

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра экономики

Теория решения изобретательских задач

Методические указания к практическим занятиям и СРС

Составитель

Красина Ф.А.

Земцова Л.В.

## **Оглавление**

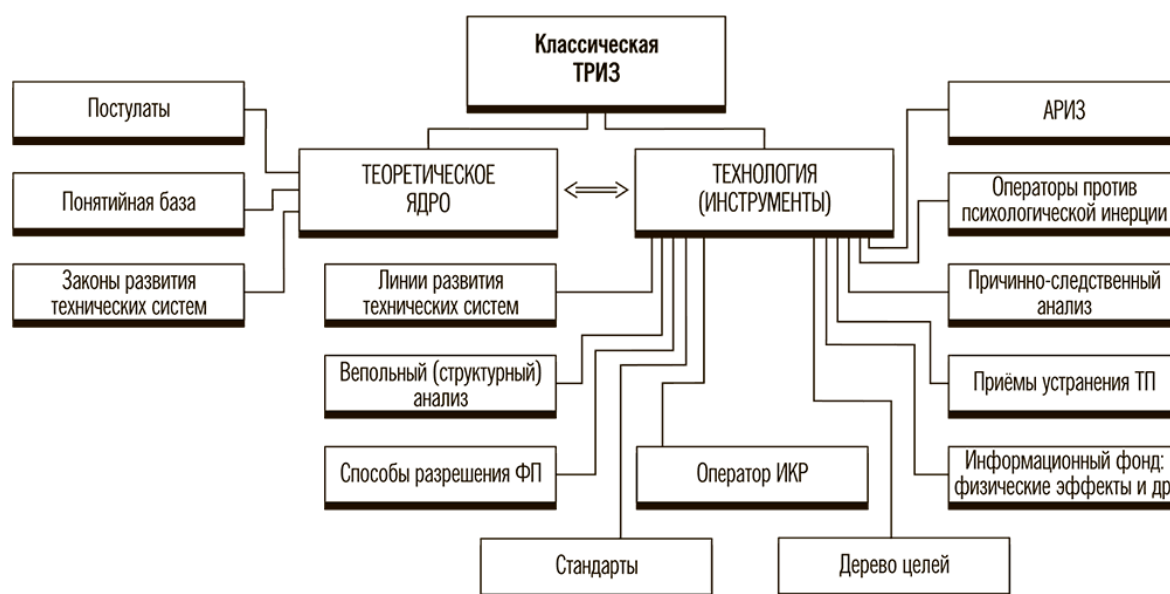
Введение.....	3
1. Эвристические методы активизации умственной деятельности .....	4
Надсистемы.....	4
Системный подход .....	5
2. Законы развития технических систем.....	8
3. Методы разрешения противоречий в технических системах.....	10
Изобретательские ситуации для самостоятельной работы.....	15

## Введение

Теория решения изобретательских задач возникла в конце 40-х — начале 50-х годов в СССР. Её основоположником стал специалист инспекции по изобретательству Каспийской военной флотилии Генрих Альтшуллер.

Важнейшим источником теории стали патенты. Их анализ помог выявить основные направления развития техники, а также создать ряд интеллектуальных инструментов изобретателя, например приёмы устранения технических противоречий.

