

**Алгоритм (Road Map)
типового проекта по
совершенствованию
технической системы
(повышению степени
идеальности, Value)**

Логика выполнения типового проекта по совершенствованию ТС

Объект (ТС) и
цель
совершенствов
ания

Предварительные концептуальные
направления верхнего уровня

Аналитический этап

Сбор и
систематизация
информации о ТС

Выявление
недостатков ТС,
препятствующих
достижению цели
совершенствования

Определение и
ранжирование
ключевых
недостатков

Формулирование
ключевых проблем

Ранжирование и отбор
концепций

Разработка концепций
реализации идей

Выработка и
ранжирование идей
устранения ключевых
проблем

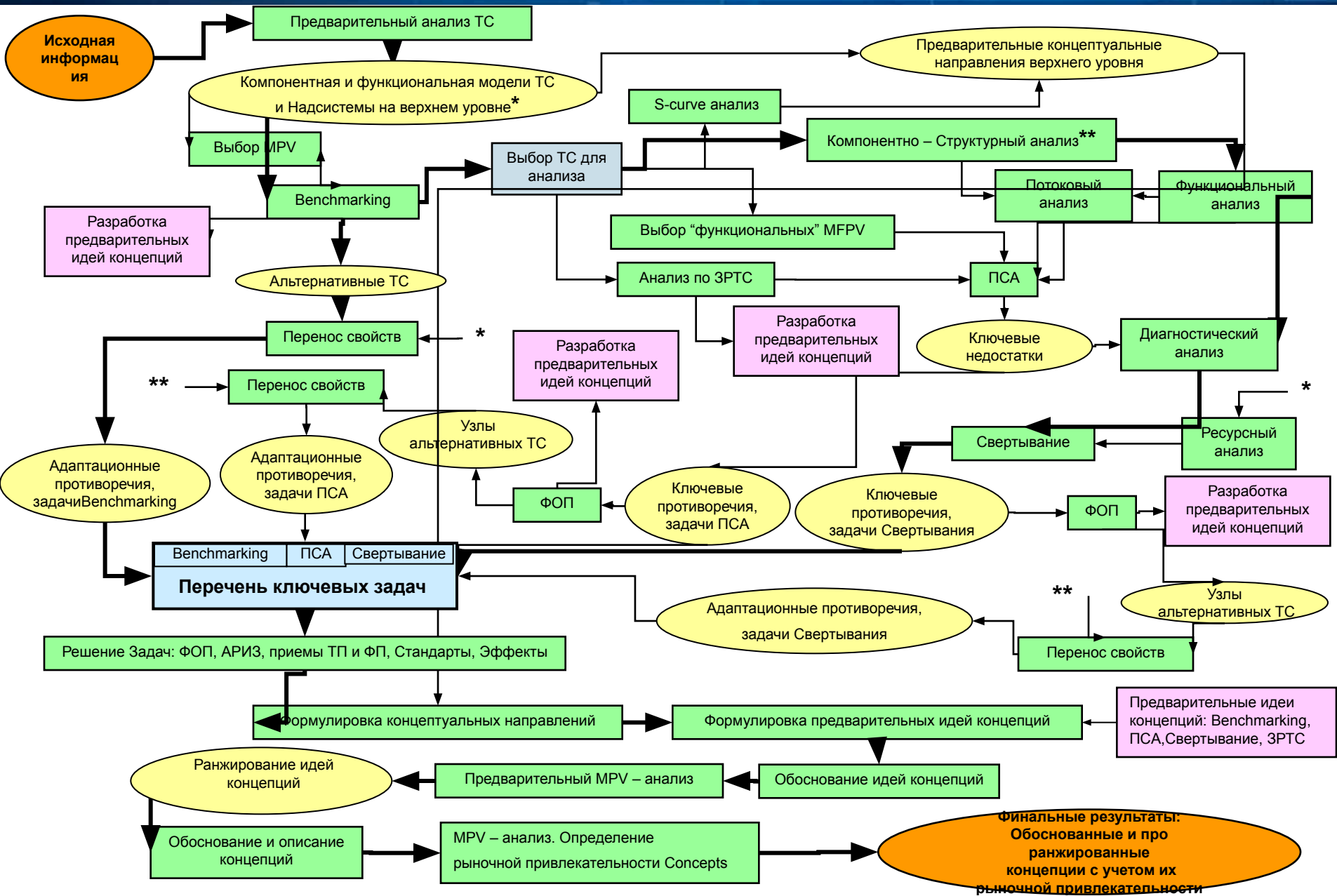
Определение основных
направлений
устранения ключевых
проблем

Концептуальный этап

Концепции на
верификацию



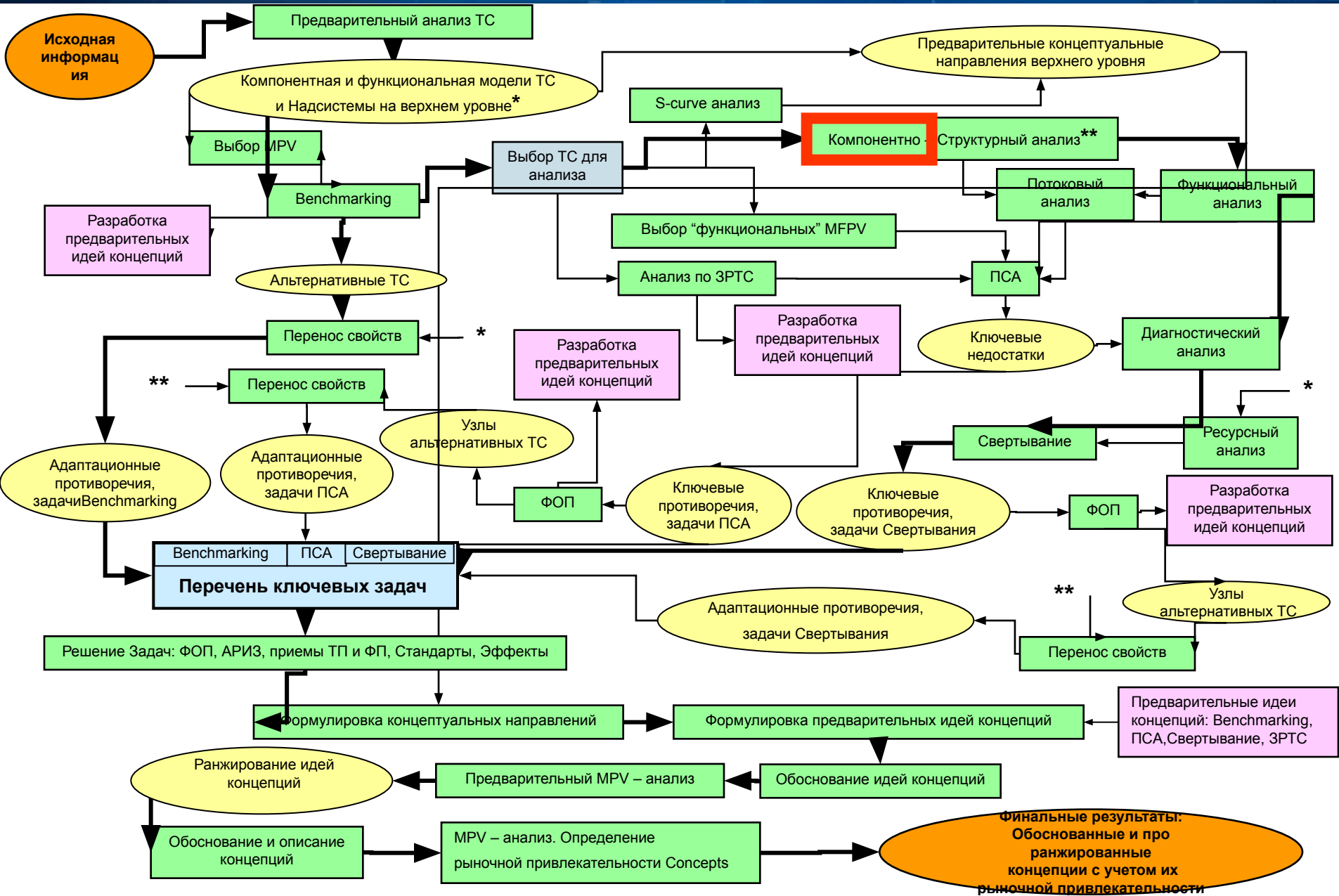
Полная схема алгоритма выполнения типового проекта





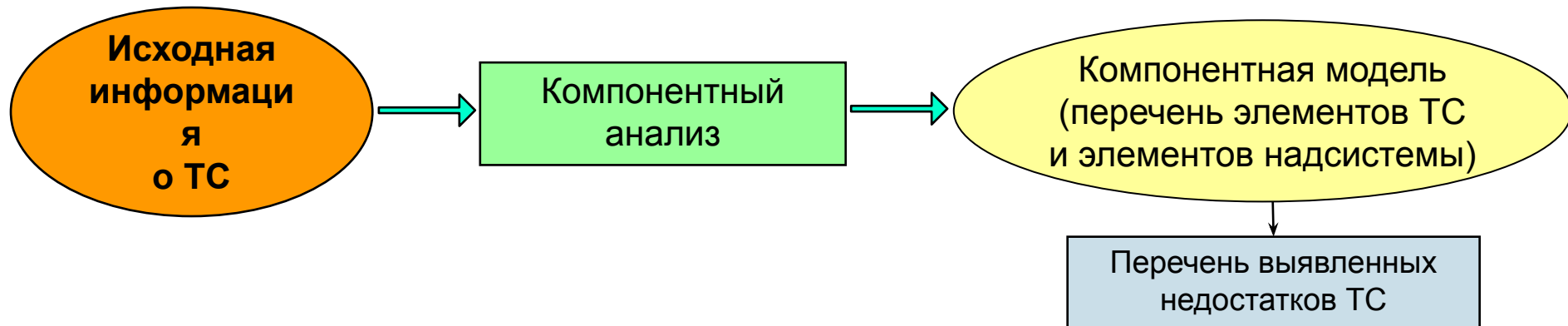
Компонентный Анализ

Road Map типового проекта по повышению Value



□ Определение

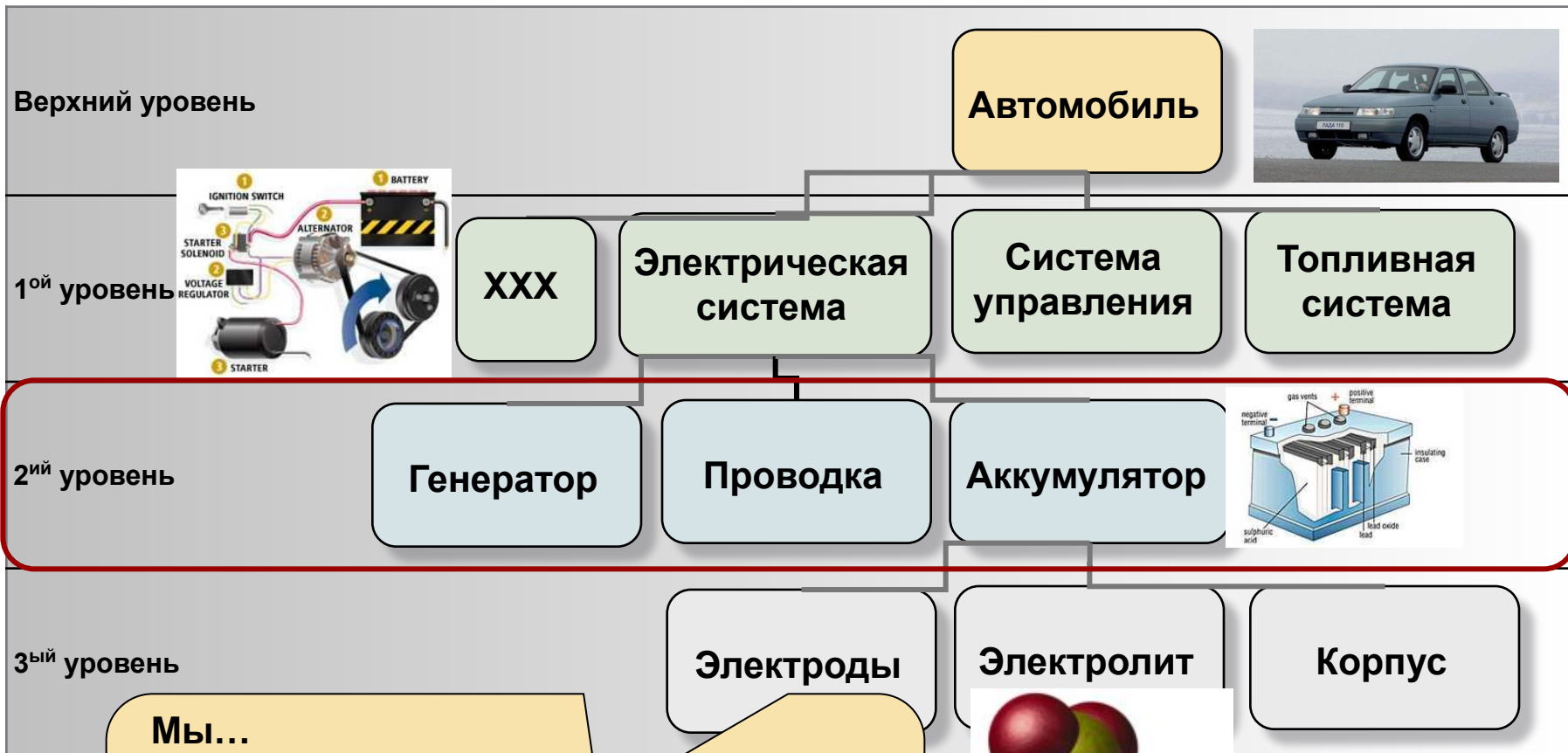
- **Компонентный анализ** - это анализ технической системы, основанный на выявлении частей (компонентов) из которых она состоит.



Основные термины

- **Компонент** – Материальный объект (вещество, поле или сочетание вещества и поля) , являющийся частью Технической системы или Надсистемы.
- **Техническая система** – система, предназначенная для выполнения некоторой функций.
- **Поле** – объект, не имеющий массы покоя. Через поле передается взаимодействие между Веществами.
- **Вещество** – объект с массой покоя.
- **Надсистема** – Система, которая содержит анализируемую Техническую систему как Компонент.

Компонентный анализ

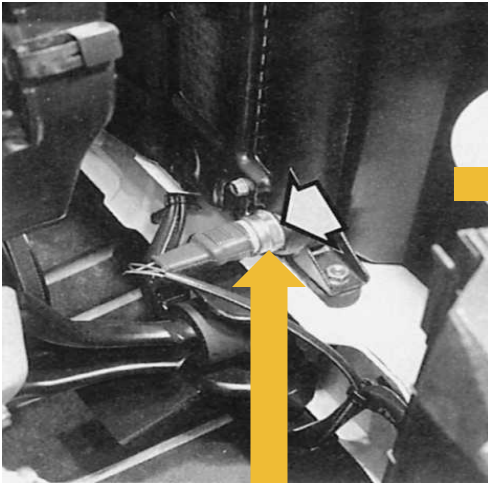


Мы...

- Создаем иерархию компонентов
- Выбираем иерархический уровень
- Выявляем компоненты, находящиеся на выбранном иерархическом уровне



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Датчик устанавливается на радиаторе автомобиля. При повышении температуры воды в радиаторе корпус датчика нагревается. При определенном значении температуры биметаллическая пластинка внутри датчика изменяет свою кривизну, приводит в движение толкатель, который давит на латунную пластину и вызывает замыкание цепи через контакты. В результате включается вентилятор и начинает охлаждать воду в радиаторе.

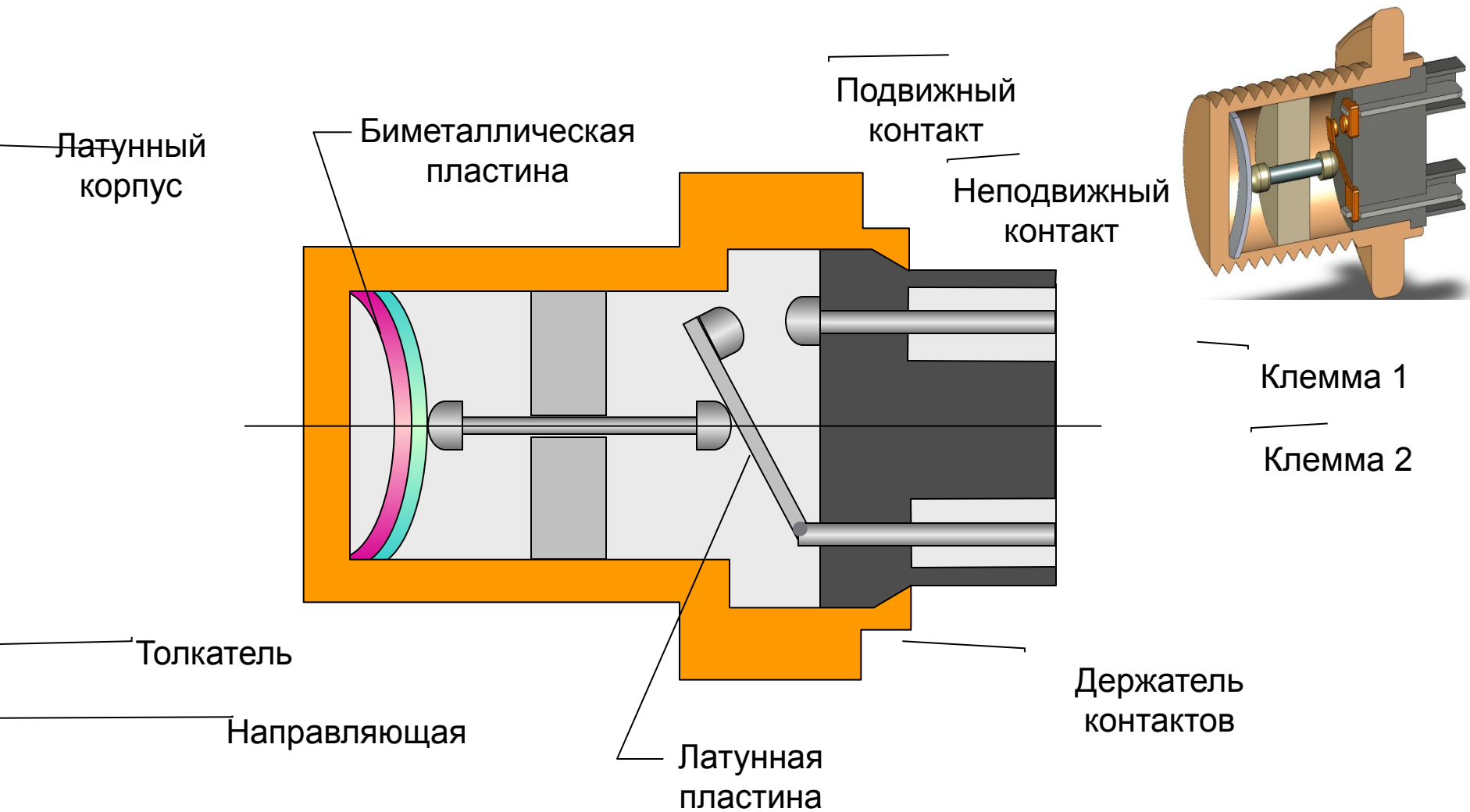
Через 15 тыс. км пробега автомобиля датчик начинает срабатывать при уже кипящей охлаждающей жидкости, что недопустимо.

Задача:

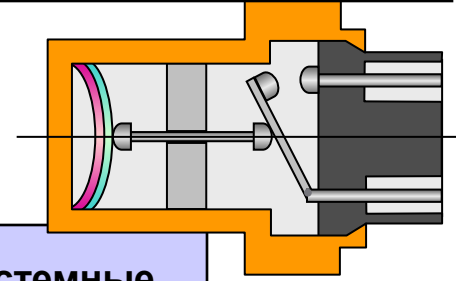
Как повысить работоспособность датчика?



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



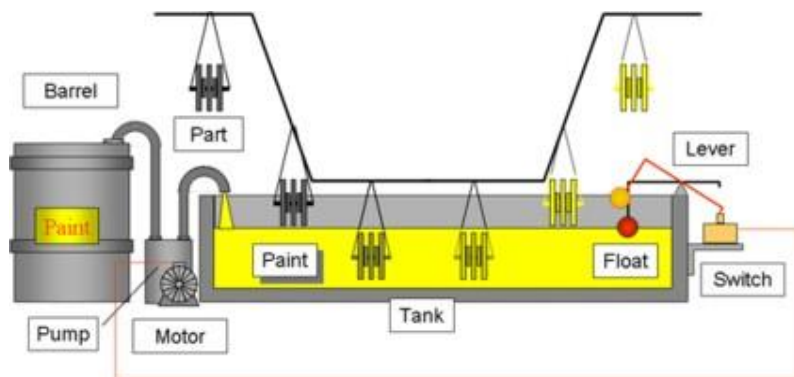
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Компонентная модель датчика

Техническая система	Главная функция	Компоненты	Надсистемные компоненты
Датчик включения вентилятора	Коммутировать электрический ток	<ul style="list-style-type: none">Латунный корпусБиметаллическая пластинаНаправляющаяТолкательДержатель контактовНеподвижный контактПодвижный контактЛатунная пластинкаКлемма 1Клемма 2	<ul style="list-style-type: none">ТокРадиаторОхлаждающая жидкость

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну



Система подает краску в ванну, в которой осуществляется окраска деталей. Система должна поддерживать требуемый уровень краски в ванне. Достигается это следующим образом: на поверхности краски расположен (плавает) поплавков. Поплавок приводит в движение рычаг, который связан с переключателем. Переключатель запускает мотор, который управляет насосом, подающим краску в ванну.

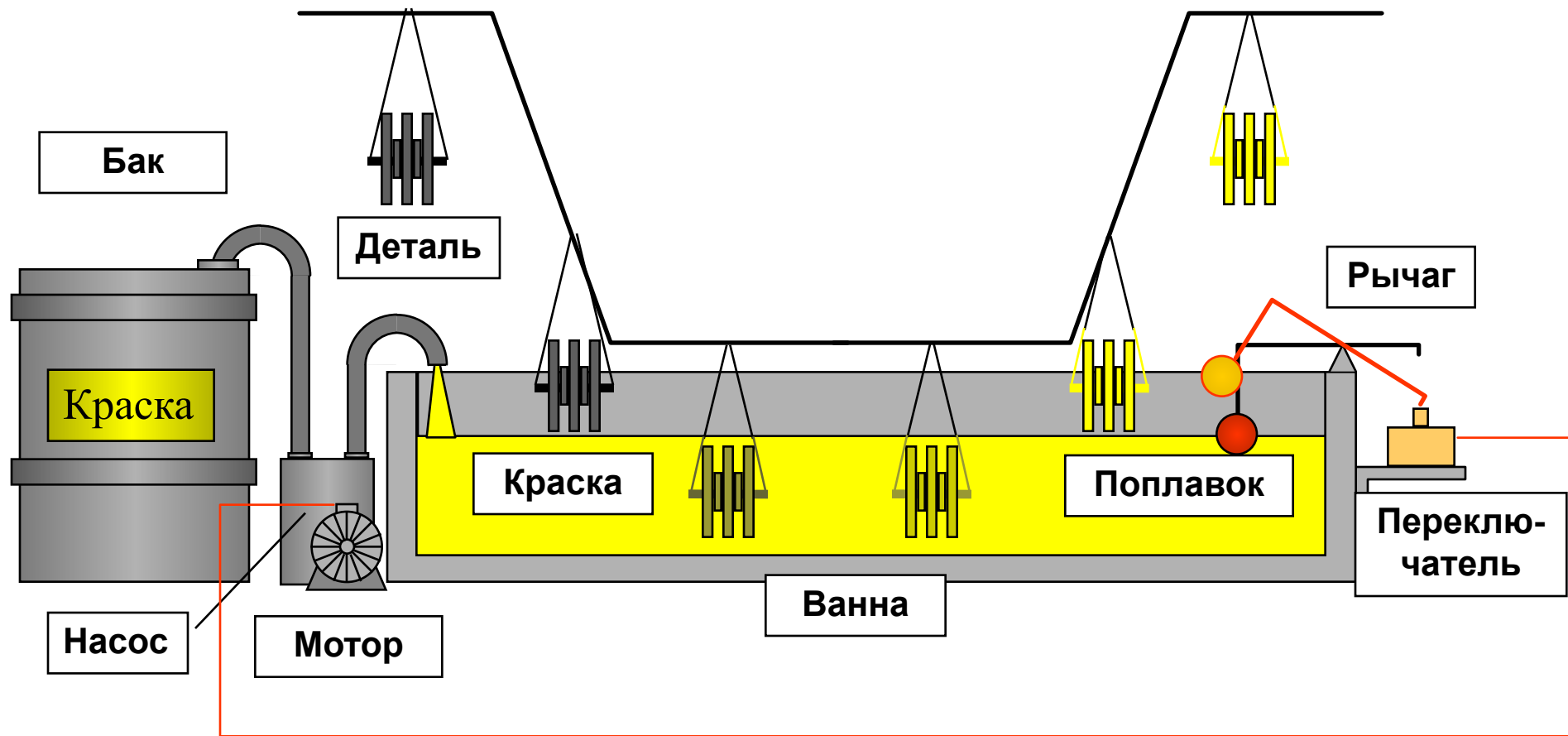
По мере наполнения ванны, поплавок поднимается, перемещая соответственно и рычаг. Рычаг воздействует на переключатель, останавливается мотор и прекращает работу насос, вследствие чего подача краски в ванну прекращается.

Со временем, краска осаждается и застывает на поверхности поплавка. Поплавок становится тяжелее и не реагирует на подъем уровня краски в ванне, что приводит к переливу краски через края ванны.

Альтернативные подходы, такие как электронные датчики, лазерные датчики и пр. неприемлемы вследствие их дороговизны и сложностей обслуживания. Для улучшения системы нужен инновационный подход.

