Или вы можете предложить что-нибудь взамен?

Решение. Это задача на изменение размера (поз. 1.2 в табл. 5.2). Удачное решение получается при использовании эффекта 44 «Тепловое расширение». Кран содержит корпус с отверстием и плотно прижатый к нему стержень, изготовленный из материала с меньшим, чем у корпуса, коэффициентом линейного расширения. При нагревании такого крана в нём образуется зазор, величину которого можно регулировать путём изменения температуры.

Задача 5.13. Чтобы определить оптимальные углы заточки токарного резца для обтачивания длинного вала, нужно установить характер зависимости силы резания от угла между режущей кромкой резца и поверхностью вала (так называемый главный угол в плане). Непосредственно измерить силу резания сложно. Поэтому измеряют мощность при работе станка с помощью ваттметра, а затем определяют силу расчётом по известным формулам. Однако мощность расходуется не только на резание, но и на преодоление трения в узлах станка. Как же получить точное значение силы?

Решение. Измерение силы – в таблице это поз. 2.1. В графе 3 предлагается 22 физэффекта, с помощью которых решаются подобные задачи. Применим эффект 3 «Деформация» и эффект 18 «Упругость». Установим резец в упругой державке и будем измерять её деформацию. А деформацию легко измерить, например, индикатором. Тарировку

прибора, т.е. определение соответствия показаний индикатора определённого значению силы, делают заранее.

Задача 5.14. Вот изобретение, на которое авторам в своё время был выдан патент. Чтобы убедиться в прочности соединительных элементов тяговой цепи скребкового конвейера, её в течение определённого времени протаскивают взад-вперёд через камеру с песком.

Как усовершенствовать это изобретение?

Решение. Недостаток очевиден: силой тяги нельзя управлять. Обратимся к поз 2.2 табл. 5.2. Из рекомендованных для решения этой задачи физэффектов возьмём уже знакомые нам эффекты 53-55 «Магнетизм», «Магнитная индукция», «Магнитное поле». Заменяем песок железными опилками и будем управлять их плотностью путём регулирования напряжённости электромагнитного поля, как мы это делали в задаче 4.6.

Задача 5.15. Для обработки детали на станке её закрепляют в тисках с помощью винтового зажима, применяя для этого гаечный ключ. Если усилие на ключе будет недостаточным, деталь при обработке может вырваться из тисков. Если же «перестараться», она деформируется, а может и сломаться. Только опыт помогает определить нужную силу зажима.

Как быть?

Решение. Требуется обеспечить постоянную силу зажима, не зависящую от действия работника. Для её решения используем в таблице поз. 2.3 — эффект 37 «Закон Паскаля». Заменяем винтовой зажим гидравлическим. Сила его будет зависеть только от давления в гидравлической сети и площади поршня цилиндра. Если нет возможности установить гидропривод, воспользуемся для зажима тарированным гаечным ключом с храповым механизмом, прижим собачки в котором регулируется пружиной (эффект 18 «Упругость»).

Задача 5.16. Наколоть орехов для торта — задача нескольких минут, и решается она с помощью обыкновенного молотка.

А как можно сделать это на кондитерской фабрике, где ежедневно требуются десятки и сотни килограммов орехов?

Решение. Используем поз. 2.4 табл. 5.2 — «Разрушение» и применим эффекты 40 «Работа газа» и 41 «Сжимаемость». Предлагается поместить орехи в герметическую ёмкость и закачать туда воздух под давлением несколько атмосфер. Если теперь резко открыть ёмкость, в ней практически мгновенно установится атмосферное давление. Но внутри скорлупы орехов она так быстро упасть не может. Разница давлений и приводит к разрушению скорлупы.

Задача 5.17. Захват промышленного робота перемещается по направляющей — полый штанге. Фторопластовая втулка легко скользит по её поверхности, если она смочена водой. Пытались снабдить роботов распылителями воды — ничего не вышло: система работает ненадёжно,

подача воды сильно зависит от колебаний давления в водопроводе, она попадает в станок, требуется постоянная регулировка.

- Что делать? — думает технолог. — Не ставить же рядом с роботом рабочего с мокрой тряпкой.

Решение. Используем поз. 3.1 табл. 5.2: «Изменение трения». Из предлагаемых здесь физэффектов больше всего подходит 34-й «Конденсация». Стоит пустить по трубе холодную воду, и её поверхность всегда будет влажной.

Задача 5.18. При обработке металлов резанием возникает температура в несколько сот градусов, что приводит к быстрому выходу резца из строя. Обычно зону резания охлаждают, поливая её водным раствором специальной эмульсии. Но при обработке некоторых металлов полив недопустим, а охлаждение воздушной струёй не даёт нужного эффекта.

Решение. Воспользуемся эффектом 22 «Адиабатический процесс», поз. 4.2 табл. 5.2. В теле резца вблизи от режущей кромки сделаем камеру (полость), в которую подадим сжатый газ фреон. При его попадании туда он резко расширится, температура его падает — на резце можно наблюдать даже возникновение инея.

Задача 5.19. Для измерения высоких температур применяют так называемые термопары. Принцип действия их основан на следующем явлении: если спаять два проводника и подогреть место спая, то между холодными их концами возникает ЭДС, которая тем больше, чем выше температура. Для градуировки, необходимо, чтобы холодные концы проводников находились в условиях постоянной, желательной нулевой, температуры.

Как это обеспечить?

Решение. В таблице физэффектов это поз. 4.3 — «Стабилизация температуры». Применим эффект 38 «Плавление». Поместим концы проводников термопары в тающий лёд, температура талой воды будет нулевой до тех пор, пока лёд не растает полностью.

Задача 5.20 из книги «И тут появился изобретатель». В животноводческом комплексе построили большие коровники. Возникла необходимость проконсультироваться, хорошая ли вентиляция в них.

— Придётся исследовать движение воздуха в помещениях, — сказали специалисты.

— Оно зависит от температуры стен, крыши. Понадобится множество замеров. Работы месяца на два.

И тут появился изобретатель.

— Пока вы совещались, я получил данные по первому коровнику, — сказал он. — Для каждой точки, даже под самым потолком. Это же так просто!

Как же получил изобретатель эти данные?

Решение. А поступил изобретатель очень просто, использовав закон Архимеда (поз. 5.1, физэффект 23). Чтобы прибор показывал движение воздуха в любой точке коровника, он должен иметь ту же плотность,

что и воздух, т.е. сам должен быть из воздуха. Кроме того, он должен быть видимым. С этой ролью прекрасно справятся мыльные пузыри. Множество мыльных пузырьков сделают потоки воздуха видимыми. Траектории их движения можно даже заснять на фотоплѐнку.

Задача 5.21. При заправке ракеты жидким кислородом необходимо предотвратить попадание в двигатель пузырьков нерастворившегося газообразного кислорода, который, к сожалению, всегда присутствует в жидком кислороде.

Решение. Жидкий и газообразный кислород имеют разную плотность, поэтому воспользуемся в поз. 6.2 физэффе́ктом 20 «Центробежная сила». Пропуская кислород через центрифугу, можно надёжно отбирать его газообразную фракцию.

Задача 5.22. Предстоит проложить многокилометровый трубопровод. Необходимые для этого трубы диаметром 1 м изолированы гудроном с целью предохранения их от коррозии. Но во время транспортировки изоляция часто нарушается. Найти дефекты изоляции сложно. А уложить трубу с дефектом — значит обречь её на преждевременный выход из строя.

Как же всё-таки обнаружить нарушение изоляции?

Решение. Требуемое действие — контроль поверхностных свойств объектов. Это поз. 7.1 таблицы физэффе́ктов. Венгерские изобретатели применили для решения этой задачи физэффе́кт 67 «Электрический разряд», предложив исследовать поверхность трубы с помощью шупа, присоединѐнного к генератору тока высокого напряжения. Если покрытие нарушено, щетка шупа начинает искрить.

Задача 5.23. На скоростных судах с подводными крыльями они быстро разрушаются вследствие физического явления — кавитации. Сущность его в том, что в жидкости в результате местных понижений давления образуются пузырьки, заполненные газом (паром). При повышении давления, например, из-за встречи с препятствием, пузырьки резко сокращаются (захлопываются). Многократно повторяющиеся удары приводят к разрушению — кавитационной эрозии поверхности тела.

Решение. Согласно вепольному анализу, чтобы предотвратить изнашивание поверхности крыльев, нужно ввести между водой и металлом изменѐнную воду или изменѐнный металл. Вода дешевле. Воспользуемся физэффе́ктом 35 «Кристаллизация», поз. 4.2 табл. 5.2. Подводную часть крыла следует сделать охлаждаемой, в результате чего на ней будет нарастать тонкий и постоянно восстанавливаемый слой льда.

Задача 5.24. Главный инженер электролампового завода собрал специалистов и показал пачку писем.

— Жалуются потребители, недовольны нашими лампами, — грустно сказал он. — Основная причина их недолговечности в том, что

давление газа внутри лампы иногда больше нормы, иногда — меньше. Кто скажет, как измерить давление?

— Очень просто, — сказал один из инженеров. — Берём лампу, разбиваем и ... Можно для контроля разбивать одну лампу из 100.

— Проверять хотелось бы каждую лампу, — вздохнул главный.

Решение. Эта задача решается путём применения физэффекта 67 «Электрический разряд», поз. 8.1 таблицы. Воспользуемся коронным разрядом, который возникает между заострёнными электродами тем вероятнее, чем меньше давление газа. Следовательно, достаточно подать на нить накала высокое напряжение, и возникает коронный разряд, яркость которого будет зависеть от давления газа в лампе.

Задача 5.25. Чтобы предохранить резьбу от забивания, а гайку — от отвинчивания, гнездо, в котором она помещена, заливают битумом. Теперь гайку не отвернуть, пока не удалён битум из зазора между гайкой и стенками гнезда. Работа это долгая и кропотливая.

Как быть?

Решение. Изобретатели применили эффект 38 «Плавление» (поз. 4.2 таблицы), предложив гаечный ключ, головка которого нагревается электрической спиралью. Горячая головка легко входит в расплавленный битум, и гайка свободно отвинчивается.

Рассмотренный нами упрощенный, по сравнению с имеющимся в специальной литературе, подход призван показать потенциальные возможности, которые открываются для решения нетрадиционных технических задач при использовании физических эффектов и явлений.

Вот ещё несколько примеров использования физических эффектов и явлений.

В институте Гипроникель разработана система очистки отходящих газов металлургических печей от мелкодисперсной пыли с применением ультразвука. При озвучивании потока газов, проходящего через фильтр со скоростью 1 м/мин , происходит акустическая коагуляция пыли, которая и оседает в пылесборник.

Другой способ коагуляции пыли в шахтах, предложенный изобретателями: пылевой поток разделяют на две части, каждую из которых заряжают одноимённо и направляют навстречу друг другу.

Борьба с грызунами во многих странах превратилась в острую проблему, поскольку мыши и крысы быстро адаптируются к ядам. Американские учёные заметили, что если для человека верхний порог слышимости составляет 20 кГц , то для мышей и крыс — 40 кГц . Генератор издаёт ультразвук с частотой 30 кГц мощностью до 150 децибел. Такая «дискотека» для грызунов просто невыносима.

В Уральском НИИ трубной промышленности научились делать трубы с асимметричным утолщением стенки. Трубу устанавливают

во вращающихся центрах с некоторым осевым смещением и нагревают токами высокой частоты до оплавления внутренней поверхности. При вращении центробежные силы «намыывают» расплавленный металл на одну сторону.

В НИИ строительной физики разработали звукопоглощающую панель для подвесных потолков, которую можно настроить на максимальное звукопоглощение в определённом диапазоне звуковых частот. Делается это с помощью эластичного экрана, который можно растягивать или складывать гармошкой.

Чтобы в случае необходимости приподнять автомобиль, водителю не нужно пользоваться ручным домкратом. Одна из норвежских фирм разработала домкрат, представляющий собой баллон из прочной воздухонепроницаемой ткани. Наполняясь выхлопами газов, баллон поднимает автомобиль на нужную высоту.

Белорусские инженеры предложили оригинальную конструкцию ведущего ролика ленточного транспортёра. Ролик выполнен полым с отверстием на ободе. При отсасывании воздуха из полости ролика на его периферии создаётся вакуум, благодаря чему транспортёрная лента плотно прижимается внешним атмосферным давлением к ободу. Это повышает тяговое усилие привода.

В Ростовском-на-Дону институте сельскохозяйственного машиностроения заусенцы с деталей из меди и медных сплавов снимают насыщенным раствором чистой меди, пропуская через него ток напряжением до 15 В. Электролит, снимая заусенцы, совершенно не затрагивает металл детали.

В Швеции пожарными испытан состав, который значительно быстрее гасит пламя, чем вода. Рецепт довольно прост — 97 процентов воды, один процент минерального масла и еще два — особой модификации полиэтилена. При соприкосновении с горячим предметом этот состав мгновенно образует желеобразную пленку, через которую не проникает кислород. Этого достаточно, чтобы в 30 раз быстрее сбить пламя, чем чистой водой.

Итальянские инженеры построили автомобиль, работающий на сжатом воздухе. Газ закачивают в баллон под большим давлением, аккумулируя в нем потенциальную энергию. Выпуская газ на турбину пневмодвигателя, заставляют его выполнять работу. Скорость автомобиля 50 км/ч, продолжительность работы — 2 часа (100 км).

В южных районах воду подогревают в трубах солнечных коллекторов. Вода содержит атмосферные газы, которые являются главным источником коррозии внутренних стенок трубы. Для предотвращения этого в трубы заранее закладывается стальная стружка. Эти отходы, сплетённые в шнуры, захватывают пузырьки воздуха и химически связывают кислород. Тем самым защищаются от ржавчины внутренние полости. Конечно, шнуры время от времени надо заменять.

Для размораживания вечной мерзлоты на выбранное место льют кипяток. Но оттаявшая земля превращается в грязь, её трудно копать. Предложено лить не кипяток, а холодную воду. Она замерзает, отбирая холод у мерзлоты. Получается сверху лёд, а под ним — оттаявшая сухая земля.

Лев Николаевич Толстой описал остроумный способ, с помощью которого наполеоновский инженер Моллар выправил стены Музея искусств и ремёсел в Париже. Моллар пропустил сквозь стены здания болты и, попеременно нагревая и охлаждая их, подтягивал гайки.

Итак, становится ясно, что самые оригинальные, нетривиальные, «сильные» технические решения получаются при использовании физических эффектов, явлений, закономерностей. Задача данной главы — не в том, чтобы вооружить будущего изобретателя эффективным инструментом решения технических задач, а лишь в том, чтобы показать важную роль физэффектов в их творческом решении, дать азы методики использования физэффектов при создании новых технических решений. Но после освоения начального этапа их использования вы можете уже обратиться как к серьёзной литературе по физэффектам, так и к специальным пособиям по применению физэффектов при решении технических задач.

Вывод

Получить «сильные» технические решения можно только путём использования физических эффектов и явлений. Физэффекты можно использовать как в сочетании с методами разделения противоречий и вепольного анализа, так и напрямую, пользуясь специальными таблицами применения физэффектов.

Упражнения и примеры решений

Упражнение 5.1. Пользуясь таблицами 5.1 и 5.2 попытайтесь усовершенствовать выбранный вами объект (с. 26) с помощью физических эффектов.

Усовершенствуем молоток с помощью физэффектов.

1) Недостаток молотка — необходимость ориентации и удержания гвоздя рукой. Воспользуемся таблицей 5.2. Требуемое действие — 5.3 «Стабилизация положения объекта». Из предлагаемых физэффектов выбираем эффект 53 «Магнетизм». Предлагается в углубление на бойке молотка встроить магнит. Он сам хватает гвоздь за шляпку и ориентирует его под удар.

2) Ещё один недостаток молотка — отдача при работе. Этот недостаток неприемлем, например, при работе в космосе: сила отдачи

в условиях невесомости может вызвать опасное движение космонавта. Конструктор Л.Некипелова использовала эффект 15 «Трение». В полость бойка засыпана дробь, которая благодаря трению между шариками гасит отдачу.

3) Недостаток молотков, предложенных в предыдущих разделах конструкций, – затраты ручного труда. Чтобы механизировать процесс нанесения ударов, воспользуемся табл. 5.2. Требуемое действие – 5.2 «Управление перемещением». Из предложенных физэффектов воспользуемся эффектом 100 «Электромагнитные колебания»: свяжем боёк с соленоидом электромагнита.

4) Пневматический отбойный молоток является огромным шагом вперёд по сравнению с применявшейся с древних времён киркой. Он работает на сжатом воздухе от компрессора. Молотки эти недостаточно надёжны, во всяком случае, ремонтные мастерские буквально завалены этими инструментами.

Инженер А. Иванов предлагает применить принцип действия, основанный на свойствах металлического сплава нитинола (55% никеля и 45% титана). Этот уникальный материал обладает свойствами памяти. Пластинка из нитинола «запоминает» приданную ей форму и при нагревании может возвращаться к ней сколько угодно раз. В молотке устанавливают S-образную нитиноловую пластинку. Касаясь электрических контактов, пластинка нагревается и распрямляется. толкая при этом боёк молотка. При этом она разрывает электрический контакт, остывает и «вспоминает» заданную ей S-образную форму, и цикл повторяется. Эксперимент показывает, что пластинка из нитинола размером 10 X 100 мм при нагревании разгибается с силой свыше 6 кН.

Упражнение 5.2. Попытайтесь решить предложенные ниже задачи с помощью таблиц физэффектов 5.1 и 5.2.

Задача 5.26. Известно, что в мире от снежных лавин ежегодно гибнут тысячи жителей горных районов, туристов, альпинистов, лыжников. В специальных наставлениях рекомендуется при попадании в лавину делать плавательные движения. Автору пришлось убедиться в неэффективности этих действий.

Попробуйте предложить более эффективный метод, основанный на применении физического эффекта.

Решение. Известный альпинист и популяризатор технического творчества Николай Тимофеевич Петрович предлагает использовать закон Архимеда: отправляясь в лавиноопасный район, закрепить на спине пакет с воздушным шаром и баллончиком со сжатым воздухом. При приближении лавины нажимается кнопка, за одну-две секунды шар надувается и удерживает человека на поверхности снежного потока.

Задача 5.27. Мы уже упоминали о таком неприятном явлении как засаливание круга при шлифовании – обволакивание абразивных зёрен металлом шлифуемой детали.

Предложите хотя бы один способ борьбы с засаливанием круга, основанный на применении физэффекта.

Решение. Требуемое действие – 6.2. «Разделение». Из рекомендуемых физэффектов выбираем 51 «Закон Кулона». Предлагается на поверхности шлифовального круга и на детали создать одинаковые по знаку и по величине электрические потенциалы.

Задача 5.28. При затачивании режущих инструментов образуется большое количество пыли. Пыль содержит мельчайшую металлическую стружку и абразивный порошок, образующийся при износе шлифовального круга. Пыль уносится вентилятором и собирается в специальном пылесборнике. А далее требуется разделить стружку и абразивный порошок.

Как это сделать?

Задача 5.29. Структура сварного шва более крупнозернистая, чем у основного металла, что ухудшает механические характеристики шва.

Предложите способ измельчения структуры шва, основанный на применении физэффекта.

Задача 5.30. Требуется разработать надёжную систему, отключающую электромотор в случае, если его температура превысит допустимый порог. Разработчики предложили такую систему аварийного отключения. Она включала датчик температуры, усилитель, логическую схему, реле.

Предложите более простое решение, основанное на использовании физического явления.

Задача 5.31. Обратили ли вы внимание, как транспортируют оконные конструкции работники фирм по установке пластиковых окон, когда поднимают их на верхние этажи?

Какой физэффект при этом используется?

Задача 5.32. Самый распространённый способ чистовой обработки деталей – шлифование. Обработка шлифованием обеспечивает как высокую точность, так и малую шероховатость обработанной поверхности. Но у шлифования есть серьёзный недостаток. В процессе работы смесь мельчайших металлических стружек, продуктов износа шлифовального круга и СОЖ (так называемый шлам) забивается в поры круга, и он теряет свои режущие свойства. Увеличивается сила резания, резко возрастает температура в контакте круга с деталью, из-за чего на поверхности детали появляются так называемые прижоги – свидетельство необратимых структурных превращений в металле поверхностного слоя детали. Это явление называют засаливанием,

поскольку поверхность круга приобретает характерный «сальный» блеск. Для устранения засаливания поверхность круга приходится часто чистить, прекращая на время чистки обработку.

Как можно, используя физэффект, избежать перерывов в работе дробилки круга?

Задача 5.33. Ленинградские изобретатели предложили способ забивания свай в грунт без ударов.

Какой, по-вашему, физэффект они использовали в этом изобретении?

Задача 5.34. Для разрушения пласта угля в него через скважины закачивают воду и подают давление. Разрушение происходит интенсивнее, если давление подавать импульсами,

Как ещё больше повысить интенсивность разрушения практически при нулевых затратах, только за счёт использования физэффекта?

Задача 5.35. Для очистки от немагнитной пыли поток горячих газов пропускают через пакет из многих слоёв ткани. Недостаток такой системы — фильтр быстро забивается, а его очистка требует много времени.

Предложите новую систему очистки фильтра путём использования физэффекта, существенно сокращающую время очистки

Задача 5.36. Изделие из порошка изготавливают путём прессования: порошок загружают в металлический контейнер и давят поршнем на крышку контейнера, Но усилия оказывается недостаточно, порошок «не склеивается».

Как увеличить усилие сжатия?

Задача 5.37. Основание пирамиды Хеопса в Египте имеет площадь 4,5 га. И тем не менее оно идеально горизонтально.

Как смогли древние египтяне, не имея современных приборов для нивелировки, добиться такой точности

Упражнение 5.3. А вот несколько задач на применение физических эффектов и явлений, которых нет в табл. 5.1, но достаточно хорошо вам знакомых.

Задача 5.38. В 1903 году судно «Гаусс» немецкой полярной экспедиции вмёрзло в лёд в двух километрах от чистой воды. Несмотря на небольшое расстояние, дорогу к воде не удалось пробить даже с помощью взрывчатки. Тем не менее, участники экспедиции нашли выход

Подумайте, какой.

Задача 5.39. Сколько времени занимает у швеи вдевание нитки в ушко иголки! Если ушко увеличить, нитка будет вдеваться легко, но такая иголка будет плохо шить.