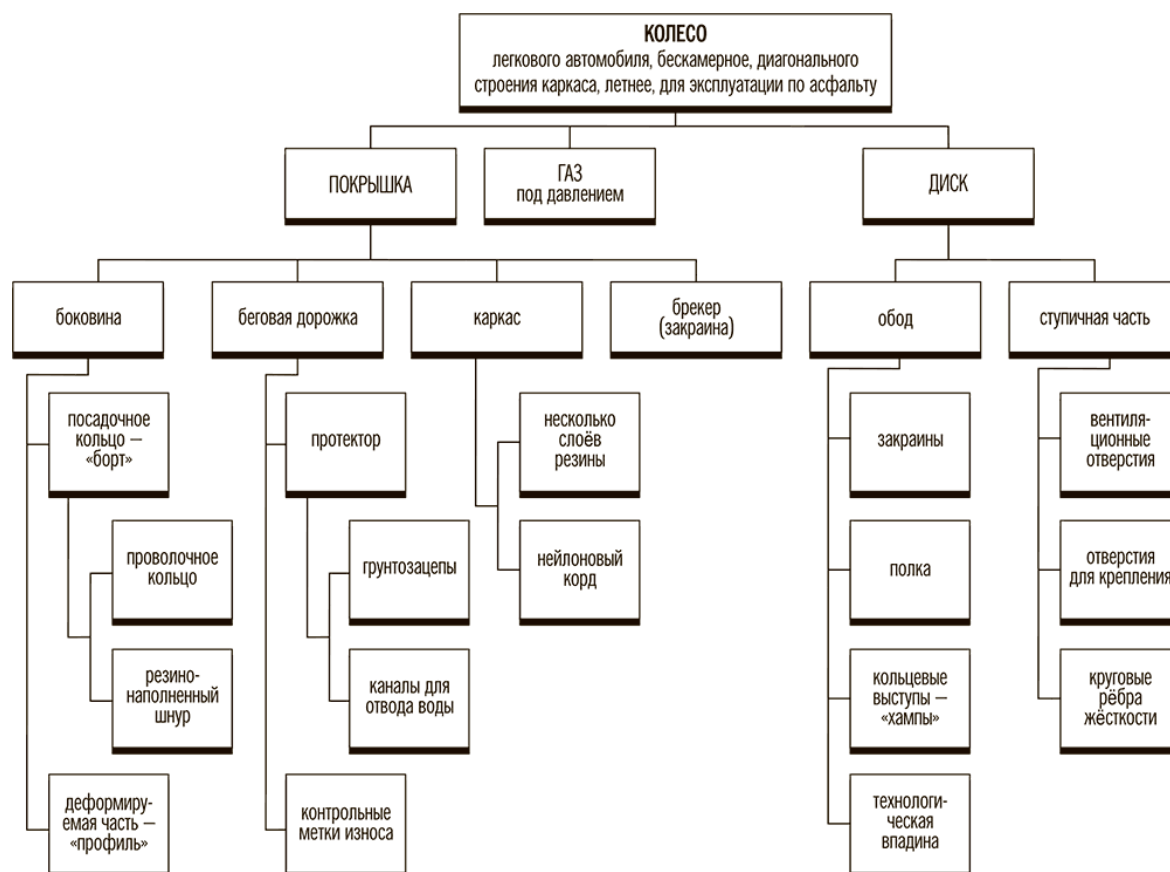
Другим источником новой теории стала история техники. Г. Альтшуллер и его ученики изучили историю создания таких технических систем, как мельница (устройство для измельчения зерна), корабль (устройство для передвижения по поверхности воды), печатный станок (устройство для нанесения изображения на бумагу), и многих других. В результате оказалось, что все эти системы прошли одни и те же этапы развития. Возникло предположение, что и другие системы должны проходить те же этапы. А значит, в самых общих чертах можно предсказывать, как будет развиваться новая область техники. История техники до сих пор является не только подсказкой для формирования системы законов развития техники, но и информационной базой для их проверки.



## 1. Эвристические методы активизации умственной деятельности

Как правило, ТС рассматривается не абстрактно, а в контексте какой-либо задачи.

Например, необходимо удешевить автомобильное колесо, не ухудшая его потребительских качеств. Колесо автомобиля, как и любая ТС, имеет части. Можно выделить эти части и представить колесо в виде структурной схемы



**Структурная схема — это схема, показывающая связи между подсистемами ТС.**

Любые части (элементы) ТС в ТРИЗ называются подсистемами. Зачем нужно «вычислять» подсистемы, делать структурную схему? Дело в том, что все свойства ТС определяются её подсистемами и взаимодействием между ними. Структурная схема позволяет тщательно разобраться в устройстве и свойствах ТС, найти неиспользованные резервы совершенствования, ресурсы развития ТС.

Подсистема — часть ТС, имеющая значение для решения задачи. Элемент — подсистема ТС, условно считающаяся неделимой в рамках конкретной задачи.

**Надсистемы**

В то же время каждая ТС является частью какой-то бóльшей системы. Эта бóльшая система, в которую рассматриваемая ТС входит в качестве подсистемы, в ТРИЗ называется надсистемой.

Так, кухонная плита является подсистемой кухни, а сама кухня — подсистемой квартиры. Кухня — надсистема для плиты. Квартира — надсистема для кухни.