Компонентный анализ

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Компонентная модель

Техническая система	Компоненты	Компоненты Надсистемы
Система подачи краски в ванну	Поплавок Рычаг Переключатель Мотор Насос Бак	Краска Ванна Детали Воздух

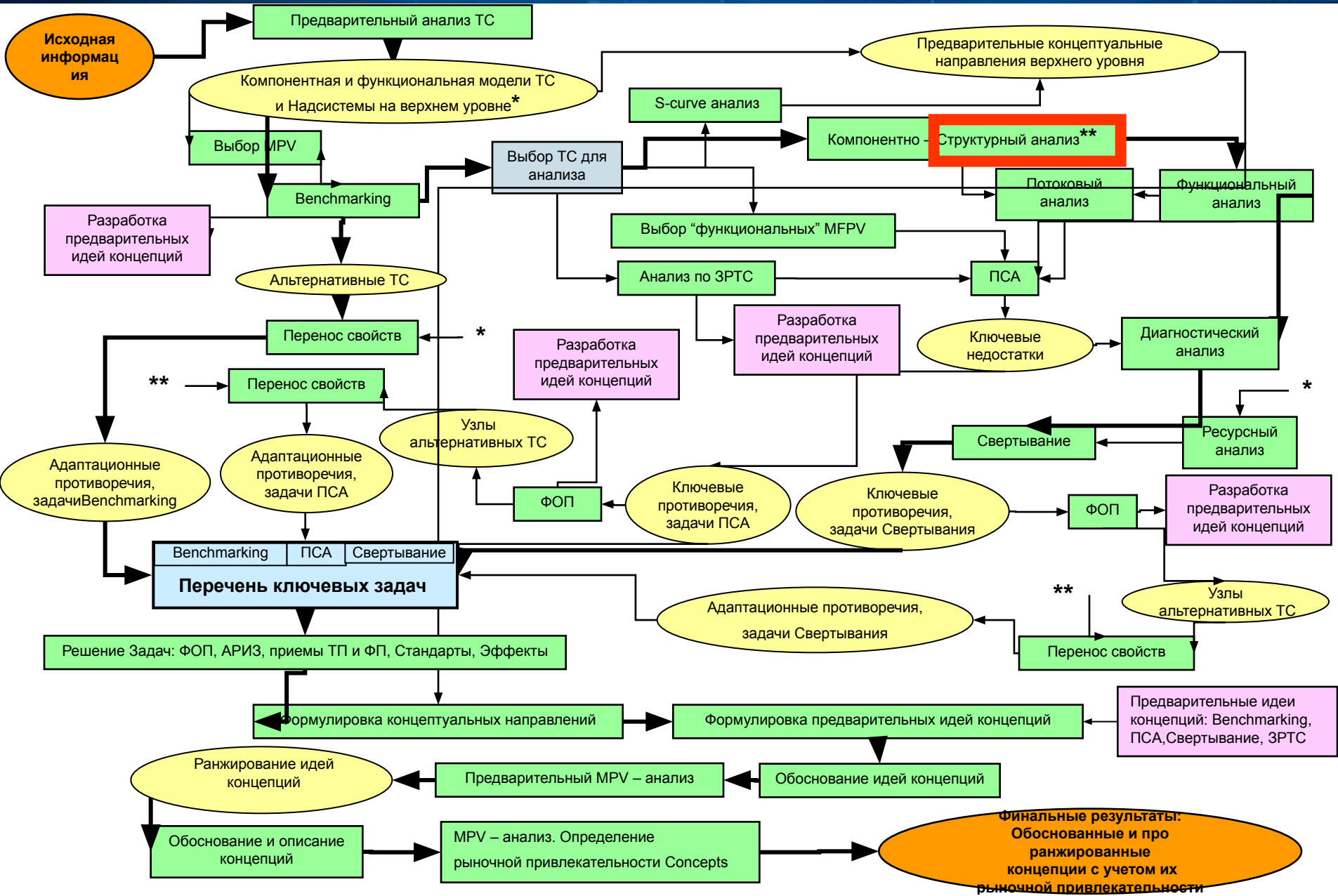
Результаты Компонентного Анализа

- Компонентная модель, включающая все выявленные компоненты Технической Системы и ее Надсистемы.
- Компонентная модель используется на последующих стадиях Функционального Анализа и при выполнении Поточкового Анализа.



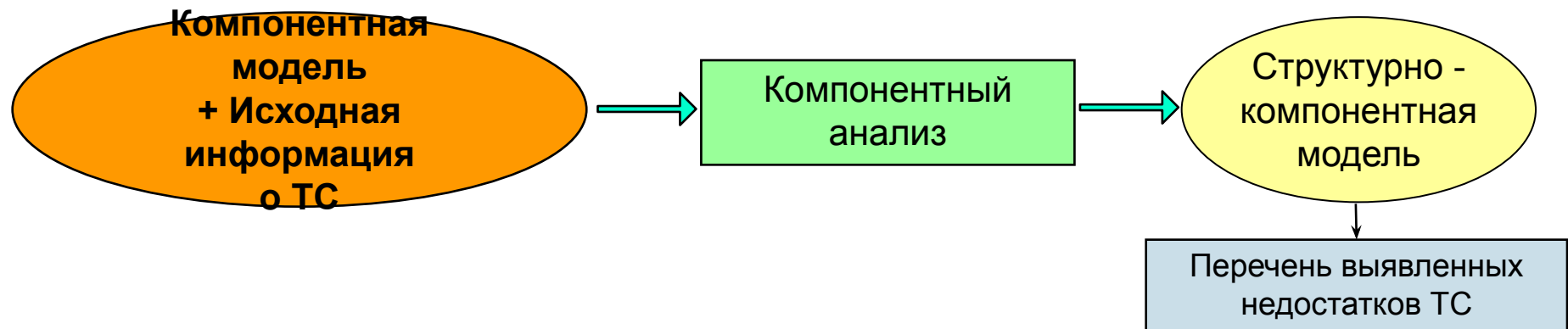
Структурный анализ

Road Map типового проекта по повышению Value



□ Определение

- **Структурный анализ** - это анализ технической системы, основанный на выявлении взаимодействий между компонентами самой системы и компонентами надсистемы.



Алгоритм построения Структурной модели (Матрицы Взаимодействий)

1. Запишите Компоненты в крайний левый столбец и в верхнюю строку Матрицы Взаимодействий так, чтобы они располагались в одном и том же порядке по вертикали и по горизонтали.
2. Заполните Матрицу Взаимодействий, двигаясь по каждой строчке по очереди слева направо. Каждая строчка соответствует одному элементу, поэтому при движении по ней последовательно проверьте, взаимодействует ли выбранный элемент с элементами в столбцах, и при наличии взаимодействия поставьте знак (+) в соответствующей клетке. При отсутствии взаимодействия поставьте знак (-).
3. Проверьте наличие диагональной симметрии Матрицы Взаимодействий.
4. Проверьте Матрицу Взаимодействий и удалите компоненты, которые не вовлечены во взаимодействия.

Матрица Взаимодействий

	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3	Компонент 4	Компонент 5
Компонент 1		-	+	-	-
Компонент 2	-		+	-	-
Компонент 3	+	+		+	+
Компонент 4	-	-	+		+
Компонент 5	-	-	+	+	

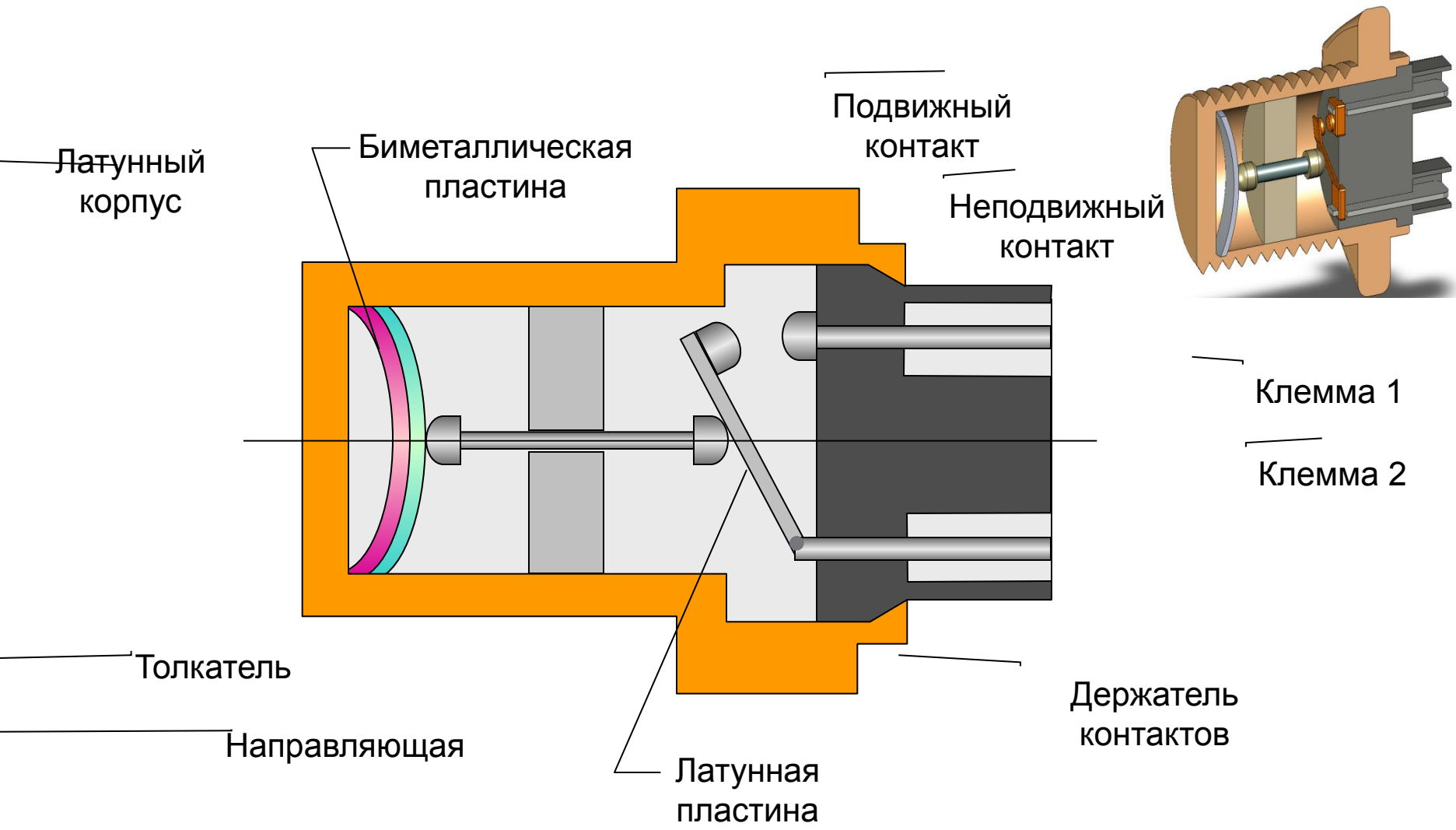
'+' означает взаимодействие между Компонентами 3 и 1

'-' означает отсутствие взаимодействия между Компонентами 4 и 2

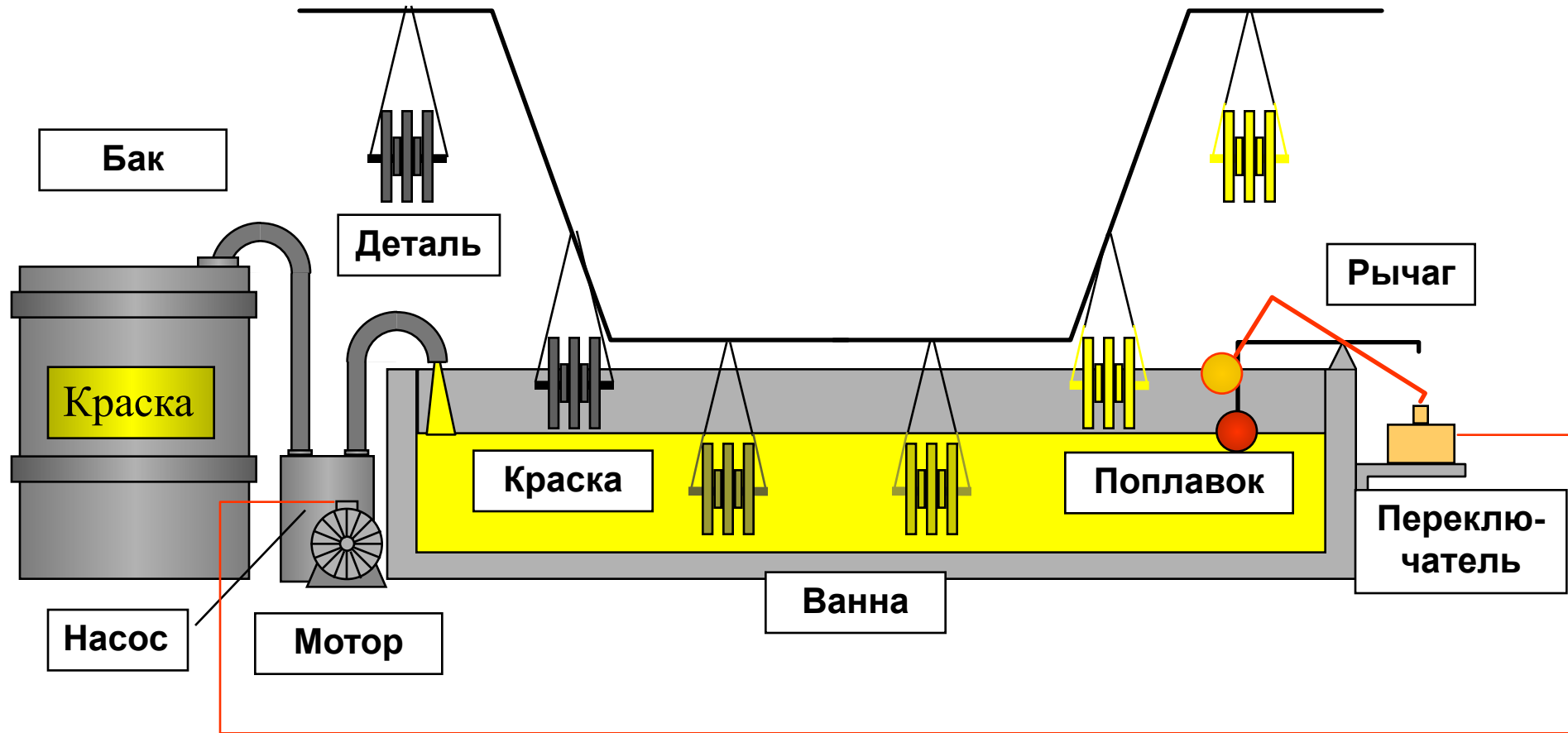


Структурный анализ

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну



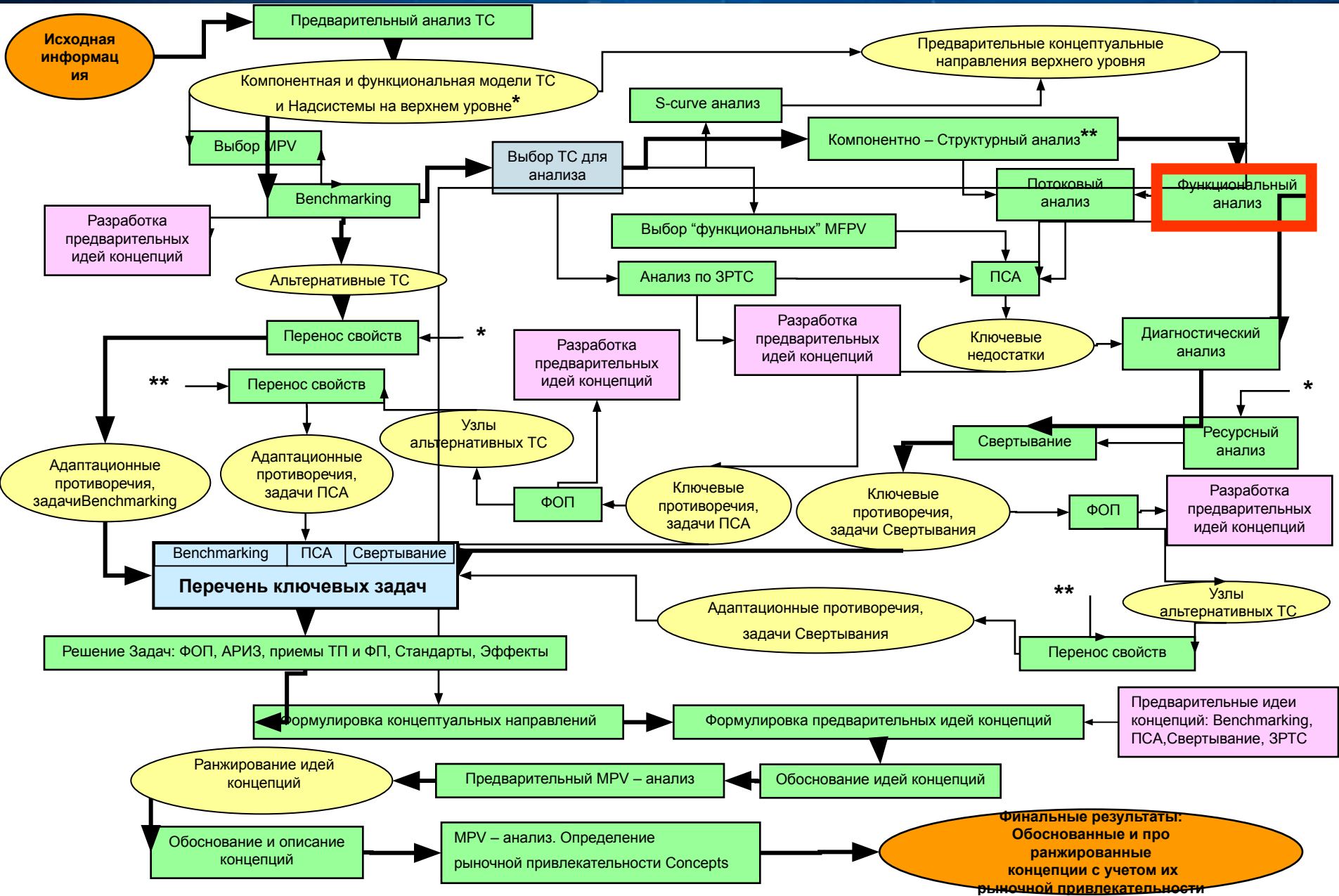
Результаты Структурного Анализа

- Структурная модель, включающая все связи между компонентами Технической Системы и ее Надсистемы.
- Структурная модель используется на последующих стадиях Функционального Анализа и при выполнении Поточкового Анализа.



Функциональный анализ

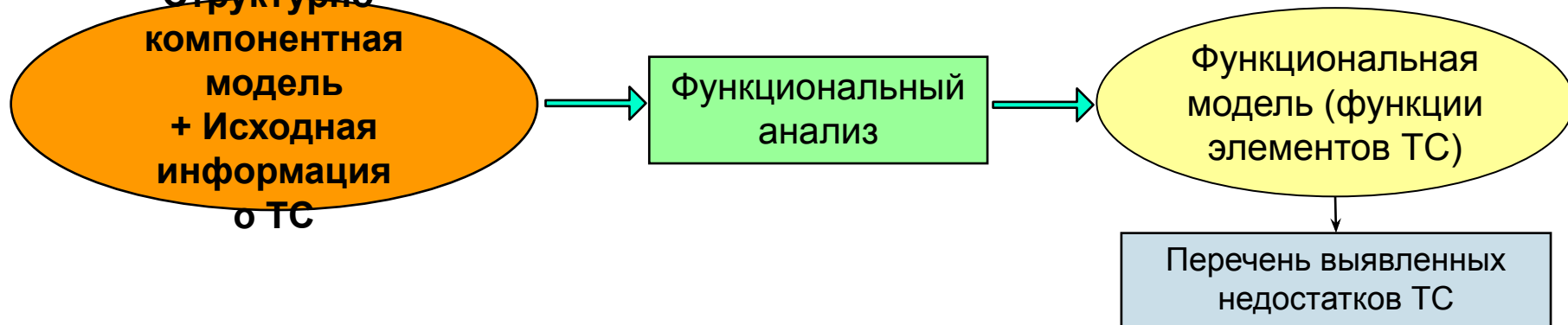
Road Map типового проекта по повышению Value



□ Определения

- **Функциональный анализ** - это анализ технической системы, основанный на выявлении и оценке функций всех элементов компонентной модели. Функции оцениваются по критериям полезности, относительной значимости, качества выполнения и уровня затрат на их выполнение.
- **Функциональное Моделирование** – это стадия Функционального Анализа, на которой строится Функциональная модель анализируемой Технической Системы и Надсистемы. Функциональная Модель содержит функции компонентов, их полезность и уровень выполнения.

Структурно-



Что такое Функция?

□ Действие, выполняемое одним материальным объектом с целью изменения или поддержания параметров другого материального объекта:

- Носитель функции.
- Объект функции.



Условия существования Функции

□ Функция имеет место, когда выполняются три условия:

- Носитель функции и ее Объект, являются Материальными Объектами.
- Носитель Функции взаимодействует с Объектом Функции.
- Параметры объекта Функции меняются (или поддерживается) в результате взаимодействия.

Ключевые термины

- **Функция** – **Действие**, выполняемое одним материальным объектом с целью **изменения или поддержания** параметров другого материального объекта.
- **Носитель Функции** – **Материальный Объект**, выполняющий Функцию.
- **Объект Функции** – **Материальный Объект**, параметры которого **меняются** в результате выполнения Функции.
- **Главная Функция** – Функция, для выполнения которой **предназначена** Техническая Система в целом.

Пример: Молоток и Гвоздь



Пример: Функция Открытой Двери



- Позволить людям проходить
- Не останавливать людей
- Смотреть на улицу
- Обеспечить открытый проход
- Нет никаких функций между открытой дверью и бегущим человеком, так как между ними нет взаимодействия

Пример: Ожидание автобуса



- Ждать автобус
- Тратить время
- Впадать в скуку
- Надеяться не опоздать
- Нет никаких функций между людьми и автобусом, так как между ними нет взаимодействия

Пример: Каска солдата

- ~~□ Защищать голову~~
- ~~□ Спасать солдата~~
- ~~□ Обеспечивать безопасность~~
- ~~□ Не дать пуле пройти сквозь шлем~~
- ~~□ Отклонять пулю~~
- ~~□ Останавливать пулю~~



Каска

Пример: Зубная щетка

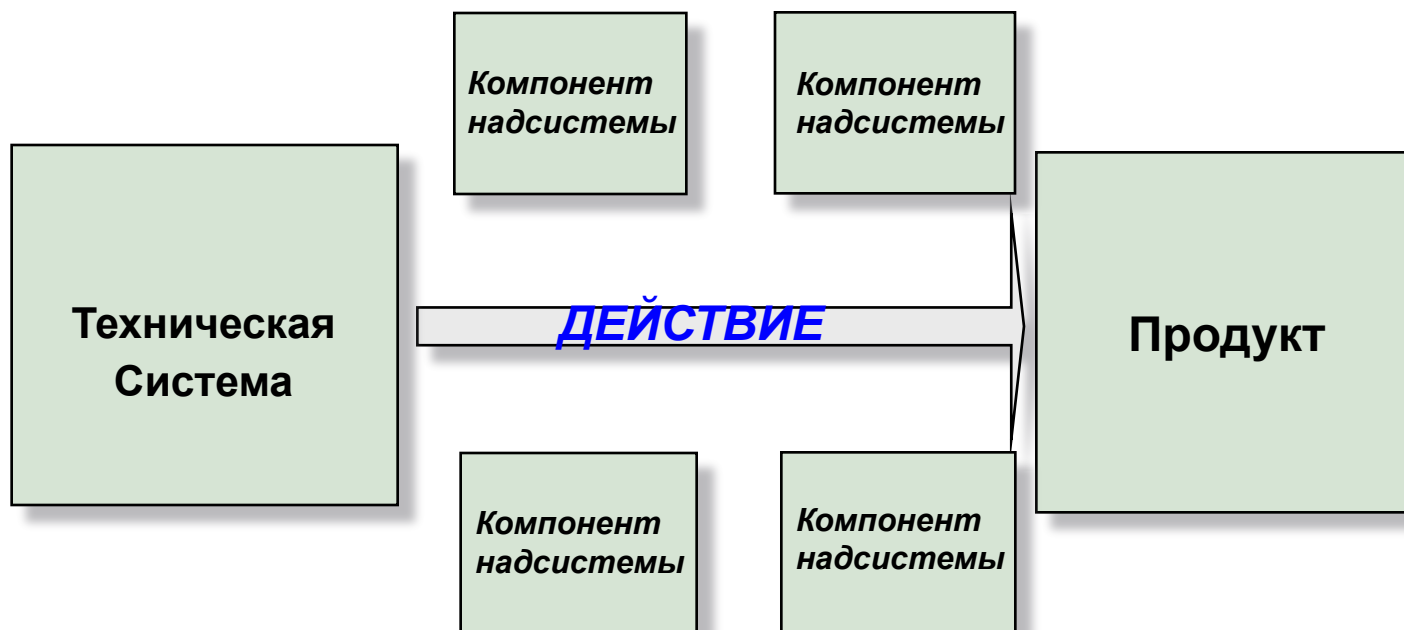
- Удалять налет (с зубов)
- Удалять пищу (с зубов)

- Чистить зубы
- Осветлять зубы
- Поддерживать зубы в чистом состоянии
- предотвратить образование дупел
- Поддерживать зубы здоровыми



Выявление продукта (объекта Главной Функции)

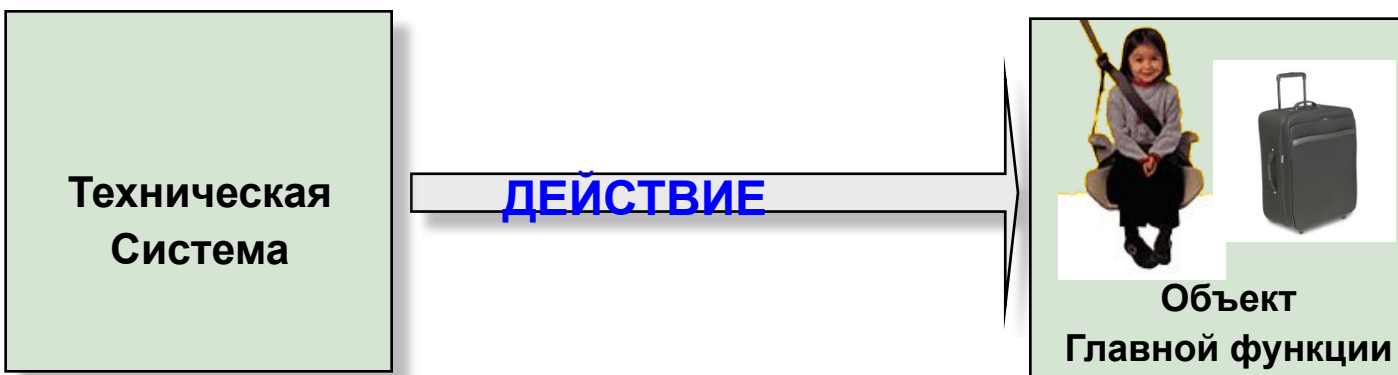
- Определить Главную Функцию Технической Системы.
- Найти Главный Продукт Технической Системы.
- Определить компоненты Надсистемы, которые затрагиваются при выполнении Главной Функции и параметры которых меняются в результате выполнения Главной Функции.