Как быть?

Задача 5.40. В печи для обжига цемента исходное сырьё — шихту — нагревают горящим газом. Температуру шихты контролируют с помощью

оптического пирометра по яркости свечения. Оказалось, что пирометр показывает температуру не шихты, а газа.

А как же всё-таки измерить температуру шихты, не меняя системы?

Задача 5.41. Бумагоделательная машина представляет огромный барабан, охваченный снаружи несколькими обручами. Обручи должны плотно охватывать барабан, чтобы он не проскальзывал, но при необходимости должны легко сниматься.

Как должно выглядеть крепление обруча?

Задача 5.42. В задаче 6.18. в качестве недостатка шлифовального круга из магнита со стальными опилками отмечалась его неспособность шлифовать твёрдые материалы. Так, во всяком случае, считали до последнего времени, пока не обнаружили, что такой круг может обрабатывать и твёрдые сплавы.

В чём причина такого явления?

Задача 5.43. При изготовлении деталей методом литья под давлением жидкий металл заливают в полость прессформы и давят поршнем специальной машины.

Нельзя ли заменить машину подходящим физэффектом?

Задача 5.44. Требуется обнаружить момент закипания жидкости в ёмкости, если нет возможности прямого наблюдения за жидкостью.

Задача 5.45. Температуру зоны резания определяют с помощью термопары из двух проволочек — хромелевой и копелевой. В момент перерезания проволочек происходит замыкание термопары, и в цепи возникает ток, пропорциональный температуре, величина которого фиксируется гальванометром. Устройство достаточно сложное.

Как его упростить, сохранив принцип термопары?

Задача 5.46. Металлы шлифуют кругами из абразива, например, электрокорунда — он твёрже металла. Электрокорунд шлифуют ещё более твёрдым материалом — алмазом.

А чем шлифовать алмаз? Ведь твёрже его в природе ничего нет.

Это интересно:

Изобретатель одного из самых распространённых способов выплавки стали Генри Бессемер в 1868 г., пересекая на пароходе Ла-Мани во время шторма, с большим трудом перенёс морскую качку — его даже пришлось доставить в больницу. Последующий период жизни он посвятил борьбе с этим явлением, построив огромный корабль «Бессемер» с подвесным салоном (идею эту высказал ещё М.В. Ломоносов за 100 лет до Бессемера), но успеха не добился. Не добились успеха и инженеры, работавшие над этой проблемой ещё более 100 лет. Не решена она практически и сейчас: различные компенсирующие устройства резко снижают скорость судна и увеличивают расход топлива.

6. ПРОСТО И ЭФФЕКТИВНО

Если определить психологическим термином, что же является движущей силой прогресса, то оказывается, что этой пружиной является изобретательство.

А.В. Луначарский

Ошибка нового всегда более заметна, чем ошибки традиционные.

Бертран Рассел

Решение технических задач методами разделения противоречий и всеполюсного анализа, в том числе на базе использования физических эффектов и явлений, обеспечивает, как мы увидели, получение весьма «сильных» технических решений. Но овладение этими методами требует достаточно серьёзной подготовки и большой практики. В то же время известны и более простые методы решения творческих задач, занимающие промежуточное решение между МПО и творческими методами. К таким методам можно отнести *эмпирические правила* (эвристические приёмы) решения технических задач (*ЭП*). ЭП представляют перечень достаточно конкретных путей устранения технических противоречий, накопленных практикой решения технических задач в разных областях деятельности и определенным образом систематизированных. Известные перечни ЭП могут насчитывать до нескольких сот приёмов. Методом ЭП труднее получить «сильное» техническое решение, но зато он не требует и такого глубокого анализа задачи, как, например, при использовании методов РП и ВА.

Мы ограничимся рассмотрением восьми правил метода ЭП, охватывающих весьма широкий круг технических задач в разных областях деятельности.

Дадим этим правилам краткие, ёмкие и запоминающиеся названия:

- 1) Объединение.
- 2) Динамичность.
- 3) Наоборот.
- 4) Криволинейность.
- 5) Упругость.
- 6) Подобие.
- 7) Вред в пользу.
- 8) Состояние.

Каждое из правил содержит несколько приёмов.

6.1. Объединение (ЭПО)

Ни одно изобретение не может быть признано совершенным.

Томас Эдисон

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи объекты необходимо объединить в более крупные объекты, либо разделить на более мелкие.

Приём ЭПО1 «Объединение объектов»: объединить однородные объекты в один объект.* Здесь и далее знак * означает, что данный приём обладает инверсией, то есть для решения задачи нужно выполнить действие, противоположное указанному в приёме. Например, инверсией приёма «Объединение однородных объектов» будет приём «Разделение объекта на однородные части».

Рассмотрим задачу.

Задача 6.1. В цехе обработки оптических стёкол требуется обработать по контуру большую партию круглых стёкол толщиной 1 мм. Попробовали сделать это на шлифовальном станке. Однако от ударов абразивные зёрна шлифовального круга кромки стёкол скалываются. Иногда стёкла даже колются.

Может быть, делать стёкла из более толстого листа? — спросил мастер инженера.

Ни в коем случае. Толщина стекла оговорена в технических требованиях.

Как быть?

Решение. Первое, что приходит на ум — зажимать при обработке стекло между двумя предохранительными дисками, например, металлическими, диаметр которых чуть больше окончательного диаметра стекла. Но такие диски можно будет использовать только один раз, для обработки каждого стекла потребуется по два новых диска. Это сильно удорожает обработку.

Воспользуемся приёмом ЭПО1. Будем обрабатывать не по одному стеклу, а одновременно пакет стёкол. Тогда каждое стекло будет предохранительным диском для соседних с ним стёкол в пакете. Опасность скола теперь сохранится только для крайних стекол, да и то только с одной стороны. Можно воспользоваться и металлическими дисками, но теперь их потребуется только два на пакет, что не скажется существенно на стоимости обработки.

Обратите внимание, что мы решили задачу, не прибегая к АВП. Если бы мы прошли все этапы АВП, мы бы пришли к следующей формулировке

физического противоречия: предохранительные диски должны быть и не должны быть. Согласитесь, что в данном случае выявление физического противоречия не приводит к существенному облегчению решения задачи. Ниже мы увидим, что для решения простых творческих задач метод ЭП эффективнее прочих за счёт сокращения времени решения.

Рассмотрим задачу на применение инверсии данного приёма. Здесь весьма показательной будет задача 3.17 об изготовлении стеклянного фильтра, которую мы решили методом РП. Все три решения (изготовить фильтр набором стеклянных трубок, стержней или боя) можно получить с помощью приёма ЭПО1. Фактически данный приём дублирует приём РПП 1.

Задача 6.2. Катушки с кабелем при транспортировке по железной дороге можно устанавливать только в горизонтальном положении. Но в таком положении катушка будет при движении перекатываться по вагону, что совершенно недопустимо. Поэтому под каждую катушку укладывают специальные деревянные подставки, что существенно удорожает перевозку.

Нельзя ли предложить более простое решение?

Решение — проще некуда. Достаточно скрепить катушки попарно строительными скобами, и их устойчивость обеспечена.

Задача 6.3. Однажды в Институте зерна академик Лисицын сказал изобретателю Качугину, что намечено совещание по одной из важнейших проблем — борьбе с жучком долгоносиком. Нужно исследовать условия существования жука, в частности определить температуру его тела. В то время не было прибора, позволяющего решить такую задачу.

— Тема стоит пятьдесят тысяч, но неизвестно, можно ли на эти средства сконструировать новый прибор, — сказал академик.

Качугин тут же предложил, как измерить температуру долгоносика обыкновенным медицинским термометром.

Решение. Конечно, изобретатель не собирался ставить термометр жуку под мышку. Он предложил насыпать долгоносиков в стакан и измерить термометром температуру всей массы жуков.

Задача 6.4. На стройку привезли стекло. Оно было упаковано пачками в деревянные ящики. Разгружали ящики с помощью подъёмного крана.

— Очень много боя, — вздохнул прораб, — так можно остаться без премии.

— Что делать, это ведь стекло, а не железо, — возразил мастер. — На других стройках боя не меньше. Ведь ящики столько раз перегружают.

Надо подумать, как уменьшить бой.

Решение. Оказывается, если склеить стёкла в пакет, например, смазав их солидолом, то они не разобьются, даже если пакет упадёт со второго этажа.

Задача 6.5. Вы отпилили доску, но она оказалась на 2 мм длиннее, чем надо.

Как убрать эти 2 мм?

Решение. Поступают просто: доску стыкуют с отпиленной частью, подкладывают под стык ещё одну доску и зажимают струбцинами, после чего стык снова пропиливают.

Вариантом приёма ЭПО1 можно считать создание бисистем и полисистем (систем из двух или более одинаковых элементов).

Задача 6.6. На садовом участке уродился большой урожай клубники и малины, и вам бы хотелось сохранить эти нежные ягоды до дому целыми. Перевозка ягоды в вёдрах, этого сделать не удаётся.

Как быть?

Решение. Один из вариантов тары для перевозки ягод – трёхэтажный ящик. К углам среднего ящика прибиты уголки, фиксирующие положение верхнего и нижнего ящиков, а к дну нижнего ящика прикреплены ремённые ручки. Количество «этажей» можно и увеличить.

По такому же типу можно сделать стеллаж дляпельменей, который ставится в морозилку.

Примерами би- и полисистем могут служить резьбонарезная гребёнка, двухшпиндельная или многошпиндельная сверлильная головка, многогранная режущая неперетачиваемая пластина, многониточный резьбошлифовальный круг, браслет, гусеница, транспортёр, двухцветный карандаш, полиспаат, стеллаж.

Специфическими полисистемами можно считать щёточные конструкции – гребёнка, ёрш, кисть, набор игл, ворс. Эти конструкции применяются для регулирования прилегания к фасонным поверхностям, метёлочных электроконтактов, вычёсывания плодов и ягод с веток, увеличения рабочей площади теплообменников, опор движущихся объектов, высева семян, амортизаторов, быстроразъёмных соединений, захвата и фиксации деталей, крепления типа «репейник», аэрирования жидкостей, защитного покрытия гидросооружений от кавитации.

Прием ЭПО1 и его инверсия применены для решения задачи 3.19 об автомобильной камере, разделённой на отсеки, что повышает её живучесть. Этот же принцип применён при разделении на отсеки судна с целью его непотопляемости при получении пробоины. В металлообработке применяют станки с несколькими параллельно или последовательно работающими рабочими органами (многошпиндельные, многосуппортные, многопозиционные, многоинструментные), многоместные приспособления для обработки нескольких деталей без перестановки, поворотные двухместные приспособления с загрузкой одной детали во время обработки другой.

На первой операции техпроцесса обработки валов обрабатывают торцы – фрезеруют торцовой фрезой или подрезают подрезным резцом.

Эту операцию можно выполнить за два перехода, последовательно обрабатывая каждый торец, а можно одновременно обрабатывать оба торца на двустороннем торцефрезерном станке. Более того, операцию можно объединить со сверлением на торцах центровых технологических отверстий, для этого существуют специальные фрезерно-центровальные двухпозиционные станки, односторонние и двухсторонние. На одной позиции фрезеруются торцы вала, на другой — сверлятся центровые отверстия. Эту же операцию можно выполнить на однопозиционном станке с помощью специальной центровально-подрезной головки, в которой установлены одна или несколько подрезных пластин и центровочное сверло. Наконец, и эту операцию можно объединить с обтачиванием крайних шеек вала, если в головке разместить дополнительно проходной резец. Обработка нескольких поверхностей на одном установе повышает точность взаимного расположения этих поверхностей и сокращает время обработки.

Приём ЭПО2 «Объединение функций»: сделать объект способным выполнять несколько функций, благодаря чему отпадает надобность в других объектах.

В 1914 году Глеб Евгеньевич Котельников решил испытать изобретённый им парашют на прочность. Организовать сброс груза на парашюте с самолёта не удалось. Было решено провести испытание на автомобиле. При скорости автомобиля 70-80 км/ч Котельников выбросил привязанный к нему парашют. И тут произошло неожиданное: машина остановилась, не проехав и 5 метров. Родилось изобретение — применить парашют в качестве тормоза.

Задача 6.7. Слабым местом военных самолётов когда-то была незащищённость их от наземного оружия. Стали бронировать самолёты, но они стали тяжелыми и тихоходными, как, например, «Юнкерс-1». Долгое время авиаконструкторы всех стран бились над решением этого противоречия, перепробовали множество вариантов.

Решение нашёл Сергей Владимирович Ильюшин, создав знаменитый штурмовик Ил-2 — «летающий танк». В чём, по-вашему, состояло решение?

Решение. При создании штурмовика Ил-2 конструкторы воспользовались приёмом ЭПО2 и предложили не навешивать броню на корпус самолёта, а сделать из неё сам корпус.

Задача 6.8. Вот эпизод из подготовки к запуску космической станции «Венера-12».

— Каждый грамм веса, каждый кубический сантиметр пространства внутри «шарика» использованы рационально, — писал потом один из конструкторов станции. — Могу заверить, что вам не удалось бы

впихнуть туда даже спичечный коробок. Такого плотного монтажа я не встречал ни в одной конструкции.

И вот, когда до запуска осталось уже несколько недель, когда смонтированы приборы, выполнены коммутационные работы и даже установлен центровочный груз (он необходим, чтобы аппарат занимал строго определённое положение в пространстве), приходит учёный из института геохимии и просит разместить ещё один прибор весом ни много, ни мало 6 кг.

Взрыв смеха. О каком приборе может идти речь, если рассчитан каждый грамм!

Как быть?

Решение. Подсказка содержится в самом условии задачи. Нужно заставить центровочный груз выполнять ещё одну функцию — ту, которую должен выполнять прибор, то есть использовать прибор в качестве центровочного груза.

Задача 6.9. В стальной заготовке требуется просверлить отверстие диаметром 30 мм. Но у привода сверлильного станка не хватает мощности, станок «не тянет», останавливается. Поэтому сначала сверлят отверстие диаметром 20 мм, а затем рассверливают его другим сверлом до требуемого размера. Но при этом после каждого предварительного сверления приходится останавливать станок и менять сверло. На это уходит много времени.

Как быть?

Решение. Чтобы не менять сверло, нужно, чтобы одним инструментом можно было обрабатывать последовательно отверстия диаметром 20 и 30 мм. Это так называемое ступенчатое сверло, или сверло-зенкер, в котором после выхода из контакта сверла 20 в работу вступает зенкер.

Японский изобретатель получил российский патент на самолёт, у которого фермы крыльев сделаны из труб, по которым подается рабочая жидкость к гидромоторам.

Сразу в 14 странах запатентованы кусачки со сменными зубьями, которые за 2-3 мин можно превратить в плоскогубцы или круглогубцы.

Вафельный стаканчик мороженого выполняет функцию экологически чистой упаковки.

Нож десантника может служить и пилой, и топором, и буравом, и шилом. А в подарочном перочинном ноже установлено свыше 30 различных предметов.

Применение агрегата из литейной машины и прокатного стана позволяет избежать операции нагрева перед прокаткой.

Выполнение задней поверхности резца цилиндрической позволяет на прямом ходе снимать стружку, а на обратном — выглаживать обработанную поверхность.

На револьверном станке можно, не переустанавливая заготовку, обработать 20 и более поверхностей детали — наружных и внутренних, цилиндрических и конических, плоских и фасонных, черновых и чистовых. Число установов сокращается и при оснащении, например, токарного станка фрезерной или шлифовальной головками.

Когда власти схватили французского пирата Сюркуфа, на вопрос, где он прячет награбленные сокровища, тот ответил, что всегда возил их с собой. Ему не поверили, полагая, что пират зарыл их на далёком острове. Но пират говорил правду — якорь пиратского корабля был отлит из золота.

Приём ЭПОЗ «Матрёшка»: разместить объект внутри другого объекта.

Понятно, почему приём получил такое название. Но приём этот может применяться и в технике. Пример — решение задачи 3.18 о размещении на крыльях самолета ТУ-114 восьми двигателей вместо четырёх. Помните, Андрей Николаевич Туполев предложил расположить двигатели попарно друг за другом. У одного двигателя вал полый, и сквозь него проходит вал второго двигателя.

Вот ещё примеры использования приёма ЭПОЗ с целью придания объекту большей компактности.

Польские специалисты разработали автомобильную антенну в виде полосы из фольги, расположенной между двумя слоями ветрового стекла.

Поводок для собаки выполняют в виде рулетки, что позволяет регулировать его длину.

Московский школьник Андрей Борисов предложил занавеску в ванной сделать убирающейся в цилиндрический футляр под потолком — по типу экрана кинопроектора.

Итальянский дизайнер П. Гвиджиаро расположил приборную доску автомобиля внутри руля, а его спицы изогнул и пропустил под приборами.

Двери в купе железнодорожного вагона открываются путём сдвига внутрь стенки.

Телескопическая конструкция антенны, указки, удочки — это тоже применение приёма ЭПОЗ.

Подумайте, какие предметы можно разместить внутри рукоятки отвёртки, приклада охотничьего ружья, рукоятки ножа.

Это интересно:

Вопреки распространённому мнению, матрёшка вовсе не является русским изобретением. Она была привезена в Россию из Японии в 1890 году

и представляла собой деревянную фигурку мудреца Фукурума, внутри которого помещалась вся его многочисленная семья. Русские умельцы быстро освоили производство новой игрушки, превратившейся в один из символов России.

6.2. Упругость (ЭПУ)

Изобретение – это не инцидент, а процесс.

В.М. Мухачёв

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи объект должен содержать один или несколько упругих элементов.

Приём ЭПУ1 «Упругий элемент»: использовать упругие свойства элемента, заменить жёсткий элемент упругим, ввести дополнительно упругий элемент.

Задача 6.10. При сверлении отверстий в металлических заготовках производительность зависит от скорости осевой подачи сверла: чем быстрее мы подаем сверло, тем выше производительность. Но при этом возрастает и нагрузка на сверло, и оно может сломаться. Чтобы этого не произошло, в приспособлении для закрепления сверла в станке предусматривают специальный предохранительный штифт. При достижении критического значения крутящего момента штифт срезается, сверло прокручивается и остается целым. Метод неудобен тем, что после каждого случая среза штифта на его замену затрачивается дополнительное время.

Как быть?

Решение. Предлагается заготовку закрепить в специальном приспособлении, в котором предохранительный элемент выполнен из прямолинейных упругих стержней, расположенных по образующим гиперболоида вращения. Верхние концы стержней связаны с заготовкой, а нижние – со столом станка. Если крутящий момент превзойдет допустимое значение, заготовка повернется вокруг оси, произойдет сжатие гиперболоида, сработает конечный выключатель, и станок отключится (вспомните башню Шухова, задача 3.26).

Задача 6.11. Режущие инструменты из твердого сплава обладают высокой износостойкостью. Но твердый сплав – дорогой материал, поэтому из него делают не весь резец, а только режущий элемент в виде пластины. Эту режущую пластину припаивают к стальной державке. Однако этот способ крепления ненадежен из-за высоких температур в зоне резания. К тому же при затуплении режущей кромки приходится снимать со станка и отправлять на переточку весь резец. Более прогрессивным

является так называемое механическое закрепление режущей пластины с помощью винтов, клиньев и т.п. Но твёрдый сплав очень хрупкий, и при неплотном прилегании к дну паза в державке пластина под действием усилия закрепления может треснуть.

Как этого избежать?

Решение. Под твёрдосплавную режущую пластину помещают пластину из мягкого металла. При зажиме режущей пластины эта промежуточная пластина деформируется и обеспечивает плотное прилегание режущей пластины.

Задача 6.12. Кулачок из пружинной стали 60С2 имеет форму пластины в виде эллипса с круглым отверстием в центре.

Как его изготовить на токарном станке?

Решение. Технология изготовления кулачка весьма оригинальна и основана на упругих свойствах пружинной стали. Сначала заготовку кулачка – втулку с отверстием, деформируют так, что она приобретает форму эллипса, эллипсную форму приобретает и отверстие. Не снимая нагрузки, в отверстие вставляют оправку эллипсного сечения. Заготовку обтачивают на токарном станке, и теперь она имеет цилиндрическую форму. Вынимают оправку из отверстия, происходит обратная деформация заготовки: теперь отверстие становится цилиндрическим, а наружная поверхность – эллипсной.

Задача 6.13. Пробка от термоса со временем изнашивается и проваливается в горловину. Не торопитесь выбрасывать её. Размеры пробки можно быстро восстановить.

Подумайте, как?

Решение. Используем упругие свойства пробки. Просверлим в ней отверстие и вставим деревянный штырь несколько большего диаметра. Пробка деформируется, её размер увеличится, и она вновь будет надёжно прилегать к горловине термоса.

Задача 6.14. В мире существуют десятки конструкций поршневых колец, отличающихся друг от друга формой, материалом и др. Но всем им присущ общий недостаток: они делаются разрезными, поскольку иначе их невозможно установить в канавке поршня. А там, где есть разрез, есть и утечка, то есть потери рабочего давления. КПД двигателя снижается.

Как быть?

Решение. Предложено сделать кольцо цельным, а по всему периметру снять две лыски, расположенные под небольшим углом. Кольцо одевают на поршень, имеющий канавку. Когда поршень вставляют в цилиндр, кольцо упруго деформируется и входит в канавку. Упругость кольца компенсирует и износ пары цилиндр - поршень при работе.

Американский инженер Марков (обратите внимание на фамилию!) сделал для своего сына и его друзей нехитрый спортивный снаряд –

пластиковый упругий обруч с установленным на нём седлом, прыгая на котором дети воображают себя всадниками.

Для соединения концов вращающихся валов на них выполняют резьбу, на которую навинчивают спиральную пружину, получается упругая муфта.

В сборной протяжке между зубьями установлены тарельчатые пружины, демпфирование которых предотвращает выкрашивание режущих кромок.

Чтобы картофель не повреждался при падении с транспортёра в бункер, дно бункера выполнено подпружиненным и опускается по мере заполнения бункера.

Резиновая футеровка шаровой вращающейся цементной мельницы от ударов чугунных шаров изнашивается втрое медленнее, чем стальная.