Для каждой ТС можно найти много надсистем. Выбор надсистемы зависит от задачи, в рамках которой рассматривается система. Если решается задача о продаже кухонных плит, то в качестве одной из надсистем логично рассматривать торговый зал магазина, в котором их продают.

А что следует выбрать в качестве надсистем для вышеупомянутого автомобильного колеса в контексте задачи по его удешевлению? Это системы производства колёс и составляющих материалов. Если рассматривать не только удешевление производства колеса, а снижение его стоимости для потребителя, то в качестве надсистем следует также рассматривать и склады для хранения колёс, систему перевозок и рынок их сбыта, системы ремонта и утилизации.

**Надсистема — система, в которую рассматриваемая ТС входит как часть.**

### **Системный подход**

Системный подход предполагает выявление совокупности подсистем и надсистем рассматриваемой ТС и учёт их взаимодействия в разных условиях и на разных этапах существования ТС.

Так, проектируя автомобиль, необходимо рассмотреть его функционирование в разных надсистемах. Это дорога (с учётом разного вида дорог, разного их состояния, разной скорости автомобиля и режимов его работы), ремонтная мастерская, гараж, город и общество в целом с его проблемами (например, угон автомобилей). Водителя с пассажирами и грузом также можно рассматривать в единой надсистеме с автомобилем. Способ открывания дверей влияет на возможности парковки. Регулировка положения руля обеспечивает комфорт водителям разного роста. Имеют специфику и разные этапы жизни автомобиля: проектирование, производство подсистем, сборка, испытание, функционирование, обслуживание и ремонт, утилизация.

Всё связано со всем... Системность подхода выступает как синоним полноты, всесторонности.

Системный подход помогает найти:

1) Проблемы, связанные с несовершенством тех или иных подсистем или надсистем рассматриваемой ТС, случаи рассогласования взаимодействия подсистем ТС между собой или ТС и её надсистем.

Колесо автомобиля хорошо выполняет функции на сухом асфальте. Но если на высокой скорости колесо попадёт на мокрую поверхность, может начаться скольжение, и управляемость автомобиля резко снизится.

Военный самолёт-истребитель предназначен для ведения воздушного боя. Один из элементов, существующих в этом пространстве, — зажигательная пуля. Если она попадёт в неполный топливный бак самолёта — произойдёт взрыв, взорвутся пары топлива. Конечно, можно сделать бронированный бак. Но это противоречит требованиям надсистемы — самолёт станет слишком тяжёлым.

2) Ресурсы для решения найденных проблем.

В старые времена случилась такая история : корабль потерял управление и много дней блуждал по морю, пока не встретился с другим судном. С мачты потерявшего курс корабля был подан сигнал «Мы умираем от жажды!». Тотчас со встречного корабля ответили: «Опустите ведро за борт». И снова бедствующий корабль повторяет свой сигнал и получает тот же ответ. Тогда капитан внял совету и приказал опустить ведро. Когда его подняли, оно было наполнено пресной водой. Оказалось, в этом месте воду опреснял сток реки Амазонки, чьё влияние сказывается на расстоянии до 300 морских миль от устья.

Как сделать, чтобы пары бензина в бензобаке не взрывались при попадании пули? Для этого нужно заполнить свободный объём в баке негорючим газом — углекислым или азотом. Но баллоны с газом уменьшат свободное пространство и полезную нагрузку. Хорошее решение нашли, когда догадались заполнять свободный от горючего объём бака охлаждёнными выхлопными газами двигателей самого самолёта, то есть практически той же смесью углекислого газа и азота, не поддерживающей горение.

## 1. Существует ли чёткая методика деления ТС на подсистемы?

— Технические системы делят на части относительно произвольно. Иногда достаточно поверхностного деления, которое потом несколько раз уточняют в зависимости от цели задачи.

2. Всегда ли ресурсы, нужные для решения задачи, можно отыскать внутри ТС (среди её подсистем) или в ближайших надсистемах?

— Нет. Если внутренние или ближайшие ресурсы не обнаруживаются, то для решения привлекают внешние ресурсы.

## Задания для самостоятельного выполнения

### Задание 1

1. Перечислите подсистемы крепёжного устройства «винт с гайкой».
2. Перечислите основные подсистемы самолёта. Составьте его структурную схему.
3. Перечислите надсистемы самолёта в различные периоды его жизненного цикла: разработка нового самолёта, испытания, хранение, взлёт, полёт и посадка.