Выявление продукта

Пример – Автомобиль

- Главная Функция автомобиля – перемещать пассажиров и груз.
- Объектами действия автомобиля являются пассажиры и груз. Оба объекта являются компонентами Надсистемы.
- Изменяемым параметром объектов является их положения в пространстве, следовательно пассажиры и груз будут объектами Главной Функции автомобиля.



Категории Функций

□ Полезная Функция

- **Меняет параметры Объекта Функции в требуемом направлении**

□ Вредная Функция

- **Ухудшает параметры Объекта Функции**

Щетина зубной щетки – Полезная и Вредная функции

□ Полезные Функции

- Щетинки распределяют зубную пасту
- Щетинки извлекают остатки пищи

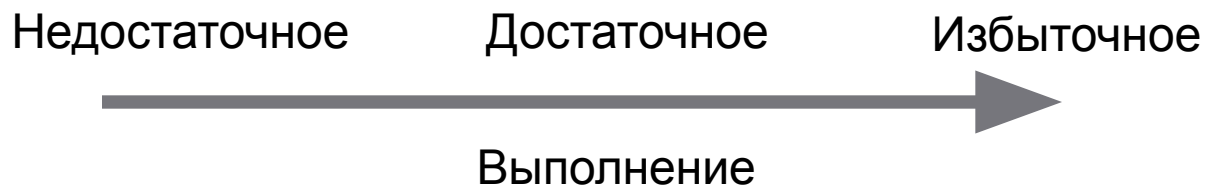
□ Вредная Функция

- Щетинки царапают десны и зубы



Уровень выполнения Полезных Функций

- Уровень выполнения полезной функции определяется разницей между “требуемым значением” и “фактическим значением” параметра.
- Уровень выполнения функции **Избыточный**, если фактическое параметра больше, чем требуемое.
- Уровень выполнения функции **Недостаточный**, если фактическое значение параметра меньше, чем требуемое.
- **Избыточный и Недостаточный** уровни выполнения функций являются **недостатками** Технической Системы.

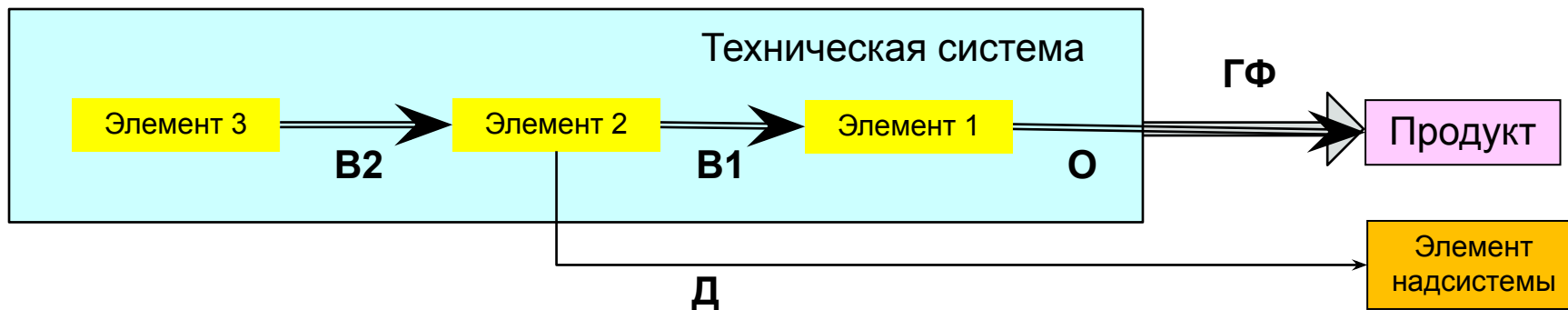


Ранжирование Полезных Функций

- **Ранг Функции** – Характеристика, **определяющая относительную значимость** полезной функции.
- **Ранжирование функций** проводится относительно **главной функции** технической системы.
- **Функции, которые близки к Продукту, более значительны и поэтому они ранжируются выше, чем те, которые далеки от Продукта.**
- **Ранжируются только полезные функции.**

Ранги функций:

- **Основная Функция (О)**– Полезная функция, выполняется элементом Технической системы и **направлена на Продукт** этой ТС.
- **Вспомогательные Функции (В)**– Полезные функции **компонентов** Технической системы, обеспечивающие выполнение **Основной Функции**.
 - **Вспомогательные функции** ранжируются по значимости относительно друг друга
- **Дополнительная Функция (Д)**– Полезная функция, **направленная на компонент Надсистемы**, который не является Продуктом.



Ранжирование Полезных Функций

□ Ранжирование Вспомогательных Функций:

- Если объект функции выполняет одну Основную Функцию, функции присваивается Ранг 1 – **O1**. Если выполняет 'n', то **On**.
- Если объект функции выполняет одну Вспомогательную Функцию, функции присваивается Ранг 1 – **B1**. Если выполняет 'n', то **Bn**.

Алгоритм построения Функциональной Модели

1. Укажите Компонент.
2. Выявите и укажите все Функции указанного компонента , используя Матрицу взаимодействий.
3. Определите и укажите Ранги Функций.
4. Определите и укажите Уровни Выполнения Функций.
5. Повторите шаги 1–4 применительно к другим Компонентам.

Выявление Функций

- **Используйте Матрицу взаимодействий.**
- **Все клетки, содержащие знак ‘+’ в Матрице, показывают взаимодействие между компонентами в рядах и колонках этих ячеек:**
 - **+ ячейка может содержать одну функцию или несколько функций.**
 - **- клетка не содержит никаких функций.**

Обозначения, применяемые для создания Функциональной Модели

- **O** – Основная Функция
- **Vn** – Вспомогательная Функция ранга “n”
- **Vp** – Вредная Функция

- **H** – Недостаточный уровень выполнения функции
- **I** – Избыточный уровень выполнения функции
- **A** – Адекватный уровень выполнения функции

Построение функциональной модели в табличной форме

Введите функцию

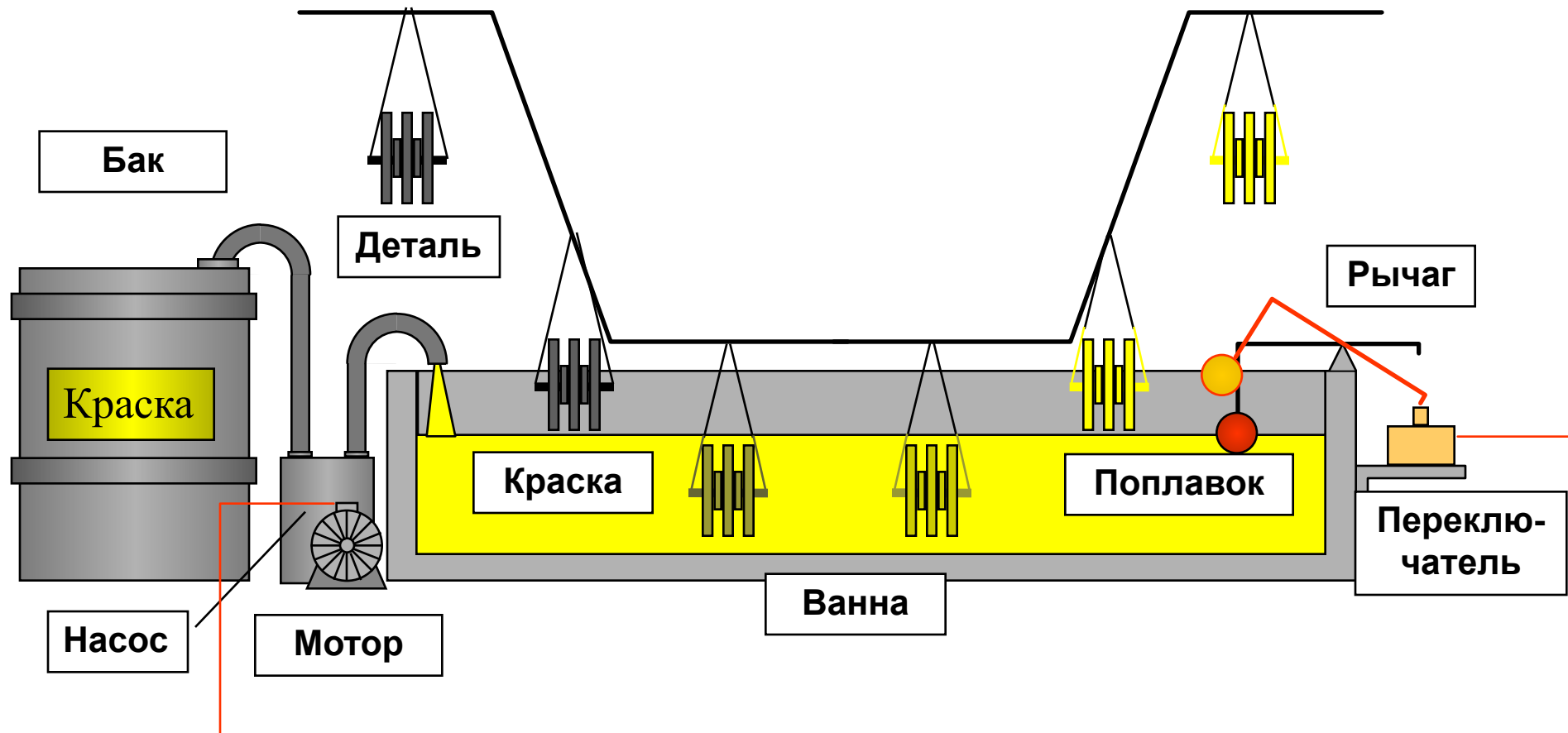
Введите объект функции

Определите и введите ранг функции

Н = Недостаточный
И = Избыточный
А = Адекватный

Функция	Объект функции	Ранг	Уровень выполнения	Примечание
Элемент (носитель функции) 1				
Действие (глагол) А	Объект (существительное) X	О, В или Вр.	Н, И или А	
Действие (глагол) Б	Объект (существительное) Y	О, В или Вр.	Н, И или А	
Элемент (носитель функции) 2				
Действие (глагол) В	Объект (существительное) Y	О, В или Вр.,	Н, И или А	
Действие (глагол) Б	Объект (существительное) Z	О, В или Вр.,	Н, И или А	

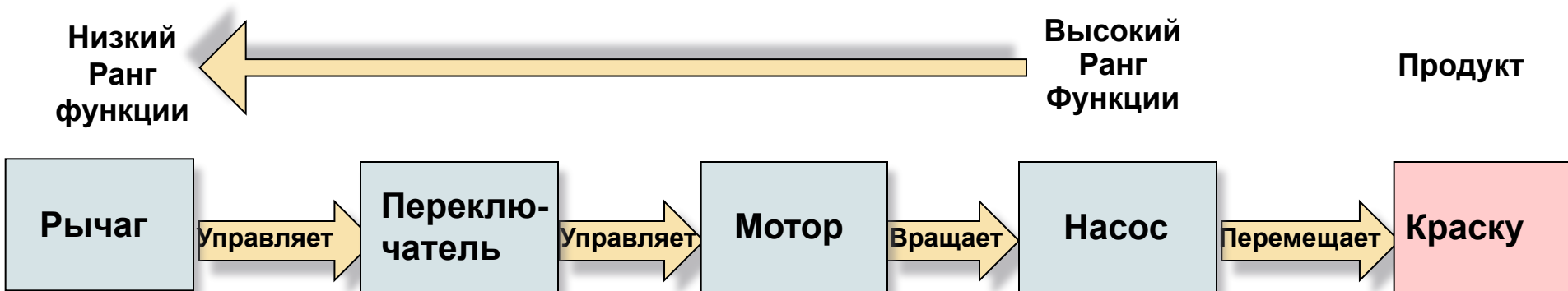
Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Ранжирование функций

- Насос расположен ближе всего к краске (Продукту), отсюда высокий Ранг Функции.
- Рычаг дальше всего расположен от Краски, следовательно имеет низкий Ранг Функции.



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

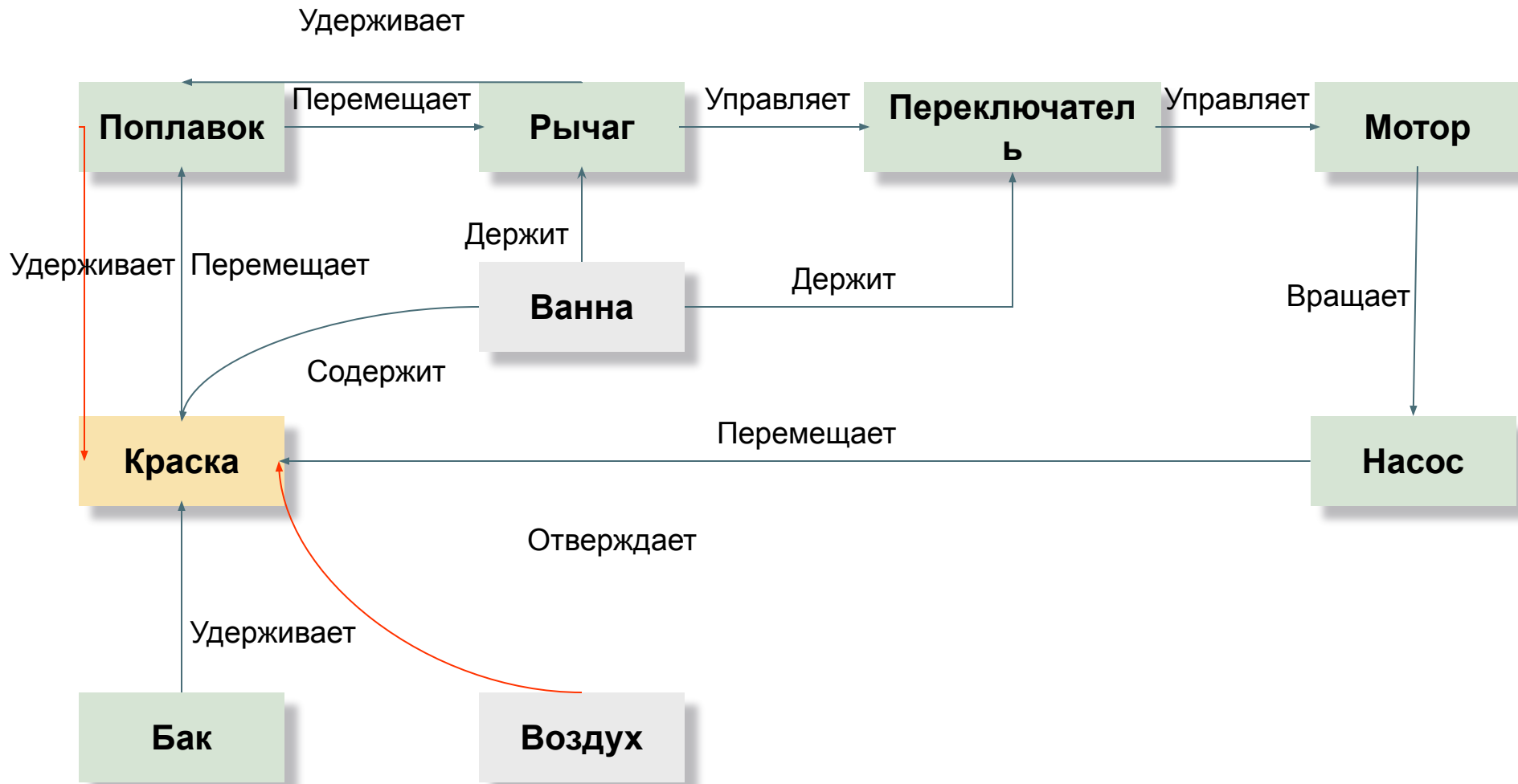
Функциональная Модель

Функция	Ранг	Уровень выполнения	
Поплавок			
Перемещать рычаг	V4	Недостаточный	
Удерживать краску	Vp		
Рычаг			
Удерживать поплавок	V5	Адекватный	
Управлять (перемещать кнопку) переключателем	V3	Недостаточный	
Переключатель			
Управлять (коммутировать ток) мотором	V2	Недостаточный	
Мотор			
Вращать насос	V1	Избыточный	

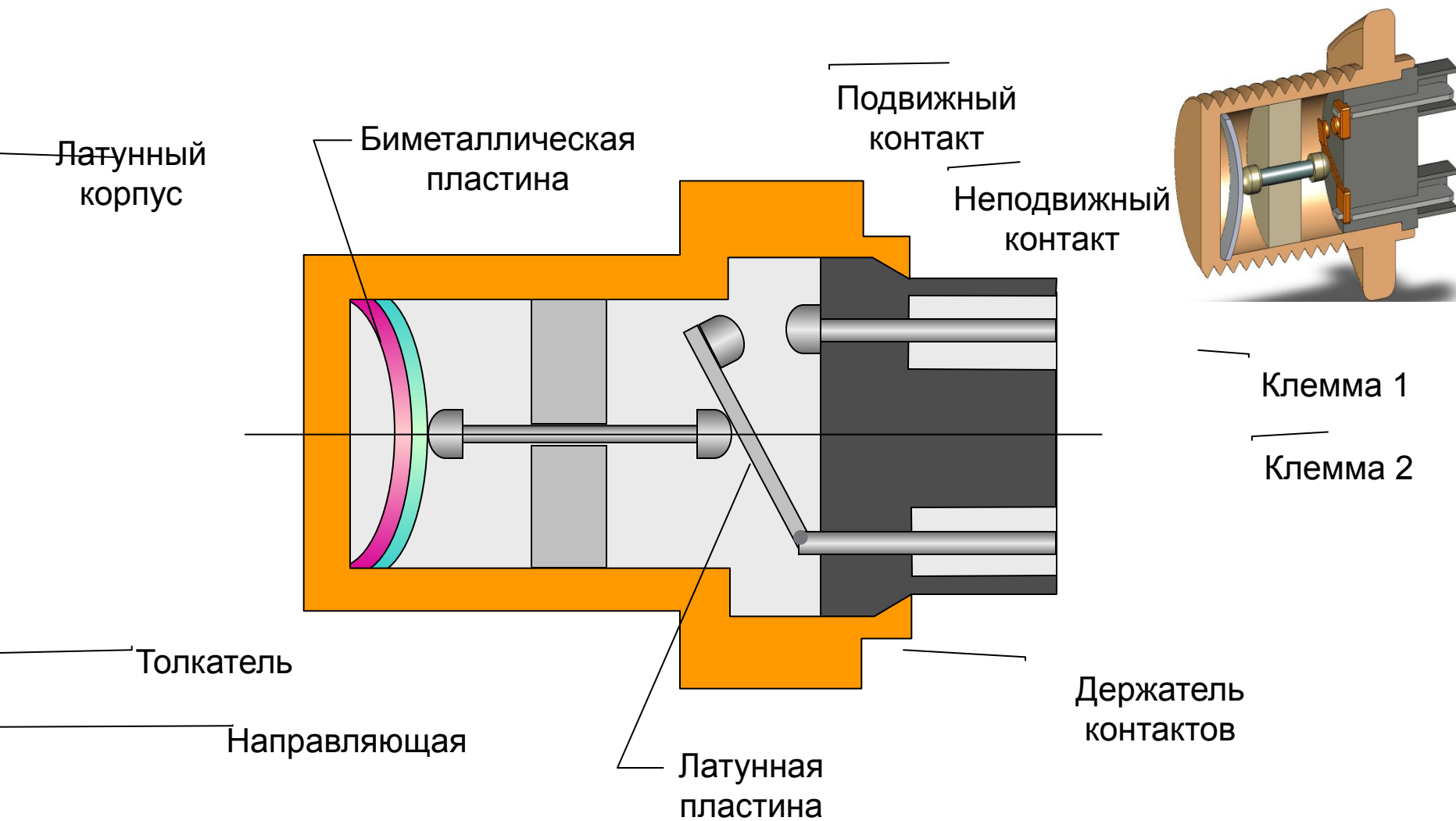
Функция	Ранг	Уровень выполнения	
Насос			
Перемещать краску	O	Избыточный	
Бак			
Удерживать краску	O	Адекватный	
Краска			
Перемещать поплавок	V4	Недостаточный	
Ванна			
Удерживать краску	O	Недостаточный	
Воздух			
Отверждать краску	Vp		

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Функциональная Модель (графическая)



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Функциональная модель датчика в табличной форме

Функция	Ранг	Уровень выполнения
Латунный корпус		
Удерживать биметаллическую пластину	V4	Избыточный
Удерживать направляющую	V4	Адекватный
Удерживать держатель контактов	V4	Адекватный
Нагреть биметаллическую пластину	V4	Адекватный
Биметаллическая пластина		
Перемещать толкатель	V3	Адекватный
Удерживать толкатель (от перем. влево - вправо)	V3	Адекватный
Разрушать корпус (изнашивать)	Vp	
Разрушать толкатель (изнашивать)	Vp	
Направляющая		
Удерживать толкатель (по центру корпуса)	V3	Адекватный
Направлять толкатель	V3	Недостаточный
Разрушать толкатель (изнашивать)	Vp	

Функциональная модель датчика в табличной форме

Функция	Ранг	Уровень выполнения
Толкатель		
Перемещать латунную пластинку	V2	Избыточный
Удерживать латунную пластинку	V2	Недостаточный
Деформировать латунную пластинку	Vp	
Разрушать направляющую (изнашивать)	Vp	
Разрушать латунную пластинку (изнашивать)	Vp	
Держатель контактов		
Удерживать клемму 1	V1	Адекватный
Удерживать клемму 2	V1	Адекватный
Удерживать неподвижный контакт	V1	Адекватный
Клемма 1		
Проводить ток	O2	Адекватный
Удерживать неподвижный контакт	O2	Адекватный
Клемма 2		
Проводить ток	O3	Адекватный
Неподвижный контакт		
Коммутировать ток	O1	Адекватный
Проводить ток	O1	Адекватный
Деформировать подвижный контакт	Vp	

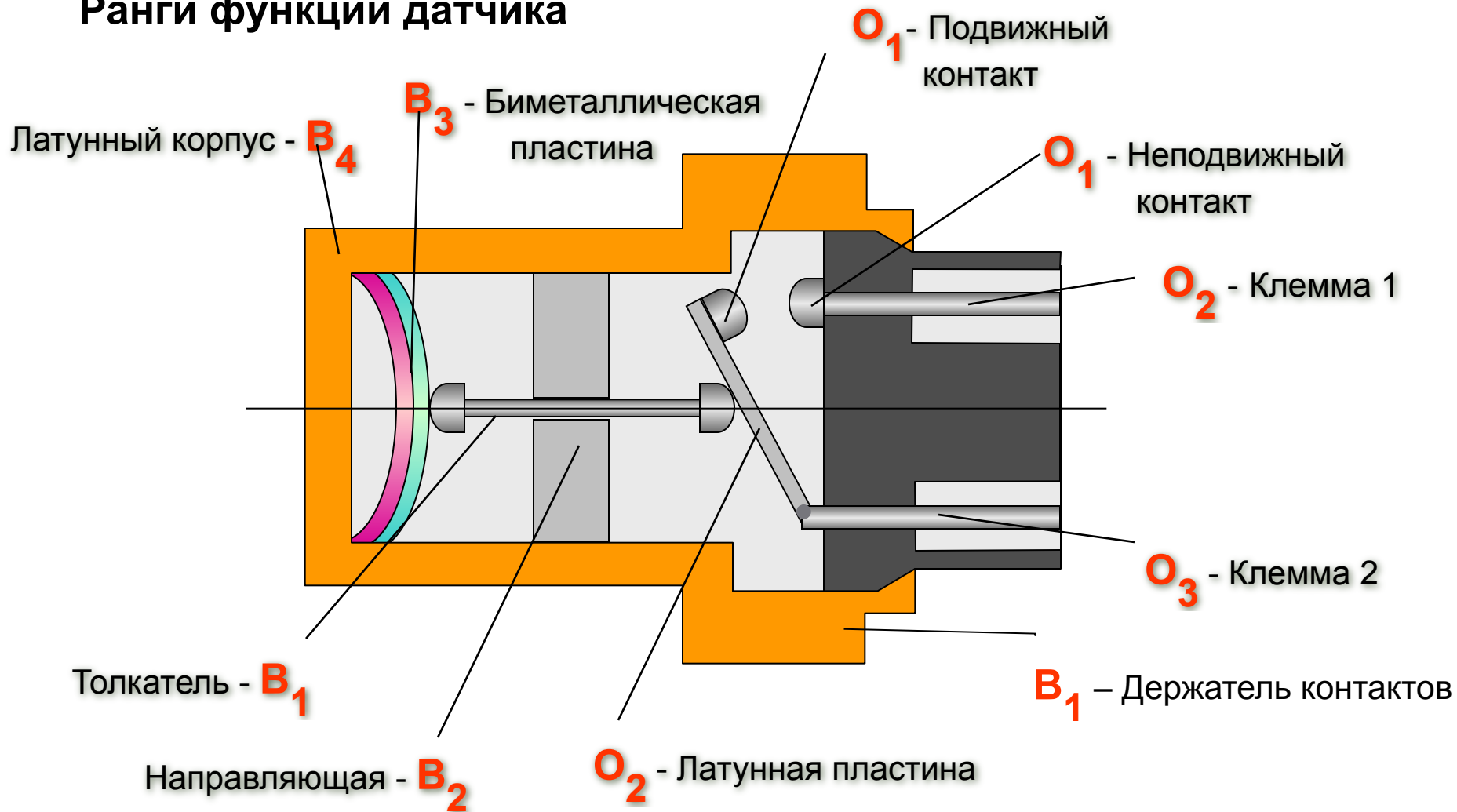
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Функциональная модель датчика в табличной форме

Функция	Ранг	Уровень выполнения
Подвижный контакт		
Коммутировать ток	O1	Адекватный
Проводить ток	O1	Адекватный
Деформировать неподвижный контакт	Bp	
Латунная пластинка		
Удерживать подвижный контакт	O2	Адекватный
Перемещать подвижный контакт	B1	Недостаточный
Радиатор		
Удерживать латунный корпус	B4	Адекватный
Нагревать латунный корпус	B4	Адекватный
Охлаждающая жидкость		
Нагревать радиатор	B4	Адекватный