Подшипник скольжения из приваренных к втулке лепестков молибденовой фольги, перекрывающих друг друга, позволяет валу ротора вращаться с частотой до 160 тыс. *об/мин*.

ЭПУ1 можно также применять при решении задач, в которых требуется обеспечить герметичность соединения, заменить сосредоточенную нагрузку распределённой, смягчить удар, погасить вибрацию.

Приём ЭПУ2 «Надувной элемент»: использовать газообразные и жидкие элементы, надувные и гидронаполняемые, воздушную и гидравлическую подушки, аэростатические, гидростатические, гидрореактивные и т.п. элементы.

Задача 6.15. Современные промышленные дымовые трубы достигают высоты 200-300 м. Когда трубы не работают, их желательно закрывать сверху какой-то крышкой, чтобы внутрь трубы не попадали дождь и снег. Такие «крышки» (диаметром 2-3 м) пытались устраивать, но их срывало ветром, да и механизм для перемещения «крышки» оказывался очень ненадёжным. Вообще механизмы, установленные на вершине трубы, быстро портятся: дымовые газы содержат вещества, разъедающие самые прочные материалы.

Как быть? Может быть, использовать вертолёт? Но чтобы опустить крышку точно на предназначенное ей место, от пилота потребуются незаурядное мастерство. А ведь крышку нужно ещё закрепить.

Может изогнуть трубу? Оказывается, тяга резко уменьшается: 300-метровая труба работает, как 50-метровая. Поставить над трубой зонт? Тот же результат, резко падает тяга.

Решение. Задача легко решается, если воспользоваться приёмом ЭПУ2. Вместо жёсткой крышки применим надувную – воздушный шар, по размерам соответствующий отверстию трубы, наполненный газом легче воздуха и закреплённый на лёгком тросе, конец которого

находится внизу. В нужный момент, потянув за трос, мы свободно открываем трубу, а опустив трос, закрываем её.

Задача 6.16. В порту грузили корабль. Мощный кран опускал поддоны с мешками в открытый проём судового трюма. Шёл сильный дождь, и вода попадала в трюм.

– Ну и погодка, – проворчал один из грузчиков. – Промок насквозь...

– Ничего не поделаешь, – ответил другой. – Во время погрузки трюм не закроешь, крышку не поставишь.

– Вот бы такую крышу, чтобы дождь не проходил, а грузы опускались свободно, – мечтательно добавил третий.

Что вы можете предложить?

Решение. Такая крышка есть, и сделана она из двух надувных ёмкостей, плотно прилегающих друг к другу в середине проёма. Груз свободно раздвигает ёмкости и опускается вниз. Ёмкости тут же вновь смыкаются, и дождь не попадает в трюм.

Задача 6.17. Вы посолили огурцы в трёхлитровой банке. После того, как вы вскрыли банку, огурцы всплывают, и их верхний слой теряет вкусовые качества. Чтобы этого не происходило, огурцы желательнее поместить под гнёт. Но как это сделать, если диаметр горлышка меньше диаметра самой банки?

Решение элементарно: использовать в качестве гнёта полиэтиленовый мешочек, наполненный водой.

Задача 6.18. Вернёмся к задаче 4.24 о шлифовании криволинейных поверхностей. Мы предложили использовать эластичные шлифовальные круги из войлока, фетра, каучука. Но такими кругами можно шлифовать лишь поверхности с малой кривизной. Магнитный круг со стальными опилками может обрабатывать поверхности большой кривизны, но стальные опилки обладают недостаточной твёрдостью для шлифования твёрдых материалов.

Что можно предложить?

Решение. Применим приём ЭПУ2. Сделаем шлифовальный круг в виде надувного баллона, в виде «бублика», покрытого слоем абразива. Таким кругом можно шлифовать достаточно кривые поверхности. И опять же, возможности таких кругов можно расширить, если применить физический эффект (приём ВАД1 «Добавка»). Недостатком надувного круга является то, что его нельзя сильно прижимать к обрабатываемой детали. А при слабом прижатии и производительность будет низкой. Предлагается внутрь надувного круга поместить стальную дробь и прижимать круг к детали электромагнитным полем.

Задача 6.19. В железнодорожных цистернах приходится транспортировать различные жидкости. При смене жидкости цистерну необходимо

тщательно мыть, а это достаточно трудоёмкий процесс. Простой цистерн в ожидании нужной жидкости также обходятся достаточно дорого. Шведские специалисты предложили устанавливать в цистерне резиновую перегородку. В один из люков цистерны заливают минеральное масло, перегородка вытягивается, вплоть до противоположной стенки ёмкости. В другой люк заливают растительное масло, перегородка вытягивается в противоположную сторону. Можно одновременно транспортировать обе жидкости. Советский инженер Р. Кожевников предложил вместо перегородки помещать в цистерну надувной баллон, который можно помещать в любое место цистерны в зависимости от объёмов жидкостей. Кроме того, в баллон можно заливать третью жидкость.

Давайте вспомним задачу 5.20 о воздушных потоках в коровниках. Применение для исследования их траектории мыльных пузырей — это тоже приём ЭПУ2.

Для опрыскивания виноградников применяют «летающую тарелку», парящую над кустами за счёт реактивной воздушной струи, что предохраняет их от механического повреждения.

Шведские изобретатели предложили вместо механического или гидравлического домкрата применить надувной мешок из прочного материала. Подсоединив такой пневмодомкрат к выхлопной трубе, мы избавляемся от тяжёлого ручного труда.

Детали при склеивании прижимают надувными ёмкостями.

А инженеры П. Каминский и А. Степаненко предлагают для удаления дыма тепловой электростанции наполнять дымом оболочки, которые будут подниматься в верхние слои атмосферы и там опорожняться. Возвращать «пустую тару» предполагается тросиком.

Это интересно:

Первый подвесной мост, известный историкам, — это мост через реку Инд, описанный китайским монахом Фа Сиеном в 399 году. Однако уже тогда он считал этот мост очень старым.

6.3. Наоборот (ЭПН)

Кто видел чудака из поваров такого,
Который бы вертел очаг вокруг жаркого?

М.В. Ломоносов

В городе Кония Ходжу Насретдина с приятелем поразило обилие высоких тонких минаретов.

— Никак не могу понять, как их строят, — говорит приятель.

— Проще простого, — отвечает лукавый Ходжа. — Роют глубокий колодец и выворачивают его назнанку.

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи её условия меняют на противоположные.

Существует легенда. На Всемирной выставке в 1873 году в Париже рабочий случайно подключил провода от работающей динамомашины к другой динамомашине, и она вдруг заработала. Так родился первый электродвигатель.

Вспомним задачу 2.2 об исследовании действия горячей кислоты на кубики из различных сплавов. Вместо погружения кубиков в камеру с кислотой мы предложили наливать её в полые кубики, в результате чего отпала необходимость в защите камеры от коррозии.

В 1911 году была создана камера Вильсона — один из основных инструментов ядерной физики. Заряженные частицы, двигаясь в перенасыщенном водяном паре, заполняющем камеру, становятся видимыми благодаря образуемому следу из капелек жидкости. Были предложены сотни усовершенствований камеры Вильсона. Но лишь через полвека, в 1960 году Доналд Глезер получил Нобелевскую премию за создание пузырьковой камеры - «антикамеры», в которой след образуется пузырьками газа в жидкой среде.

Приём ЭПН1 «Противоположное положение»: перевернуть объект, наклонить его, положить на бок, использовать его обратную сторону*.

Задача 6.20. В цех привезли робота. Собрали, настроили и поставили к станку. Пожилой рабочий, много лет проработавший на этом станке, с удивлением наблюдал, как «железный человек» чётко выполняет все рабочие действия. Но уже через полчаса робот остановился. Оказалось, что в зону действия робота на направляющие станка попала стружка. Рабочий бы смахнул её щёткой и продолжил работу. Для робота же ситуация оказалась тупиковой. Почистили станок щёткой, снова включили и через несколько минут — вновь остановка по той же причине.

— Ну и дела, — вздохнул инженер. — Хоть ставь рядом с роботом рабочего со щёткой!

— Может быть, поставить магнит, чтобы стружка падала не вниз, а вверх, — полушутя добавил молодой технолог.

Как быть?

Решение. А ведь технолог был близок к истине. Действительно, стружка должна падать не на направляющие, а от направляющих, и для этого не нужны магниты. В обычном станке, который сделан так, чтобы рабочему было удобно на нём работать, этого добиться невозможно. Но ведь роботу удобства не требуются. Поэтому поступили просто — перевернули станок «вверх ногами».

Задача 6.21. Для снижения температуры резания при токарной обработке резец поливают смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ). Но по верхней, так называемой передней поверхности резца сходит стружка, которая затрудняет попадание СОЖ к режущей кромке. Поэтому предложили подавать СОЖ снизу, со стороны так называемой задней поверхности резца, где она попадает непосредственно к режущей кромке. Но для этого СОЖ надо подавать под давлением, сама она вверх не польётся, а это усложняет станок.

Как быть?

Решение аналогично предыдущему. Нужно перевернуть резец «вверх ногами» и дать детали обратное вращение, тогда задняя поверхность окажется сверху, и её можно поливать струёй СОЖ без давления.

Задача 6.22. Токарные резцы большого размера получают ковкой. После этого грани державки фрезеруют. Пакет из 10 резцов зажимают в тисках и фрезеруют одновременно на проход. Высота у кованых резцов различная, поэтому фрезеруют по размеру самой низкой державки. Режим же резания назначают по самой высокой державке, так как она имеет максимальный припуск на обработку. Это снижает производительность обработки. Как, сохранив групповое фрезерование, обеспечить обработку каждого резца с минимальной глубиной?

Решение. Поскольку по условию задачи не требуется обеспечивать одинаковую высоту резцов, можно выровнять их по верхней поверхности и фрезеровать её с одинаковой для всех резцов глубиной резания, а затем выровнять их по нижней поверхности и обработать её.

Задача 6.23. Одна из проблем сверления глубоких отверстий в деталях – отвод стружки из отверстия. Если периодически не выводить сверло из отверстия, стружка забьёт стружечные канавки, «пакетируется», и сверло в результате трения о стенки отверстия может «порваться». А периодический вывод сверла из отверстия снижает производительность.

Как быть?

Решение. Можно заставить стружку саму покидать отверстие. Нужно перевернуть деталь и сверлить отверстие снизу.

Задача 6.24. Электрод для ручной сварки представляет собой проволочный стержень, покрытый обмазкой из флюса для образования защитной среды. Электрод для автоматической сварки – проволока, намотанная на катушку, что позволяет вести процесс непрерывно в течение длительного времени. Однако проволоку нельзя покрыть защитной обмазкой, при изгибе она осыпается. Поэтому при сварке в зону дуги непрерывно подают порошкообразный флюс, что усложняет процесс.

Каким должен быть электрод для автоматической сварки, позволяющий исключить специальную подачу флюса?

Решение — трубчатый электрод с флюсом внутри.

Задача 6.25. Станины металлорежущих станков не должны деформироваться в результате структурных изменений в металле в процессе эксплуатации. Таким требованиям отвечает лучше всего серый чугун. А направляющие (рабочие поверхности) станины должны обладать высокой износостойкостью. Серый чугун такой износостойкостью не обладает, поэтому направляющие станины приходится часто восстанавливать. Высокой стойкостью обладает легированный чугун, но легирующие элементы очень дорогие.

Как быть?

Решение. Примем во внимание два момента. Во-первых, износостойкостью должна обладать не вся станина, а только её направляющие, то есть напрашивается правило разделения противоречия в пространстве. Во-вторых, легирующие элементы тяжелее чугуна и поэтому располагаются главным образом в нижней части отливки. Согласно приёму ЭПН1 предлагается при формовке расположить модель станины «вверх ногами». Тогда после заливки формы легирующие элементы сконцентрируются вблизи поверхности направляющих.

Задача 6.26. Широко применяется чистовая обработка незакалённых зубчатых колес - шевингование (от английского шевинг - брить). Режущий инструмент — шевер — представляет собой зубчатое колесо из инструментального материала, у которого на боковых эвольвентных поверхностях зубьев выполнены канавки, образующие множество режущих кромок. Шевер устанавливают под углом к оси обрабатываемого колеса и сообщают ему вращение. За счёт взаимного скольжения режущих кромок шевера по поверхности зуба колеса режущие кромки снимают с неё тончайшую стружку, в результате чего обеспечивается высокая точность и малая шероховатость обработанных поверхностей зубьев.

Один из недостатков шевера — его высокая сложность, обуславливающая высокую трудоёмкость его изготовления или восстановления после затупления.

Нельзя ли упростить конструкцию шевера, не снижая его эксплуатационных качеств?

Решение. Тот же самый эффект «бритья» получается, если канавки сделать не вдоль эвольвенты, а перпендикулярно к ней по образующей зуба. Нарезать же такие канавки значительно проще.

А вспомним задачу 4.32. Матросы по ошибке поставили двуслойную броню «наоборот» — мягкой стороной наружу, и снаряд легко её пробил. Не произойди такой ошибки — неизвестно, когда бы ещё был изобретён бронебойный снаряд.

Или задача 3.8. Чтобы не доставлять страданий больному при снятии гипсовой повязки, мы предложили заранее заделывать под повязку

гибкую пилку (правило РПВ), которую при снятии повязки перемещать не снаружи к телу, а наоборот, от тела наружу.

Вот ещё простой пример применения приёма ЭПН1. Если ручку двуручной пилы воткнуть не сверху, а снизу, пилой можно работать одному человеку, как ножовкой.

Приём ЭПН2 «Противоположное действие»: переменить действие на обратное; сделать движущийся объект неподвижным, а неподвижный – движущимся; изменить направление движения.

Задача 6.27. Плавательные бассейны имеют, как правило, длину 25 м. Сооружать 50-метровые бассейны дорого. Это затрудняет подготовку высококлассных пловцов на длинные дистанции.

Как быть?

Решение. Предложено в коротком бассейне установить гидронасос, создающий направленный поток. Скорость потока можно регулировать. В таком бассейне пловец, оставаясь на месте, может без остановки «проплыть» любое расстояние. Тренеру остаётся только с помощью дистанционного управления регулировать мощность насоса в зависимости от состояния спортсмена.

Задача 6.28. В одном тепличном хозяйстве Армении нашли способ ускорения выращивания цветов. На гвоздики направляют поток воздуха – создают искусственный ветер разной скорости и направления. Гвоздики получаются крупнее и ярче. Вот только система подачи воздуха получилась достаточно громоздкая – компрессор, трубопроводы, аппаратура.

Нельзя ли усовершенствовать способ?

Решение. Можно, если заставить двигаться не воздух, а сами гвоздики. Для этого армянские изобретатели предложили протянуть вдоль цветочной грядки электрический провод, а на стеблях цветков закрепить металлические хомутики. При пропускании тока по проводам образуется магнитное поле, и гвоздики приходят в движение. Не представляет никакой сложности изменять направление и скорость движения. Гвоздики получились крупнее и ярче обычных.

Задача 6.29. При шлифовании незакалённой стали зёрна шлифовального круга обволакиваются металлом, и круг теряет режущие свойства. Это явление называют засаливанием круга, поскольку его поверхность приобретает характерный «сальный» блеск. (Мы уже сталкивались с явлением засаливания в задаче 5.32). Для устранения засаливания круг подвергают правке – срезают засаленный слой алмазным инструментом. На правку иногда затрачивается 50 % всего времени обработки.

Нельзя ли увеличить срок службы круга между правками?

Решение. Исследуя процесс засаливания круга, учёные из Перми заметили, что металл налипает на абразивные зёрна только с одной — передней стороны. Если дать шлифовальному кругу обратное вращение, зёрна будут шлифовать металл незасаленной стороной. Более того, образовавшиеся ранее на зёрнах наросты металла в результате обратного вращения срываются, зёрна обнажаются, и после засаливания можно вновь сменить направление вращения.

Задача 6.30. В 1938 году в СССР была изобретена магнитно-абразивная обработка — обработка цилиндрических поверхностей вращающимся магнитным полем с железными опилками. Но изобретение «не пошло» — слишком сложно технически оказалось его осуществить. И лишь через 24 года появляется изобретение, позволившее широко внедрить магнитно-абразивную обработку в производство.

В чём, по-вашему, сущность этого изобретения?

Решение исключительное простое, и непонятно, почему оно не появилось раньше. Нужно вращать не магнитное поле, а обрабатываемую деталь в неподвижном магнитном поле.

Задача 6.31. Требуется снять с кабеля шланговую оболочку. Делать это обычным ножом неудобно: лезвие ножа то зарезается в сердцевину кабеля, то выскакивает наружу.

Предложите устройство, которым было бы удобно вскрыть оболочку.

Решение. Нож должен иметь «зуб», и при работе для того, чтобы разрезать оболочку, его нужно не толкать, а тянуть.

Задача 6.32. Мачту высоковольтной передачи устанавливают крапом на фундаментные (анкерные) болты. Попасть сразу всеми отверстиями мачты на болты трудно — мачта висит на тросе, раскачивается. А стоит мачте ударить по болту, как резьба на его конце оказывается смятой, и на него уже невозможно навинтить гайку. Исправить резьбу резьбонарезной плашкой не удаётся, её так же трудно навернуть на болт, как и гайку, заходная часть на болте отсутствует. Резьбу исправляют трёхгранным напильником. Это занимает минут 20-30.

Как облегчить процесс восстановления резьбы?

Решение. Монтажники применяют приём ЭПН2. Резьбонарезную плашку делают разъёмной из двух половин, помещённых в обойму. Всего несколько секунд требуется, чтобы надеть плашку на неповреждённый участок резьбы. А затем, вращая рукоятку обоймы, плашку перемещают вверх, то есть не навинчивают, а свинчивают с болта. Дойдя до смятых ниток резьбы, плашка исправляет резьбу. Когда она дойдёт до конца — болт будет как новый.

В странах Средней Азии воду для полива полей брали из горных рек с помощью водоподъёмного колеса. Огромное колесо с ковшами, вращаемое волами, поднимало воду в желоба, откуда она растекалась

по оросительным каналам. День и ночь трудились волю. Но вот однажды по недосмотру работников колесо «вырвалось» и завертелось в обратную сторону под действием мощного водяного потока. Так родилось изобретение – водяное колесо, работающее от энергии самой реки. Не надо теперь ни волов, ни погонщиков.

Интересный случай произошел на одном из заводов Беларуси. При монтаже трубопровода из стеклопластика концы двух труб предполагали соединить муфтой, причём муфту сделать из куска той же трубы, раздав её до нужного диаметра. Но как отрезать этот кусок, ведь ножовка стеклополимер не возьмет? Решили использовать раскалённую проволоку, благо под рукой оказался трансформатор. Проволока прошла через трубу как нож. Но когда хотели взять отпиленный кусок, оказалось, что он не отпилился. Так родился новый способ сварки стеклополимерных труб. На концы труб надевают муфту и «прорезают» её с обеих сторон от стыка. Трубы надёжно свариваются.

Мелкую стружку после сверления каналов в деталях гидроаппаратуры удаляют сжатым воздухом с помощью специального пистолета. Но при очистке глухих отверстий выдуть стружку очень трудно, процесс достаточно трудоёмкий, к тому же небезопасный из-за обилия стружки в воздухе на рабочем месте. От этих недостатков свободен пистолет, работающий по принципу всасывания. Стружка быстро удаляется из отверстия и попадает в специальный стружкосборник.

Для клеймения домашних животных применяют раскалённое клеймо. Животное при этом испытывает сильную боль, и к тому же на месте клеймения шерсть больше не вырастает, кожа остаётся обнажённой. Предложено охлаждать клеймо до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Процесс клеймения длится 10 секунд, животное не чувствует боли. На месте клеймения потом вырастает шерсть, но она совершенно белая и ясно видна на темном фоне.

В южных морях днища кораблей обрастают ракушками. Их набирается до 45 кг на квадратном метре. Водолаз счищает ракушки устройством типа «болгарки» с вращающейся щёткой. Но как только он начинает работать, его закручивает в обратную сторону – ведь опоры в воде нет. Предложено использовать инструмент с двумя щётками, вращающимися в противоположную сторону. Щётки расположены рядом (бисистема, приём ЭПО1) либо одна внутри другой («Матрёшка», приём ЭПО3)

Это интересно:

В 1876 году русский химик Константин Фальберг сел к столу, не вымыв руки после опыта. За обедом он почувствовал, что все блюда имеют сладковатый привкус. Подвергнув анализу содержимое сосуда, куда сливались

реактивы после опытов, Фальберг открыл сахарин – вещество, которое в сотни раз слаще сахара.

6.4. Криволинейность (ЭПК)

Развитие идёт не по спирали,
А вкривь и вкось, вразнос, наперерез.

Владимир Высоцкий

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи объект или его элементы должны иметь криволинейную форму.

Приём ЭПК1 «Криволинейный элемент»: перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоской поверхности – к сферической, от куба или параллелепипеда – к шару и т.д., увеличить кривизну, перейти от равномерной кривизны к неравномерной *.

Задача 6.33. Фасонный токарный резец – сложный и дорогой инструмент. При каждом затуплении режущих кромок его перетачивают, сошлифовывая слой материала. После нескольких переточек резец утилизируют. Чтобы увеличить срок службы резца, увеличивают размер режущей части, делают её в виде столбика. Но увеличение размеров инструмента вызывает неудобства в эксплуатации, а иногда и невозможность его установки из-за недостатка рабочего пространства.

Как увеличить число возможных переточек, не увеличивая существенно габариты резца?

Решение задачи – так называемый круглый фасонный резец, который представляет собой диск с выемкой для образования режущей кромки. В любом радиальном сечении резец имеет заданный фасонный профиль. Круглый резец позволяет производить в три раза больше переточек по сравнению со столбиковым фасонным резцом такого же размера.

Задача 6.34. Вам приходилось видеть, как рабочие передвигают тяжёлый рельс? Несколько человек поддевают рельс ломом и по команде переворачивают. Потом снова поддевают и снова переворачивают. Работа тяжёлая и опасная: если рабочий зазеваётся, рельс может вырвать лом из рук.

Как помочь рабочим?

Решение. Бревно или трубу такого же веса, как рельс, перекачивать значительно проще, так как они имеют круглое сечение. Вот и данную задачу предложено решить, придав рельсу на время перекачивания форму бревна. Этого добиваются с помощью двух пар магнитных накладок,

у которых одна сторона выполнена по дуге окружности, а другие — по форме рельса. Пара накладок вместе с сечением рельса образуют круг, что позволяет перекатывать рельс подобно бревну.