### Задание 2

Дана изобретательская ситуация: «После праздника несколько надувных шариков оказалось под потолком конференц-зала гостиницы. К началу следующего мероприятия шарики нужно убрать. Но лестницу подходящей длины взять негде. Использовать пожарную машину с длинной лестницей нежелательно — машина не попадёт в зал, кроме того, её приезд может потревожить постояльцев гостиницы. Что делать?»

### Задание 3

Человек, который собирает в лесу ягоды, вынужден наклоняться за каждой ягодкой. Это может привести к повышению внутричерепного давления. Какие изобретательские задачи вы можете предложить для решения в рамках этой изобретательской ситуации?

### Задание 4

Постройте причинно-следственные цепочки для описанных ниже ИС. Цепочки постройте как внутри системы, так и в надсистему.

Изобретательские ситуации:

- Если не закрывать бутылочку с лаком для ногтей, то лак быстро густеет. Наносить его становится неудобно.
- При интенсивной работе мобильного телефона быстро заканчивается заряд аккумулятора.
- При закрывании двери раздаётся скрип.

- Растения, украшающие холл больницы, сами выглядят нездоровыми: листья пожелтели и частично осыпались. Это плохо влияет на настроение пациентов.

## 2. Законы развития технических систем

Каждая ТС создаётся для выполнения своей главной функции (ГФ).

**Главная функция — функция, ради выполнения которой создаётся техническая система.**

Полная формулировка ГФ включает две части. Первая часть показывает главную цель, ради которой создана и обычно используется потребителем данная ТС, — это её предназначение. Она отвечает на вопрос «Что делает система?» с позиции потребителя. Вторая часть показывает конкретный способ действия данной ТС — это техническая функция. Она отвечает на вопрос «Как система это делает?».

Полная формулировка ГФ объединяет предназначение и техническую функцию.

**ГФ = Предназначение + Техническая функция.**

Рассмотрим несколько примеров формулирования ГФ.

ТС	Предназначение	Техническая функция	Полная формулировка ГФ
Стиральная машина барабанного типа	Удаляет грязь с ткани	Вращает ткань в моющем растворе	Удаляет грязь с ткани путём её вращения в моющем растворе
Лампа накаливания	Освещает тёмные поверхности	Излучает свет накаливаемой нитью	Освещает тёмные поверхности путём излучения света накаливаемой нитью
Фломастер	Оставляет след на твёрдой поверхности	Доставляет красящее вещество к поверхности по капиллярам	Оставляет след на твёрдой поверхности путём доставки красящего вещества к поверхности по капиллярам

Дополнительная функция

Сформулируем ГФ молотка: молоток изменяет форму, свойства, положение в пространстве объектов путём нанесения по ним ударов. Однако молоток может иметь и дополнительные функции.

**Дополнительная функция — это функция, выполнение которой придаёт новое потребительское качество объекту.**

Например, столярному молотку можно добавить ряд дополнительных функций: «выдираание гвоздей» с помощью специального устройства,



«хранение гвоздей» благодаря ёмкости в ручке. Такие дополнительные функции делают молоток более совершенным и удобным. Некоторые системы могут иметь огромное число дополнительных функций.

### Латентная функция

Техническая система далеко не всегда применяется по назначению. Так, например, молотком можно подпереть дверь или измерить расстояние. В этом случае молоток не выполняет ГФ, а используется для достижения других, ситуативно возникших целей. Достижение этих целей оказывается возможным потому, что технические системы имеют возможность выполнять не присущие им по предназначению функции. Такие функции называются латентными.

- Парус можно использовать как средство не только для создания тяги, но и для передачи информации (вспомните древнегреческий миф о царе Эгее, который по цвету паруса на возвращающемся с Крита корабле хотел заранее узнать о том, смог ли его сын Тезей победить Минотавра).
- Стул можно использовать не только для сидения, но и как возвышенность, позволяющую достать предмет с высоко расположенной полочки, или как спортивный тренажёр.
- Книгу можно не только читать, но и использовать для засушки листьев гербария.

Иногда решение изобретательской задачи сводится к нахождению необычного применения ТС.