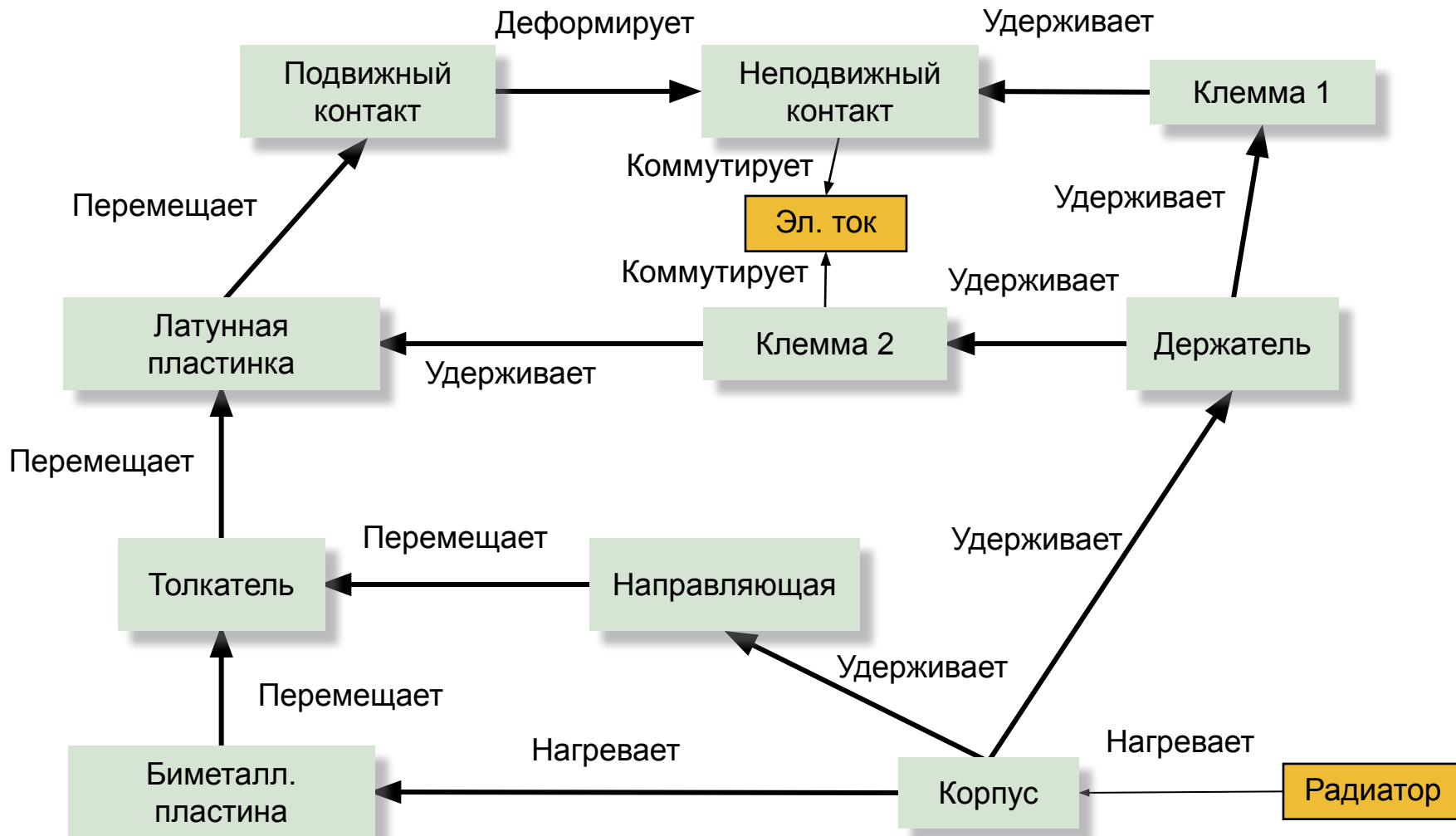
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Ранги функций датчика



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Функциональная модель датчика в графическом виде



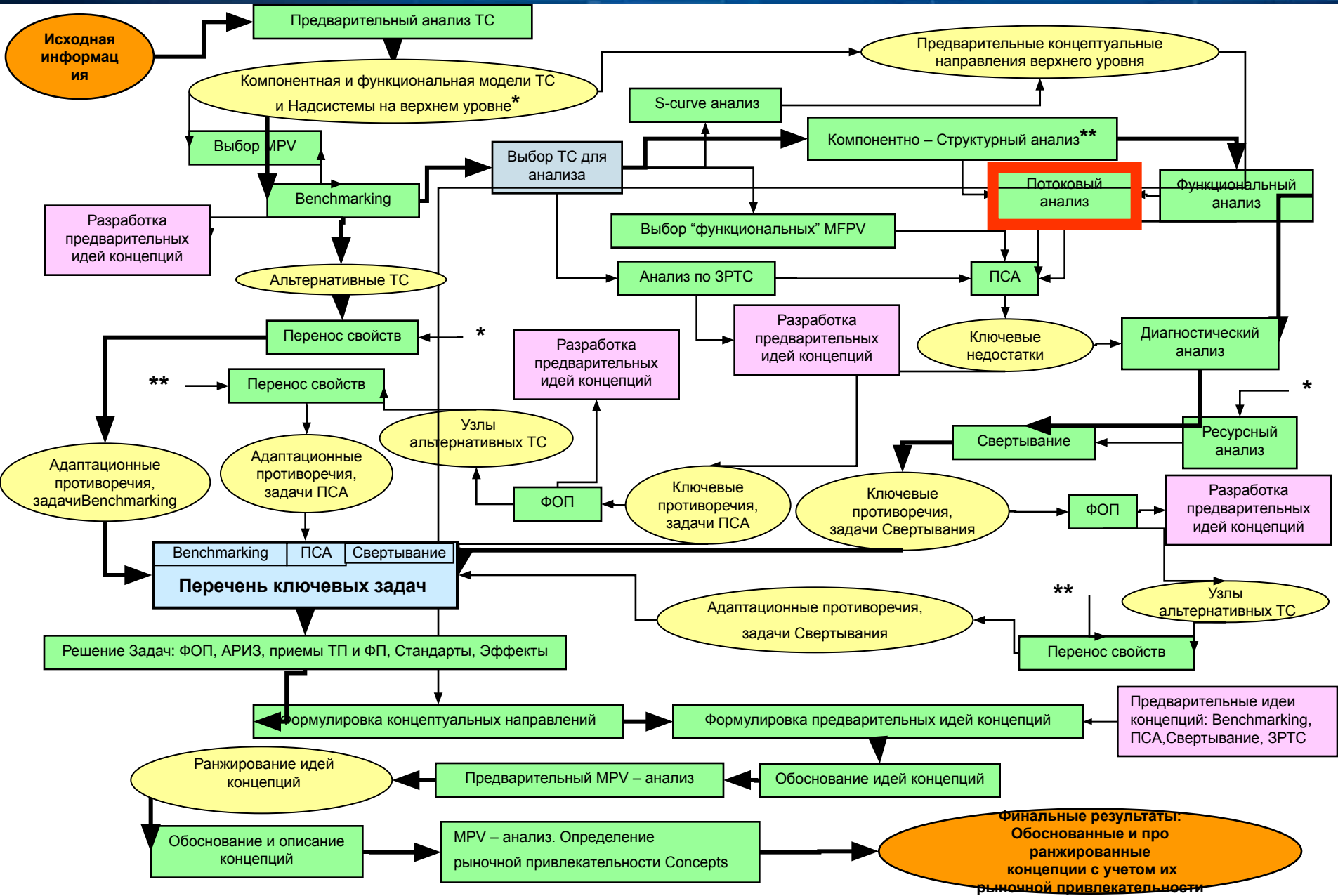
Результаты Функционального Анализа

- **Результатом Функционального Анализа является построенная функциональная модель Технической Системы в табличной или в графической форме**



Потоковый анализ

Road Map типового проекта по повышению Value



□ Определения

- **Потоковый анализ** - это анализ технической системы, основанный на выявлении недостатков в потоках Энергии, Веществ и Информации в пределах Технической Системы, ее серых зон, бутылочных горлышек, развилочек, различных потерь и т.п.
- **Поток** – движение Вещества, Энергии (Поля) и Информации в пределах Технической Системы



Рис. 5. Воздушный отопитель: 1 — камера сгорания; 2 — свеча накаливания; 3 — электронный блок управления; 4 — крыльчатка вентилятора камеры сгорания; 5 — воздух, всасываемый для камеры сгорания; 6 — топливный дозирующий насос; 7 — выход отработавших газов; 8 — теплообменник; 9 — вход воздуха для нагрева; 10 — крыльчатка вентилятора теплообменника; 11 — датчик перегрева; 12 — выход воздуха, нагретого в теплообменнике.

Вещество



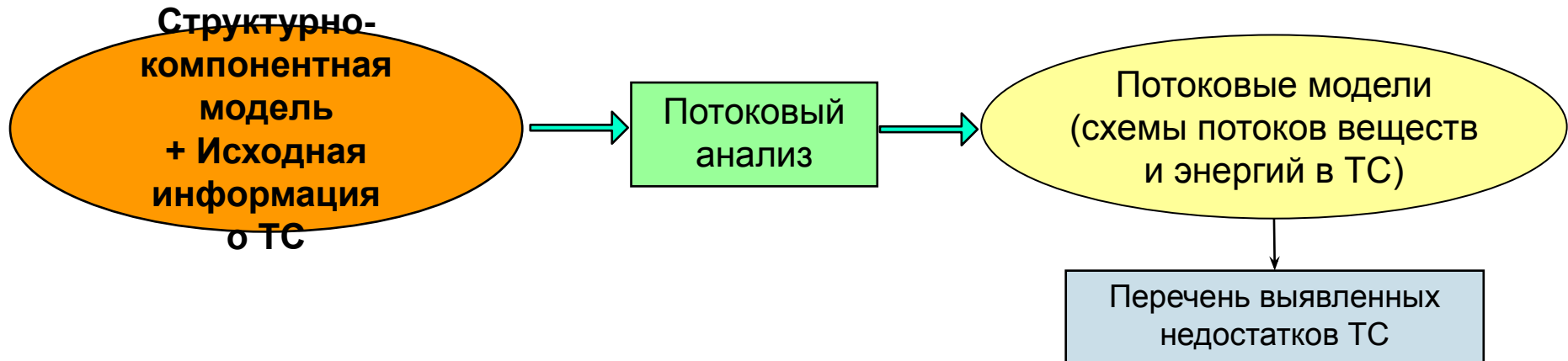
Энергия



Информация

□ Основная идея Потокового Анализа:

- Поточковый Анализ дополняет Функциональный Анализ, выявляя Недостатки, не выявленные Функциональным Анализом
- Моделируя Техническую Систему как Потоки Вещества, Энергии и Информации, мы получаем альтернативный взгляд на систему



Ключевые Термины

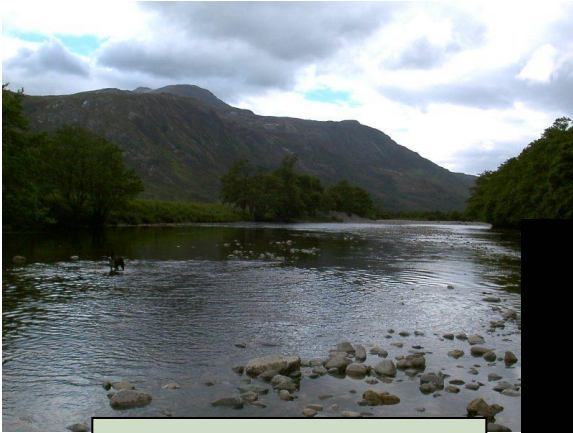
- **Поток** – движение Вещества, Энергии или Информации в Технической Системе
- **Потери потока** – потери в рассматриваемой Технической Системе, выявленные при Потоковом Анализе
- **Анализ потерь потока** – процедура в Потоковом Анализе, в ходе которой выявляется распределение потоков
- **Вредный поток** – поток, объект которого (Вещество, Энергия или Информация) выполняет функцию, которая приносит вред Системе
- **Нейтральный поток** – поток, который оказывает незначительное или незначимое влияние на Техническую систему
- **Полезный Поток** – поток, объект которого (Вещество, Энергия или Информация) выполняет Полезную функцию, или является Объектом полезной функции



□ Типы Потоков

- Поток Вещества
- Поток Энергии
- Поток Информации

□ Типы Потоков: Поток Вещества



Река

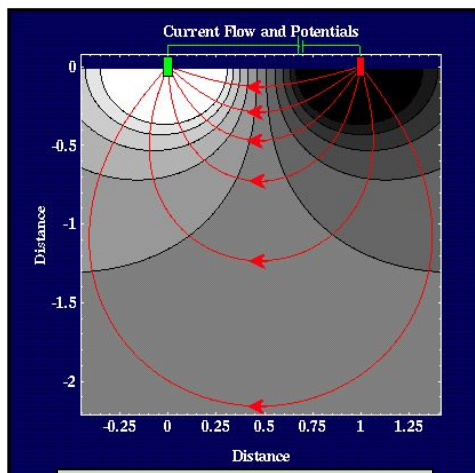


Обмен наличных денег



Транспорт

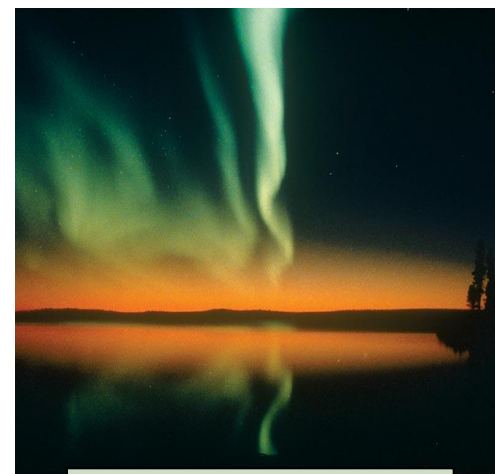
□ Типы Потоков: Поток энергии



Электрический ток



Распространение звука



Северное сияние

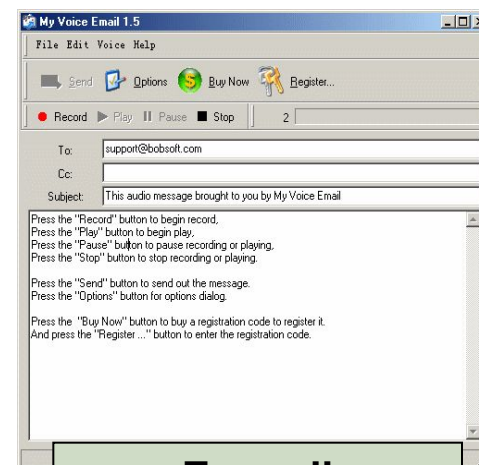
□ Типы Потоков: Поток Информации*



Вещание



Поток информации в офисе



E - mail

* В потоковом анализе информация считается **Материальным Объектом**.

□ Категории Поточков

- **Полезный поток** - Поток, Объект которого (Вещество, Энергия или Информация) выполняет **Полезную Функцию** или является Объектом Полезной Функции
- **Вредный поток** - Поток, Объект которого (Вещество, Энергия или Информация) выполняет **Вредную Функцию**
- **Поток, сопряженный с потерями** - Поток, который характеризуется **потерями Вещества, Энергии или Информации**
- **Нейтральный поток** - Поток, который в незначительной степени влияет на Техническую систему или **влияние** которого на Техническую Систему **не имеет большого значения**



□ Недостатки потока могут быть распределены по категориям следующим образом

□ Недостатки Потока

- Недостатки проводимости
 - Бутылочное горлышко
 - Зона застоя
 - Жидкость трудно переместить
 - Протяженный Поток
 - Высокое сопротивление канала
 - Низкая плотность потока
 - Большое число преобразований
- Недостатки Исползования
 - Серая Зона
 - Канал деформирует поток
 - Поток деформирует канал
- Вредный поток

□ Недостатки Разделения потока

- Потери потока
- Неэффективное использование потоков

□ Недостаток, связанный с проводимостью потока

- **Бутылочное горлышко:** Место в канале, по которому течет поток, где уровень сопротивления потока значительно возрастает

Пример: *Срастающиеся полосы движения транспорта*



□ Недостаток, связанный с проводимостью потока

- **Зона Застоя:** Место, где поток прекращает движение на время или насовсем

Пример: *Перекресток*



□ Недостаток, связанный с использованием потока

- **Серая Зона:** Место в потоке, параметры которого трудно предугадать

Пример: Обледенелая дорога



□ Недостаток, связанный с использованием потока

- Поток деформирует канал: Место в канале, где поток деформирует канал

Пример: Труба, истираемая веществом, находящимся внутри трубы



□ Вредный поток

- Вибрация конструкции при землетрясении

Пример: *Разрушение конструкции здания*



□ Вредный поток

- Тепловая энергия

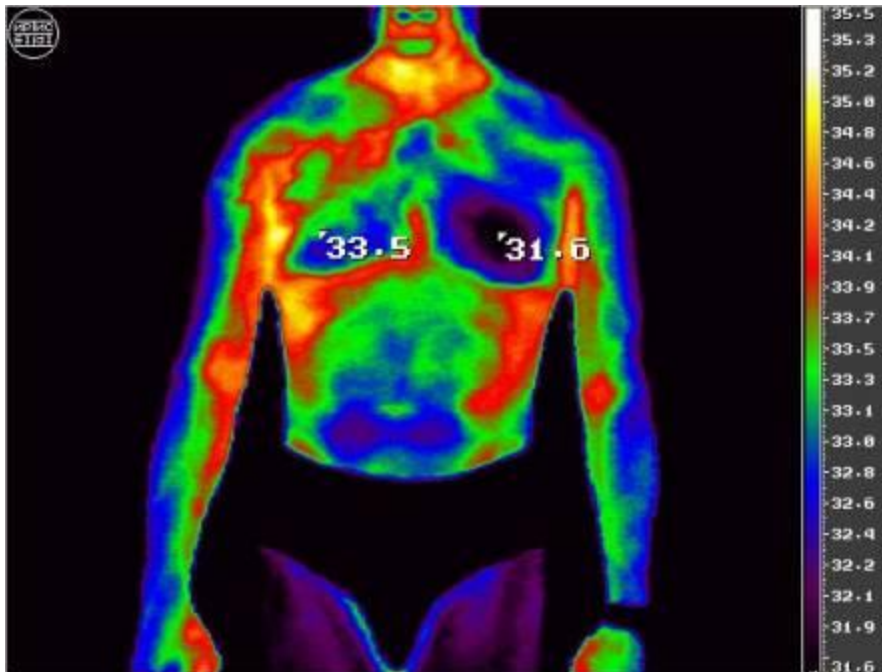
Пример: *Тепловая энергия, выработанная в компьютере*



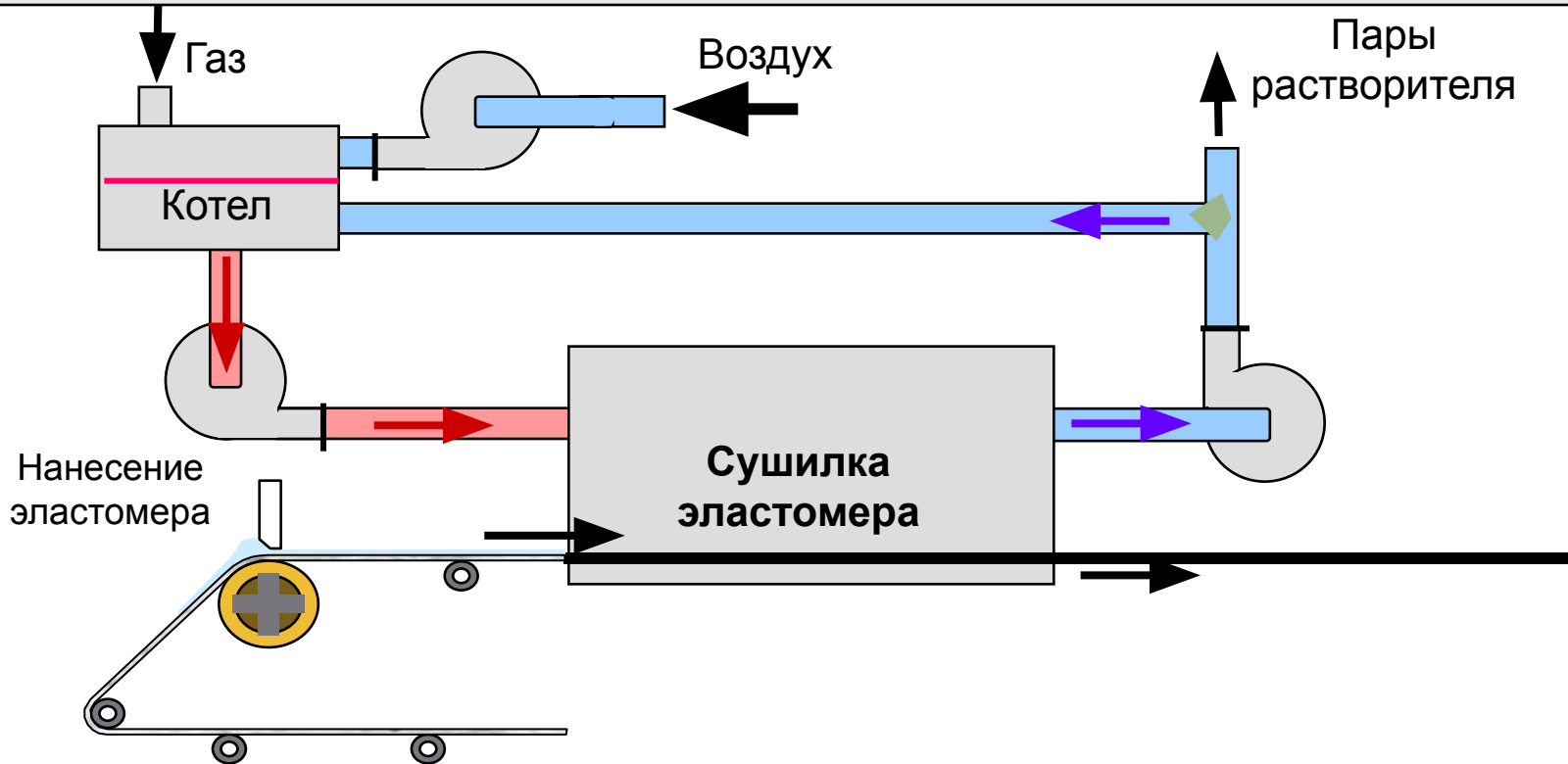
□ Нейтральный поток

- Поток, который в незначительной степени влияет на Техническую Систему или влияние которого на Техническую Систему не имеет большого значения

Пример: *Тепловая энергия человека*



Пример: Совершенствование технологического процесса обрезаивания стальной ленты



Для обрезаивания стальной ленты используется способ нанесения жидкого эластомера (смесь резины с растворителем) на движущуюся ленту с последующей сушкой горячим воздухом. Данный способ малопродуктивный и затратный.

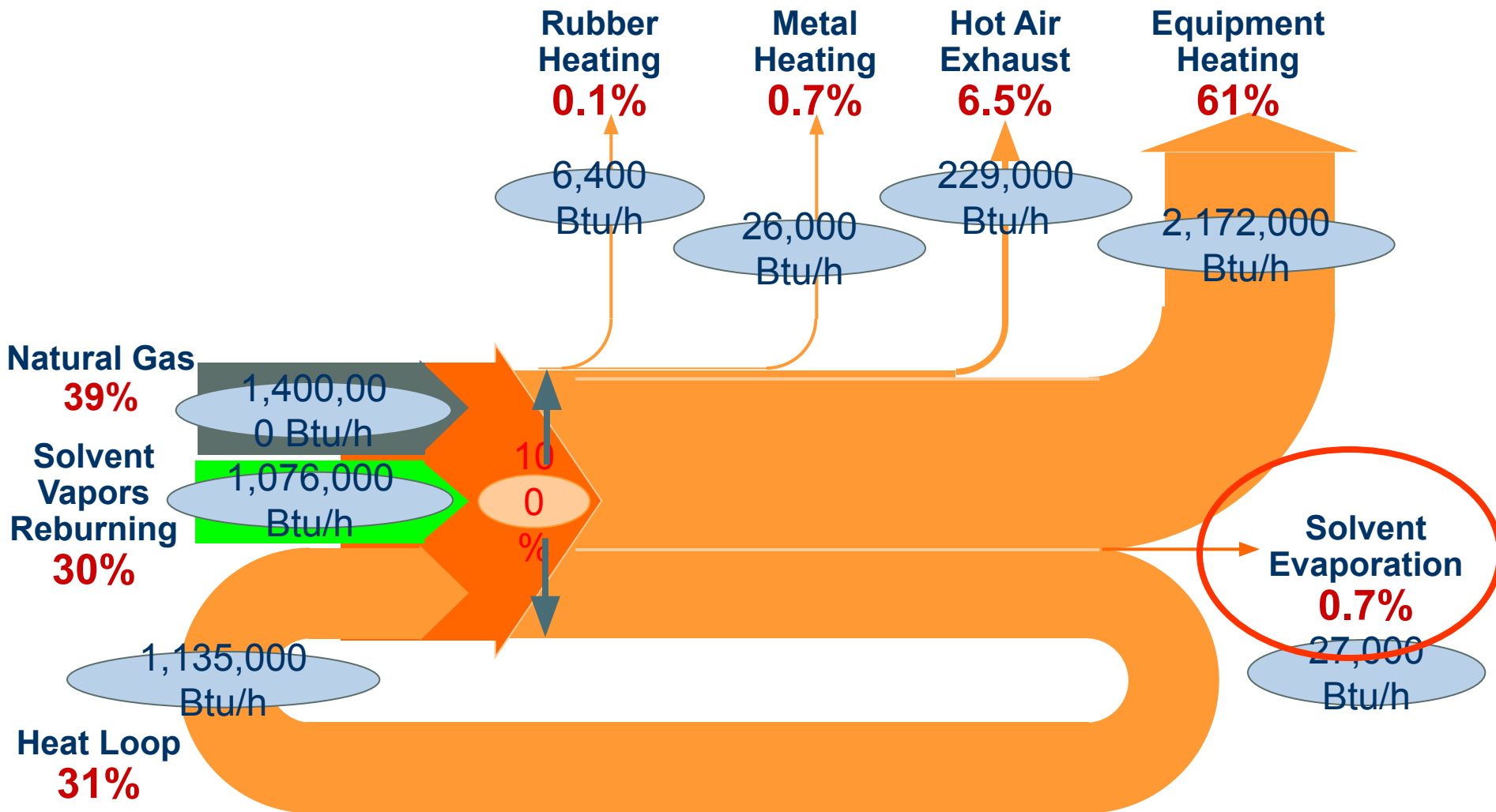
Необходимо повысить производительность линии и снизить затраты.



Потоковый анализ

Пример: Совершенствование технологического процесса обрезаивания стальной ленты

Поток тепловой энергии к сушилке



□ Алгоритм проведения Потокowego Анализа

1. Выполнить Анализ Разделения Поточков

- 1.1 Выявить потоки, которые следует проанализировать
- 1.2 Построить Модель Разделения Потока
- 1.3 Рассчитать распределение потока между Компонентами или Операциями, производимых Технической Системой и Надсистемой
- 1.4 Выявить Недостатки Разделения Потока

2. Выполнить Моделирование Поточков

- 2.1 Построить Модель Поточков в графической форме
- 2.2 Выделить специфические Недостатки потока из общего перечня недостатков

Результаты Потокового Анализа

- Модели потоков, включающие все обнаруженные потери.
- Перечень недостатков, выявленных при анализе моделей потоков.
- Перечень недостатков будет использован при выполнении Причинно-Следственного Анализа.