Пример замены прямолинейных элементов криволинейными мы также видим в задаче 2.4 про Карлсона, у которого лопасти винта для уменьшения его диаметра свернуты в плоскую спираль.

А замена шестигранной формы гайки или головки болта на овальную делает её более долговечной: исключается смятие рёбер шестигранника, ключ теперь не срывается и не бьёт по рукам.

Американскому изобретателю выдан патент на круглые каблучки. Время от времени их можно поворачивать стоптанной стороной внутрь.

Приём ЭПК2 «Вращение»: перейти от поступательного движения к вращательному; использовать центробежную силу.

Задача 6.35. При тушении пожара необходимо, чтобы струя воды или специальной жидкости была как можно дальше. Для этого её под большим давлением необходимо разгонять на возможно большем пути. Но длинный брандспойт неудобен для пожарного.

Как быть?

Решение. Внутренняя поверхность брандспойта имеет спиральный жёлоб. Путь воды по жёлобу увеличивается без увеличения длины брандспойта.

Задача 6.36. При обработке плоских поверхностей на строгальном станке резец совершает возвратно-поступательные движения, снимая с заготовки стружку (так называемое главное движение), а стол с заготовкой после каждого двойного хода резца перемещается на небольшую величину (движение подачи). Недостатком такого процесса является невысокая скорость резания, так как в конце каждого хода должен быть осуществлён реверс главного движения. Кроме того, снятие стружки производится только во время прямого (рабочего) хода резца, во время же обратного (вспомогательного, или холостого) хода обработка не производится.

Выход предложил ещё в 1818 году американский предприниматель Эли Уитни. В чем состояло его изобретение?

Решение. Уитни изобрёл принципиально новый способ обработки — фрезерование, где режущий инструмент — фреза совершает непрерывное вращательное движение.

Задача 6.37. Ружьё появилось на вооружении армий различных государств ещё в 14-15 столетиях. Оно неоднократно модернизировалось, на смену аркебузе приходила пищаль, затем мушкет, потом кремнёвое ружьё. Но и это оружие не могло удовлетворить требований армии:

небольшая дальность и низкая точность стрельбы. И вот в 19 веке появляется винтовка, которая успешно решает эти проблемы.

В чем состоит отличие винтовки от кремнёвого ружья?

Решение. Винтовка – так называемое нарезное оружие. Внутри ствола нарезана винтовая канавка – отсюда и название. Пуля, двигаясь по стволу, получает вращательное движение.

Токарь целый день стоит у станка, не удивительно, что к концу смены у него болят и ноги, и спина. А почему бы ни поставить у станка вращающийся стул, как у пианиста?

Если при навивке пружины одновременно закручивать и проволоку, её механические характеристики заметно улучшаются.

Приём ЭПКЗ «Качение»: заменить скольжение качением, применить ролики, шарики.

Характерный пример использования этого приёма – шарико- и роликоподшипники. Роликоподшипники изобрели древние греки ещё в 330 году до н.э. – они применяли их в колёсах стенобитных машин. А с падением Римской империи подшипники были забыты. Вновь их «изобрёл» и научно обосновал только Леонардо да Винчи в 15 веке, а применять их стали только с 1900 года.

Задача 6.38. В механизме подачи прецизионного станка имеется винтовая пара. Для вращения вала подачи требуется большой момент, что вызывает большие деформации в системе, существенно снижающие точность обработки. Для обеспечения необходимой точности требуется уменьшить вращающий момент в 3–4 раза. Принцип подачи инструмента изменять нежелательно.

Как быть?

Решение. Проблему решает так называемая шарико-винтовая пара. Винт и гайка имеют одинаковые спиральные канавки в виде жёлоба полукруглого сечения. В жёлобе, как в шарикоподшипнике, расположены шарики. Механизм работает как обычная винтовая пара, только трение скольжения заменено трением качения.

Задача 6.39. В цехе возникла необходимость переместить тяжёлый станок. Подогнать подъёмный кран нет возможности.

Как быть?

Решение. В 1935 году австрийский археолог Ганс Юнкер нашёл у подножия пирамиды одинаковые каменные шары диаметром 19 см. Ганс продемонстрировал, как с помощью таких шаров один человек передвигает каменную глыбу весом в несколько тонн. Позднее были найдены не только «шарики», но и «ролики» – каменные цилиндры диаметром 20 и длиной 90 см. На стенах древнеегипетских гробниц найдены рисунки, изображающие процесс передвижения огромного каменного монолита

с помощью таких катков. Вот и в нашей ситуации можно воспользоваться этим древним способом. Нужно приподнять один край станка домкратом и подставить под станок цилиндрический каток. Таким же образом подставить второй каток под другой край. Теперь станок можно передвигать вручную с помощью рычагов. Третий каток подставляют под станок уже при перекаtywании, затем снова первый и т.д.

Задача 6.40. При вспашке земли плугом приходится преодолевать как силу разрезания земного пласта, так и силу трения. Это требует большой мощности трактора. Если бы удалось уменьшить силу, действующую на плуг, то количество плугов при той же мощности трактора можно существенно увеличить.

Как этого добиться?

Решение. Венгерские изобретатели предложили сделать лемех плуга вращающимся. Сила трения снижается, что уменьшает и общее сопротивление при вспашке.

Задача 6.41. Турбины ГЭС работают под огромной нагрузкой. Вследствие действия больших центробежных сил в них возникают большие растягивающие напряжения. Чтобы иметь возможность воспринимать ещё большую нагрузку, желательно заранее создать в рабочем колесе турбины остаточные напряжения сжатия. Тогда они будут нейтрализовать рабочие напряжения растяжения.

Как этого добиться?

Решение. Чтобы создать в турбине остаточные сжимающие напряжения, отливку рабочего колеса при остывании вращают. В результате между наружными и внутренними зонами отливки возникают напряжения сжатия.

Непременный атрибут туриста – тяжёлый рюкзак. Зимой для его транспортировки по ровному насту применяют лёгкие санки. А почему бы не вшить в дно рюкзака тонкий стержень и приложить два лёгких пластмассовых колёсика, чтобы и летом не тащить его на спине, а там, где позволяет рельеф, спокойно катить по земле?

В 1834 году понадобилось доставить из города Валдая в Петербург 12 колоколов для Смольного собора. Самый большой колокол весил 10 тонн. Дороги в нашем понимании не было. Сметливые работники предложили обшить колокол досками, что позволило катить его с помощью 15 лошадей.

Похожая проблема возникла в начале прошлого века: нужно было перевезти стволы корабельных орудий. В.Г.Шухов (конструктор знаменитой башни – см. задачу 3.26) предложил надеть на ствол колёса, как на ось.

Это интересно:

Самым выдающимся изобретателем всех времён и народов по праву считают американца Томаса Эдисона – 1099 патентов в США и около 3 тыс. в 34 других странах. Счётчик голосов и биржевой указатель, телеграф и телефон, пишущая машинка и фонограф, лампа накаливания и механизм магнитной сортировки руды, кинематограф и аккумулятор, методы получения анилина, толуола, нафталина и других веществ, ночной бинокль и способ тушения пожаров – перечень изобретений Эдисона можно продолжать очень долго.

6.5. Динамичность (ЭПД)

Мы живём в эпоху, когда расстояния от самых безумных фантазий до совершенно реальной действительности сокращаются с невероятной быстротой.

Максим Горький

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи нужно статическую систему заменить динамической.

Приём ЭПД «Подвижность»: сделать неподвижный объект подвижным, увеличить число степеней свободы.

Задача 6.42. При обработке заготовок на токарном станке резец относительно зоны резания неподвижен. В результате в его поверхностном слое накапливается большое количество тепла, что ведёт к возникновению в зоне резания высоких температур. А высокая температура – причина деформации заготовки и изнашивания резца.

Как можно снизить температуру?

Решение. Предотвратить накопление тепла в поверхностном слое резца можно, непрерывно выводя нагретые его участки из контакта с заготовкой и вводя в контакт новые, ненагретые участки. Реализована такая схема в так называемом круглом вращающемся резце (КВР). Режущая часть КВР представляет собой круглую пластину, кромка которой в виде окружности является режущей кромкой. Пластина имеет отверстие, которым она посажена на ось подшипника с возможностью вращения. А сообщает ей вращение сходящая по передней поверхности пластины стружка. Подбирая соответствующий диаметр режущей пластины, мы можем регулировать температуру резания. По свидетельству очевидцев, применение КВР при обтачивании гребного вала диаметром 1,5 м

и длиной 12 м позволило сократить время обработки с 24 ч до 4 ч, при одновременном уменьшении шероховатости поверхности.

Степень динамичности можно усилить, если снабдить КВР специальным приводом вращения режущей пластины, что позволяет регулировать скорость её вращения независимо от скорости резания.

Задача 6.43. Для повышения износостойкости поверхностей деталей их «обдувают» струёй стальной дроби – так называемая дробеструйная, или дробеударная, обработка. В камере для дробеструйной обработки должны быть смотровые окна. Если сделать их открытыми, есть опасность вылета дроби. Окна из броневого стекла быстро теряют прозрачность.

Как быть?

Решение. В открытом окне нужно установить винт с лопастями, как у вентилятора. При вращении лопасти будут отбрасывать дробь обратно в камеру. Сами же лопасти мы видеть не будем, зато через окно будет отлично видно зону обработки.

Задача 6.44. При обработке деталей из вязких материалов на токарном станке стружка сходит в виде сплошной непрерывной ленты (так называемая сливная стружка, см. задачи 3.16, 3.37). Возникает необходимость дробления стружки. Для этого применяются различные приёмы, но все они кроме преимуществ имеют и недостатки. Так, создание стружколомающих порожков на передней поверхности резца на пути схода стружки не позволяет изменить условия резания. Наложение колебаний, как это предложено в решении задачи 3.16, требует серьёзной модернизации станка, а, кроме того, вследствие вибрации может снизиться качество обработки.

Предложите способ дробления стружки, лишённый этих недостатков.

Решение. Харьковские изобретатели предложили подавать СОЖ в виде пульсирующей струи. В моменты максимального давления струю подают на стружку, а в момент минимального давления – в зону резания. При этом СОЖ оказывает не только ударное, но и термическое воздействие на стружку, облегчая её дробление.

Для облегчения сверления отверстий в кирпичных и бетонных конструкциях вращающемуся сверлу сообщают дополнительно продольные колебания с помощью специального перфоратора – так называемое вибросверление

Металлический порошок получают путём распыления струи металлического расплава вихревым газовым потоком. Предложено с целью получения более мелкой фракции порошка придать струе расплава вращательное движение навстречу вращению газового потока.

Шарнирное соединение частей автобуса – «гармошка» делает его более маневренным при большой вместимости.

Приём ЭПД2 «Адаптивность»: в процессе работы изменять характеристики объекта, приближая их к оптимальным в каждый данный момент.

Вспомним задачу 4.19 о самолёте с переменной геометрией крыла: во время взлёта крылья имеют максимальную площадь для создания опоры о воздух, а во время полёта они убираются, чтобы уменьшить сопротивление. Или задачу 3.32 о раздвижном катамаране.

Для посадки самолёту нужны шасси, и до поры до времени это никаких проблем не вызывало. Но вот скорости самолётов возросли, и шасси стали мешать во время полёта, создавая дополнительное сопротивление. Тут же возникло решение - сделать шасси убирающимися.

Задача 6.45. В задаче 2.6 мы столкнулись с опасностью недопустимого прогиба длинного вала при его токарной обработке. Чтобы уменьшить прогиб вала мы вынуждены уменьшить подачу, то есть снижать производительность обработки. Но ведь прогиб вала большой только тогда, когда резец находится близко к его середине. На концах же вала, около опор, он достаточно жёсткий и не прогибается даже при большой силе резания. А раз мы здесь не опасаемся прогиба, то и подачу при обработке вала вблизи опор можно увеличить.

Как это сделать на практике?

Решение. Регулировать подачу вручную сложно, так как трудно измерить прогиб вала в разных местах в процессе обработки, мы потеем больше времени на переключения. Но современные станки позволяют управлять подачей в зависимости от изменения силы резания. Резец устанавливают в специальном динамометре с тензодатчиками, который измеряет величину деформации путём измерения изменения силы тока в цепи и даёт соответствующий сигнал на блок управления. В зависимости от рассогласования этого сигнала с заданным даётся команда на увеличение или уменьшение подачи. Такая схема управления процессом обработки называется адаптивной.

Вот ещё задача на адаптивное управление.

Задача 6.46. При плоском фасонном шлифовании, например, при шлифовании стружечных канавок в осевом инструменте (свёрла, зенкеры, развёртки, фрезы) температура в контакте шлифовального круга с заготовкой зависит от подачи: чем больше скорость движения подачи, тем выше температура. При большой подаче есть опасность возникновения прижогов на обработанной поверхности, при малой подаче производительность получается низкой.

Как быть?

Решение. Из предыдущей задачи мы видим, что для адаптивного управления параметрами процесса нам нужно знать характер изменения каких-то показателей этого процесса, которые зависят от этих параметров. В данной задаче таким показателем может быть поток

искр из-под шлифовального круга. Харьковские изобретатели предложили управлять подачей в зависимости от яркости искр, фиксируемой фотодатчиками.

Задача 6.47. В задаче 6.44 (так же, как и в задачах 3.16, 3.37) мы уже говорили о проблеме дробления сливной стружки при обработке резанием. Самый простой способ дробления стружки – порожек на передней поверхности инструмента. Упираясь в этот порожек, стружка ломается. Но дело в том, что сходящая стружка завивается в спираль. Радиус этой спирали зависит от многих условий – свойств обрабатываемого материала, угла наклона передней поверхности, толщины стружки, скорости резания и др. Если порожек находится далеко от режущей кромки, а радиус завивания стружки мал, то стружка будет сходить вверх порожка. Если поместить порожек около режущей кромки, а радиус завивания велик, стружка упирается в порожек ещё до завивания, возможна авария. Делать сменные порожки неэкономично.

Как быть?

Решение. Значит нужно сделать порожек, расстояние до которого от режущей кромки можно быстро изменить в зависимости от условий обработки. Например, сделать его в виде эксцентрика. Поворачивая эксцентрик на оси, мы меняем радиус той его части, которая обращена к режущей кромке. Можно также выполнить стружколом в виде пластинки с рифлениями на нижней поверхности. Такие же рифления делают и на резце. Передвигая пластину на определенное число рифлений, мы устанавливаем нужное расстояние её до режущей кромки.

В качестве примера адаптивности можно привести изобретённые в Германии светозащитные очки переменной плотности – «хамелеоны», прозрачность которых меняется в зависимости от освещения благодаря наличию в стёклах солей серебра.

В Донецке изобретатели предложили в пистолете для сварки термопластиков механизм подачи присадочного прутка связать с приводом миниатюрного вентилятора, подающего горячий воздух для разогрева кромок свариваемого изделия. Чем быстрее подаётся пруток в зону сварки, тем больше поступает в неё горячего воздуха.

Это интересно:

Способ печати – литографию изобрёл чешский драматург Алозий Се-нефельдер. Паровую машину – французский врач Дени Папен. Железобетон – французский садовник Жозеф Монтье. Азбуку Морзе – профессор живописи Самюэл Морзе. Хлопкоочистительную машину – американский квакер Эли Уитни. Парашют – артист и композитор Г.Е. Котельников. Очки – философ Френсис Бэкон. Компас со светящейся стрелкой изобрёл художник В.Н. Андрианов – автор государственного герба СССР.

6.6. Подобие (ЭПП)

Истинная и законная цель всех наук состоит в том, чтобы наделять жизнь человеческую новыми изобретениями и богатствами.

Френсис Бэкон

Сущность правила в том, что для решения задачи используют копию данного либо другого объекта.

Приём ЭПП «Копия объекта»: использовать вместо объекта его копию.

Задача 6.48. В открытые платформы грузят брёвна. Контролёры измеряют диаметр каждого бревна, чтобы потом вычислить объём всех брёвен. Работа контролёров идёт очень медленно.

– Придётся задержать поезд, - сказал старший контролёр. – Сегодня никак не управимся.

Можно ли не задерживать поезд?

Решение. Да, можно, если измерять не сами бревна, а их копии. Достаточно сделать фотографии с торца гружёной платформы, а измерять диаметр брёвен по фотографиям можно и после ухода поезда.

Задача 6.49. Кузнечные штампы состоят из двух частей – неподвижной матрицы и подвижного пуансона. При установке штампа нужно добиться строгого прилегания базовых поверхностей пуансона к базовым поверхностям матрицы.

Как это сделать?

Решение. Так же, как это делает стоматолог, проверяя, правильно ли поставлена пломба на зуб. Между матрицей и пуансоном помещают копировальную бумагу и по характеру отпечатков судят о качестве прилегания.

Задача 6.50. Цех изготавливает металлические полые конусы вальцовкой из листа с последующей сваркой стык. Размеры конуса не имеют значения для решения задачи. Для определённости примем: высота 1000 мм, диаметр нижнего основания 1200 мм, диаметр верхнего основания 800 мм, толщина стенок 16 мм. После изготовления конуса нужно проверить размер и форму (круглость) его по внутренней поверхности. Для этого изготавливают несколько шаблонов – для каждого проверяемого сечения свой шаблон. Шаблоны поочередно вставляют внутрь конуса и, наблюдая на просвет, измеряют отклонения от заданной формы и размеров. Чем больше шаблонов, тем точнее контроль. Но каждый замер требует затрат материала, времени и труда.

Можно ли упростить контроль, не снижая его качества?

Решение. Число шаблонов можно сделать сколь угодно большим, не затрачивая дополнительных средств. Например, сделать его из воды. Конус помещают в ванну с водой большим основанием вверх. Постепенно выливая воду из ванны, фотографируют зеркало воды через определенные интервалы высоты и измеряют затем в каждом сечении не конус, а его фотоснимки.

Работая во Флоренции, Микеланджело нашёл изящный способ точного перенесения на камень пропорций восковых моделей. Он помещал модель в ванну и, постепенно сливая воду, обнажал выступающие части. Глядя только на выступающую часть модели, скульптор «последовательно» обрабатывал мраморную глыбу.

Приём ЭПП2 «Природный аналог»: выполнить компоновку, структуру, принцип действия объекта аналогичными объекту живой природы.

Задача 6.51. Жак Ив Кусто рассказывал, что при подводных съёмках на озере Танганьика в Африке жизни аквалангистов часто угрожали бегемоты, весьма опасные в гневе (по данным статистики, в Африке от бегемотов гибнет больше людей, чем от крокодилов). Но опасность опасностью, а съёмки вести надо.

Какой же выход предложил Кусто?

Решение. Для съёмок был изготовлен специальный подводный корабль в форме бегемота, внутри которого и находились исследователи. Бегемоты спокойно проплывали мимо этого корабля, что позволило без проблем выполнить съёмки.

Задача 6.52. Проблема затупления режущих инструментов – одна из важнейших в технологии машиностроения. Технологи применяют самые разные меры, чтобы повысить износостойкость инструментов. Целые участки в цехе заняты их переточкой.

А как решаются подобные вопросы в живой природе? И нельзя ли позаимствовать полезный опыт?

Решение. В природе мы наблюдаем много вариантов решения подобной проблемы. Задумывались ли вы о том, почему не тупятся зубы грызунов? Дело в том, что они покрыты эмалью не кругом, как, например, у человека, а только с передней стороны. Чем больше работают зубы, тем больше истирается их задняя часть (дентин), тем острее они становятся. Вот и режущие инструменты можно сделать такой же конструкции – из двух слоёв, наружный из которых более твёрдый. Инструмент станет самозатачивающимся. Патент на резец такой конструкции биолог Александр Михайлович Игнатъев получил ещё в 1930 году. Но археологические исследования показали, что ещё в 11 веке новгородские кузнецы делали самозатачивающиеся ножи: к сердцевине лезвия из закалённой стали приваривали пластины мягкого железа. Жаль, что потом этот опыт был надолго забыт и лишь недавно вернулся к нам из-за рубежа.

Задача 6.53. Причина разрушения подводных бетонных сооружений — плотин, мостов, свай — явление кавитации: возникающие в воде во время прибое пузырьки воздуха, ударяясь о твёрдую преграду, лопаются, или, как принято говорить, всхлопываются. Во время таких микровзрывов из тела сооружения вырываются мельчайшие частицы бетона. Для борьбы с этим явлением строят сложные и дорогостоящие защитные сооружения. Но это проблемы не решает.

Российский исследователь В.И. Сахаров обратил внимание, что подводные камни не разрушаются столетиями. Почему же они не подвержены кавитационному воздействию? И нельзя ли применить разгадку этого явления для защиты бетонных сооружений?

Решение. Сахаров установил, что от кавитационного воздействия камни защищает мох, который и принимает на себя микровзрывы. Это натолкнуло его на идею защиты подводных сооружений с помощью ворсистой оболочки.

«Космический мусорщик» будет иметь длинную телескопическую штангу с клеевым захватом, подобно языку лягушки, с помощью которого она ловит комаров.

Конструируя машину для подземной проходки, изобретатель Александр Требелев запустил крота в ящик с землёй и наблюдал за его работой. Оказалось, что крот всё время вертит головой, вдавливая грунт в стенки туннеля. Работающая по такому же принципу машина получила название «Крот».

Традиционный винт у моторной лодки заменён устройством, скопированным с устройства дельфиньего хвоста. Сделано оно из каучука и при движении совершает колебательные движения, напоминающие движения хвостового плавника дельфина. Кстати, у дельфина же заимствован принцип подводной локации целей, а именно непрерывное изменение частоты излучаемых сигналов, что существенно снижает их искажение.

А вот как использовал В.Г.Шухов такое природное явление, как гейзер. Когда иссякает давление нефтяного фонтана, нефть приходится вычерпывать из скважины, что дорого и непроизводительно. В.Г.Шухов предложил закачивать в нефтяной пласт воздух, пузырьки которого, поднимаясь на поверхность, поднимают и нефть.

Это интересно:

В местечке Амбуразе во Франции, в домике, где умер великий Леонардо да Винчи, выставлены копии его чертежей и моделей: аэроплан и вертолёт, каналы и ирригационные системы, металлургическая печь и прокатный стан, ткацкий и печатный станки, деревообрабатывающая и землеройная машины, танк и подводная лодка.