Все рассмотренные выше функции (главная, дополнительная, латентная) имеют общее — они отражают возможности ТС удовлетворять запросы потребителя.

### Основная и вспомогательная функции

Свои функции имеют и отдельные части (элементы) ТС. Если функции отдельных частей ТС непосредственно помогают осуществлять главную функцию, то их называют основными. Основные функции выполняются в отношении того же объекта, что и главная функция.

Основные функции, осуществляемые подсистемами стиральной машины: переворачивание белья, смачивание белья.

Если функции подсистем ТС предназначены для обслуживания (обработки) других подсистем ТС, то такие функции называются вспомогательными.

Вспомогательные функции стиральной машины: перемещение барабана стиральной машины (электродвигателем), фиксация люка защёлкой во время работы.

Вопросы для обсуждения

1. Всегда ли развитие идёт от простейшего технического объекта к полной ТС?
2. Приведите пример развитой ТС со всеми основными функциональными блоками.
3. Технические системы, выполняющие функции измерения или обнаружения, например микроскоп, имеют те же функциональные блоки?
4. Можно ли считать развитыми ТС, работающие как статические конструкции, например телевизионную антенну или здание?

**Задания для самостоятельного выполнения**

### **Упражнение 1**

Сформулируйте ГФ для следующих технических систем:

- шариковая ручка;
- колесо телеги;
- броня танка;
- кулинарный молоток для отбивания мяса.

### **Упражнение 2**

1. Перечислите несколько возможных дополнительных функций ТС «шариковая ручка».
2. Найдите несколько возможных латентных функций ТС «воздушный шар».

## **3. Методы разрешения противоречий в технических системах**

Люди часто предъявляют комплексные требования к технической системе. Например, ТС должна быть надежна, проста в эксплуатации, легка, потреблять мало энергии. Мы хотим, чтобы автомобиль был быстрым, безопасным и потреблял мало бензина, чтобы корабль был максимально прочным и при этом лёгким, чтобы телефон был миниатюрным и с удобной клавиатурой.

Но выполнить всю совокупность таких требований непросто. Сделали новый двигатель мощнее — это хорошо, теперь автомобиль может двигаться с

большой скоростью! Но он стал потреблять больше топлива, а значит, стал менее экономичным. Изменили глушитель, ввели в него катализатор для нейтрализации газов — это хорошо, автомобиль стал более экологичным. Но при этом выросло сопротивление выхлопного тракта, а это плохо — снизилась мощность двигателя. Получается, что новые решения могут иметь и нежелательные последствия. Чтобы учесть это при решении изобретательских задач, в ТРИЗ изобретательскую ситуацию формулируют в виде технического противоречия.

**Техническое противоречие (ТП)** — модель описания ИС, в которой выделены желательные и нежелательные последствия конкретного изменения ТС.

- Делая корпус корабля более узким, снижаем затраты на трение и получаем высокую скорость хода. Но при этом снижается и остойчивость корабля, при волнении на море он может перевернуться. Делая корабль более широким, добьемся хорошей остойчивости, но снизится скорость хода.
- Уменьшая размер кнопок на панели мобильного телефона, делаем его максимально компактным. Но набирать номер станет неудобно. Увеличив размер кнопок, получаем возможность удобного набора номера, но для размещения таких кнопок потребуется большой корпус.
- Используя пароли, состоящие из нескольких десятков знаков, повышаем защиту компьютерных программ от взлома. Но такой пароль трудно запомнить. Короткий пароль легко запомнить, но легко и подделать.
- Используя более вместительные автобусы, уменьшаем количество автобусов на маршрутах и затраты на заработную плату водителей, но при этом увеличиваются время посадки и выхода пассажиров и интервалы движения. Используя небольшие автобусы, интервалы движения сокращаем, но затраты на заработную плату водителей возрастают.

Техническое противоречие можно отобразить следующей схемой :



Формулировка ИС в виде ТП имеет эвристический потенциал — она как бы отрезает пути поиска компромиссных, не идеальных решений, а также позволяет использовать инструмент «Приёмы устранения технических противоречий».

Приёмы устранения технических противоречий — это инструмент решения изобретательских задач, представляющий собой обобщённые рекомендации по устранению противоречий, основанные на систематизированном опыте изобретателей.