Причинно - Следственный Анализ

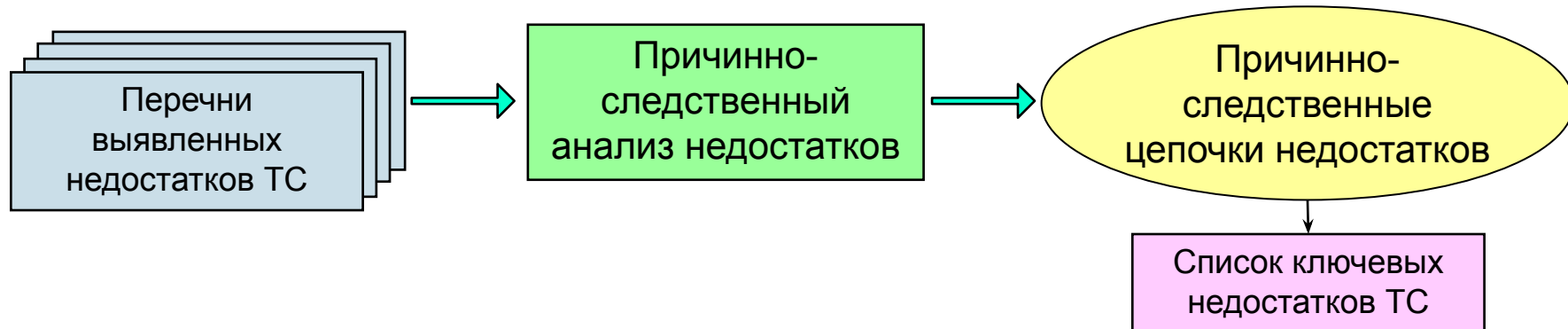
□ Определение

- **Причинно - Следственный Анализ** - это анализ технической системы, основанный на выявлении ее Ключевых Недостатков. Анализ сводится к построению причинно-следственных цепочек недостатков, которые соединяют Целевые Недостатки с Ключевыми, их порождающими.



Основная идея Причинно - Следственного Анализа

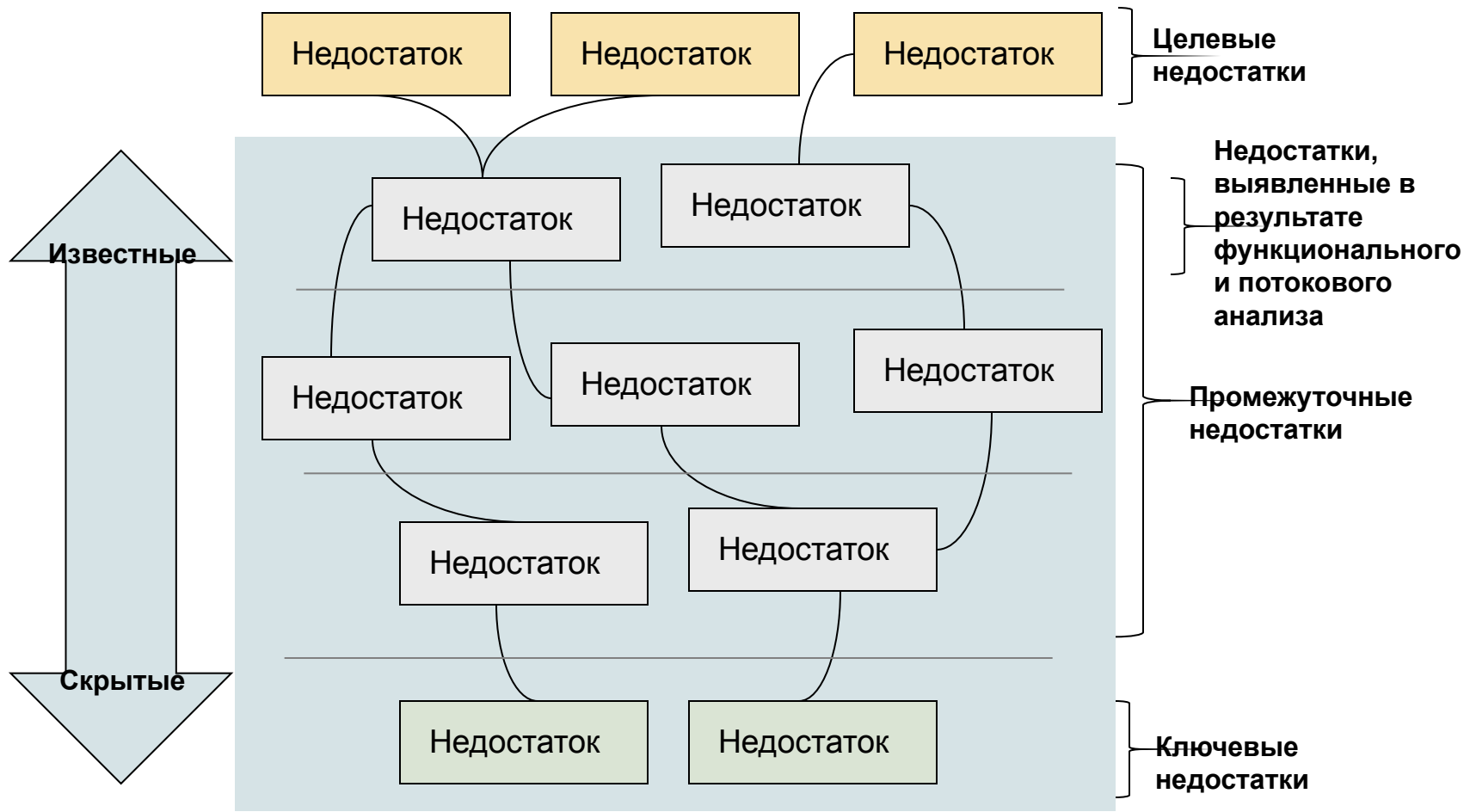
- ❑ Недостатки выявляются в ходе Функционального Анализа и Поточкового Анализа. При выполнении анализа причинно-следственных цепочек обычно выявляется большое число промежуточных недостатков.
- ❑ Многие из этих недостатков вызваны всего лишь несколькими Ключевыми Недостатками.
- ❑ Когда Ключевые Недостатки устраняются, все предшествующие недостатки также устраняются.
- ❑ Конечной целью Причинно-Следственного Анализа является выявление Ключевых Недостатков.



Ключевые термины

- **Целевой Недостаток** – Недостаток в рассматриваемой Технической Системе, устранение которого является целью проекта.
- **Ключевой Недостаток** – Недостаток, подлежащий устранению для достижения цели проекта. Обычно Ключевые Недостатки находятся в корне Причинно-Следственной Цепочки.
- **Причинно-Следственная Цепочка** – Графическая модель рассматриваемой Технической Системы, отражающая взаимозависимость ее недостатков.
- **Промежуточный Недостаток** – Недостаток в причинно-следственной цепочке, который не является Целевым или Ключевым Недостатком.

Цепочки недостатков в Технической Системе

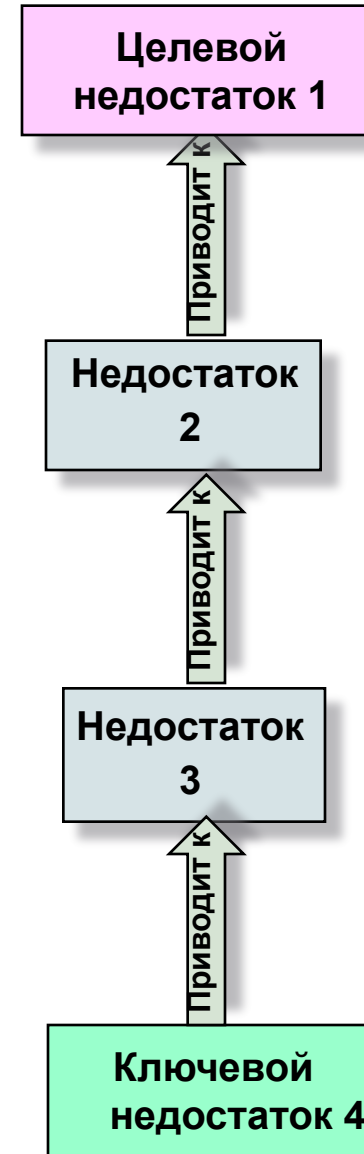


Причинно - Следственная Цепочка

□ Цепочка недостатков, строится таким образом, что недостаток в цепочке – это :

- Прямая причина последующего недостатка.
- Прямой Эффект от предыдущего недостатка.

Цепочка завершается
ключевым недостатком



Цепочка
начинается
Целевым
недостатком

Причинно-следственный анализ

Пример: Головная боль

Причинно - Следственная Цепочка



Выявление ключевых недостатков

- Причина, лежащая в основе Ключевого Недостатка, может быть порождена **Физическим, Химическим, Биологическим или Геометрическим эффектом**.
- Устранение Ключевого Недостатка означает также и устранение большинства Недостатков в Причинно-следственной Цепочке.

Пример: Головная боль

- Переход от неправильного питания (Ключевой Недостаток) к здоровой диете приведет к устранению таких недостатков, как «повышенное содержания солей в крови», «высокое кровяное давление» и, в конечном итоге, – «головная боль», как это показано в Причинно-следственной цепочке.

Неправильная
диета

Приводит к

Избыток
солей в крови

Приводит к

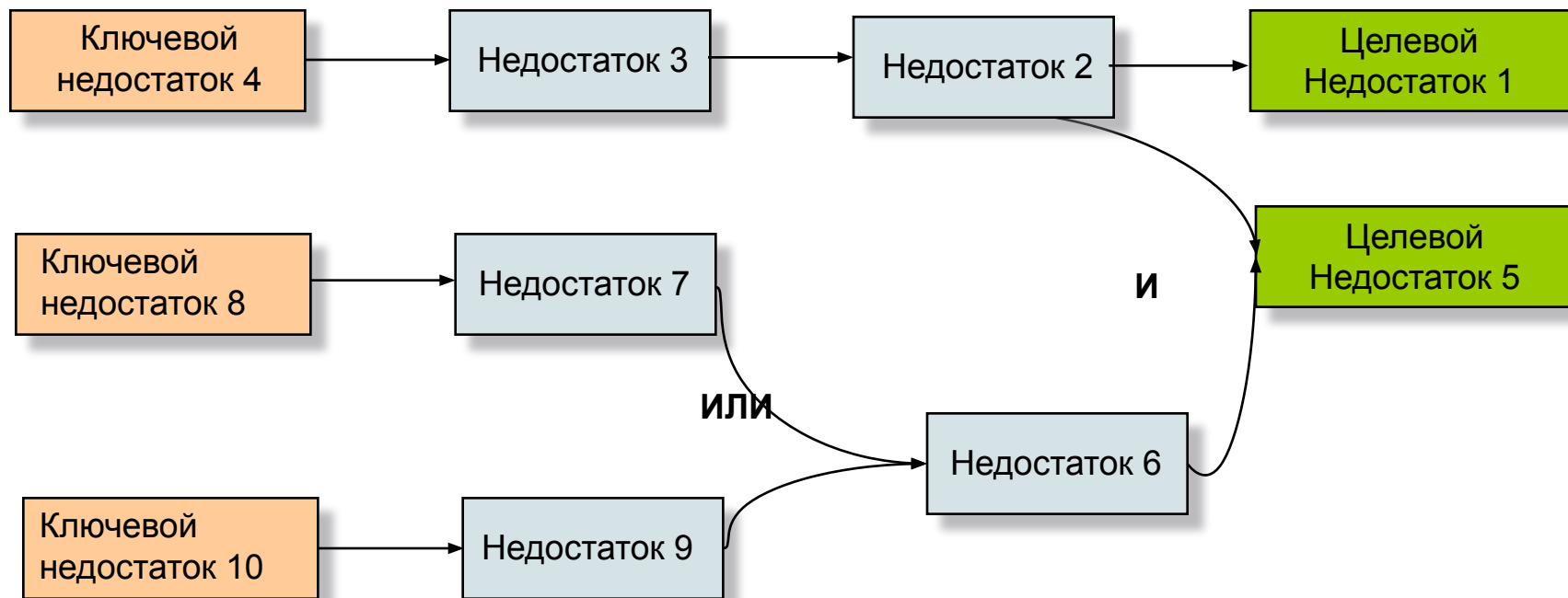
Высокое кровяное
давление

Приводит к

Головная боль

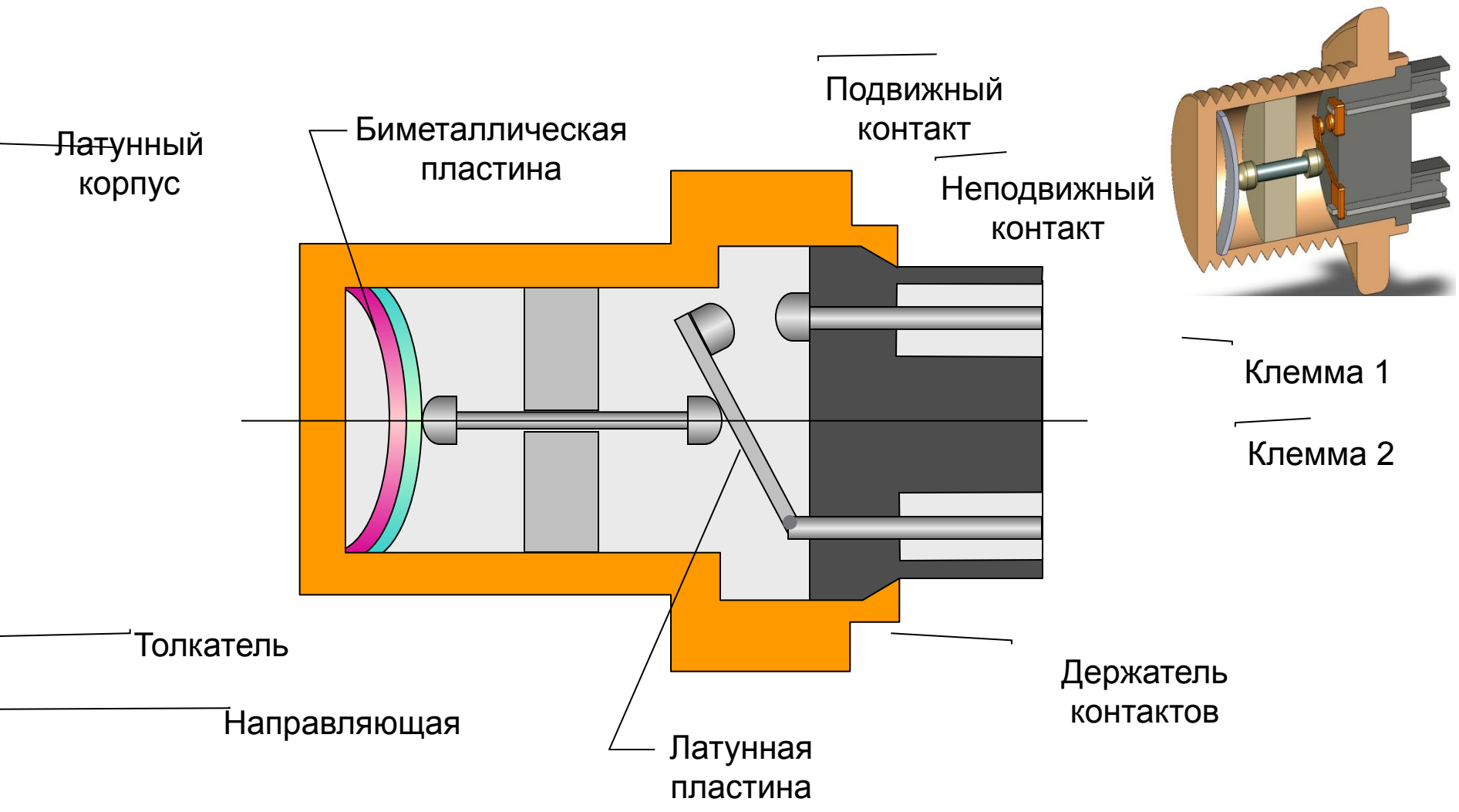
Результат Причинно-Следственного Анализа

- Причинно-Следственные Цепочки недостатков.
- Набор Ключевых Недостатков.



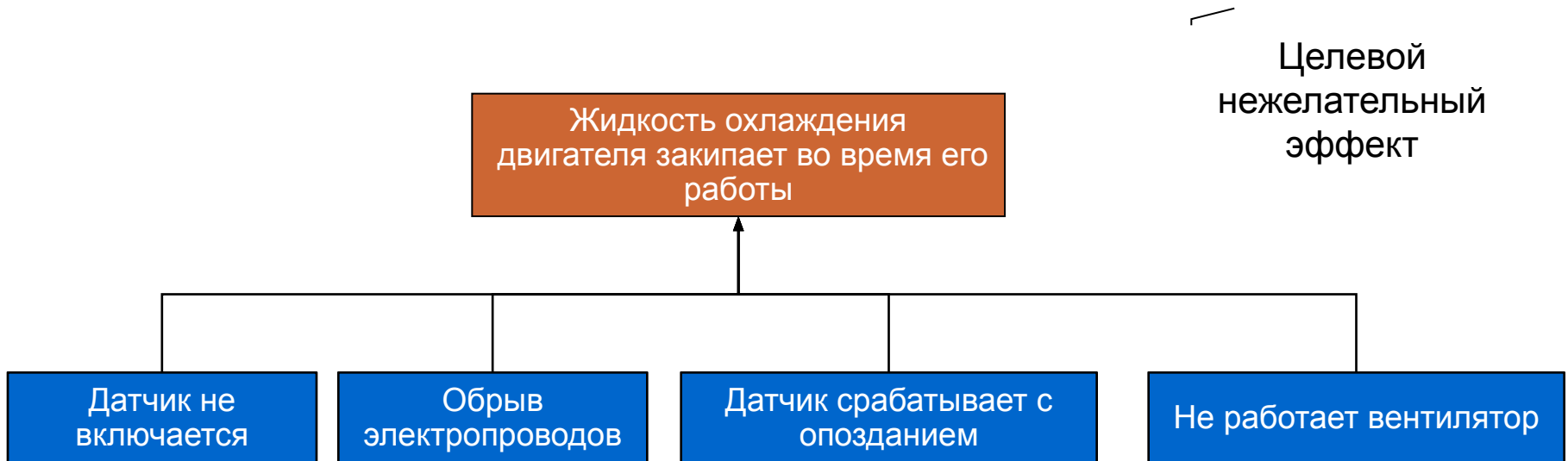
Причинно-следственный анализ

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Причинно – следственный анализ (фрагмент)

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Результаты Причинно - Следственного Анализа

- ▣ **Перечень всех Ключевых Недостатков выявленных в Технической Системе**



**Свертывание
(Функционально - идеальное
Моделирование)**

□ Определение

- **Свертывание (Функционально-Идеальное Моделирование)** - это аналитический инструмент для удаления (ликвидации) некоторых компонентов Системы и перераспределения их полезных функций между оставшимися Компонентами Системы или Надсистемы.

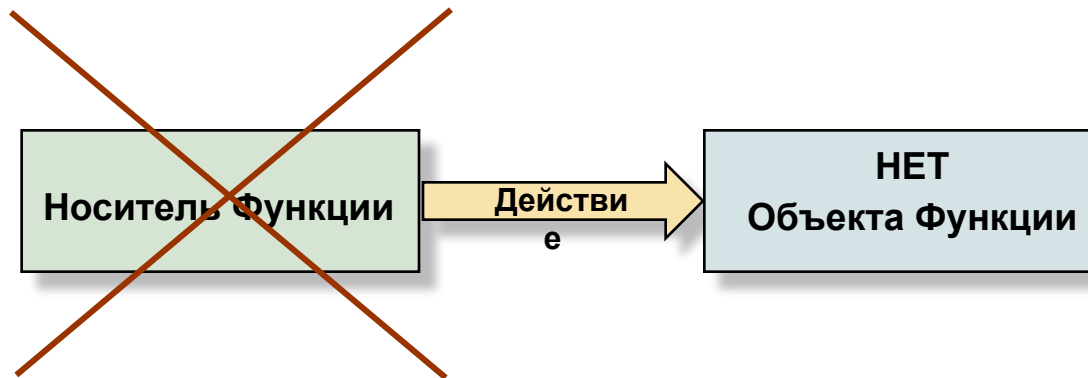


Ключевые Термины

- **Модель Свертывания** – модель улучшенной Технической Системы, полученная с применением процедуры Свертывания.
- **Задача Свертывания** – задача, которая должна быть решена для реализации Модели Свертывания.
- **Правило Свертывания** – возможность удалить компонент Технической Системы за счет удаления его Полезной Функции, либо за счет перераспределения его Полезных Функций между другими Компонентами системы.
- **Перераспределение Функций** - Перераспределения Полезных Функций свернутого Компонента между другими Компонентами Рассматриваемой Технической системы или ее Надсистемы.
- **Аналогичные Функции** – функции, имеющие схожие объекты и/или действия.

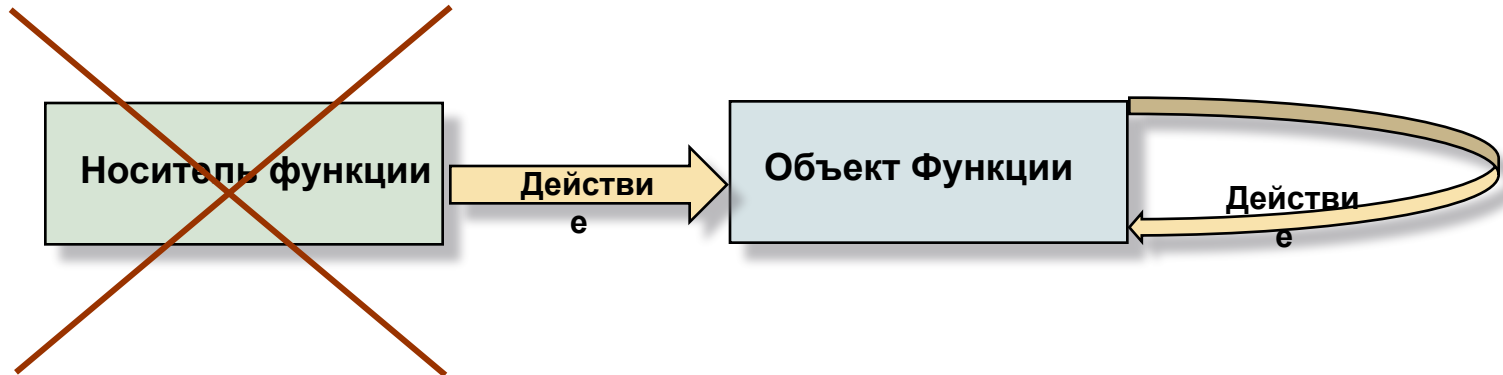
Правила Свертывания

- **Правило А: Элемент может быть свернут, если нет Объекта Функции.**



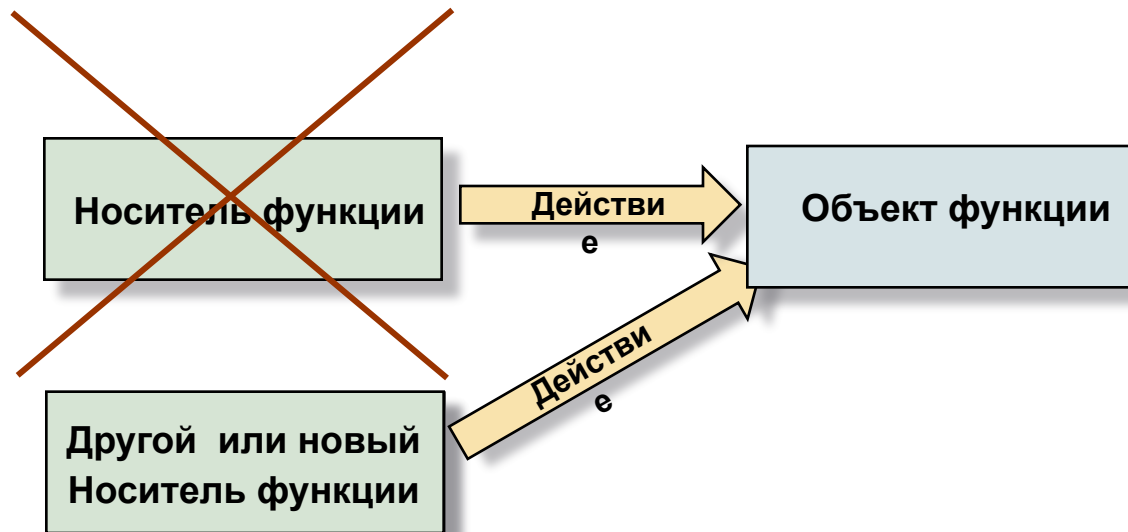
Правила Свертывания

- **Правило В:** Элемент может быть свернут, если **Объект Функции** сам выполняет эту **Функцию**.



Правила Свертывания

- **Правило С:** Элемент может быть свернут, если функцию выполняют оставшиеся элементы ТС или Надсистемы



- Рекомендации для выбора нового носителя функции свернутого компонента по Правилу С:
 1. Компонент выполняет такую же или похожую функцию с Объектом Функции.
 2. Компонент выполняет какую-либо функцию с Объектом Функции или, как минимум, просто взаимодействует с Объектом Функции.
 3. Компонент обладает ресурсами, необходимыми для выполнения требуемой функции.

Правила свертывания конструкций

Функция **Элемента** – (обозначить функцию)

Элемент можно не делать, если:

- A) Нет **объекта** функции
- B) Функцию выполняет **сам объект** функции
- C) Функцию выполняют **оставшиеся элементы** ТС или надсистемы
- D) Функцию будет выполнять **новый элемент** ТС
 - Предпочтительность использования вариантов свертывания: А,В,С.
 - Вариант А **использовать нельзя**, если объект функции является объектом Главной Функции

Что такое Функционально - Идеальная Модель?