6.7. Вред – в пользу (ЭПВ)

Если какое-то явление мешает, вредит, не даёт реализовать техническую задачу, а все попытки устранить это явление, свести его к минимуму не удаются, давайте не тратить силы на борьбу с этим осложнением, а попытаемся использовать его для дела.

Г.В. Брауде

Сущность правила в том, что вредное свойство нужно нейтрализовать, либо заставить приносить пользу.

Это правило – одна из главных целей создания всего нового, последнее звено в цепи: вредный фактор устраняют – вредный фактор сам себя устраняет – вредный фактор приносит пользу.

Приём ЭПВ1 «Использование»: использовать вредный фактор для получения положительного эффекта.

Задача 6.54. Уже несколько раз (задачи 3.16, 3.37, 6.44 и 6.47) мы говорили о том, какие неприятности может доставить при обработке резанием сливная стружка и какие сложности возникают в связи с необходимостью её дробления.

А может быть, не нужно дробить стружку?

Решение. Ленинградский токарь Л. Юткин предложил оригинальный способ утилизации сливной стружки. Выходящую из-под резца раскалённую стружку он сразу же пропускает через волоочильную фильеру. Готовая проволока тут же наматывается на специальный вращающийся барабан. Если стружка недостаточно нагрета и недостаточно пластична, между резцом и фильерой ставят высокочастотный индуктор, который дополнительно подогревает сходящую стружку.

Задача 6.55. Один из недостатков сварки угольным электродом по методу Николая Николаевича Бенардоса – науглероживание металла в зоне сварки, что увеличивает его хрупкость. Сварщики различными мерами борются с этим явлением.

А нельзя ли этот недостаток обратить в пользу?

Решение. Нужно вспомнить, где и когда применяется искусственное науглероживание металла. Есть такой способ термической обработки стали, как закалка. Закачивают сталь с целью повышения её твёрдости за счёт изменения её структуры – перегруппировки содержащегося в ней углерода под действием нагрева и быстрого охлаждения. Но закалка возможна только в том случае, если сталь содержит достаточное количество

углерода. Малоуглеродистые стали закалке не поддаются. Поэтому перед закалкой их подвергают специальной химико-термической обработке — цементации, то есть насыщению поверхностного слоя углеродом. Но ведь это и происходит при сварке угольным электродом. На этом основана цементация стали с помощью графитовых электродов.

Задача 6.56. Супруги Б.Р. и Н.И. Лазаренко работали над проблемой борьбы с электроэрозией металлов. Электрический ток разъедал контакты реле, и с этим ничего не удавалось сделать. Были испробованы твёрдые и сверхтвёрдые сплавы — всё безрезультатно. Пытались помещать контакты в различные жидкости, но разрушение шло ещё интенсивнее. Наконец, авторы сделали очень «сильное» изобретение.

В чем оно состоит?

Решение. Учёные предложили принципиально новый способ обработки материалов — электроэрозионную обработку, основанную на разогреве, расплавлении и испарении металла в результате электрического разряда между инструментом и обрабатываемым изделием и высокой (до 10000 °С) температурой в канале разряда. Этот метод позволяет обрабатывать чрезвычайно твёрдые металлы и сплавы, а также получать отверстия любой сложной формы.

Задача 6.57. Наверное, не успею сегодня закончить обработку этой детали, — сокрушается молодой токарь. Резец то и дело затупляется, много времени уходит на переточку. А нужно ведь потом ещё выгладить поверхность детали специальным инструментом выглаживателем.

— А ты сделай так, — предложил старый токарь...

Что, по вашему, он посоветовал молодому коллеге?

Решение. По-видимому, старый токарь предложил молодому не топиться отправлять резец на переточку при затуплении. Более того, целесообразно специально притупить резец при переточке. Изношенный или специально притупленный резец будет и стружку снимать, и выглаживать обработанную поверхность. Правда, придётся учесть, что силы резания при этом существенно возрастут.

Для защиты труб от разрушения серосодержащими отходами нефтеперегонного производства через трубу продувают горячий воздух, который окисляет оставшуюся на внутренней поверхности нефтяную плёнку до лакообразного состояния.

Свет электрической дуги, отражённый зеркалом, прикреплённым к маске сварщика, освещает место сварки.

Пожарное ведро делают в виде конуса. Теперь его никто не будет похищать с пожарного щита.

Приём ЭПВ2 «Усиление»: усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

Задача 6.58. Для повышения износостойкости ответственных деталей, например, подшипниковых втулок мешалки на химическом заводе, их рабочие поверхности покрывают специальным износостойким материалом, например, высокохромистым твёрдым сплавом – сормайтотом. Обработка таких материалов резанием – большая сложность. Буквально через несколько секунд режущая кромка инструмента раскаляется до красна и затупляется. Существенно снизить температуру никакими мерами не удаётся. Поэтому резец приходится неоднократно перетачивать, пока будет обработана одна единственная деталь.

Как быть?

Решение. Вместо того чтобы охлаждать зону резания, обрабатываемый материал, наоборот, разогревают до температуры в несколько сот градусов. Материал становится менее твёрдым и прочным и обрабатывается во много раз быстрее.

Задача 6.59. Штамп для холодной высадки болтов имеет шестигранное углубление для формирования головки болта. При работе штамп в вершинах шестигранника трескается.

Как этого избежать?

Решение. Раз поломки штампа не избежать, нужно заранее «слома́ть» его: сделать штамп составным с разъёмами по вершинам шестигранника, соединив элементы в общей обойме.

Задача 6.60. Вот в этих печах мы варим стекло для нашего знаменитого хрусталия, – рассказывает инженер стекольного завода, что в Гусь-Хрустальном. – Печь изнутри выложена огнеупорными шамотными брусками. В них-то вся и беда. Бруска быстро изнашиваются, а замена их очень трудоёмка из-за того, что каждый брусок приходится вручную тщательно подгонять друг к другу. Если будет хоть маленький зазор, расплавленное стекло проникнет в него и повредит стальной кожух печи. Всё это время печь стоит, не работает.

Как ускорить процесс замены шамота?

Решение. Раз трудно устранить зазор, нужно, наоборот, увеличить его и заполнить твердеющим огнеупорным составом. Так и поступили на заводе.

Интересен открытый отечественными изобретателями способ восстановления сыпучести смёрзшихся материалов, заключающийся в воздействии на материал сверхнизкими температурами. Можно считать, что здесь использован приём ВАН2 – вместо того, чтобы подогреть материал, его охлаждают.

Приём ЭПВ 3 «Сложение»: устранить вредный фактор путём сложения с другим вредным фактором.

Задача 6.61. На Магнитогорском металлургическом комбинате для удаления золы и шлака применяется гидротранспорт. При всех его

преимущества был у этого способа транспортировки и недостаток: зола и шлак откладывались на стенках труб, и трубы быстро зарастали. Сначала трубы просто чистили, на это уходило много времени и тяжёлого ручного труда. Предложили удалять корку путём продувания воздуха с коксом. Ручной труд удалось исключить, но на время очистки трубы процесс приходилось останавливать.

Как быть?

А с трубопроводом для гидроудаления угольных отходов другая беда. Труба изнашивается настолько сильно, что уже решили, было, вовсе отказаться от гидротранспорта и возить угольные отходы на автомашинах.

Предложите выход.

Решение. Выход предложил инженер комбината Михаил Иванович Шарапов. И выход удивительно простой — пропускать гидросмеси поочерёдно. Сначала зола и шлак создают на стенках трубы корку — защитный слой. Потом струёй с угольными отходами этот слой (а не металл трубы!) сдирается. Система работает и сейчас.

Задача 6.62. На станциях очистки сточных вод вредные органические соединения поедаются активным илом — микро-организмами, которым постоянно необходим свежий воздух. Воздух подаётся в сжатом состоянии. При сжатии он нагревается до 60°, что нежелательно. Поэтому его с помощью специальных устройств охлаждают до комнатной температуры, необходимой для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов. На это расходуется большое количество электроэнергии. Выделяемый же из сточных вод осадок по технологии необходимо подогревать. На это расходуется большое количество тепла, приходится строить специальные котельные.

Как сократить расходы тепла и электроэнергии?

Решение. Поскольку перед нами уже не задача, а её модель в чистом виде, получившаяся в результате первичного анализа задачи, то и решение практически очевидно: использовать для подогрева осадка тепло от сжатия воздуха, а для охлаждения воздуха — «холод» сточных вод.

Приём ЭПВ4 «Дешевая недолговечность»: заменить дорогой объект набором дешёвых объектов, поступившись некоторыми качествами, например, долговечностью.

Задача 6.63. Обычная мышеловка обладает достаточной надёжностью и долговечностью. Есть у неё и недостаток: чтобы выкинуть попавшую в мышеловку мышь, нужно брать её руками. Для одних это не проблема, а другие не могут преодолеть брезгливость.

Решение. Предлагается разовая мышеловка в виде пластмассового цилиндра с конусообразным отверстием. Внутри цилиндра кладут

приманку. Мышь входит в отверстие, разгибая его стенки, а обратно выбраться не может. Мышеловку выбрасывают вместе с мышью.

Задача 6.64. Крепёжную резьбу в отверстиях нарезают метчиком. После нарезания метчик выворачивают, а в отверстие заворачивают крепёжную деталь – винт или шпильку. Для повышения режущей способности и износостойкости метчика его изготавливают из дорогостоящей быстрорежущей стали. Для обеспечения взаимозаменяемости, для изготовления резьбы достаточной точности метчик делают высокоточным. Для возможности перетачивания метчика после затупления затылование зубьев делают по сложной кривой – архимедовой спирали. Всё это делает метчик довольно дорогим.

Как быть?

Решение. Самонарезающие винты, так называемые саморезы, представляют собой одновременно и метчик, и винт. Как метчик они имеют конусную заборную часть в начале резьбы, а также стружечные канавки, которые образуют режущие кромки с профилем, соответствующим профилю нарезаемой резьбы. Но изготавливают саморезы не из дорогой быстрорежущей стали, а из обычной конструкционной стали, несколько более твёрдой, чем материал детали. После нарезания резьбы саморез остается в гнезде, обеспечивая надёжное соединение.

Мы видим, как всё большее распространение находят бумажные пелёнки, пластиковая посуда, одноразовые шприцы и даже бумажные рубашки. Всё это примеры замены более дорогих вещей многоразового пользования.

Приём ЭПВ5 «Отходы»: использовать отходы вещества или энергии.

Задача 6.65. Для мусорных свалок вблизи городов выбирают площадки с подпочвенным слоем глины, чтобы загрязнения не попадали в грунтовые воды. Свалка, например, такого города, как Тольятти (750 тыс. жителей), ежедневно принимает около 600 тонн мусора. Тяжёлые бульдозеры непрерывно разравнивают и уплотняют эту массу.

Один из недостатков такой утилизации – выделение большого количества ядовитого газа метана бактериями, которые размножаются в толще отходов (примерно 13 тыс. кубометров газа в сутки). Метан – горючий газ, и поэтому представляет опасность и в пожарном отношении (мы знаем случаи взрыва этого газа в шахтах).

Предложите меры борьбы с этим явлением.

Решение. Вот как оригинально решили эту задачу в австрийском городе Хальбенрайне (230 тыс. жителей). В слой мусора вставлено три десятка специальных сборников метана, который идёт на отопление городка и используется в газовых плитах. Кроме того, на свалке построена электростанция с четырьмя двигателями внутреннего сгорания

и динамомашинами. Станция не только снабжает электроэнергией город, но и отдает её излишки в районную сеть.

Задача 6.66. В конце дня в ресторане – горы грязной посуды, которую предстоит отмыть от жирных остатков пищи мылом или синтетическими моющими средствами.

– Столько моющих средств расходуем, – сокрушается пожилая женщина – бригадир. – А после этого нужно ещё многократно полоскать посуду в проточной воде, чтобы удалить следы «химии».

А нельзя ли обойтись каким-либо дешёвым ресурсом, сократив заодно и время мытья посуды?

Решение. Для решения задачи достаточно вспомнить, что мыло – продукт химической реакции жиров с содой. Жиры уже есть, осталось добавить в посудомоечную машину соды. Образующееся моющее вещество не только дешевле, но и экологически чище.

Задача 6.67. Мы уже говорили об эффективности резания с подогревом при обработке труднообрабатываемых материалов (задачи 3.10, 6.58). В качестве источника подогрева можно использовать газовую горелку, электроконтактный разогрев, плазменную струю, токи высокой частоты и др. Всем этим способам присущ один недостаток: для разогрева требуются значительные затраты энергии.

Можно ли избежать этих затрат?

Решение. Можно, если учесть, что отливка в литейном цехе или поковка в кузнице после изготовления проходят довольно длительное остывание и лишь после этого отправляются в механический цех на обработку. С точки зрения экономии энергии рациональным представляется не охлаждать заготовки, а в горячем виде отправлять на обработку. Правда, металлорежущие станки и транспорт придётся оборудовать специальными теплозащитными средствами, но затраты эти с лихвой окупятся.

Использование отходов сейчас становится не только экономически выгодным, но и экологически необходимым: во многих регионах количество накопившихся отходов деятельности человека превысило экологически опасный уровень. На Тольяттинской ТЭЦ, например, разработана технология получения из угольного шлака ценного строительного материала – шлакозита, который имеет меньшую плотность и лучшие теплоизоляционные свойства, чем керамзит.

Для обогрева коровника используется тепло из силосной башни, построенной рядом.

Выхлопные газы от трактора при вспашке через специальную трубу отводят в землю, очищая их и обогащая землю ценными удобрениями.

В Ираке научились делать бумагу из листов пальмы, а в Болгарии – из стеблей табака, которые ранее сжигались.

Перемолотый стекольный бой добавляют в асфальтовую массу — такой асфальт обеспечивает лучшее сцепление колёс машин с дорогой.

На заводе, выпускающем керамзит, последний используют в качестве набивки фильтра для технической воды. А на севере в качестве набивки фильтров для очистки воздуха используют снег.

Для перевозки горячих слитков предложено использовать тепло самого металла. Оно приводит в действие установленный на тележке термоэлектрический генератор, вращающий колёса тележки.

А сколько функций придумано для отработавших шин: предохранительные устройства взамен бампера, дорожное ограждение, удобрение, кормушки для животных, волноломы, теплоизоляция, вазы для цветов, спортивные снаряды.

Портативная рация для туристов, альпинистов и геологов требует температурной стабилизации кварцевого кристалла. Термостабилизатор получался очень тяжёлым и требовал специального питания. Предложено обеспечить термостабилизацию кристалла, расположив его под мышкой человека.

Альплагеря и турбазы Кавказа и Алтая расположены, как правило, около горных рек. И тем не менее, каждый вечер над лагерем раздаётся постоянный стук дизельного генератора. Непонятно, почему до сих пор нет компактных агрегатов для выработки электрической энергии за счёт дармовой энергии реки.

Интересным представляется предложение использовать работу на велотренажёре для питания телевизора. Здесь цель, конечно, не экономия электроэнергии, а избавление от гиподинамии, вызванной бесконечным сидением у телевизора.

Это интересно:

Английский философ Френсис Бэкон ещё в 1624 году в утопическом романе «Новая Атлантида» предсказал «приборы, создающие теплоту своим движением»; «корабли и лодки, которые могут плавать под водой»; «усиление лучей, так что удаётся отбрасывать свет на огромные расстояния»; «приспособления, приближающие к нашим глазам отдалённые предметы»; «приборы, имитирующие членораздельные звуки, слова, пение»; «способ переносить звуки на большое расстояние»; «искусственные драгоценные камни», скрещивание растений и животных, усиление звука, разложение света.

Вопреки расхожему мнению Генри Форд не является изобретателем конвейера. За несколько лет до введения такой технологии на заводах Форда конвейер успешно использовался фирмой «Олдз мотор Ко». Это позволило фирме увеличить годовой выпуск автомобилей с 425 до 2500.

6.8. Состояние (ЭПС)

К великим истинам ведёт тропа ошибок.

Поль Валери

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи необходимо изменить состояние материала объекта.

Приём ЭПС1 «Агрегатное состояние»: изменить агрегатное состояние объекта (элемента): твёрдое на жидкое, жидкое на газообразное*.

Задача 6.68. Требуется нанести консервирующее вещество на стенки внутренней полости сложной формы

Решение. Предлагается продувать через полость горячий воздух, насыщенный парами консервирующего вещества. Соприкасаясь с поверхностью полости, пары конденсируются, и консервирующее вещество ровным слоем покрывает стенки в самых труднодоступных местах.

Задача 6.69. В центральной части тонкостенной трубы нужно сделать полость большего диаметра. Применить раскатывание трубы в этом месте не представляется возможным. Обычно такие детали изготавливают, штампуя две половинки детали с последующей их сваркой. Производительность такого способа очень низкая. Да и штамповая оснастка является весьма дорогостоящей.

Как быть?

Решение. Инженер А. Бадин изобрёл так называемый «ледяной пресс», используя с детства известное нам свойство воды расширяться при замерзании. В плотно закрытую трубу под давлением подают воду. В холодильнике или на естественном морозе вода замерзает. Снаружи труба заключена в форму, соответствующую форме готовой детали. Лёд работает как пресс, давление достигает более тонны на каждый квадратный сантиметр, и стенки трубы, расширяясь, заполняют форму. При большом перепаде диаметров операцию можно повторить несколько раз, постепенно увеличивая диаметр формы. Таким способом можно делать на трубах рёбра жесткости, монтажные выступы, фланцы и др.

Задача 6.70. В длинной резиновой трубке нужно сделать несколько точных отверстий диаметром 10 мм. Резина гибкая, просверлить отверстия не удастся. Пробовали прожигать их раскалённым прутком, ничего не вышло: края отверстия обгорают, крошатся.

Как быть?

Решение. Резина гибкая только при обычной температуре. При замораживании же она становится твёрдой и в таком виде легко обрабатывается резанием. Просверленные отверстия имеют ровную гладкую кромку.

Задача 6.71. На швейной фабрике пускали роботизированную линию. Но детали из ткани нежесткие, захваты робота сминают их, сшивают гармошкой, получается брак. Не помогли ни прижимы, ни следящие системы с фотодатчиками. Не помогло и смачивание деталей.

— Вот если бы ткань была жесткой, как желье, — сказал механик, — линия бы работала как часы.

— Нет, жесткую одежду мы пока выпустить не планируем, — в тон ему ответил начальник цеха.

Где же выход?

Решение. Детали из ткани действительно нужно смачивать. А после этого заморозить. Ткань становится жесткой, как желье.

Задача 6.72. Никто не предполагал, какая сложная проблема возникнет перед человечеством с появлением резиновой шины, а именно: куда девать изношенные покрышки? Сжигать их нельзя, продукты горения ядовиты. Топить в озерах или закапывать в землю тоже нельзя — будут отравлены вода и земля. Просто складировать невозможно — ежегодно изнашиваются миллионы покрышек.

Изобрели способ регенерирования резины из утиля. Но это возможно только для покрышек с кордом из естественных или синтетических волокон. А для покрышек с металлическим кордом проблема до недавнего времени оставалась нерешенной.

Где же выход?

Решение. Предложено изношенную покрышку погружать в жидкий азот. Ставшая хрупкой резина рассыпается на мелкие гранулы и освобождает корд. Из гранул по известной технологии регенерируют резину, а корд идет в переплавку.

Задача 6.73. Все пробовали конфеты в виде шоколадных бутылочек с сиропом. А как их изготавливают? Если наливать в бутылочку жидкий сироп, конфета будет непрочной. А густой сироп трудно заливать в бутылочку. Нагревать сироп нельзя — бутылочка может растаять.

Как быть?

Решение. Рассматриваемый прием нужно применить совместно с правилом ЭПН: не заливать сироп в шоколадную бутылочку, а, наоборот, замороженный в форме бутылочки сироп окунать в жидкий шоколад.

Для надежной фиксации конца пружины предложено заливать его легкоплавким металлом. Подобную же задачу — вставить сжатую пружину в прибор — решают путем замораживания ее в воде в сжатом состоянии.

Однажды известный американский физик-экспериментатор Роберт Вуд пригласил друзей на чаепитие. Но лишь гости расселись и стали размешивать чай, ложечки исчезли. На дне стакана осталось лишь несколько капель белого металла. Оказалось, что ложечки изготовлены

из сплава висмута, свинца, олова и кадмия — так называемого сплава Вуда, который плавится при температуре 68°С.

Стрельба по тарелочкам — увлекательный и зрелищный вид стрелкового спорта. Но после тренировки или соревнований на поле остаётся множество осколков разбитых тарелочек, уборка их достаточно трудоёмка. Если же сделать тарелочки из льда, уборки не потребуется.

Приём ЭПС2 «Консистенция»: изменить концентрацию или консистенцию вещества; применить пасту, порошок, пену, гель и т.п.

Задача 6.74. До недавнего времени самым эффективным средством тушения пожаров была вода. Однако и у воды есть недостаток: при высокой температуре она моментально испаряется, и вновь создаётся доступ кислорода воздуха к пламени.

Как быть?

Решение. В воду добавляют 1% минерального масла и 2% полиэтилена особой модификации. При соприкосновении с огнём такой состав образует желеобразную плёнку, через которую не проникает воздух.

Задача 6.75. В цехе предложили новый способ очистки отливок от формовочной земли. Отливки помещают в ванну с водой и с помощью электрического разряда создают электрогидравлический удар. Такой способ позволил существенно повысить производительность очистки. Однако электрогидравлический удар сопровождается сильным грохотом.

— Может быть, оборудовать ванну звуконепроницаемой крышкой, — предложили технологи.

— Нет, это очень сложно, — ответили производственники. — Нужно что-то попроще.

Что бы предложили вы?

Решение. Великолепным шумогасителем является пена. Поэтому в воду добавляют пенообразующее вещество. Эффективным и дешёвым пенообразующим веществом является мыльный порошок.

Задача 6.76. В 1964 году в гавани города Эль-Кувейт затонуло судно, на борту которого находилось 6 тысяч овец. По известной технологии на подъём судна требовалось полгода. Но за это время трупы животных разложатся, может возникнуть эпидемия.

Как быть?