Для примера рассмотрим приём «Принцип перехода в другое измерение». Он предлагает:

- изменить направление ориентации (направление движения) объекта, например, наклонить объект или положить его «на бок»;
- использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;
- устранить трудности, связанные с размещением или движением объекта по линии, размещением (перемещением) объекта в двух измерениях (то есть на плоскости). Соответственно трудности, связанные с размещением или движением объекта в одной плоскости, устранить переходом к пространству трёх измерений.

Именно так: от контакта в точке к контакту по линии, развиваются рабочие органы технических систем. Эти изменения хорошо видны на примере эволюции средств для промышленной ловли рыбы. От крючка с наживкой (обработка в точке) к леске с укреплёнными на ней многочисленными крючками (обработка по линии). И далее — сеть (это уже обработка по

плоскости) и кошельковый невод, обеспечивающий захват всей рыбы, находящейся в объёме.

Примерно так же развиваются и рабочие органы станков — от обработки в одной точке у токарного станка до современной объёмной штамповки, позволяющей добиться высочайшей производительности.

Рассмотрим пример применения этого приёма.

На аэродроме авиационного завода скопилось много изготовленных, но ещё не принятых заказчиком самолётов. В связи с приближением осенней непогоды самолёты потребовалось обязательно укрыть в ангаре, но оказалось, что он может принять только две трети всех машин. На плане ангара проверяли различные варианты их размещения, но приемлемого решения не было. И всё-таки с помощью принципа перехода в другое измерение оно было найдено. Конечно, самолёты не стали подвешивать под крышу ангара, ставить вертикально или громоздить друг на друга. У самолётов просто сдули шины на одном из шасси. Все самолёты наклонились на одно крыло, и появилась возможность расположить их так, что крылья разных машин в плане совпали. Все самолёты поместились в ангаре.

Задания для самостоятельной работы

### Упражнение 1

Приведите примеры, иллюстрирующие данные приёмы устранения ТП:

Принцип дробления:

- а) разделить объект на независимые части;
- б) выполнить объект разборным;
- в) увеличить степень дробления объекта.

Принцип вынесения:

Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

В отличие от предыдущего приёма, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

Принцип местного качества:

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

Принцип объединения:

- а) объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- б) объединить во времени однородные или смежные операции.

10. Принцип предварительного действия:

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

15. Принцип динамичности:

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

Принцип проскока:

Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

22. Принцип «Обратить вред в пользу»:

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

26. Принцип копирования:

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

## Упражнение 2

1. К закону увеличения идеальности.

Первые океанские нефтеналивные суда (танкеры), построенные ещё в конце XIX века, имели водоизмещение от 3 тыс. тонн. С тех пор водоизмещение

танкеров неуклонно растёт: 1939 г. — «Эмиль Минье» — 30 тыс. т; 1956 г. — «Юнигерс Аполло» — 109 тыс. т; 1973 г. — «Глобтик Токио» — 550 тыс. т; 1980 г. — «Сиуайз Джаэнт» — 640 тыс. т.

Докажите, что эти данные не противоречат закону возрастания идеальности<sup>1</sup>

2. К закону полноты частей системы.

- Определите полноту частей кондиционера. Какие элементы выполняют функцию трансмиссии?
- Рассмотрите телевизор как систему, состоящую из двигателя, трансмиссии, рабочего органа и системы управления. Определите, какие подсистемы выполняют функцию каждого из функциональных блоков.

3. К закону энергетической проводимости.

- Рассмотрите систему «продовольственный магазин» и проследите в ней потоки следующих объектов: а) деньги, б) покупатели, в) молоко, г) живая рыба, д) вода, е) электричество.
- Определите основные потоки в системе «пассажирский вагон».
- Определите в системе «электродрель ручная» все энергетические и информационные потоки.

4. К закону согласования ритмики.

Как проявляется закон согласования ритмики в таких системах, как бритва, железнодорожное полотно, кинотеатр, велосипед, контрольная работа по математике?

## **Изобретательские ситуации для самостоятельной работы**

### **№ 1. Городские сады**

Современные города — это бетон и асфальт. Земля (площадь) в городах очень дорога, поэтому места для необходимых человеку зелёных насаждений всегда меньше, чем хотелось бы.

Сделайте предложения для архитекторов, как решить эту проблему.