- **Функционально - Идеальная Модель это Функциональная Модель ТС после свертывания.**
 - **Модель содержит набор Задач по Свертыванию (Ключевых недостатков), которые необходимо решить для реализации Функционально - Идеальной Модели.**
 - **Для каждого варианта свертывания существует своя Функционально - Идеальная Модель.**

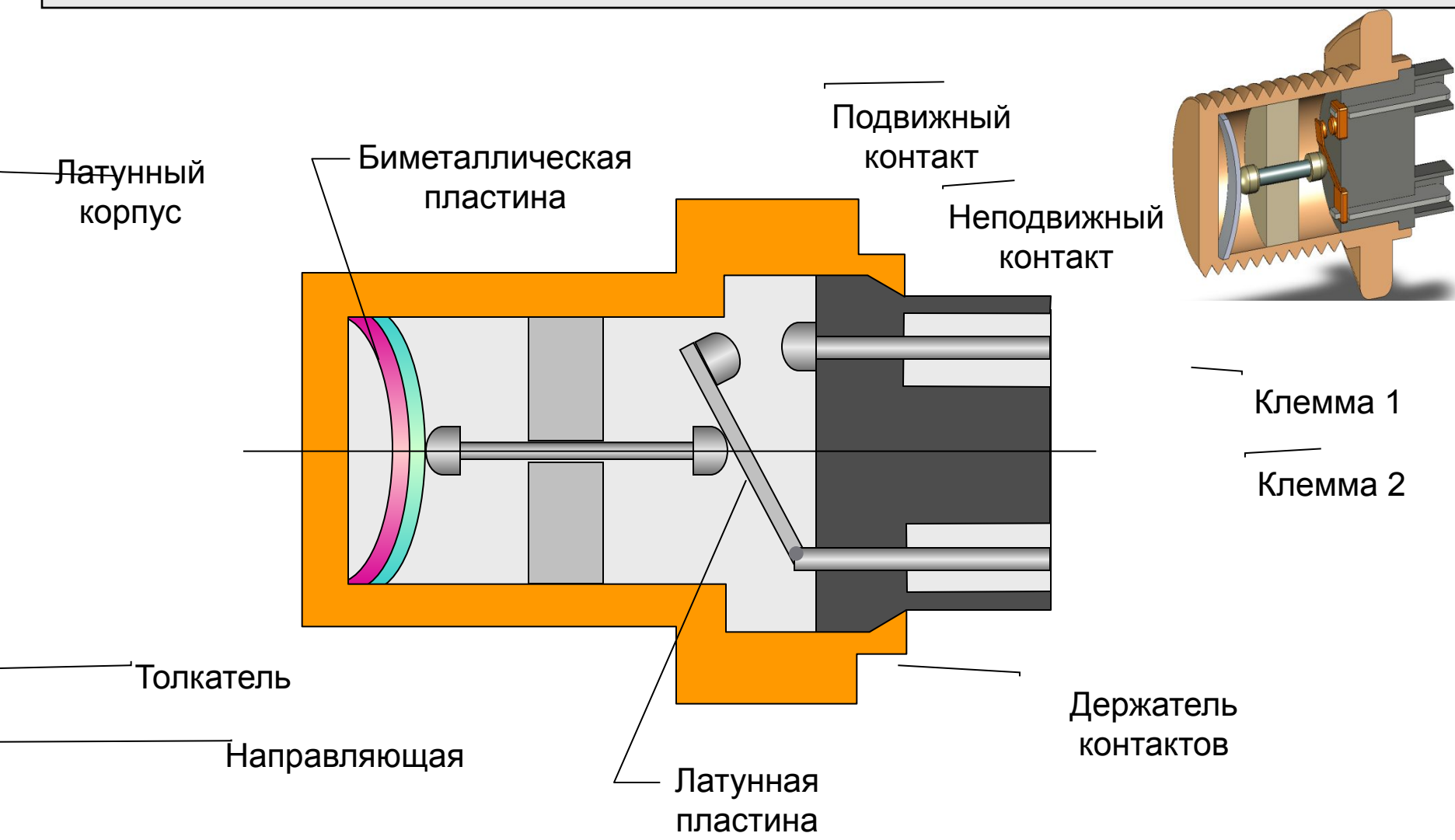
Алгоритм проведения Свертывания

- 1. Выберите компонент Технической системы, подлежащий свертыванию.**
- 2. Выберите функцию Компонента, который будет свернут.**
- 3. Выберите приемлемое правило Свертывания.**
- 4. Если выбрано правило С, выберите новый Носитель Функции.**
- 5. Сформулируйте задачу свертывания.**
- 6. Повторите шаги с 2 по 5 применительно ко всем функциям Компонента.**
- 7. Повторите шаги с 1 по 6 применительно ко всем компонентам, которые подлежат Свертыванию.**



Свертывание

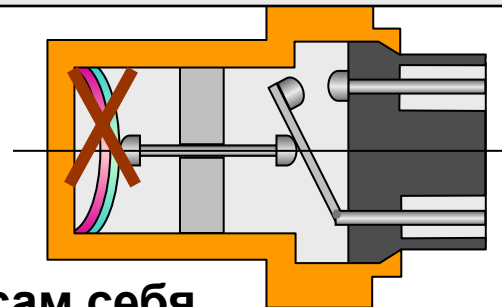
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

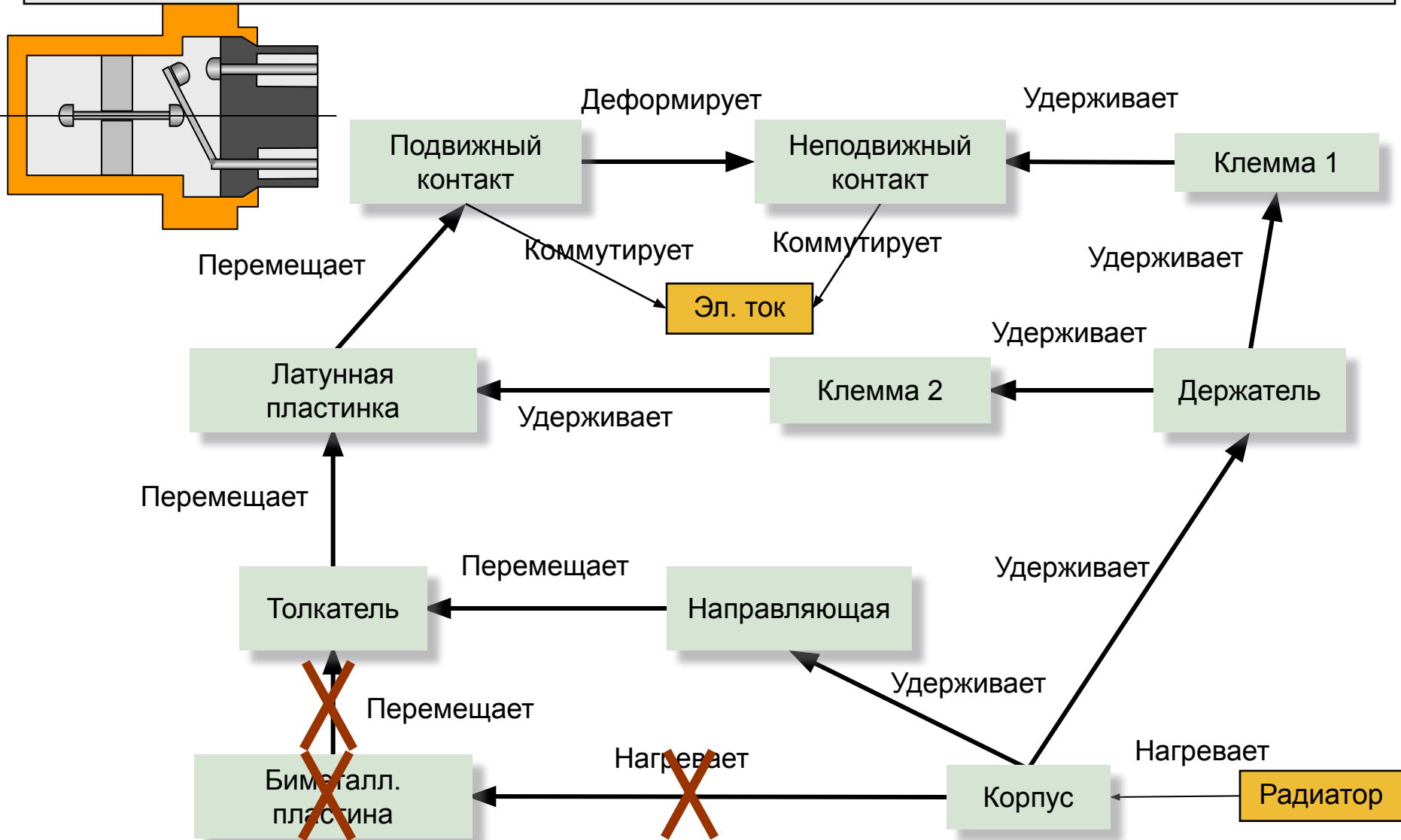
Биметаллическую пластинку можно не делать, если:

- А) нет объекта функции - толкателя
- Б) функцию выполняет сам объект функции – толкатель сам себя перемещает
- В) функцию выполняют оставшиеся элементы ТС – толкатель перемещают:
 - корпус
 - направляющая
 - держатель контактов
 - латунная пластинка
 - подвижный контакт
 - неподвижный контакт
 - клемма 1
 - клемма 2



Функциональная модель в графическом виде

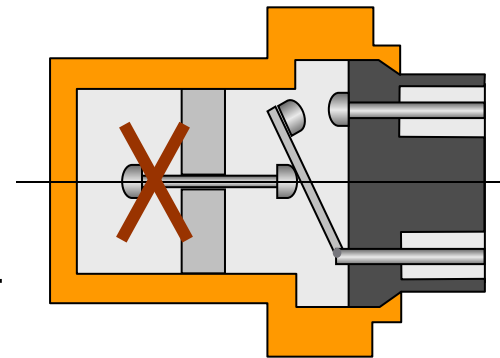
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

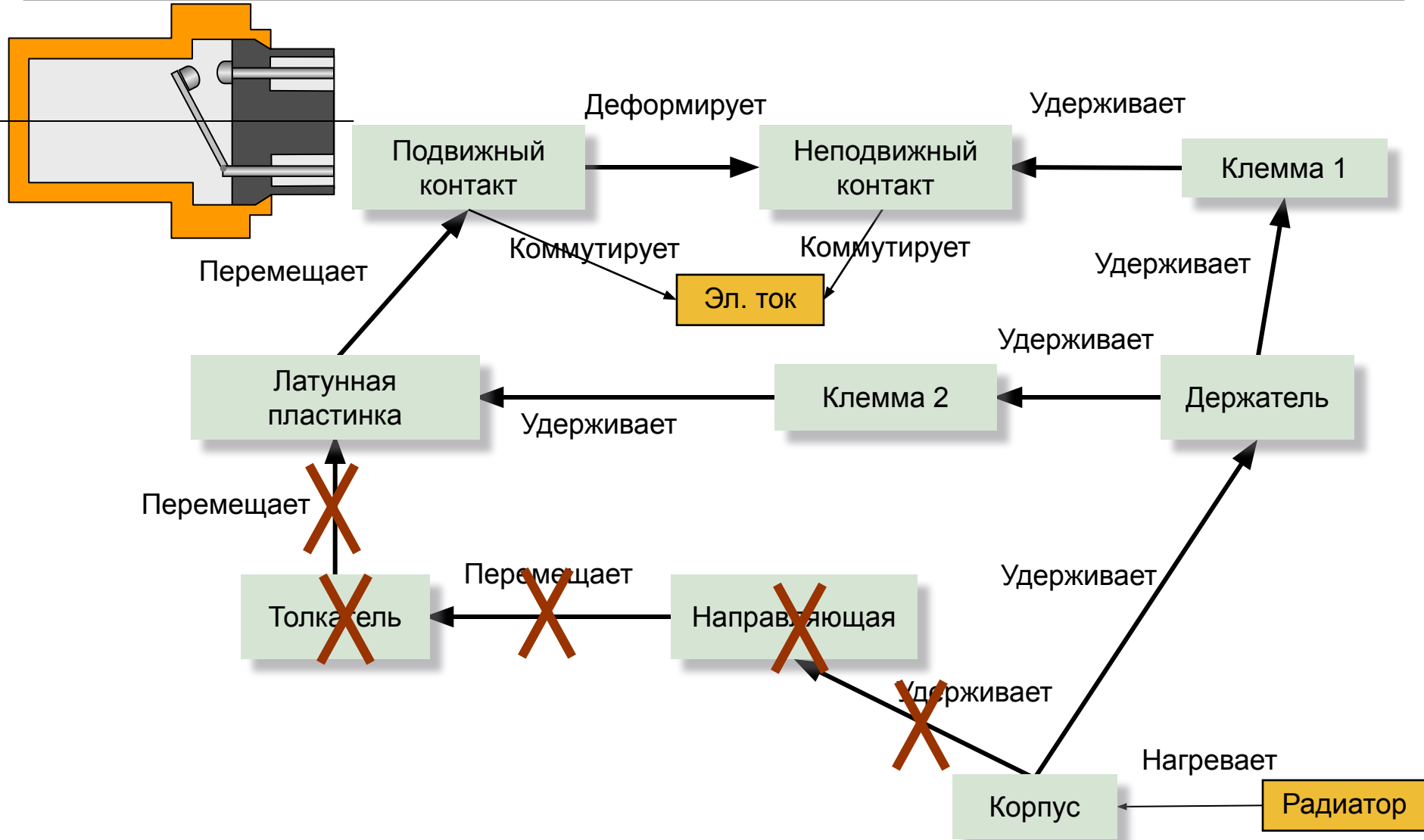
Толкатель можно не делать, если:

- А) нет латунной пластинки
- Б) латунная пластинка сама себя перемещает
- В) латунную пластинку перемещают:
 - корпус
 - направляющая
 - подвижный контакт
 - неподвижный контакт
 - клемма 1
 - клемма 2
 - держатель контактов



Функциональная модель в графическом виде

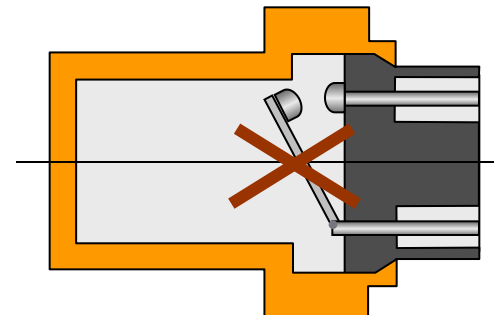
Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

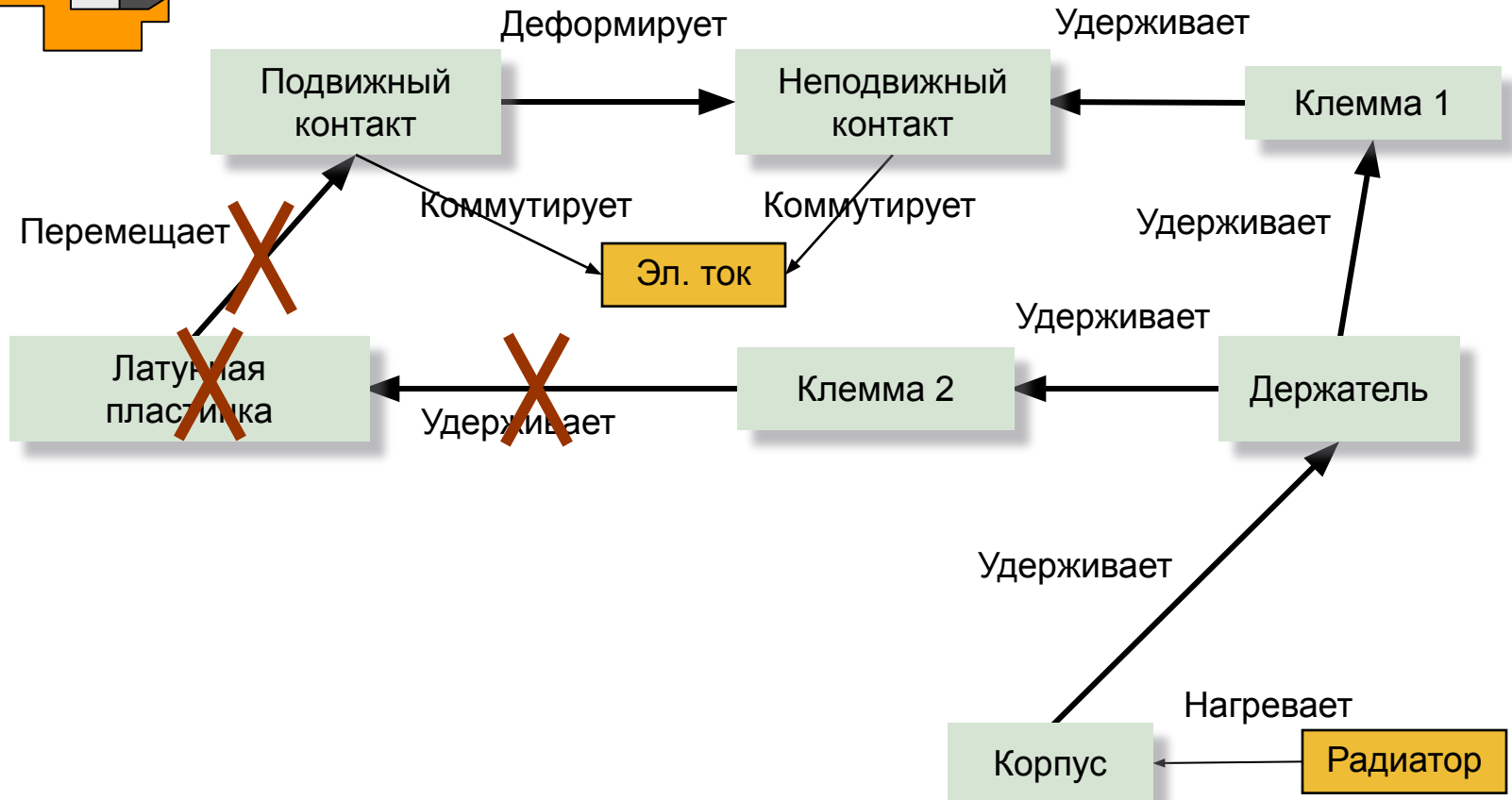
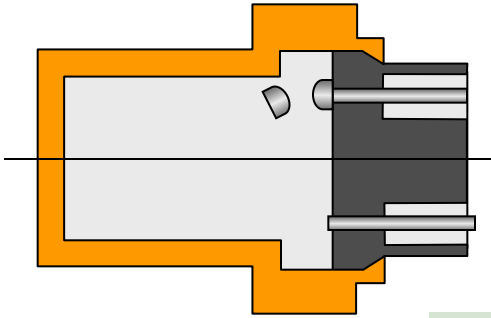
Латунную пластинку можно не делать,
если:

- А) нет подвижного контакта
- Б) подвижный контакт сам себя перемещает
- В) подвижный контакт перемещают:
 - корпус
 - неподвижный контакт
 - клемма 1
 - клемма 2
 - держатель контактов



Функциональная модель в графическом виде

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

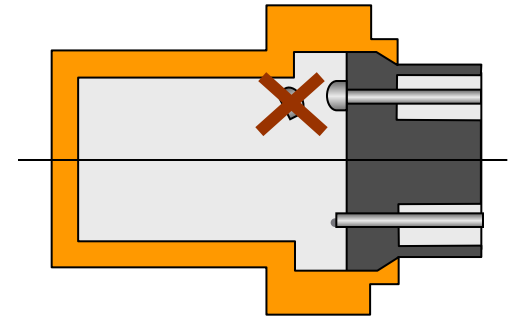


Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Подвижный контакт можно не делать,

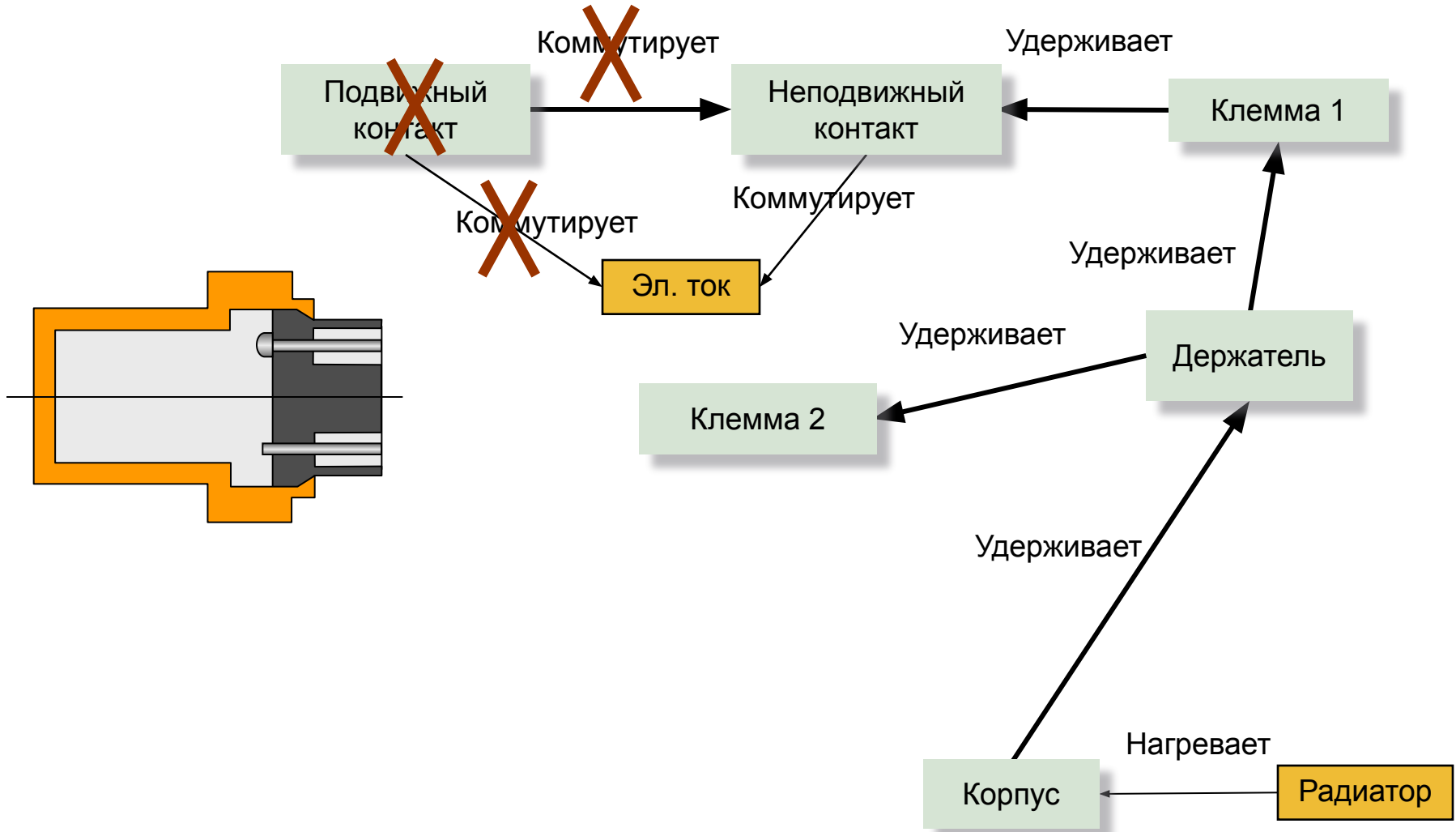
если:

- А) нет неподвижного контакта
- Б) неподвижный контакт сам себя коммутирует
- В) коммутацию осуществляют:
 - корпус
 - клемма 1
 - клемма 2
 - неподвижный контакт
 - держатель контактов



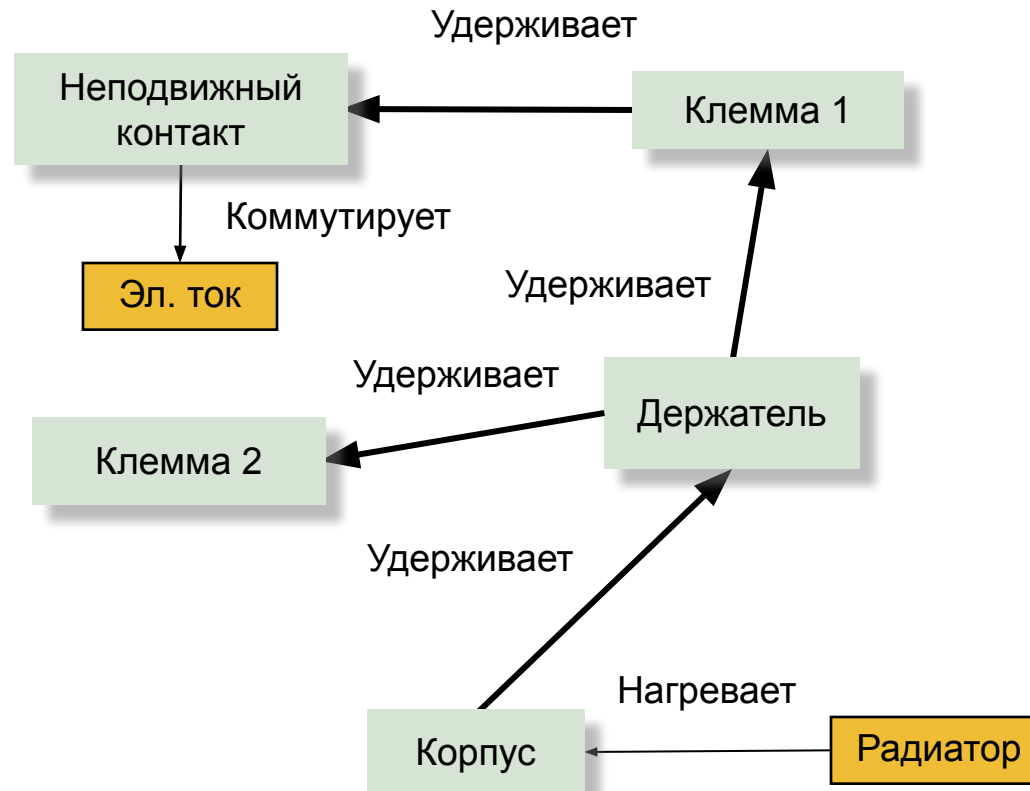
Функциональная модель в графическом виде

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Функционально-идеальная модель (для случая, когда нельзя менять способ крепления датчика на радиаторе)

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

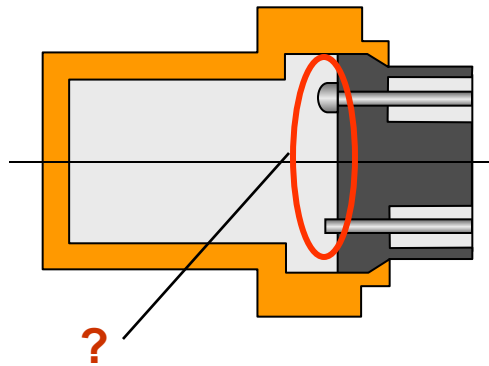


Функционально-идеальная модель (для случая, когда нельзя менять способ крепления датчика на радиаторе)

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Задача свертывания:

- Как коммутировать ток неподвижным контактом и клеммой 2?