Решение. По предложению датчанина К.Кройера было принято решение закачать внутрь корабля пену из полистирола. 27 миллионов пузырьков подняли корабль на поверхность.

Задача 6.77. При выплавке чугуна в доменной печи образуется шлак, который сливают в ковши и увозят на шлакоперерабатывающую установку. За время транспортировки шлак охлаждается, и на его

поверхности образуется твёрдая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке пробивают отверстие. Но пробивать отверстие у самой стенки ковша нельзя – можно повредить стенку. Поэтому после слива часть жидкого шлака остаётся в ковше, затвердевает, и его приходится специально выбивать из ковша.

Как обеспечить полный слив шлака?

Решение. Можно закрывать ковш теплоизоляционной крышкой. Но это сложно и дорого. По этой же причине неприемлем подогрев ковша при транспортировке. Простое и эффективное решение – использовать пену, которая является отличным теплоизолятором. Создать её просто: в струю шлака, падающую в ковш, подают воду, она превращается в пар и образует шлаковую пену, которая собирается на поверхности жидкого шлака.

Задача 6.78. Попробуйте продавить песок сквозь металлическую трубку – ничего не получится. Даже если вставить в набитую песком трубку болт и ударить молотком, песок всё равно останется на месте. Даже если стенки трубы «раздуются» от удара.

Где можно использовать такое свойство?

Решение. Явление используют для крепления в грунте тяг строительных конструкций, например, опор высоковольтных линий электропередач. Обычно для закрепления тяги применяют анкеры – стержни с отверстием, для установки которых бурят скважину, опускают в неё анкер, заливают бетоном и ждут, пока он схватится. Предлагается использовать «самозаклинивающиеся» трубки с песком: ударили, песок раздал трубку, и она прочно закрепилась в отверстии.

Ещё одно применение песку придумали французские изобретатели. Чтобы избежать аварии грузовика на горной дороге, вдоль неё выкапывают канаву и засыпают её песком. Если вдруг на спуске откажут тормоза, достаточно повернуть руль, и колёса машины плавно зароятся в песок.

Французские изобретатели предложили использовать пену при аварийной посадке самолёта.

Ещё одно применение пены – защита хранящихся в резервуарах нефтепродуктов от испарения.

Приём ЭПСЗ «Пористость»: заменить сплошное вещество пористым, увеличить объём пор, заполнить поры веществом с требуемыми свойствами.

Задача 6.79. В алюминиевом корпусе нужно установить стальные втулки, в которых потом нарезать резьбу. При отливке детали втулки устанавливают на дне формы и заливают форму жидким алюминием. Когда алюминий затвердеет, отливку вынимают

из формы. Но при остывании отливки вследствие усадки металла втулка отделяется от алюминия. Плохо помогает и выполнение на наружной поверхности втулки бурта, канавки, конуса.

Как быть?

Решение: Втулку предлагается сделать из пористой стали. Жидкий алюминий заполнит поры и намертво соединится со втулкой.

Задача 6.80. Шлифовальный круг представляет собой пористое тело из абразивных зёрен, соединённых связкой. При изготовлении кругов массу прессуют и спекают в печи. Чем больше усилие прессования, тем меньше объём пор, тем круг прочнее. Но чем меньше объём пор, тем хуже условия резания для зёрен, труднее условия стружкообразования.

А как сделать круг с большим объёмом пор и в то же время достаточно прочный?

Решение. При приготовлении смеси в неё добавляют гранулы порообразующего вещества, например, парафина. Круги прессуют под большим усилием, а при спекании парафин выгорает. Образующиеся газы ищут выход и создают поры. Для улучшения процесса шлифования поры можно заполнить поверхностно-активным веществом — уменьшатся силы резания, теплопоглотителем — снизится температура в контакте круга с деталью, раскислителем — не будет образовываться окисная плёнка, размолотым абразивом — создаётся полирующий эффект и т.п.

Интересным представляется применение в качестве абразивного материала так называемого сферокорунда — полых абразивных зерен. При затуплении такого зерна действующее на него усилие возрастает, зерно скалывается и образует новые острые режущие кромки и поры.

Чтобы мыло не тонуло в воде, его делают пористым с замкнутыми порами.

Вот ещё несколько задач на применение правила ЭПС.

Задача 6.81. Известно, что бетон способен выдержать огромные сжимающие нагрузки, но плохо выдерживает изгибающие и растягивающие усилия. Делать же строительные конструкции из прочной стали дорого.

Как быть?

Решение известно — это железобетон: бетонные конструкции, армированные стальными стержнями (интересно, что к этой идее французский садовник Ж. Монье пришёл, укрепляя железными обручами бетонные кадки для цветов).

Широкие возможности открываются и перед бетоном — металлобетоном, в которых песок и щебень соединены воедино расплавленным металлом.

Задача 6.82. Если в ёмкости для воды на садовом участке оставить воду на зиму, то лёд может разорвать ёмкость. Спускать воду не хотелось бы — весной она пригодится для полива.

Как быть?

Решение. Предлагается опустить в воду шланг, свесив его концы наружу. Вода при замерзании получит возможность расширяться, не разрушая ёмкости.

Задача 6.83. При забивании свай на верхний конец сваи надевают наголовник – металлический стакан с деревянной или пластмассовой прокладкой. Под ударами молота прокладка быстро разрушается. Если прокладку убрать, будет разрушаться головка сваи.

Как быть?

Решение. Предлагается в качестве прокладки использовать песок, причем дно стакана выполнить сферическим. Такой наголовник практически не изнашивается. Попробуйте усовершенствовать и это изобретение.

Задача 6.84. Для чернового шлифования применяют круги из крупных зёрен прочного абразива, ещё при выплавке вводя в него специальные легирующие добавки. Такие зёрна способны снимать относительно толстые стружки и выдерживать большие усилия. Поэтому можно работать на интенсивных режимах шлифования. Круги для чистового шлифования, наоборот, содержат мелкие и непрочные зёрна, которые, разрушаясь, становятся ещё меньше и полируют поверхность детали. Шлифование выполняют в две операции – черновую и чистовую, что ведёт к потере производительности

Как быть?

Решение. Круг для совмещённого шлифования содержит смесь крупных, прочных зёрен с мелкими, хрупкими. Крупные зёрна снимают основную стружку, а мелкие дробятся, располагаются в порах между крупными зёрнами и зачищают риски за ними.

Итак, мы рассмотрели восемь эвристических правил решения технических задач. Эти правила, повторяем, охватывают не все возможные приёмы устранения противоречий, применяемые при решении практических задач. Но для понимания их сущности, да и для практического применения представленный объём правил и составляющих их приёмов вполне достаточен. Более глубокое изучение, с добавлением новых приёмов и с дроблением на подприёмы – это программа деятельности кружков технического творчества и школ молодых изобретателей.

Это интересно:

Мороженое на палочке запатентовал в 1924 году продавец лимонада Франк Эпперсон из Калифорнии. Он оставил на ночь ложечку в стакане с лимонадом. Ночью случились заморозки. А утром Эпперсон взялся за ложечку и увидел, что держит в руке замороженный лимонад.

Выводы

1. Одним из самых простых для усвоения и в то же время достаточно эффективным методом решения технических задач является метод «Эмпирические правила» (ЭП).

Метод включает 8 правил:

- 1) Объединение (ЭПО).
- 2) Упругость (ЭПУ).
- 3) Наоборот (ЭПН).
- 4) Криволинейность (ЭПК).
- 5) Динамичность (ЭПД).
- 6) Подобие (ЭПП).
- 7) Вред в пользу (ЭПВ).
- 8) Состояние (ЭПС).

2. Правило ЭПО: объединить объекты в более крупный объект, либо разделить на более мелкие.

ЭПО1 «Объединение объектов» – объединение однородных объектов в один объект*;

ЭПО2 «Объединение функций» – увеличение числа функций объекта при сокращении числа объектов*;

ЭПО3 «Матрёшка» – размещение объекта внутри другого объекта.

3. Правило ЭПУ: объект должен содержать упругие элементы.

ЭПУ1 «Упругий элемент» – использование упругих свойств элемента, замена жёсткого элемента упругим, ведение упругого элемента;

ЭПУ2 «Надувной элемент» – использование газообразных и жидких, надувных и гидронаполняемых, аэростатических и гидростатических элементов.

4. Правило ЭПН: изменить условия задачи на противоположные.

ЭПН1 «Противоположное положение» – изменение положения объекта, использование его обратной стороны;

ЭПН2 «Противоположное действие» – замена действия обратным действием.

5. Правило ЭПК: элементы объекта должны иметь криволинейную форму.

ЭПК1 «Криволинейный элемент» – замена прямолинейных элементов криволинейными*;

ЭПК2 «Вращение» – замена поступательного движения вращательным*;

ЭПК3 «Качение» – замена скольжения качением, применение шариков и роликов.

6. Правило ЭПД: заменить статическую систему динамической.

ЭПД1 «Подвижность» – сообщение движения неподвижному объекту, увеличение числа степеней свободы;

ЭПД2 «Адаптивность» - оптимизация характеристик объекта в процессе работы.

7. Правило ЭПП: использование копии данного и другого объекта.

ЭПП1 «Копия объекта» – использование копии объекта;

ЭПП2 «Природный аналог» – использование аналогии с природным объектом.

8. Правило ЭПВ: нейтрализовать вредное свойство, заставить приносить пользу.

ЭПВ1 «Использование» – использование вредного свойства для получения положительного эффекта;

ЭПВ2 «Усиление» – усиление вредного фактора, чтобы он перестал быть вредным;

ЭПВ3 «Сложение» – устранение вредного свойства путём сложения с другим вредным свойством;

ЭПВ4 «Дешёвая недолговечность» – замена объекта набором дешёвых объектов худшего свойства;

ЭПВ5 «Отходы» – использование отходов вещества или энергии.

9. Правило ЭПС: изменить состояние материала объекта.

ЭПС1 «Агрегатное состояние» – изменение агрегатного состояния вещества;

ЭПС2 «Консистенция» – изменение концентрации или консистенции вещества, применение пасты, порошка, пены, геля;

ЭПС3 «Пористость» – замена сплошного вещества пористым, увеличение объёма пор, заполнение пор другим веществом.

Вопросы для самоконтроля

1. В чём сущность метода «Эмпирические правила»?

2. В чём сущность правила «Объединение-разделение»? Приведите примеры.

3. В чём сущность приёма ЭПО1 «Объединение объектов»? Приведите примеры.

4. В чём сущность приёма ЭПО2 «Объединение функций»? Приведите примеры.

5. В чём сущность приёма ЭПО3 «Матрешка»? Приведите примеры.

6. В чём сущность правила «Упругость»? Приведите примеры.

7. В чём сущность приёма ЭПУ1 «Упругий элемент»? Приведите примеры.

8. В чём сущность приёма ЭПУ2 «Надувной элемент»? Приведите примеры.

9. В чём сущность правила «Наоборот»? Приведите примеры.

10. В чём сущность приёма ЭПН1 «Противоположное положение»? Приведите примеры.

11. В чём сущность приёма ЭПН2 «Противоположное действие»?
12. В чём сущность правила «Криволинейность»? Приведите примеры.
13. В чём сущность приёма ЭПК1 «Криволинейный элемент»? Приведите примеры.
14. В чём сущность приёма ЭПК2 «Вращение»? Приведите примеры.
15. В чём сущность приёма ЭПК3 «Качение»? Приведите примеры.
16. В чём сущность правила «Динамичность»? Приведите примеры.
17. В чём сущность приёма ЭПД1 «Подвижность»? Приведите примеры.
18. В чём сущность приёма ЭПД2 «Адаптивность»? Приведите примеры.
19. В чём сущность правила «Подобие»? Приведите примеры.
20. В чём сущность приёма ЭПП1 «Копия объекта»? Приведите примеры.
21. В чём сущность приёма ЭПП2 «Природный аналог»? Приведите примеры.
22. В чём сущность правила «Вред в пользу»? Приведите примеры.
23. В чём сущность приёма ЭПВ1 «Использование»? Приведите примеры.
24. В чём сущность приёма ЭПВ2 «Усиление»? Приведите примеры.
25. В чём сущность приёма ЭПВ3 «Сложение»? Приведите примеры.
26. В чём сущность приёма ЭПВ4 «Дешёвая недолговечность»? Приведите примеры.
27. В чём сущность приёма ЭПВ5 «Отходы»? Приведите примеры.
28. В чём сущность правила «Состояние»? Приведите примеры.
29. В чём сущность приёма ЭПС1 «Агрегатное состояние»? Приведите примеры..
30. В чём сущность приёма ЭПС2 «Консистенция»? Приведите примеры.
31. В чём сущность приёма ЭПС 3 «Пористость»? Приведите примеры.

Это интересно:

В энциклопедии читаем, что английский металлург Авраам Дерби в 1699 году основал чугунолитейный завод, на котором в 1713 году впервые применил каменноугольный кокс. Для улучшения качества металла Дерби в 1735 году применил воздушное дутьё. А в 1775 году применил для дутья паровую машину Джеймса Уатта. 62 года творчества, и всё Авраам Дерби! Оказывается, было три Авраама Дерби — отец, сын и внук. Один ввёл коксование, второй — дутьё, третий применил паровую машину.

Упражнения и примеры решения

Упражнение 6.1. Вернитесь к выбранному вами из «Перечня» (с. 18) объекту. Применяя последовательно приёмы ЭП, попытайтесь усовершенствовать объект.

Усовершенствуем молоток с помощью метода эмпирических правил.

Правило ЭПО «Объединение – разделение».

ЭПО2 «Объединение функций»: сделать объект способным выполнять несколько функций, благодаря чему отпадает потребность в других объектах.

Недостаток системы: для выдёргивания гвоздя (например, если гвоздь согнулся при забивании) необходимо иметь дополнительный инструмент гвоздодёр. Физическое противоречие: гвоздодёр должен быть и не должен быть.

Предлагается нерабочий конец бойка выполнить в форме гвоздодёра.

ЭПО3 «Матрёшка»: поместить объект внутри другого объекта.

Недостаток: для хранения и переноса гвоздей необходимо иметь специальную тару. Физическое противоречие: тара для гвоздей должна быть и не должна быть

Предлагается рукоятку молотка сделать полой и хранить гвозди внутри рукоятки.

Правило ЭПУ «Упругость».

ЭПУ1 «Упругий элемент»: заменить жёсткий элемент упругим, ввести дополнительно упругий элемент.

Недостаток большая отдача в руку при работе вследствие жёсткости системы.

Предлагается выполнить рукоятку упругой, например, из резины. Можно также выполнить рукоятку составной на упругой втулке.

Правило ЭПН «Наоборот».

ЭПН1 «Противоположное положение»: перевернуть объект, положить на бок, использовать обратную сторону.

Недостаток молотка с гвоздодёром – неудобства при отрывании прибитой доски вследствие малых размеров бойка.

Предлагается гвоздодёр выполнить на конце рукоятки. Рукоятку в этом случае целесообразно сделать металлической.

Правило ЭПК «Криволинейность».

ЭПК1 «Криволинейный элемент»: перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным.

Недостаток – при рихтовке металлического листа кромки плоского бойка оставляют следы.

Предлагается выполнить рабочий конец бойка сферическим.

Правило ЭПД «Динамичность».

ЭПД2 «Адаптивность»: в процессе работы изменять характеристики объекта, приближая их к оптимальным в каждый данный момент.

Недостаток: если держать молоток за конец рукоятки, сила удара будет максимальной, но поднимать молоток для удара трудно. Если держать рукоятку за середину, молоток легко поднимать, но удар становится слабее. Физическое противоречие: рука работающего должна располагаться ближе к центру тяжести и дальше от него.

Предлагается рукоятку молотка выполнить полый, а в полость поместить стальные шарики. При замахе шарики перекатываются ближе к руке, облегчая подъём молотка, а при ударе перемещаются ближе к бойку, увеличивая силу удара.

Упражнение 6.2. Попытайтесь решить приведённые ниже задачи с помощью эмпирических правил.

Задача 6.85. Резьбу на винтах нарезают на токарно-винторезном станке с помощью резьбового резца. Мелкую резьбу можно нарезать за один ход. А для нарезания резьбы с большим шагом требуется несколько ходов, иначе из-за большой глубины резания вершина резца может сколоться.

Как нарезать резьбу с крупным шагом за один ход, не опасаясь поломки инструмента? Примените правило ЭПО.

Задача 6.86. Рабочим органом газонокосилки является ротор с двух- или трёхлопастным металлическим ножом. Недостаток – ножи быстро тупятся, особенно если вместе с травой попадает кустарник. А если попадёт камень, нож может и сломаться.

Попробуйте найти простое решение, воспользовавшись правилом ЭПУ.

Задача 6.87. После фрезерования шпоночного паза дисковой фрезой по кромке паза образуются заусеницы. Для их удаления введена специальная слесарная операция.

Как избавиться от этой операции. Используйте правило ЭПО.

Задача 6.88. Для сборных резцов и фрез применяют трёх-, четырёх- и пятигранные твёрдосплавные режущие пластины. Это позволяет при затуплении вершины пластины поворачивать её соответствующее число раз.

Подумайте, как можно увеличить число перестановок пластины? Воспользуйтесь правилом ЭПК.

Задача 6.89. В решении задачи 3.48 предложен ряд конструкций, в которых СОЖ поступает в зону резания по специальным каналам, не встречаясь со сходящей стружкой. Недостаток всех этих конструкций – трудность подачи СОЖ через каналы во вращающемся сверле.

Используя правило ЭПН, предложите сверло, свободное от этого недостатка.

Задача 6.90. При чистовой обработке сложного профиля, например, при шлифовании резьбы, нужно с высокой точностью выдержать угол профиля, наружный и внутренний диаметры, шаг резьбы. Непрерывно измерять все эти параметры очень сложно. А измерять нужно, иначе можно допустить брак.

Как быть? Найти решение поможет использование правила ЭПП.

Задача 6.91. Трактор при обработке земли выделяет окись углерода и другие газы, загрязняющие атмосферу. Конструкторы для уменьшения вредных выбросов совершенствуют конструкцию глушителя, химии совершенствуют топливо.

А что можно сделать, применив правило ЭПВ?

Задача 6.92. Пластмассовые детали после обработки имеют острые кромки и заусеницы, которые перед декоративным покрытием необходимо зачистить. Детали мелкие, зачищать их напильником трудно. Применяют так называемую галтовку: в полый барабан засыпают детали и абразивные тела. Барабан вращается, детали трутся друг о друга и об абразивные тела. Но в связи с тем, что пластмасса мягкая, обработка идет долго.

Как ускорить обработку? Решить задачу поможет правило ЭПС.

Вот ещё несколько задач, которые вам предлагается решить с помощью метода ЭП. В отличие от предыдущих задач, правило решения не указывается. Его вы должны выбрать сами.

Задача 6.93. На магистральном газопроводе требуется установить газораспределительную станцию для двух населённых пунктов *A* и *B*, расположенных по одну сторону газопровода. Сделать это нужно таким образом, чтобы суммарная длина газопровода *AB* была наименьшей. Для облегчения решения нарисуйте эскиз.

Задача 6.94. Один из способов чистовой обработки криволинейных поверхностей — шлифование бесконечной лентой. Лента содержит абразивные зёрна, наклеенные на тканевую основу. Абразивный слой быстро изнашивается. Чтобы продлить срок службы ленты, его наносят на ткань с двух сторон. Однако перестановка ленты требует длительного времени

Как избежать перестановок ленты?

Задача 6.95. По так называемой голландской технологии картофель при посадке не заглубляют в землю, а укладывают на поверхности и засыпают валиком. Этот земляной валик затем надо уплотнить. Для этого применяют устанавливаемый на тракторе каток соответствующего профиля. Но форма валика зависит от многих факторов — состава почвы, влажности и др. В результате часто каток прилегает не по всему профилю валика, уплотнение получается неравномерным, что нежелательно.

Как быть?

Задача 6.96. При решении задачи 2.6 мы предложили для уменьшения прогиба вала при точении уменьшить угол резца в плане. В решении задачи 2.46 предложено для той же цели применить адаптивное управление подачей. Предложите ещё хотя бы одно решение проблемы, пользуясь методом ЭП.

Задача 6.97. Режущий инструмент протяжка содержит длинный стальной корпус, в пазах которого с помощью клиньев установлены режущие элементы – зубья из инструментального материала. Но при забивании клиньев корпус прогибается.

Как быть?

Задача 6.98. Обкатывание поверхности детали инструментом с шариком или роликом уплотняет поверхностный слой детали, создаёт в нём сжимающие остаточные напряжения, уменьшает шероховатость поверхности. Всё это повышает эксплуатационную надёжность и долговечность детали. Однако таким способом можно обрабатывать только поверхности простой формы – плоские, цилиндрические, конические.

А как обработать сложную поверхность, например, полость штампа?

Задача 6.99. Ситуация такая – начал совещание командир спасотряда. – В 70 километрах юго-западнее совершил вынужденную посадку грузовой самолёт. Вес самолёта свыше 200 тонн. Повреждено шасси, имеются трещины в корпусе. Предлагаю отправить к месту аварии два 100-тонных крана и 10 машин железнодорожных шпал. Будем тихонько поднимать самолёт кранами, а чтобы дополнительно не повредить корпус, будем равномерно подкладывать под него шпалы. А затем подведём под фюзеляж полуприцепы и постараемся доставить самолёт на базу для ремонта.

– Сложно и ненадёжно, – заметил один из командиров звеньев.

– У вас есть другое предложение? – спросил командир отряда.

– Мне кажется, проще и надёжнее было бы...

В чём, по-вашему, состояло предложение?

Задача 6.100. Одним из способов окончательной обработки отверстий является хонингование. Инструмент хон – цилиндр с расположенными по окружности абразивными брусками – совершает одновременно возвратно-поступательное и вращательное движения. Во время обработки бруски хона периодически разжимают конусом, благодаря чему диаметр обработки увеличивается. И так до тех пор, пока не будет достигнут нужный размер. Но подстраивать хон вручную неудобно, а автоматизация подстройки слишком сложна.

Это интересно:

Павел Николаевич Яблочков напряжённо думал, как обеспечить постоянный зазор между электродами лампы. Регуляторы получались один

сложнее другого. Однажды, работая за столом, он поставил рядом два карандаша и отнял руки. И родилось изобретение: электроды нужно расположить не друг против друга, а параллельно. В 1876 году свеча Яблочкова была продемонстрирована на заседании Парижской академии наук. (Другая легенда гласит, что на эту мысль Яблочкова натолкнул официант, когда положил перед ним нож и вилку).