### **№ 2. Антиантирадар**

Любители превышать скорость избегают столкновения с законом с помощью антирадаров. Если машина попадает в «поле зрения» полицейского радара, антирадар подаёт сигнал и нарушитель резко притормаживает.

Как, не запрещая антирадаров законом, повысить эффективность действий против лихачей?

### **№ 3. Светофоры для дальтоников**

Около 8 процентов мужчин — дальтоники, то есть не различают или плохо различают цвета. В большинстве стран таким людям не дают водительских прав. Причина в том, что эти люди не могут различать сигналов светофора. Предложите конструкцию светофора, которая решила бы эту проблему.

Проанализируйте достоинства и недостатки вашей конструкции.

Постройте дерево целей по внедрению вашей конструкции в жизнь.

### **№ 4. Фура под мостом**

На автостраде грузовая фура застряла под мостом. Скорость машины была большой, и она оказалась «вбита» под мост почти до середины. Своим ходом выбраться невозможно. Да и тросом вытянуть не получается. А груз — живые кони. Ситуация сложная: фура загородила проезд, образовалась «пробка», кони нервно бьют копытами.

Найдите выход в этой ситуации.

### **№ 5. Старинные часы**

В одном из музеев установлены старинные часы, которые ходят без подзаводки уже почти два столетия.

Как это удалось? Предложите максимум вариантов решения задачи.

### **№ 6. Испытание давлением**

В лаборатории испытывают надувные камеры, которые должны выдерживать высокое давление. Некоторые камеры на пике давления лопаются, при этом происходит перепад давлений, характерный для взрыва, что небезопасно.

Необходимо оставить испытания, но сделать их безопасными.

Как?

### **№ 7. Мини-плотины**

Геологи, которые ставили свои временные палаточные лагеря высоко в горах, далеко от дорог и жилья, брали с собой небольшие переносные турбины. Такие турбины умещаются в рюкзаках и легко устанавливаются в любом месте, на любой реке и дают электроэнергию для освещения. Но для эффективной работы даже такой маленькой турбины одного течения реки недостаточно — лучше, если вода падает на лопасти турбины сверху, то есть нужна плотина. Однако времени для её возведения у геологов нет, да и плотина нужна временная.

Как быть?



### **№ 8. Как спрятать озеро?**

Птицы являются источником постоянных хлопот для персонала аэропортов — их необходимо отгонять от зон, в которых проходит посадка или взлёт самолётов. В частности, мешают водоплавающие птицы, которые могут селиться на небольших озёрцах и болотцах вокруг аэропортов. Осушать эти водоёмы дорого. Добавлять в воду ядохимикаты неприемлемо — это удар по окружающей среде. Как же «объяснить» уткам и гусям, что в некоторых водоёмах селиться не надо?

Постойте причинно-следственную цепочку НЭ для этой ИС.

Какое можно найти решение?

### **№ 9. Ледовая хватка**

Российские учёные, изучающие Арктику, организуют палаточные городки на дрейфующих льдинах. Однажды возникла необходимость срочно эвакуировать учёных. Для этого решили послать специальный самолёт, который садится не на колёса, а на лыжи. Но опытный полярный пилот сообщил о довольно неприятной ситуации — во время посадки лыжа сильно нагревается из-за трения и после остановки самолёта может примёрзнуть к поверхности. Если под лыжей снег, это не так страшно. Но в этот раз посадка будет на чистый лёд, а значит, пока самолёт будет загружаться, лыжи примёрзнут, и самолёт не сможет взлететь. Обычно через некоторое время после посадки лыжу освобождают от ледового плена, но в данном случае на такую операцию времени не будет.

Как же быть?

### **№ 10. Испытания в агрессивной жидкости**

В лаборатории возникла необходимость испытать подшипники в агрессивной жидкости. Чтобы они были в контакте со «свежей», то есть ещё не прореагировавшей, жидкостью, их решили вращать полностью погружёнными. При этом ёмкость для испытаний должна быть герметично закрыта. Сделали установку, чтобы передавать вращение валом, проведённым через отверстие с уплотнением в стенке. Но оказалось, уплотнение быстро теряет герметичность. Можно, конечно, сделать уплотнение из специальных материалов, — но это дорого, да и не быстро. Как усовершенствовать установку для испытания подшипников?