Свертывание – радикальное (с изменением способа крепления и принципа действия)

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

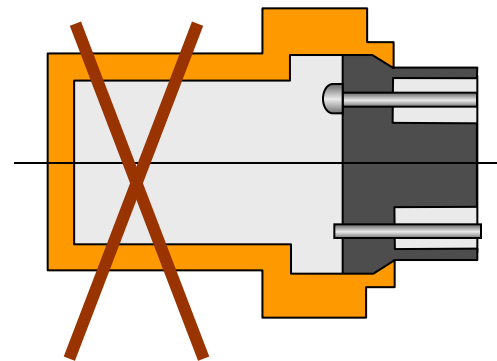
Корпус можно не делать, если:

А) нет держателя контактов

Б) держатель контактов сам себя удерживает

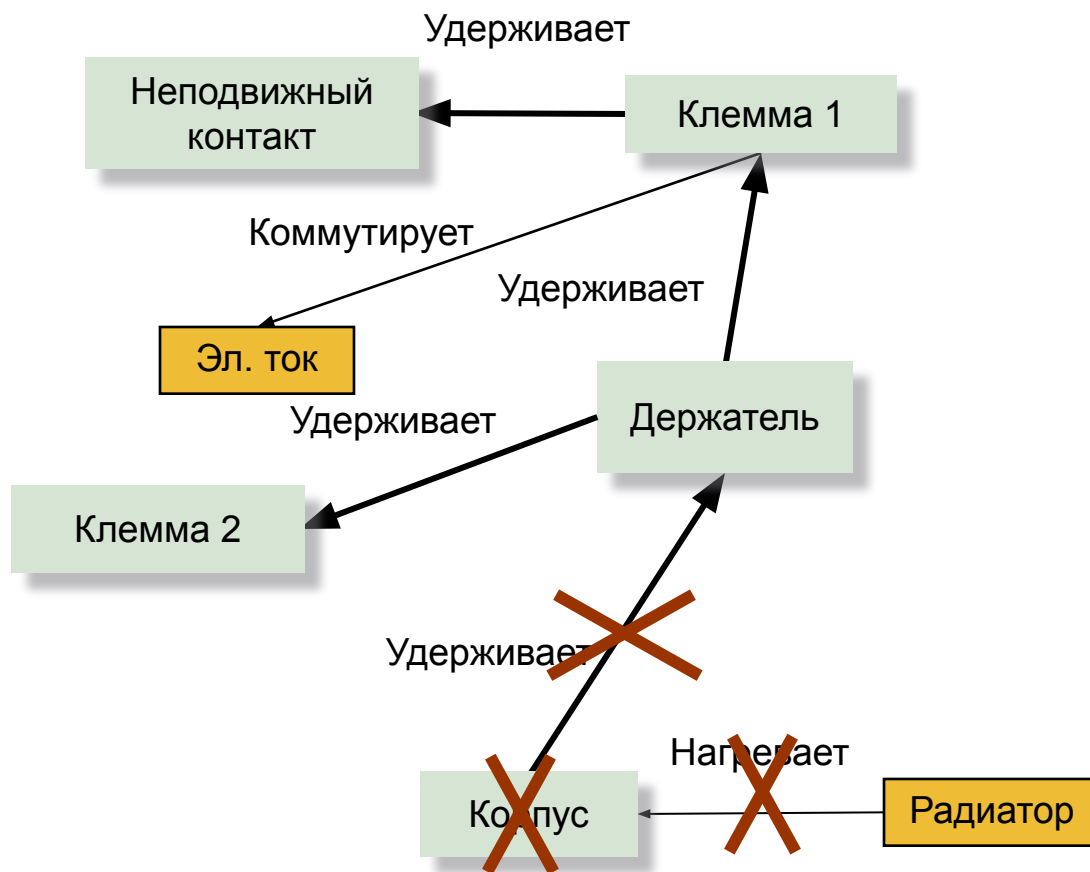
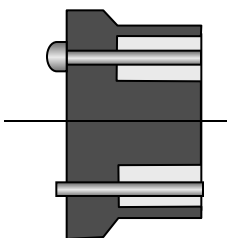
В) держатель контактов удерживают:

- клемма 1
- клемма 2
- неподвижный контакт



Свертывание – радикальное

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

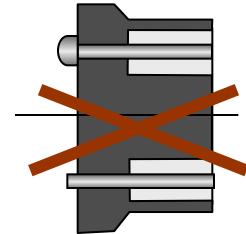
Держатель контактов можно не делать, если:

А) нет клеммы 1

Б) клемма 1 сама себя удерживает

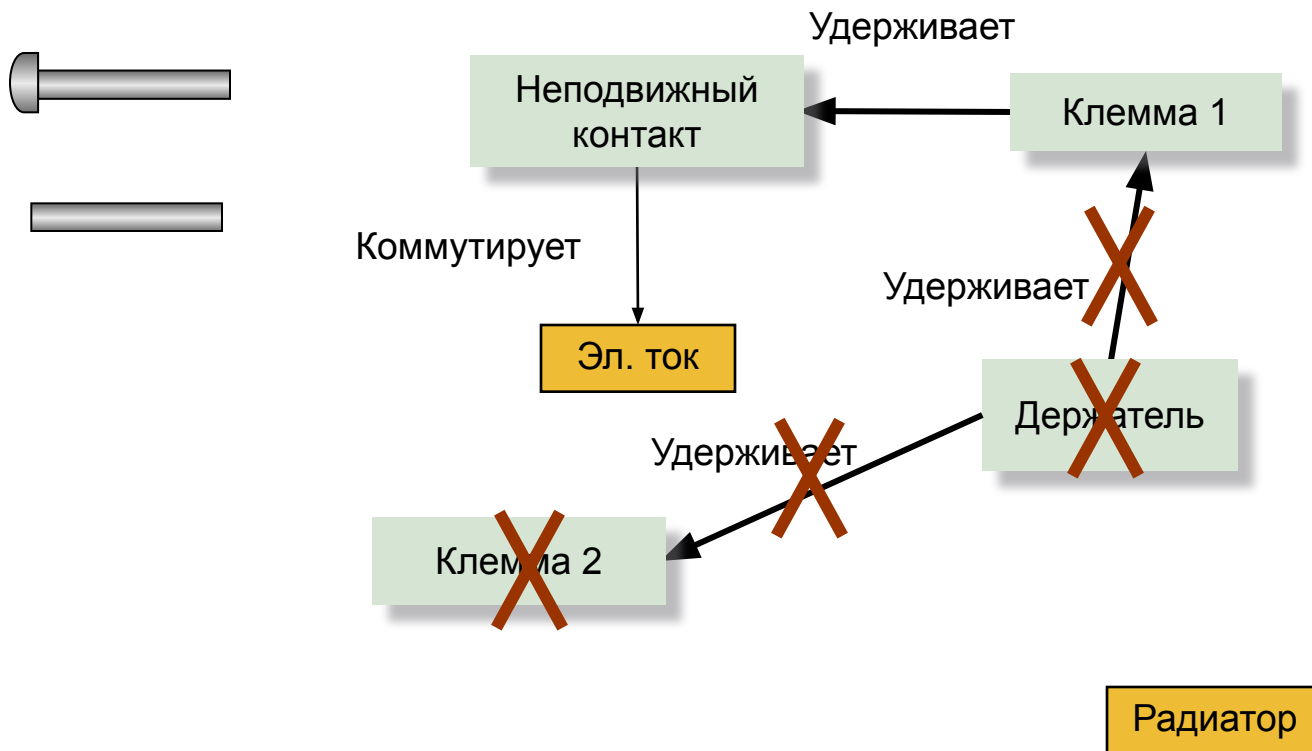
В) клемму 1 удерживает:

- клемма 2
- неподвижный контакт



Свертывание – радикальное

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

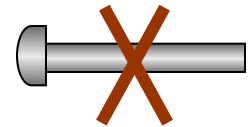
Клемму 1 можно не делать, если:

А) нет неподвижного контакта

Б) неподвижный контакт сам себя удерживает

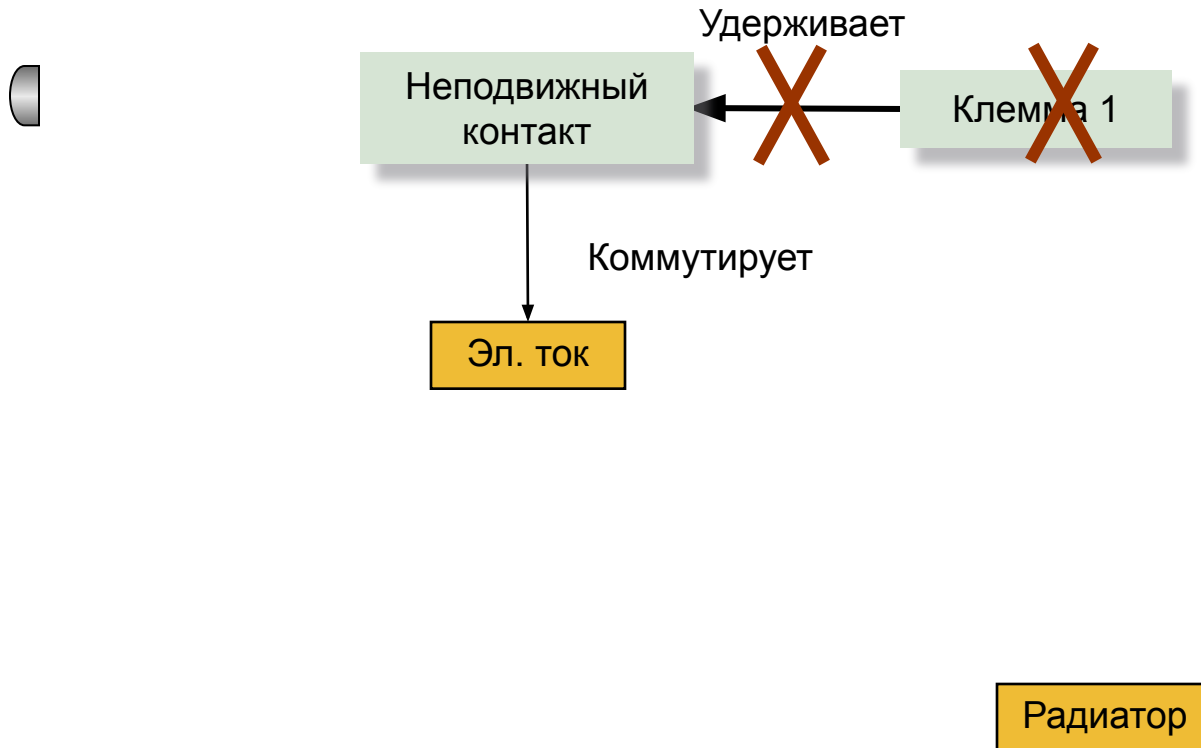
В) неподвижный контакт удерживают:

- радиатор



Свертывание – радикальное

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Функционально-идеальная модель (с изменением способа крепления и принципа действия)

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110



Неподвижный
контакт

Коммутирует

Эл. ток



Радиатор

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Ключевые задачи радикального свертывания

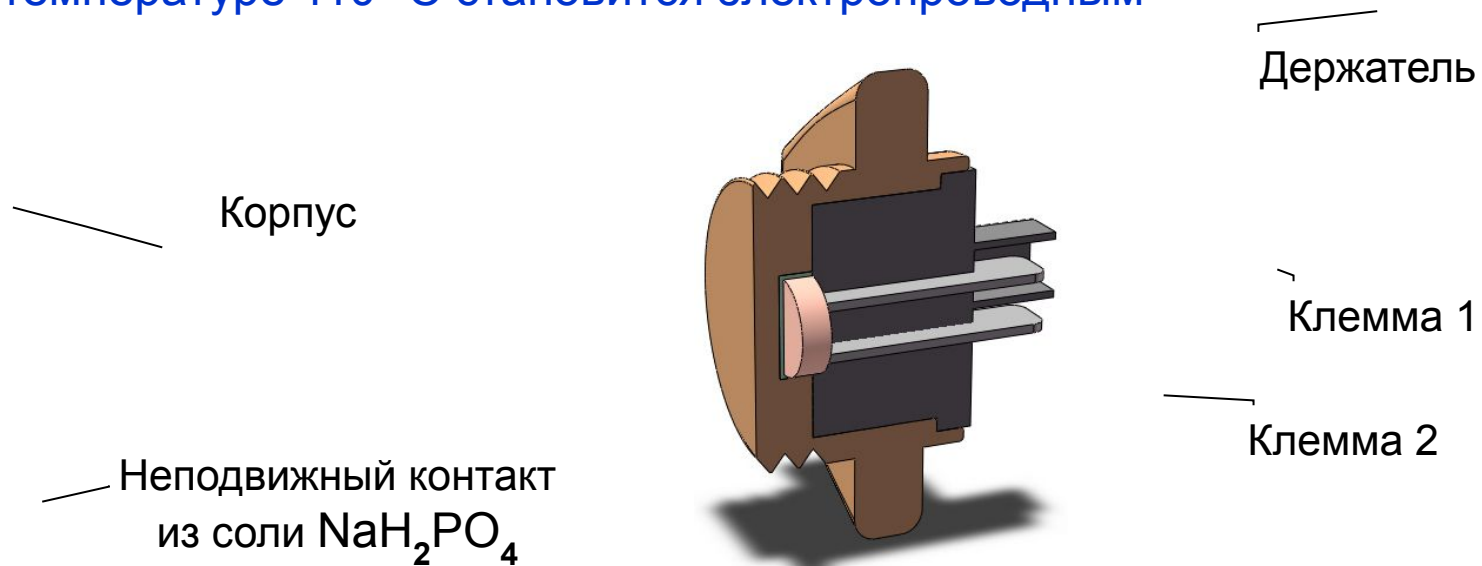
1. Как коммутировать ток неподвижным контактом и клеммой 2?
2. Как обеспечить электропроводимость неподвижного контакта при температуре от 100 до 110 °С и не электропроводность при ниже 100 °С ?
3. Как обеспечить коммутацию тока одним неподвижным контактом?
4. Как обеспечить крепление неподвижного контакта к радиатору?

Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Задача 1. Как коммутировать ток неподвижным контактом и клеммой 2?

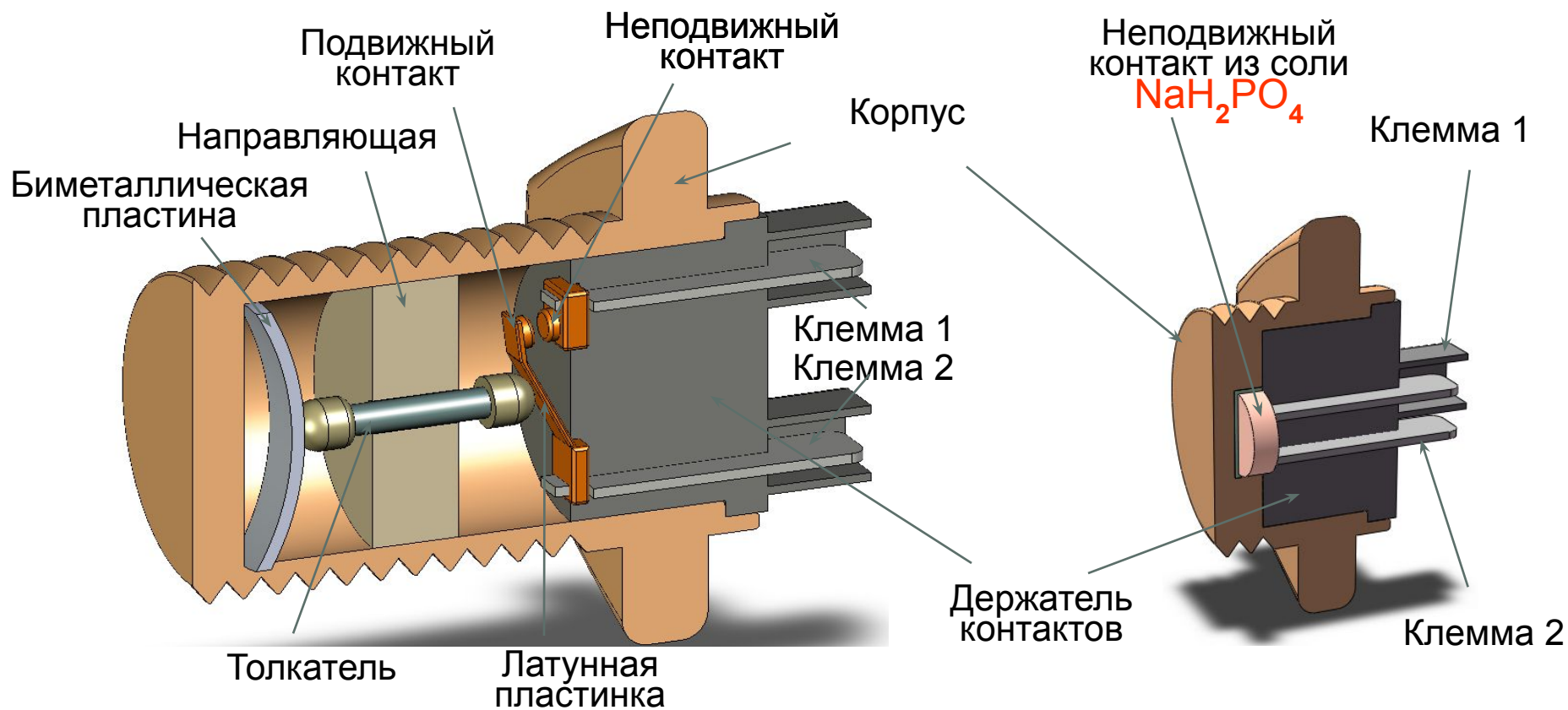
Возможное решение 1

Использовать в качестве неподвижного контакта соль металла, которая при обычной температуре не электропроводная, а с повышением температуры до $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ становится электропроводной. Для этого можно заполнить внутреннюю полость солью, например **фосфатом натрия NaH_2PO_4** , который при температуре $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ становится электропроводным



Количество компонентов датчика

- до свертывания – 10
- после свертывания - 5

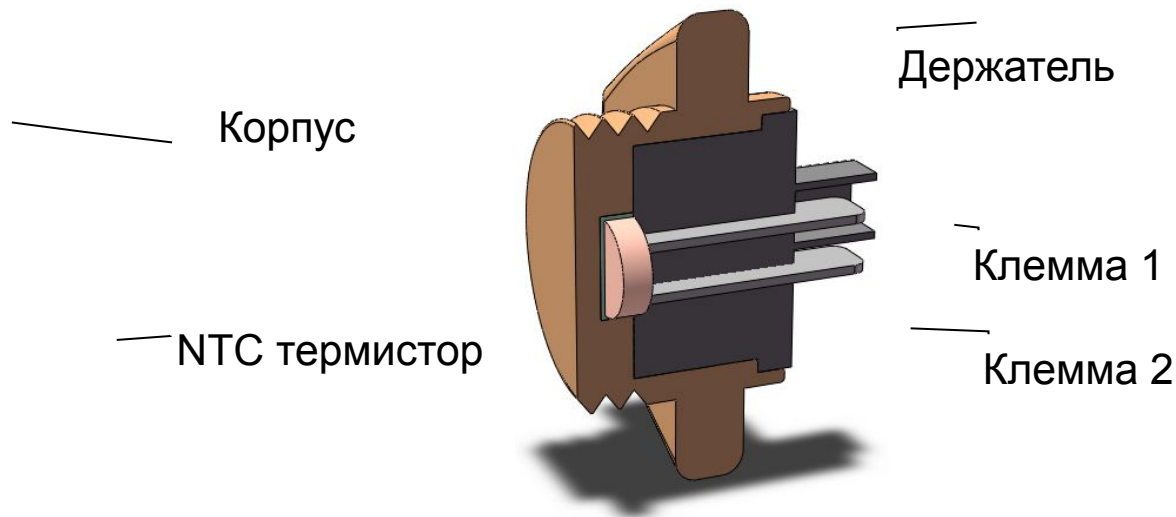


Пример: Датчик включения вентилятора системы охлаждения автомобиля ВАЗ 2110

Задача 1. Как коммутировать ток неподвижным контактом и клеммой 2?

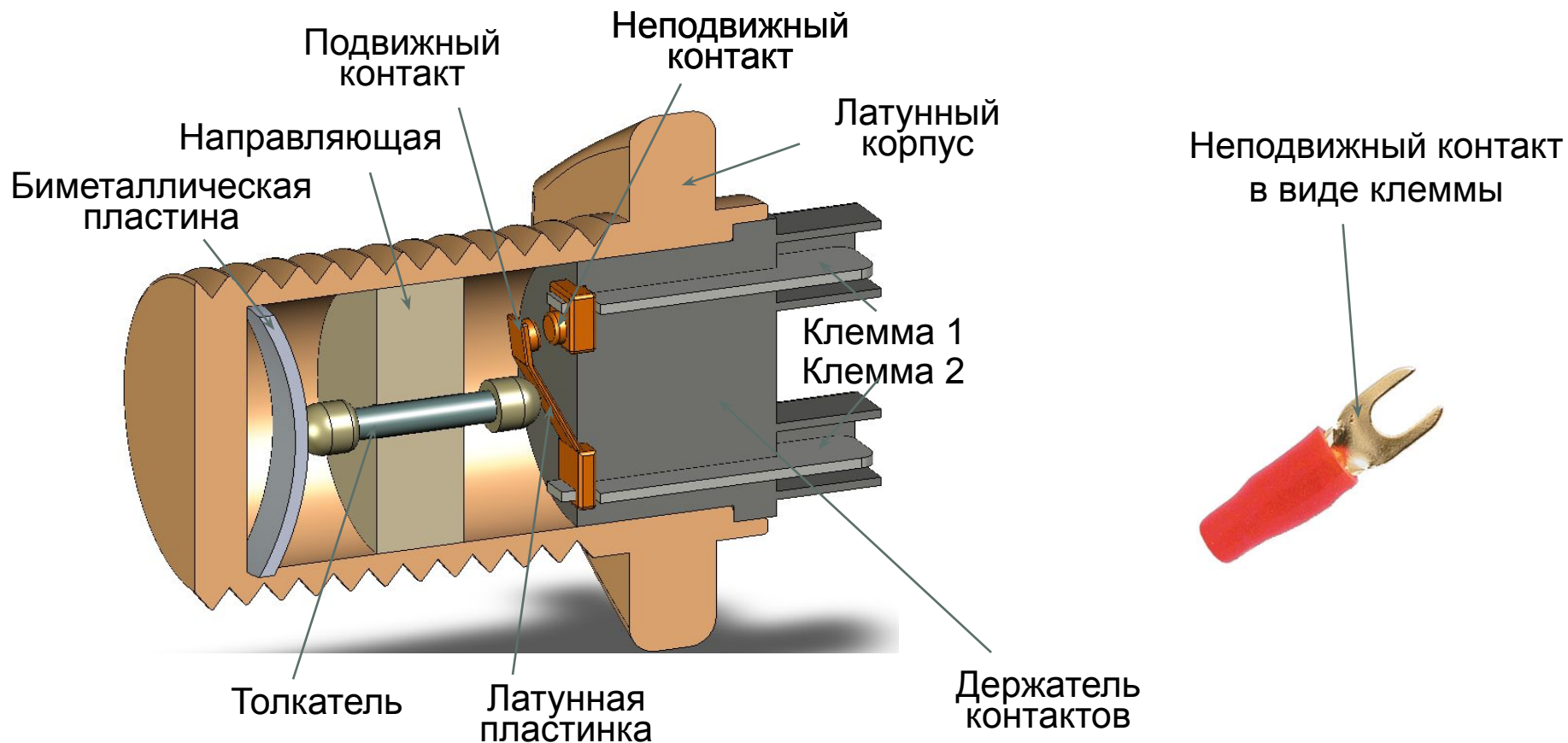
Возможное решение 2

Использовать в качестве неподвижного контакта NTC термистор, который при обычной температуре не электропроводный, а с повышением температуры становится электропроводным.