В 1903 году в одном островном государстве выпустили почтовую марку, на которой Христофор Колумб рассматривал горизонт через подзорную трубу. Голландия тут же подала протест, заявив, что такая труба была впервые сделана голландцами в 1608 году, т.е. через 100 с лишним лет после смерти великого мореплавателя. Однако протест оказался необоснованным. Идею подзорной трубы предложил итальянский физик Джованни Порта в 1580 году, а в 1590 году итальянские ремесленники изготовили первые такие приборы, пригодные к использованию.

7. ЗАГЛЯНЕМ В ОТВЕТ

Изобретать самому прекрасно, но то, что другими найдено, знать и ценить — меньше ли, чем создавать?

Иоганн Гёте

Полезно изучать открытия других таким способом, который и нам самим открыл бы источник изобретений и который известным способом дал бы нам самим усвоить приёмы изобретения. Я хотел бы, чтобы изобретатели дали нам историю путей, по которым они дошли до своих открытий.

Готфрид Лейбниц

Рассмотренные ниже решения приведённых в книге технических задач не являются единственными, а возможно, и не всегда являются оптимальными. В большинстве случаев они соответствуют решениям, указанным в соответствующих источниках, где эти задачи опубликованы. Возможно, вам удалось найти более эффективное решение. Возможно, ваше решение оптимально для каких-то конкретных условий, для какой-то конкретной области исходных параметров. Не беда, если полученные вами решения в чём-то проигрывают контрольным ответам. Только длительная практика решения технических задач может привести к достаточно полному овладению рассмотренными методами решения изобретательских задач.

Итак, сравните свои решения с приведенными ниже.

7.1. Ответы к задачам раздела 3. Разделение противоречий

Не всякому помогает случай. Судьба одаривает только подготовленные умы.

Луи Пастер

3.30. Имеем физическое противоречие: лидер поросычьего стада должен быть выявлен, чтобы в стаде установился строгий иерархический порядок, и не должен быть выявлен, чтобы не допускать драки между претендентами.

Раз нельзя безболезненно выявить лидера среди поросят одного поколения, нужно решить эту задачу заранее — применить приём РПВЗ

«Предварительное действие»: посадить к порослям более старшего товарища, и вопрос о лидерстве будет решён.

3.31. Ступени должны быть и не должны быть.

Для решения задачи тоже применён приём РПВЗ «Предварительное действие». Пока дерево ещё маленькое, на его стволе делают небольшие надрезы, безвредные для дерева. Растёт дерево, растут и надрезы, постепенно превращаясь в удобные ступени. К моменту созревания дерева «созреют» и ступени.

3.32. Имеем противоречие: катамаран должен быть широким, чтобы выдерживать морские штормы, и узким, чтобы проходить узкие места на реке.

Согласно приёму РПВ1 «Оптимизация» предлагается корпуса катамарана соединить поперечными штангами, по которым их можно сдвигать и раздвигать, регулируя общую ширину судна.

3.33. Имеем противоречие: чтобы расплавить окись циркония, надо её нагреть, а чтобы нагреть, надо расплавить.

В Физическом институте Академии наук СССР им. Лебедева воспользовались приёмом РПВ3: было предложено добавить в окись кристаллы чистого циркония, который является проводником. Тогда при создании электрического поля кристаллы нагреваются, окись расплавляется и становится электропроводной.

3.34. Физическое противоречие: добавки должны быть, чтобы получить сталь нужного состава, и добавок не должно быть, чтобы струя стали не выбивала их из ковша.

Опять применим приём РПВ3. Предложено, как и раньше, смешать добавки в нужном соотношении, после чего нагреть смесь до температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента. После его расплавления смеси дают остыть — получается твёрдый, монолитный, достаточно тяжёлый спёк, который не будет выбиваться из ковша струёй стали.

3.35. Физическое противоречие состоит в том, что мешалка должна быть изготовлена из стали, чтобы обеспечить её достаточную прочность, и не должна быть из стали, так как сталь быстро плавится.

В задаче есть ещё один ресурс — шлак. Мешалку нужно покрыть шлаком, чтобы предохранить от расплавления. Применим приём РПВ6 «Прерывистость». Предлагается периодически окунать мешалку в сталь. При вынимании мешалки она проходит через слой шлака и покрывается шлаком, который застывает на ней в виде корки. При погружении мешалки шлак на ней расплавляется, хотя и не сразу. Как только шлаковая корка полностью расплавится, мешалку вновь вынимают и т.д.

3.36. Согласно приёму РПВ3 «Предварительное действие» перед тем, как сделать разрез, на коже больного краской наносят сетку. Удобнее это делать штампом. А после операции при наложении швов остаётся только следить за тем, чтобы совпали линии сетки.

3.37. При работе гелий не удаётся ввести в контакт, Значит, это нужно сделать заранее – применить приём РПВ3. Перед работой режущий инструмент имплантируют ионами гелия. При работе он выделяется. Одной «порции» гелия хватает на 12-15 мин работы.

3.38. Решение напоминает решение задачи 3.10, только вместо плазменной горелки на суппорте станка устанавливают подпружиненный ролик, который производит упрочнение поверхности резания непосредственно перед резцом. Применён приём РПВ4 «Опережение».

3.40. Имеем физическое противоречие: между вкладышем и стенкой паза (между вкладышем и обмоткой) должен быть натяг, обеспечивающий надёжное крепление обмотки в пазу, и между ними должен быть зазор, обеспечивающий простоту сборки статора. Это типичное противоречие, характерное для сопряжения типа шип-паз: зазор должен быть и не должен быть.

Решаются такие задачи чаще всего применением приёма РПП1 «Дробление» путём разделения вкладыша на две части, каждая из которых имеет форму клина, сопрягающиеся по наклонной плоскости. После установки детали в паз корпуса клинья забивают, надёжно закрепляя деталь в пазу. При необходимости демонтировать соединение клинья ослабляют, и деталь освобождается.

Что касается решения конкретно данной задачи, то её авторы пошли дальше: для того, чтобы обеспечить большую силу прижима, не забивая клиньев, чтобы не повредить обойму, они предложили протянуть сквозь клинья тросик и стягивать их с помощью гайки .

3.41. Физическое противоречие: рабочая поверхность шлифовального круга должна быть прерывистой, чтобы обеспечить прерывистость контакта круга с заготовкой, и должна быть сплошной, чтобы избежать ударов. Контакт должен быть непрерывным и прерывистым.

Применим приём РПП4 «Противопоставление»: выполним пазы наклонными. В каждом диаметральном сечении шлифовальный круг будет прерывистым, прерывистым будет и контакт в этом сечении. В целом же контакт круга с деталью будет непрерывным, и ударов не будет.

Другое решение: применить приём РПВ3 «Предварительное действие» – поместить в пазах вставки из антифрикционного материала.

3.42. Имеем противоречие: стружка должна быть плоской, чтобы облегчить её завивание, и корытообразной, чтобы обеспечить малый угол Φ при вершине резца.

Применим приём РПП1 «Дробление». Предложено разделить участки ломаной режущей кромки дополнительным участком с главным углом в плане $\phi = 0$ и длиной, большей подачи S . Каждая из частей режущей кромки снимает свою плоскую стружку, и обе они свободно завиваются в спираль.

3.43. Физическое противоречие: объём воды должен быть малым, чтобы не расходовалось много соли или настоя, и должен быть большим, чтобы покрывать всё тело ребёнка.

В соответствии с приёмом РПП2 «Разделение» предлагается после наполнения ванны водой до нормального объёма постелить на воду полиэтиленовую плёнку, налить в неё воды с настоем и посадить ребёнка на плёнку.

3.44. Имеем физическое противоречие: труба должна быть изготовлена из легированной стали, чтобы противостоять воздействию пара, и она должна быть из жаропрочной стали, чтобы противостоять воздействию пламени.

Решение очевидно: нужно применить приём РПП3 «Оптимизация» – выполнить трубы двухслойными. Шведский концерн «Сандвик» выпускает такие биметаллические трубы. Внутренняя поверхность выполнена из легированной стали, а наружная – из жаропрочной. Получают такие композитные трубы методом горячего прессования, позволяющим наружной и внутренней трубам надёжно соединяться между собой. По данным производителя, такие трубы способны 20 лет работать без замены в агрессивной среде.

3.45. Физическое противоречие: давление струи должно быть большим, чтобы пробить воздушную подушку вокруг шлифовального круга, и малым, чтобы уменьшить расход СОЖ.

Применим приём РПП2 «Разделение». Разделим струю СОЖ на две струи. Одна подаётся под большим давлением через щелевидное сопло и рассекает воздушную подушку перед зоной обработки. Другая, основная струя подаётся поливом непосредственно в зону обработки. Повышение давления узкой струи не оказывает существенного влияния на расход СОЖ.

3.46. Физическое противоречие: трубы должны быть длинными, чтобы повысить надёжность трубопровода и удешевить монтаж, и короткими, чтобы их можно было вращать с помощью небольшого станка.

Применим приём РПП3 «Оптимизация». Предложено вращать не всю 10-метровую трубу, а короткое соединительное кольцо между трубами.

3.47. Жидкость должна вращаться в верхней части и не должна вращаться в основном объёме.

Согласно приёму РПП3 «Оптимизация» предлагается в цилиндрической камере установить несколько перегородок, разделяющих её на секторы, что предотвратит вращение смеси в камере.

3.48. Физическое противоречие: стружка должна перемещаться по стружечной канавке наружу, чтобы не загромождать зону резания, и не должна перемещаться по ней, чтобы не затруднять доступ СОЖ к режущим кромкам сверла.

Сущность решения состоит в разделении потоков стружки и СОЖ – каждая часть сверла будет выполнять свою функцию (приём РПП2). Известно большое число конструкций свёрл для глубокого сверления. Например, сверло со спиральными отверстиями, полученное путём скручивания профилированной заготовки со сквозными отверстиями. СОЖ подаются через отверстия в сверле, а стружка отводится по стружечным канавкам. Известно также однокромочное сверло с внутренним подводом СОЖ и наружным отводом стружки – так называемое ружейное сверло. Для сверления отверстий большого диаметра применяют свёрла с наружным подводом СОЖ и внутренним отводом стружки через центральное отверстие.

3.49. Имеем физическое противоречие: стружечные канавки метчика должны быть глубокими, чтобы обеспечить помещаемость стружки, и мелкими, чтобы обеспечить прочность сердцевины метчика. Такой метчик получен путём применения приёма РПП3 «Оптимизация»: на режущей части метчика, где образуется стружка, предлагается канавки оставить глубокими, а на калибрующей части, где стружки нет, но зато большая сила трения, канавки сделать только на глубину впадин (высоту профиля) резьбы.

3.50. Решение очевидно: нужно применить приём РПП1 «Дробление»: сверло должно иметь режущие части с обоих концов (наподобие того, как дети затачивают с двух концов карандаш, чтобы реже отрываться для повторной заточки при затуплении грифеля).

3.51. Имеем противоречие: зуб метчика должен снимать стружку и упрочнять поверхность резьбы без снятия стружки.

Применим приём РПП2 «Разделение»: пусть одна часть зуба выполняет первое требование – снимает стружку, а другая – второе – обрабатывает резьбу пластическим деформированием. Предложено около режущей кромки зуба выполнить деформирующую фаску. Основной слой металла снимается режущей кромкой, после чего фаска уплотняет обработанную поверхность.

3.52. Абразивные зёрна должны быть прочными, чтобы обеспечить большой съём металла, и должны быть непрочными, чтобы после дробления зачищать поверхность.

Предложено изготавливать шлифовальный круг из смеси абразивов различной прочности. В процессе работы прочные зёрна снимают основной слой материала, а менее прочные зёрна дробятся, их обломки попадают в зазор между кругом и шлифуемой деталью и зачищают поверхность. Применён приём РПП2 «Разделение».

3.53. Физическое противоречие: материал сверла должен быть прочным, для чего он должен содержать много кобальта, и износостойким, для чего он должен содержать мало кобальта.

Разделим это противоречие, применив приём РППЗ «Оптимизация»: сердцевину сверла сделаем из прочного высококобальтового твёрдого сплава, а периферийную часть — из малокобальтового твёрдого сплава.

3.54. У космонавтов возникло противоречие: центр тяжести должен быть расположен низко, чтобы вздоход был устойчивым, и высоко, чтобы повысить его проходимость.

Опять напрашивается приём РППЗ «Оптимизация». В описанной ситуации космонавтам можно предложить насыпать камней в шины. Проходимость вздохода не ухудшится, а устойчивость повысится, причём практически без дополнительных затрат. Кстати, на эту идею японский изобретатель получил патент США.

3.55. Имеем противоречие: ролик должен быть прямым и вогнутым. Разделение во времени: ролик должен быть прямым, когда мы перемещаем тарные грузы, и вогнутым, когда предстоит транспортировать сыпучий продукт.

Применим правило РПП. Воспользуемся подсказкой. В задаче 3.26 использован гиперболоид, изготовленный из прямых стержней. А что нам мешает применить этот принцип сейчас? Выполним ролики в виде двух дисков, соединённых шарнирно стержнями с возможностью их взаимного поворота. Поворачивая диск, мы можем менять форму профиля ролика.

3.56. В Италии изобрели топливный бак, разделённый на мелкие ячейки. Часть ячеек заполнена топливом, другая часть — огнегасящим веществом.

3.57. Задача практически аналогична задаче 3.55. Каток содержит два диска, соединённых шарнирно стержнями. Поворачивая диск, мы меняем кривизну катка.

3.58. Церемония проходила, как положено. Но когда папа поднял корону, чтобы возложить её на Карла, император перехватил её и сам надел на собственную голову.

3.59. Имеем физическое противоречие: для исключения потерь зерна при перевозке кузов машины должен иметь крышку; для свободной погрузки зерна крышки не должно быть.

Школьник Игорь Александров применил приём РПП1 «Дробление» и предложил крышку кузова в виде жалюзи. При открытых жалюзи свободно производится погрузка зерна, а при повороте жалюзи имеем надёжную крышку.

3.60. Физическое противоречие: стекло должно быть тёмным, чтобы защищать глаза сварщика от излучения, и прозрачным, чтобы глаза были постоянно адаптированы к дневному освещению.

Необходимо применить приём РПП2 «Разделение». Предложено выполнить стекло из двух частей — тёмной и прозрачной, а между ними

установить козырёк. Во время сварки рабочий смотрит на шов через нижнюю часть стекла, а через верхнюю в глаза постоянно попадает обычный свет.

3.61. Имеем физическое противоречие: рабочая поверхность круга должна быть сплошной и прерывистой. Применим приём РПП2 «Разделение».

Предложен сегментный шлифовальный круг для работы торцом, у которого часть сегментов имеет возможность осевого перемещения. При движении подвижных сегментов они вместе с неподвижными сегментами образуют сплошную рабочую поверхность. При обратном перемещении подвижных сегментов неподвижные сегменты образуют прерывистую рабочую поверхность. Переналадка круга занимает секунды.

3.62. Физическое противоречие: крышка должна быть, чтобы избежать вредных испарений, и не должна быть, чтобы загружать в ванну детали.

Воспользуемся приёмом РПП4 «Противопоставление». Предлагается закрыть ванну слоем поролоновых шариков.

Это интересно:

Пётр I изобрёл устройство для захвата грунта со дна моря. М. В. Ломоносов получил привилегию на технологию изготовления цветных витражей. Эйнштейн предложил устройство для управления яхтой. К.Э. Циолковский получил патент на «интернациональную пишущую машинку». Марк Твен является изобретателем блокнота с перфорацией для отрыва страниц. Сент-Экзюпери разработал прибор для ориентации самолёта в тумане.

7.2. Ответы к задачам раздела 4.

Вепольный анализ

Благо везде и всегда зависит от соблюдения двух условий: правильного установления конечной цели и отыскания соответствующих средств, ведущих к этой цели.

Аристотель

4.48. Имеем физическое противоречие: износ должен быть виден, чтобы вовремя заменить подшипник, и не должен быть виден, чтобы не останавливать работу стана.

Вепольная запись задачи имеет вид:

$$\sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B1$$

Это задача на обнаружение вещества B1 – продуктов износа. В таких случаях применяют приём ВАД1 «Добавки». Нужно ввести другое

вещество В2, которое можно обнаружить при помощи поля П. Предложено просверлить во вкладыше отверстие и вставить в него слоёную пробку из тонких пластин разных материалов В2. О величине износа судят по появлению в смазке подшипников частиц этих материалов, обнаруженных в результате анализа П.

4.49. Физическое противоречие: слой краски должен быть толстым, видимым и тонким, невидимым.

Вепольная схема здесь та же, что и в предыдущей задаче. В1 – краска, которую требуется обнаружить. Применяем приём ВАД1 «Добавка». В краску вводят люминофор В2, а измерение площади контакта наблюдают в ультрафиолетовом свете П.

4.50. Это тоже задача на обнаружение. Имеем противоречие: частицы металла в масле видимые, когда есть износ подшипников, и невидимые, когда износ отсутствует.

Задача сложнее, чем кажется на первый взгляд. Для её решения нужно знать такое свойство люминофора В2, как потеря способности к свечению при наличии частиц металла. Зная это, мы можем применить приём ВАД1 «Добавки». В качестве вещества В2 в люминофор вводят в масло. При отсутствии в масле частиц металла наблюдается свечение люминофора в ультрафиолетовом освещении П. С повышением концентрации частиц в масле яркость свечения уменьшается.

4.51. Вепольная запись задачи:

$$\sim V1 \Rightarrow P \rightarrow V2 \rightarrow V1$$

где В1 – ржавчина.

Предлагается в качестве чистящего вещества В2 взять мелкую стальную стружку и управлять ею магнитным полем П.

4.52. Требуется обнаружить арматуру В1.

$$\sim V1 \Rightarrow V2 \rightarrow P \rightarrow V1$$

Проще всего это сделать с помощью постоянного магнита В2, проведя им по стене.

4.53. Даны лекарство В1 и пипетка, вернее воздух внутри пипетки В2. Вепольная схема будет иметь вид:

$$V2 \sim V1 \Rightarrow P \rightarrow V2 \rightarrow V1$$

Применяем приём ВАД1 – вводим недостающее поле. Предлагается на воздух В2 действовать тепловым полем П: подогрев пипетку, мы капнем из неё строго одну каплю лекарства.

4.54. Вепольная запись задачи будет иметь вид:

$$\sim V1 \Rightarrow P \rightarrow V2 \rightarrow V1$$

где В1 – расплавленная пластмасса

Предлагается ввести в пластмассу ферромагнитный порошок В2, а затем взять плоский магнит с игольчатой поверхностью, приложить к расплавленной пластмассе и поднять. За каждой иголкой потянется пластмассовый «волос».

4.55. Имеем масло В1 и воду В2. Требуется ввести поле П, которое бы взаимодействовало с водой, но не взаимодействовало с маслом.

Предлагается ложку масла подогреть на пламени зажигалки. Если в масле есть вода, она быстро закипит.

А вот ещё один интересный способ обнаружения воды. Над нагреваемым маслом поместить ватный тампон, припудренный порошком перманганата калия (марганцовки) В3. Если в масле содержится вода В2, её пары попадут на тампон, и он окрасится в ярко-красный цвет.

4.56. Нам нужно обнаружить на стенках посуды остатки реактива В1.

Применим приём ВАД1. Добавим в посуду перед мытьём каплю люминофора В2. Отсутствие свечения в ультрафиолетовом поле П после мытья будет свидетельствовать о чистоте посуды.

4.57. Задача легко бы решалась, если бы нужно было покрыть ферромагнетиком всю поверхность пластины. Но этого делать нельзя по техническим условиям. Имеем противоречие: поверхность должна быть покрыта ферромагнетиком полностью и частично.

Воспользуемся приёмом ВАД3 «Максимальный режим»: покроем ферромагнетиком В2 всю поверхность пластины В1, а затем выступающую часть сошлифуем.

4.58. Воронежские изобретатели применили приём ВАН1 «Видоизменённое вещество»:

$$B2 \rightarrow П \sim B1 \Rightarrow B2 \rightarrow П \rightarrow B2' \rightarrow B1$$

Они предложили защищать пескомётную головку от износа сырой формовочной смесью, а для удержания смеси на металле замораживать её и поддерживать в таком состоянии весь период работы (В1 – металл головки, В2 – формовочная смесь; добавлены В2' - мокрая формовочная смесь и П – холод).

4.59. Труба – В1. Нужно ввести В2 и поле П, то есть применить приём ВАД1 «Добавки».

Если сделать трубу из двух частей В1 и В2, нужно поле, которое, действуя по-разному на В1 и В2, изгибало бы отклонитель в заданном направлении. Предложено сделать отклонитель биметаллическим и управлять кривизной с помощью теплового поля.

4.60. Имеем буровую коронку В1. Нужно ввести поле П, которое бы возникало при затуплении или поломке зубьев коронки, а также какой-то прибор В2, способный обнаружить это поле. Предложена весьма оригинальная идея: вмонтировать в зубья капсулы с сильно пахнущим веществом, например, метилмеркаптаном, который имеет сильный неприятный запах при концентрации уже 1 мг на 10000 кубометров воздуха. То есть в качестве В2 выступает человек с его обонянием.

4.61. Имеем светофор В1. Требуется, чтобы при приближении пожарной машины или машины скорой помощи он сам дал им зелёный свет. Нужно добавить поле, которое управляло бы светофором.

Предложено на машину установить дополнительную фару, испускающую инфракрасные лучи П, а светофор снабдить приёмным устройством (детектором) В2, который, приняв сигнал, включит зелёный свет и задержит переключение, пока машина не проедет перекрёсток. Дальность действия фары до 500 м.

4.62. Веполь ясен: человек В1, тепловое поле П и его источник В2. В США проведены испытания устройства по обогреву человека радиоволнами сверхвысокой частоты (СВЧ – излучение). Излучаемое прибором очень малой мощности излучение с длиной волны 1 см поглощается молекулами воды в подкожном слое, тепловые ощущения такие же, как в теплом помещении. Кстати, в основу метода положена идея, высказанная нашим писателем-фантастом А. Беляевым ещё в 1929 году («Изобретение профессора Вагнера»).