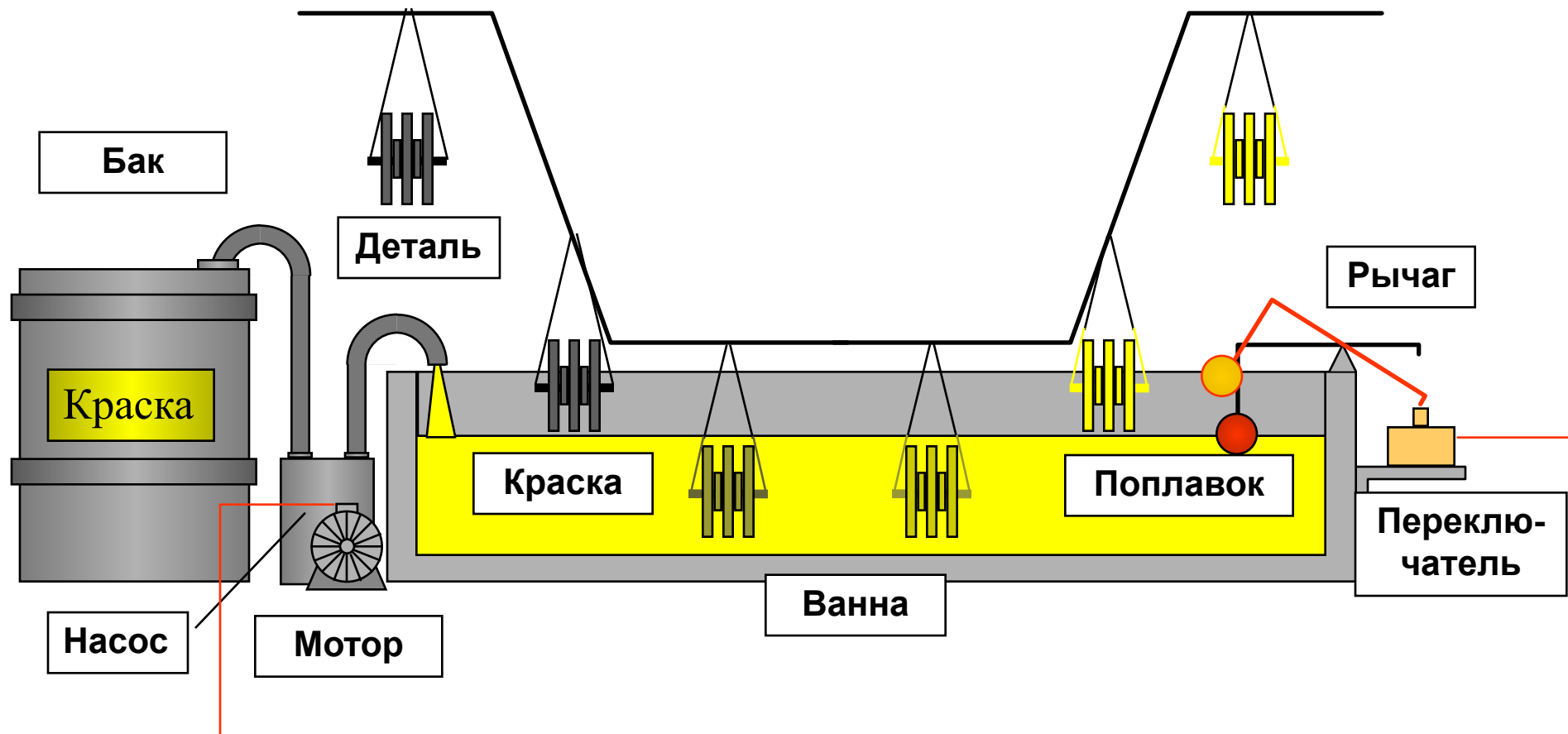


Количество компонентов датчика

- до свертывания – 10
- после свертывания - 1

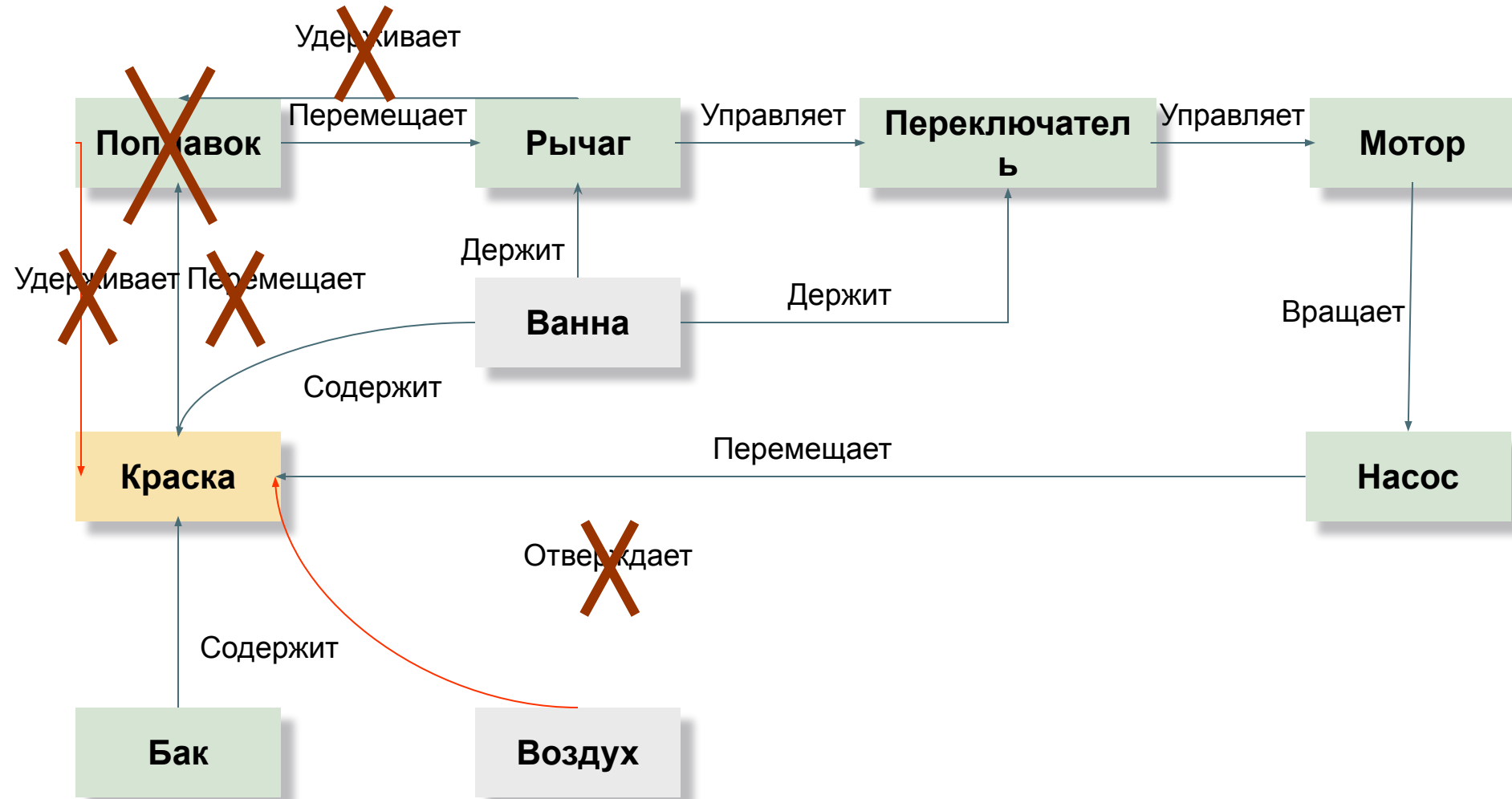


Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание поплавок



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

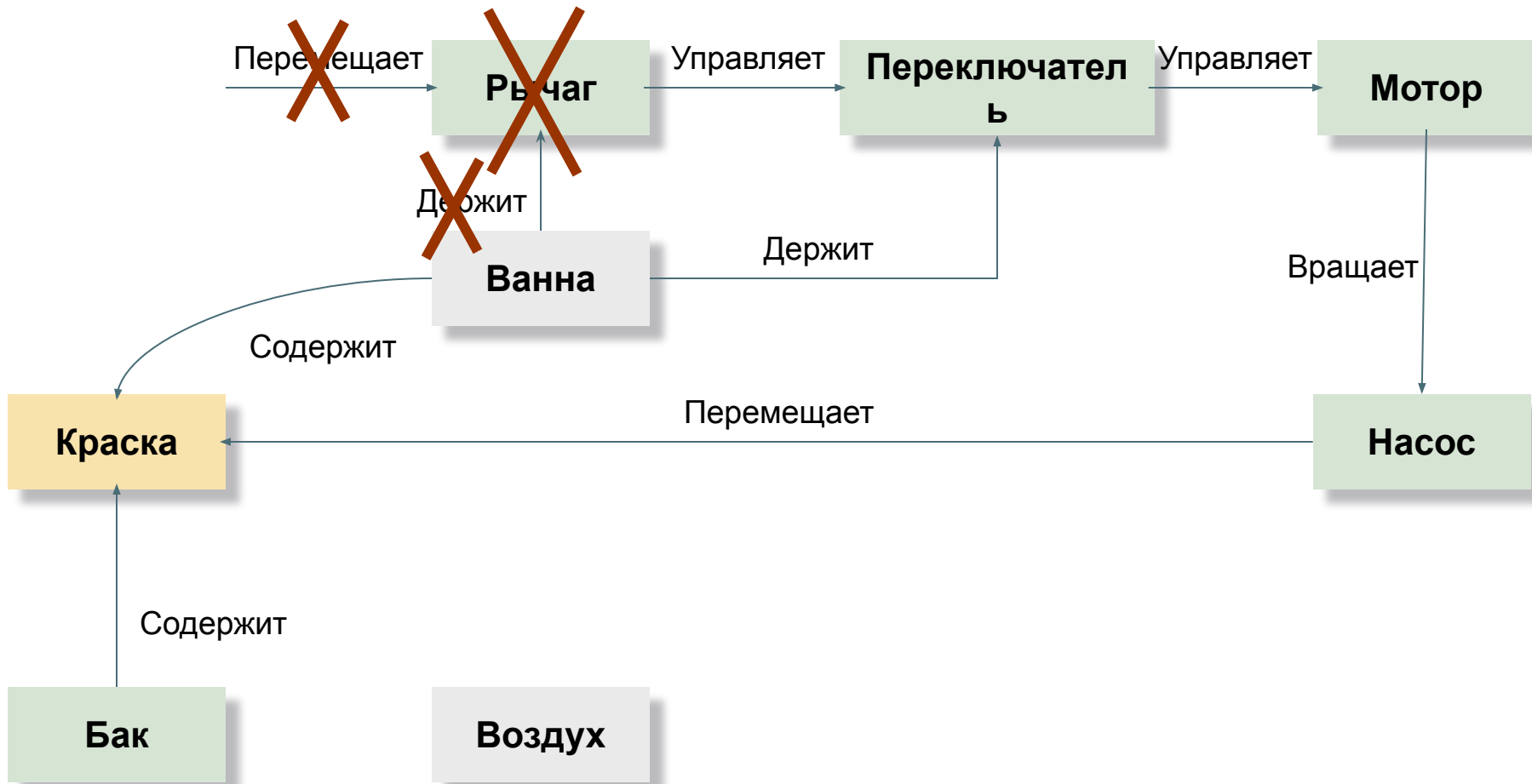
Свертывание поплавка

- Поплавков можно свернуть, если нет рычага (Правило свертывания А).

Правило А: Элемент может быть свернут, если нет Объекта его полезной функции

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание рычага



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание рычага

- Рычаг может быть свернут, если его функция “управлять переключателем” будет выполняться Воздухом (Правило свертывания С).

Правило С: Элемент может быть свернут, если его функцию выполняет другой элемент ТС или Надсистемы

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Задача свертывания

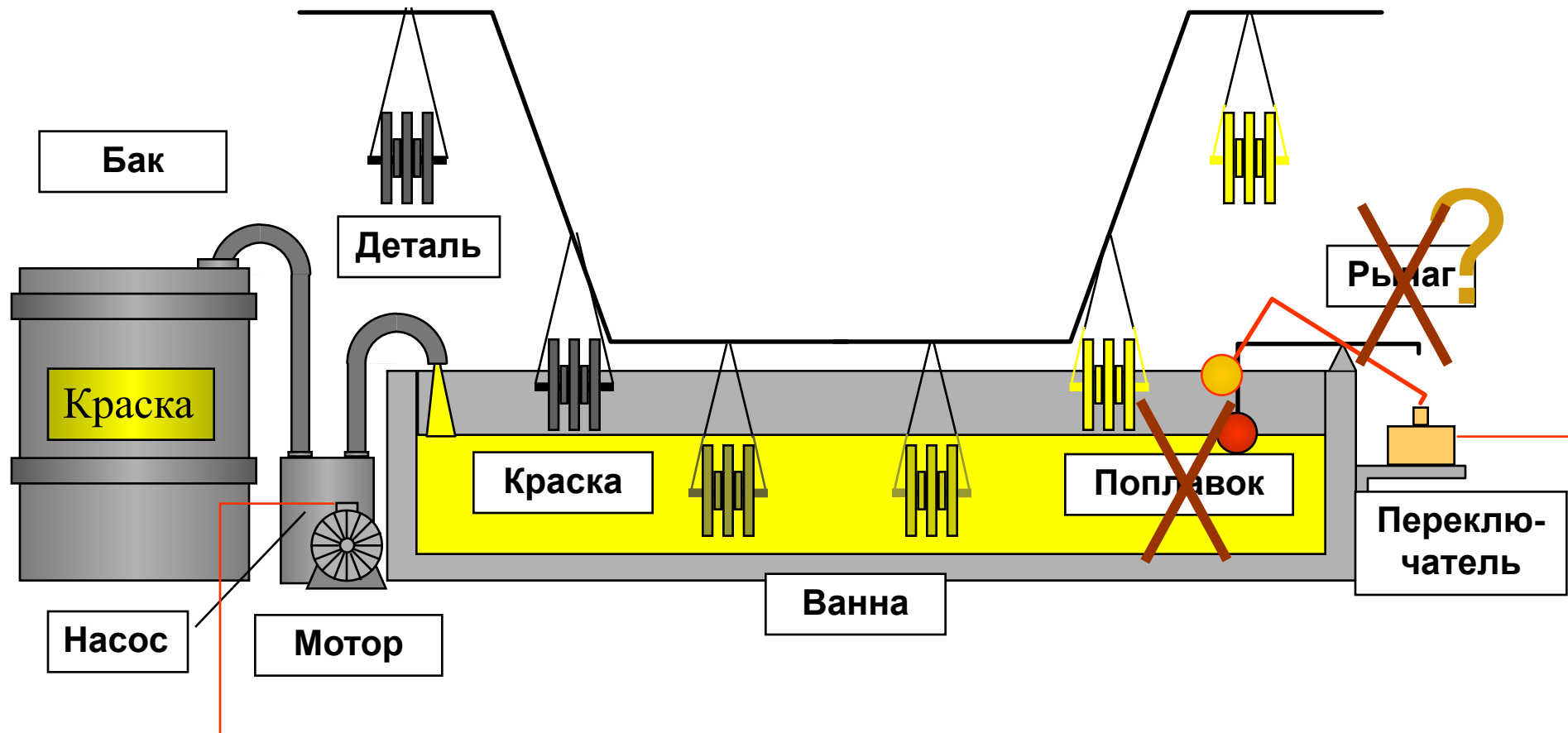
□ Как «заставить» воздух управлять переключателем?



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Задача свертывания

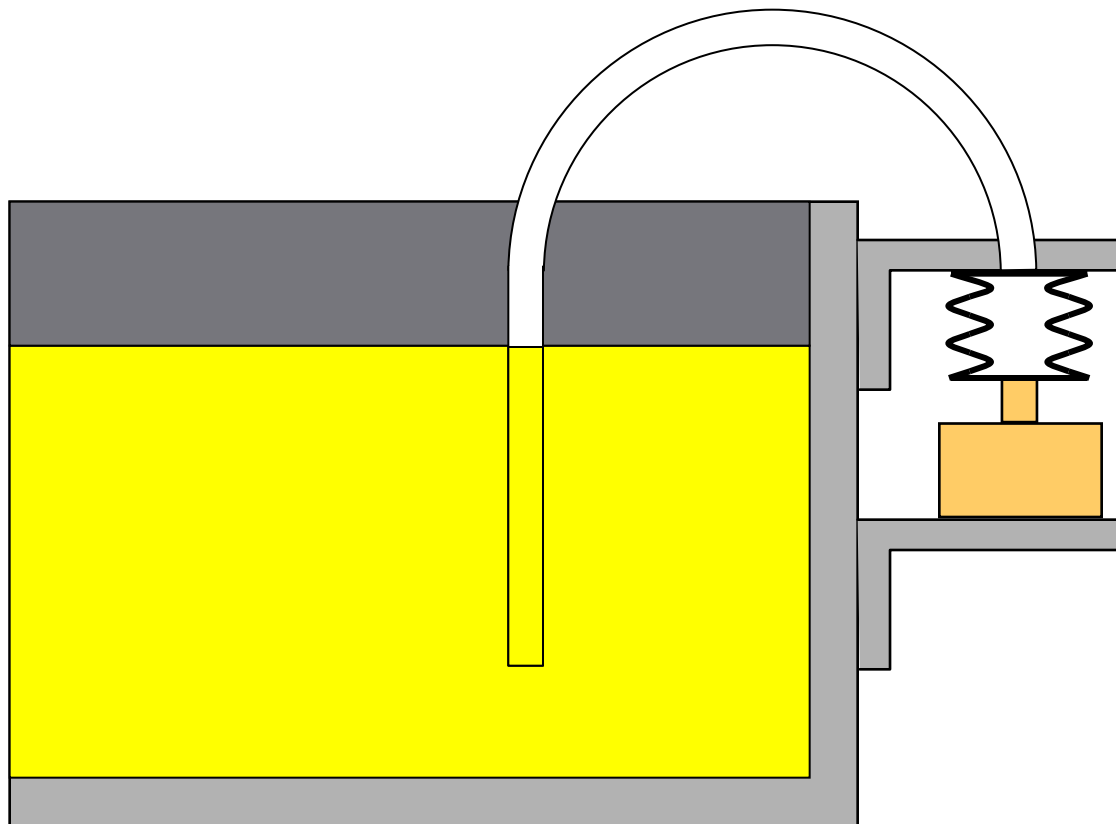
□ Как «заставить» воздух управлять переключателем?



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Решение

- Движущаяся краска сжимает воздух, который, в свою очередь, давит на переключатель.



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание рычага



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание рычага

- Рычаг может быть свернут, если нет Переключателя (Правило Свертывания А).

Правило А: Элемент может быть свернут, если нет Объекта его полезной Функции

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание переключателя



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

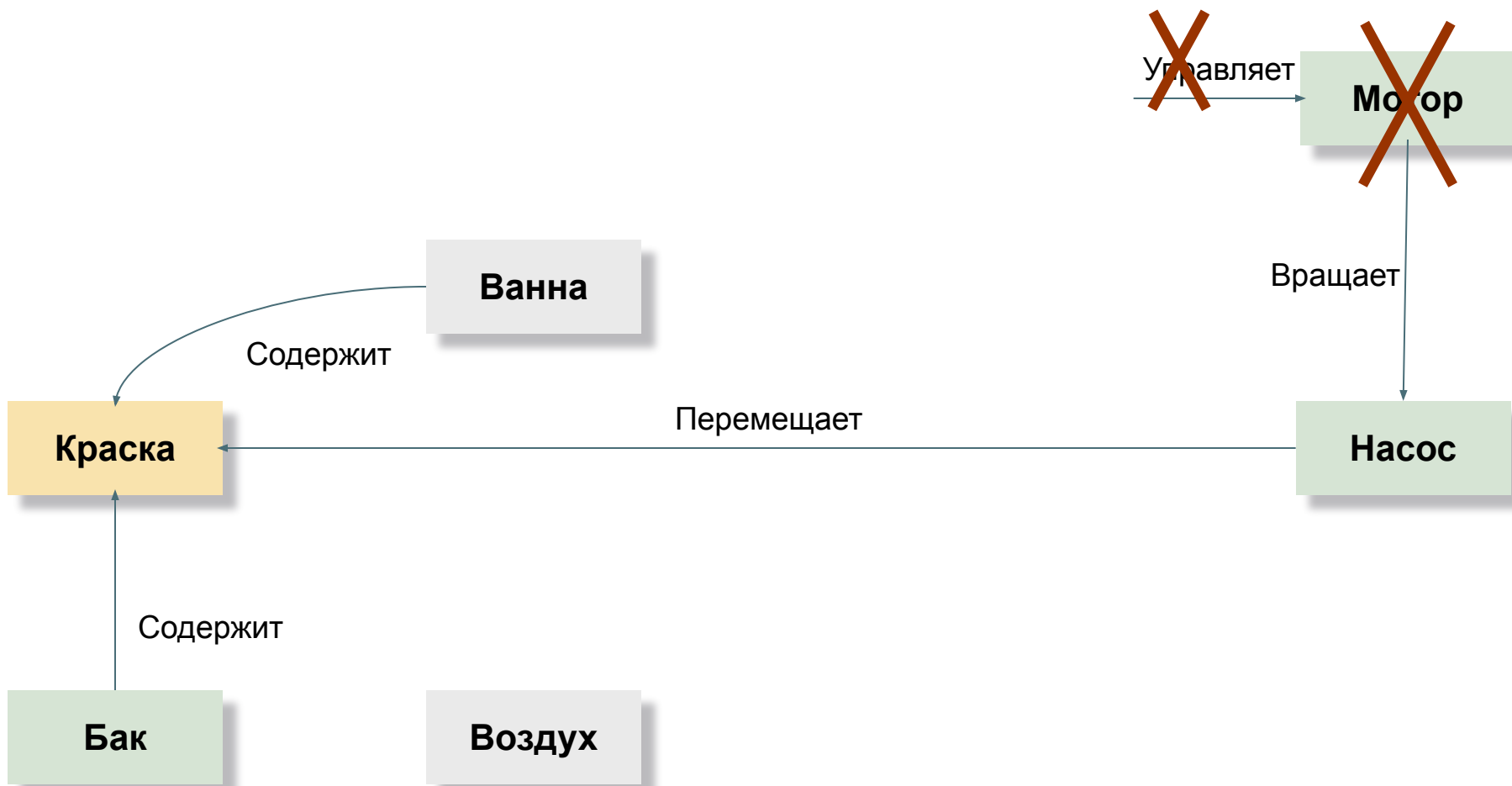
Свертывание переключателя

- Переключатель может быть свернут, если нет Мотора (Правило Свертывания А).

Правило А: Элемент может быть свернут, если нет Объекта его полезной Функции

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание мотора



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание мотора

- Мотор может быть свернут, если нет Насоса (Правило свертывания А).

Правило А: Элемент может быть свернут, если нет Объекта его полезной Функции

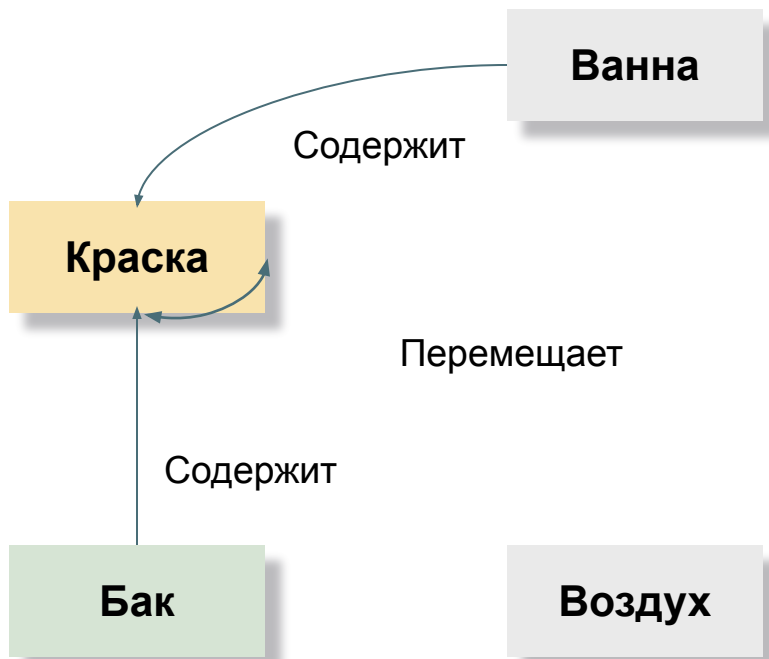
Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание насоса



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание насоса



Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Свертывание насоса

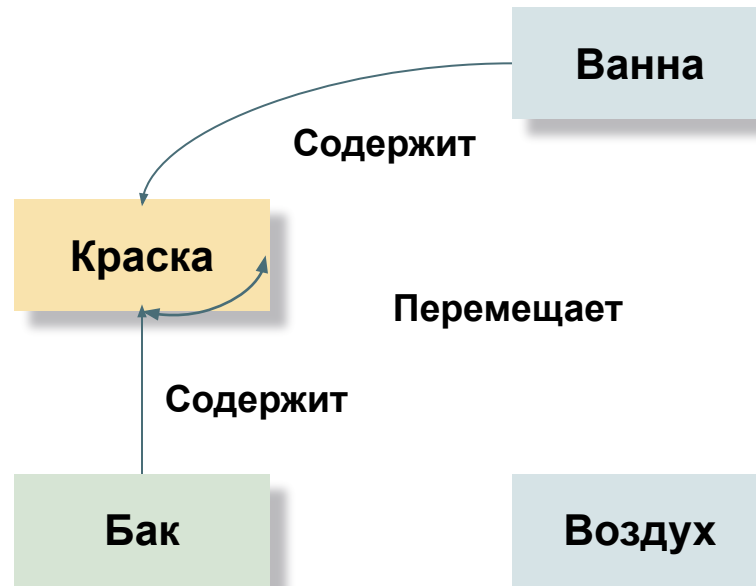
- **Насос может быть свернут, если его полезная функция ‘перемещать краску’ выполняется самой Краской**

(Правило свертывания В, правило А не применимо, т.к. Краска является Объектом Главной Функции Насоса).

Правило В: Элемент может быть свернут, если Объект функции сам выполняет полезную функцию

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

Функционально-Идеальная Модель

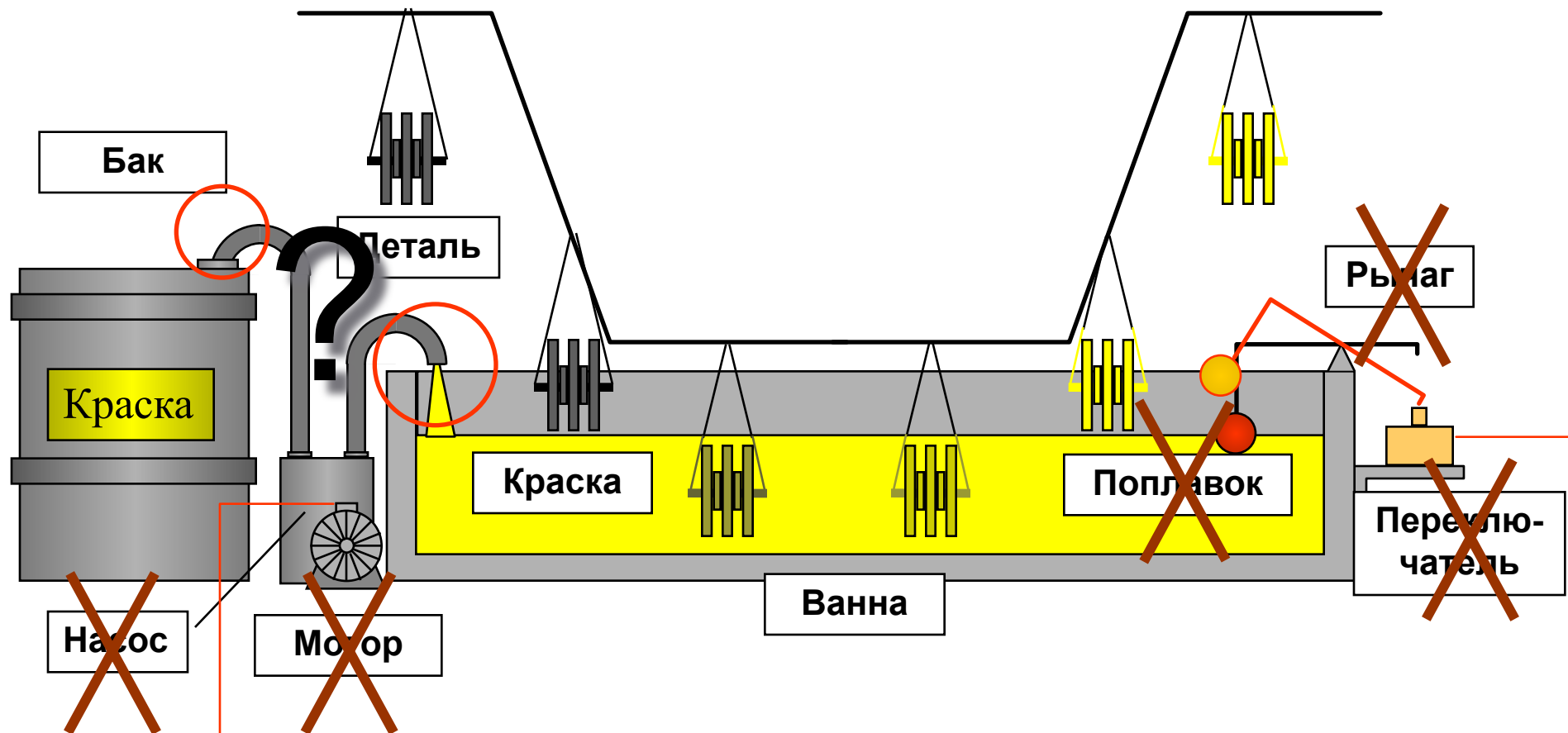


□ Задача свертывания

- Как сделать, чтобы Краска сама себя перемещала?

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

□ Как «научить» краску перемещать саму себя?



Радикальное свертывание

Пример: Система для подачи краски в покрасочную ванну