4.65. Для предотвращения поломки шланга В1 предлагается надеть на него в месте крепления к корпусу В2 резиновую втулку В3, например, кусок велокамеры.

4.66. Чтобы избежать царапания мебели В1 при мытье пола «лентяйкой», можно надеть на проволоку зажима В2 обрезки резиновой трубки В3.

4.67. Вепольная схема задачи:

$$В2 \rightarrow П \sim В1 \Rightarrow В2 \rightarrow П \rightarrow В3 \rightarrow В1$$

Самое простое, что можно предложить для защиты глаз В1 от воздействия П луковицы В2, – во время работы часто смачивать нож и луковицу водой В3. Хорошо помогает и вентилятор.

4.68. Клин должен надёжно фиксироваться и легко разбираться. В настоящее время выполняется только одно из этих требований физического противоречия.

$$В2 \rightarrow П \sim В1 \Rightarrow В2 \rightarrow П \rightarrow В3 \rightarrow В1$$

Предлагается выполнить клин из двух частей, одна из которых В3 – легкоплавкая. При включении нагревательного элемента П она расплавляется, и клин В1 свободно извлекается.

4.69. Предложено перед окунанием детали В1 в защитный полимер В2 покрывать её парообразующим веществом В3.

4.70. Между персиками В1 и В2 нужно поместить видоизменённый персик В2'. Как он должен выглядеть? Во-первых, он должен быть мягким, чтобы персики не стучались друг о друга. Во-вторых, он должен быть лёгким, чтобы при вибрации ящика «всплывал» и освобождал место. Хорошо подходят «персики» из поролонa. А чтобы убрать их после заполнения ящика, нужно воспользоваться приёмом ВАД1: в каждый поролоновый шарик вмонтировать стальную дробинку, а над ящиком установить электромагнит. При включении тока шарики «выпрыгивают» из ящика, а когда конвейер подаёт следующий ящик, магнит выключают, и шарики падают в ящик.

4.71. Здесь В1 и В2 – листы стали. Чтобы они не слипались, между ними нужно ввести видоизменённую сталь В2'. Как она выглядит, ясно из курса элементарной физики. Между листами при укладке помещают порцию стальной дроби. Скольжение заменено качением, трение снижается, и заготовки свободно подаются под пресс.

4.72. Между заготовкой из легированной стали В2 и валками В1 помещают тонкий лист обычной стали В2'. При прокатке он образует защитную плёнку, и легированная сталь не контактирует с поверхностью валков.

4.73. Читатели журнала «Наука и жизнь» предлагают надеть на верхнюю часть свечи В1 кусок металлической трубки или кольцо из фольги толщиной 0,1–0,2 мм В3. Время горения свечи увеличится, а подтёков стеарина на свече не будет.

4.74. Предложено подавать под инструмент В1 тонкую стальную ленту В3, благодаря чему инструмент не будет непосредственно контактировать с абразивом В2.

4.75. Художник нашёл выход. Кардинал изображён с благообразным лицом, взгляд его устремлён на распятие. А у Иисуса Христа на распятии мы видим такое выражение ужаса на лице, что невольно вздрагиваем.

4.76. Рыбакам помогло отличное знание повадок морских хищников – осьминогов. Осьминога спускали на бечёвке на дно, туда, где покоилась шхуна с вазами. Осьминоги старались скрыться в каком либо убежище, а вазы идеально подходили для этого. Рыбакам оставалось только извлечь осьминога вместе с вазой.

4.77. Более простым и надёжным решением представляется покрыть сбрую верблюда люминофорной краской, светящейся в свете фар.

4.78. Предлагается перед затемнённым стеклом поставить обычное, прозрачное. Меняй его хоть каждый день.

Это интересно:

Французский физик Антуан Анри Беккерель положил в шкаф рядом с пакетом урановой соли фотопластины, завернутые в чёрную бумагу. А через некоторое время обнаружил, что пластины засвечены. Так в 1896 году была открыта радиоактивность.

7.3. Ответы на задачи раздела 5. Использование физэффектов

Знание принципов легко возмещает незнание фактов.

Клод Гельвеций

5.28. Требуемое действие – 6.2. «Разделение смеси». Из предлагаемых физэффектов выбираем эффект 53 «Магнетизм». Смесь металлической стружки и абразивного порошка направляют в магнитный сепаратор, где стружка налипает на вращающийся магнитный барабан, с которого направляется в стружкосборник.

5.29. Требуемое действие – 8.2. «Изменение объёмных свойств». Применим эффект 98 «Ультразвук». Наложение УЗ-колебаний на шов при остывании металла делает его структуру более мелкозернистой.

5.30. Из действий, указанных в табл. 5.2, более всего подойдёт 4.1 «Измерение температуры». Применим эффект 52 «Точка Кюри». Предлагается полюса двигателя выполнить из сплава, точка Кюри которого равна заданному порогу температуры. Мотор работает, пока температура не достигнет точки Кюри. Произошло превышение – двигатель останавливается, прошло время, температура снизилась – он опять работает.

5.31. Наиболее близкое действие из табл. 5.2 – 2.2 «Изменение силы» и 2.3 «Стабилизация сил». Из рекомендованных физэффектов использован эффект 24 «Атмосферное давление». Оконные рамы поднимают с помощью вакуумных присосок.

5.32. Требуемое действие – 2.4 «Разрушение». Изобретатели из Тольяттинского государственного университета использовали физэффект 98 «Ультразвук». На шлифовальном станке установили магнитострикционный преобразователь, который получает колебания от ультразвукового генератора и передаёт их СОЖ. Возникает явление кавитации, возникающие воздушные пузырьки лопаются, и энергия этих микровзрывов выбивает с поверхности шлифовального круга засалившие его частицы шлама. Останавливать процесс шлифования не требуется.

5.33. Требуемое действие – 2.2 «Изменение силы». Изобретатели воспользовались приёмом 24 «Атмосферное давление». Сущность изобретения состоит в том, что на сваю давят поршнем, из-под которого откачивают воздух. Элементарные расчёты показывают, что при диаметре поршня 0,6 м и давлении 0,2 атмосферного на сваю действует сила 8 т. Кстати, этот же приём изобретатели использовали для увеличения веса асфальтового катка – из-под катка откачивают воздух и в зависимости от степени разрежённости устанавливают оптимальное давление на покрытие.

5.34. Требуемое действие — 2.2 «Изменение силы». Выбираем эффекты 84 «Колебания» и 92 «Резонанс». Если подавать воду с частотой импульсов, равной частоте собственных колебаний угольного пласта, интенсивность разрушения резко возрастает.

5.35. Требуемое действие — 6.2 «Разделение смеси». Применим приём 53 «Магнетизм». Вместо ткани используем в качестве фильтра ферромагнитный порошок в электромагнитном поле. Достаточно на секунду выключить ток, порошок вместе с посторонними продуктами осыплется, а при включении тока ферромагнитный порошок вернётся на место, и фильтр снова готов к работе.

5.36. Требуемое действие — 6.2. «Изменение силы». Воспользуемся приёмом 44 «Тепловое расширение». Охлаждаем контейнер, например, погрузив его в жидкий азот. Давление сжатия резко возрастёт.

5.37. Перед древними строителями встала задача 1.1 «Измерение размеров». Строители воспользовались физэффектом 43 «Сообщающиеся сосуды». По периметру будущей пирамиды они выкопали канаву и заполнили её водой. Вода установилась строго на одном уровне.

5.38. Мы знаем, что тёмные поверхности лучше поглощают тепло, чем светлые. Вспомнили об этом и члены экспедиции. На судне было достаточно много угля и золы. На льду сделали дорожку из угля от судна до чистой воды. Яркое полярное солнце растопило лёд. Образовался канал, по которому судно удалось вывести.

5.39. Изобретатель Ю Ермаков предложил делать ушко иглы из металла с памятью. Достаточно прикоснуться иглой к горячему предмету, и ушко расширяется, делается круглым, нитка легко продевается, а через секунду-другую ушко опять узкое.

5.40. Известно, что при распространении света в газах спектр излучения линейчатый, состоящий из чередующихся ярких и тёмных полос. Такой спектр характерен для пламени. А для жидких и твёрдых веществ спектр излучения сплошной. Отсюда решение: измерять температуру шихты на фоне тёмных полос спектра пламени.

5.41. Противоречие разрешается путём применения известного с древности механизма — клина. Обруч крепят к барабану клиньями. При рабочем вращении барабана клиновое крепление затягивается. Стоит дать барабану обратное вращение, и клинья разъединяются.

5.42. Оказывается, тут действует ещё один физический эффект. При шлифовании в результате трения материал детали сильно разогревается, его твёрдость падает. Со стальными опилками этого не происходит (или происходит в неизмеримо меньшей степени), поскольку вследствие вращения шлифовального круга к зоне обработки непрерывно подходят всё новые участки его рабочей поверхности.

5.43. Предложено получать нужное давление за счёт сгорания положенного заранее газообразующего вещества.

5.44. Предложено контролировать электрическое сопротивление жидкости (действие 8.1 «Контроль объёмных свойств», физэффект 66 «Электрическое сопротивление»). При кипении в жидкости образуются пузырьки, что резко повышает её электросопротивление. Момент скачка тока и есть начало кипения жидкости.

5.45. Предложено измерять температуру резания с помощью так называемой естественной термопары. Одним из электродов термопары является режущий инструмент, другим — обрабатываемая деталь. Свободные концы инструмента и детали замыкают на гальванометр.

5.46. Вспомним одно из свойств алмаза — при температуре выше 800°C он претерпевает так называемое обратное аллотропическое превращение, проще говоря, переходит в графит, из которого когда-то получен. Поэтому алмаз шлифуют быстровращающимся медным диском, от трения он нагревается, его поверхностный слой графитируется и легко снимается диском.

7.4. Ответы на задачи раздела 6. Эмпирические правила

Было бы очень удобно, если бы изобретения были результатом логического и упорядоченного процесса. К сожалению, обычно это не так. Они представляются продуктом того, что психологи называют интуицией — неожиданной вспышки вдохновения, механизм которого лежит в глубинах человеческого разума.

Джон Рабинов

6.85. Имеем физическое противоречие: глубина резания должна быть большой, чтобы нарезать крупную резьбу за один проход, и малой, чтобы уменьшить нагрузку на резец. Для разрешения противоречия применим приём ЭПО1. Объединим несколько резцов, вершины которых отстоят друг от друга на расстояние шага резьбы и смещены по высоте на глубину резания одним резцом. Получим так называемую резьбовую гребёнку.

6.86. Нож должен изнашиваться и не должен изнашиваться. Нож должен быть и не должен быть. В задаче рекомендуется применить правило ЭПУ. Воспользуемся приёмом ЭПУ1: заменим жёсткий нож упругим. В качестве такого ножа, например, используют капроновый шнур

или металлическую проволоку. При встрече препятствия нож огибает его, Если при этом, в крайнем случае, шнур оборвётся, автоматически выдвигается следующий его участок.

6.87. Предложено на фрезерной оправке с обеих сторон дисковой фрезы установить дисковые проволочные щётки – иглофрезы. Одновременно осуществляется фрезерование паза и зачистка острых кромок.

6.88. Количество граней (или, что то же самое, количество вершин пластины) определяется допустимой величиной угла в плане Φ : при дальнейшем увеличении числа граней Φ становится недопустимо малым. Если же, применив приём ЭПК1, выполнить грани криволинейными (вогнутыми), число вершин, а следовательно, и число перестановок можно увеличить.

6.89. В так называемых эжекторных свёрлах СОЖ подаётся поливом, как при обычном сверлении, а стружка отводится через центральный канал.

6.90. Физическое противоречие: необходимо непрерывно контролировать изменение профиля резьбы при шлифовании, чтобы обеспечить заданные параметры резьбы, а контролировать нельзя, так как это требует остановки процесса обработки. В современных станках используют приём ЭПП1: вместо контроля непосредственно обрабатываемого изделия контролируют совпадение на экране монитора его увеличенной проекции с чертежом.

6.91. Выделение выхлопных газов – безусловно, вредное явление, с которым надо бороться. А какую можно извлечь из них пользу? Изобретатели предложили заглубить выхлопную трубу трактора в почву. Выхлопные газы, проходя через неё и очищаясь от вредных примесей, выделяют в почву вещества, являющиеся удобрением для растений.

6.92. Раз причина низкой производительности в том, что пластмасса мягкая, значит надо сделать её твёрдой. Не навсегда, а только на время обработки, применив разделение противоречия во времени. Воспользуемся подсказкой и применим приём ЭПС1, как это мы делали при решении задач 6.70, 6.71, 6.72: заморозим детали на время обработки, и заусеницы станут хрупкими. Американские изобретатели предложили использовать в качестве абразивных тел гранулы сухого льда.

6.93. Задача решается очень просто, если применить правило ЭПН. Вспомним, что кратчайшим расстоянием между двумя точками является отрезок прямой. Вычертим в масштабе схему расположения магистрального газопровода и населённых пунктов *А* и *Б*. Перенесём условно пункт *Б* на другую сторону газопровода симметрично его реальному расположению относительно магистрали и соединим его прямой с пунктом *А*.

А теперь точку пересечения *B* прямой с газопроводом соединим с пунктом *B*. Расположив газораспределительную станцию в точке *B*, получим минимальную длину газопровода *АВ*.

6.94. Физическое противоречие: абразивный слой должен быть нанесён с двух сторон, чтобы увеличить срок службы ленты, и с одной стороны, чтобы исключить перестановку. Напрашивается применение приёма ЭПН1: использовать обратную сторону объекта. Но как это сделать без перестановки ленты? В 1858 году немецкий геометр Август Мёбиус разрезал кольцо из ленты, развернул один её конец и снова склеил. Получилась лента с односторонней поверхностью — лента Мёбиуса. Длина поверхности вдвое больше длины ленты. Отсюда и решение задачи: абразивные зёрна наносят на ленту с двух сторон, а ленту выполняют в виде ленты Мёбиуса.

6.95. Физическое противоречие: катков должно быть много, чтобы можно было уплотнять валки любого профиля, и катков должно быть мало (в пределе один) для упрощения обработки. Хорошо бы иметь каток с изменяемым профилем, для чего подойдёт приём ЭПД2. Задача аналогична задаче 6.89. Каток нужно выполнить в виде двух дисков, соединённых шарнирно стержнями с возможностью их взаимного поворота. Поворачивая один диск, мы можем изменять форму профиля катка.

6.96. Применим правило ЭПО. Поскольку прогиб вала пропорционален его длине в третьей степени, то естественно наше стремление в первую очередь уменьшить длину вала. Воспользуемся приёмом ЭПО1. Введём дополнительную опору — так называемый люнет. Целесообразно устанавливать люнет посередине длины вала (при небольших перепадах диаметров), тогда прогиб вала уменьшится в 8 раз.

А вот несколько решений с применением правила ЭПН. Согласно приёму ЭПН1 можно обтачивать вал двумя резцами, установив их напротив друг друга с разных сторон вала. Согласно приёму ЭПН2 можно заранее нагрузить вал силой, равной по величине и противоположной по направлению силе резания. Можно предложить ещё одно решение согласно этому приёму: обтачивать вал охватывающей многолезцово-вращающейся головкой с заранее установленной глубиной.

Для решения задачи 6.45 мы воспользовались приёмом ЭПД1, применив адаптивное управление процессом обработки. А вот ещё одно применение правила ЭПД. Выше мы предложили для уменьшения прогиба вала установить посередине длины вала люнет, что резко уменьшает прогиб вала. Можно свести его практически до нуля, если применить приём ЭПД1: сделать люнет подвижным, установив его на суппорте станка.

6.97. Воспользуемся приёмом ЭПН1: выполним на нерабочей стороне протяжки такие же пазы и забьём в них клинья, добываясь при их забивании прямолинейности протяжки.

6.98. Здесь нужно применить приём ЭПО1: заменить обкатку шариком на обдувку дробью под давлением гидравлической или воздушной струи — так называемая гидродробеструйная или пневмодробеструйная обработка.

6.99. Здесь поможет правило ЭПУ. В соответствии с приёмом ЭПУ2 предлагается подвести под фюзеляж и крылья самолёта надувные ёмкости.

6.100. Используем приём ЭПН2 в сочетании с методом РП и применением физэффекта. Будем изменять не размер хона, а размер детали. Для этого нагреем деталь перед обработкой. Диаметр отверстия увеличится, и хон без труда войдёт в него. По мере обработки за счёт остывания детали отверстие будет сжиматься так, что в конце обработки оно примет нужный размер.

Это интересно:

Французский садовник Жозеф Монтье разводил для продажи пальмы. Но у него не было денег на дубовые кадки, а цементные быстро ломались под напором корней пальм. Монтье стянул кадки железными обручами и продольными полосами. Они стали прочными, но некрасивыми. И Монтье решил спрятать металлический каркас внутрь при заливке бетона. Так был изобретён железобетон.

Долгое время изобретателями арочных конструкций считали древних римлян. Потом было установлено, что задолго до римлян прекрасные арки строили древние этруски. В то же время в могильниках этрусков находили много вещей греческого происхождения. Может быть, и арки придумали греки? И действительно, в 1979 году во время раскопок близ Салоник обнаружили склеп, к которому вёл длинный туннель из каменных блоков, образующих классические арки. Постройка относилась к 4 веку до н.э.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История научных и технических открытий не так уж блещет независимостью мысли и творческим воображением. Человек непременно нуждается в каком-то внешнем стимуле, чтобы идея, давно уже выношенная и нужная, претворилась в действительность. Человек должен столкнуться с явлением, что называется, в лоб, и только тогда рождается идея.

Альберт Эйнштейн

Уважаемый коллега!

Эта книга — не учебник по основам технического творчества в традиционном понимании учебника вообще. Её задача скромнее — дать первое представление о методологии эффективного решения технических задач на творческом уровне. Тем не менее, мы надеемся, что, если вы её внимательно прочитали, если попытались решить приведённые в ней технические задачи, то вы:

- во-первых, убедились, что метод проб и ошибок — не самый лучший способ получения эффективных решений технических задач;
- во-вторых, приобрели определённые навыки решения технических задач на творческом уровне при минимуме затрат времени и сил;
- в-третьих, обязательно примените эти навыки при решении практических задач, как при изучении специальных дисциплин, так и в последующей инженерной деятельности.

Мы рассмотрели фактически только три метода эффективного решения технических задач. На самом деле их значительно больше. Более того, и изложенные в книге методы рассмотрены достаточно бегло, фрагментарно, на самом деле они значительно богаче, чем мы имели возможность представить их здесь. Тем не менее, и этого материала достаточно, чтобы приступить к реализации ваших творческих устремлений. По мере освоения изложенных методов ваш творческий кругозор будет постоянно расширяться, у вас появится потребность в более глубоком изучении методологии технического творчества, и вы познакомитесь с новыми для вас методами, правилами, приёмами решения технических задач. На первых порах советуем прочитать литературу по изобретательскому творчеству, указанную в конце книги.

Автор надеется стать свидетелем многих сделанных вами интересных изобретений.

Желаю успехов.

Ваш А. Гордеев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альтов, Г.С. И тут появился изобретатель / Г.С. Альтов. – М. : Детская литература, 1989. – 142 с.
2. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – М. : Советское радио, 1979. – 176 с.
3. Викентьев, И.Л. Лестница идей /И.Л.Викентьев, И.К.Кайков. – Новосибирск : Кедр, 1992. – 104 с.
4. Иванов, Г.И. Формулы творчества, или как научиться изобретать / Г.И. Иванов. – М. : 1994. – 208 с.
5. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
6. Саломатов, Ю.П. Как стать изобретателем / Ю.П. Саломатов. - М. : Просвещение, 1990. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ АВТОРА	3
1. ПОГОВОРИМ О ТВОРЧЕСТВЕ	7
Выводы	14
Вопросы для самоконтроля	14
Упражнения и примеры решений	15
2. В МИРЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ	20
2.1. Модификации метода проб и ошибок	20
2.2. Алгоритм выявления противоречий	22
2.3. Банк противоречий	28
Выводы	34
Вопросы для самоконтроля	35
Упражнения и примеры решений	36
3. КАК РАЗРЕШИТЬ ПРОТИВОРЕЧИЕ?	43
3.1. Разделение противоречия во времени (РПВ)	44
3.2. Разделение противоречия в пространстве (РПП)	54
Выводы	61
Вопросы для самоконтроля	62
Упражнения и примеры решений	63
4. ЧТО ТАКОЕ ВЕПОЛЬ?	73
4.1. Достройка веполя (ВАД)	74
4.2. Улучшение элементов (ВАУ)	84
4.3. Надстройка веполя (ВАН)	90
Выводы	99
Вопросы для самоконтроля	100
Упражнения и примеры решения	100
5. ВСПОМНИМ ФИЗИКУ	108
5.1. В мире физэффектов	109
5.2. Путеводитель в мире физэффектов	129
Вывод	138
Упражнения и примеры решений	138
6. ПРОСТО И ЭФФЕКТИВНО	143
6.1. Объединение (ЭПО)	144
6.2. Упругость (ЭПУ)	150
6.3. Наоборот (ЭПН)	154
6.4. Криволинейность (ЭПК)	161
6.5. Динамичность (ЭПД)	165
6.6. Подобие (ЭПП)	169

6.7. Вред – в пользу (ЭПВ)	172
6.8. Состояние (ЭПС)	179
Выводы	185
Вопросы для самоконтроля	186
Упражнения и примеры решения	188
7. ЗАГЛЯНЕМ В ОТВЕТ	193
7.1. Ответы к задачам раздела 3. Разделение противоречий	193
7.2. Ответы к задачам раздела 4. Вепольный анализ	199
7.3. Ответы на задачи раздела 5. Использование физэффетов	204
7.4. Ответы на задачи раздела 6. Эмпирические правила	206
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	210
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	211

Учебное издание

Александр Владимирович ГОРДЕЕВ

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Часть 1

Учебное пособие для студентов
машиностроительных специальностей

В авторской редакции

Компьютерная вёрстка: *И.И. Шишкина*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 16.12.2008. Формат 60×84/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 13,5. Уч.-изд. л. 12,55.
Тираж 100 экз. Заказ № 1-150-08.

Тольяттинский государственный университет
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

