

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТРИЗ В РАБОТЕ ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА

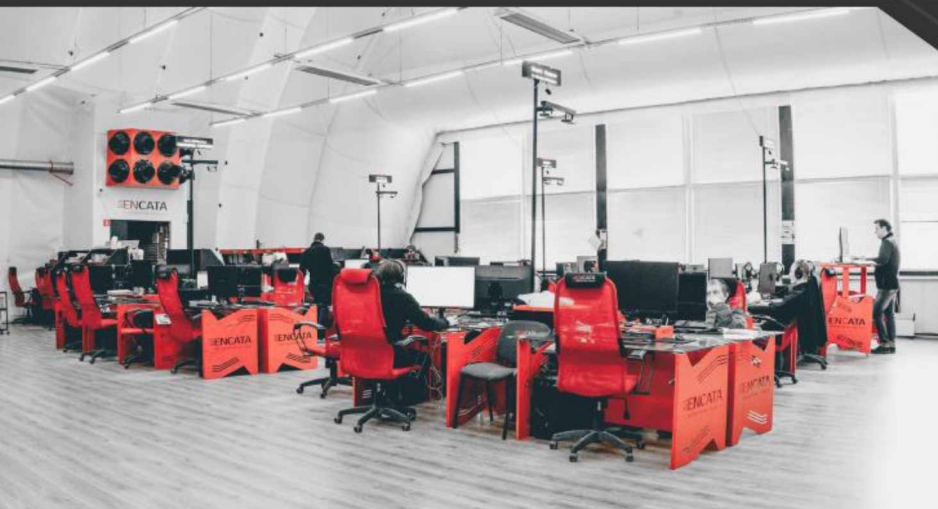
**Докладчик — Галецкий Дмитрий Анатольевич,
инженер-конструктор ООО «ИнКата»**

Наша инженерная компания Encata



Инжиниринговые услуги и
опытно-промышленное производство

- Проектирование оборудования на основе бизнес-решений Заказчика
- Инженерные консультации на всех этапах разработки продукта
- Изготовление прототипов и опытно-промышленное производство



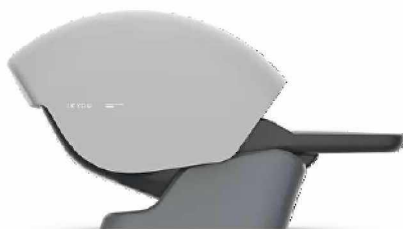
- ✓ Проектирование и конструирование - от Вашей бизнес-идеи до пилотной партии
- ✓ Разработка электроники - печатные платы, встроенное программное обеспечение, серверная часть
- ✓ Компьютерное моделирование - FEA и CFD
- ✓ Собственное производство - от 3D-принтера до 5-осевой ЧПУ-фрезеровки

Некоторые показательные проекты



Умные замки безопасности. Замок обеспечивает доступ с помощью кнопочной панели, RFID-карты, NFC на мобильном телефоне, брелоке или браслете. Прошивка замка обновляется по воздуху. Связь по сетям LoRa и WiFi.

Мы разработали механику, электронику и программное обеспечение: серверная часть, приложения пользователей и администратора.



Умная капсула для быстрого сна и снятия стресса. Создана с нуля в EnCata.

Капсула представляет собой усовершенствованную механическую систему со сложным сенсорным оборудованием, подключенным к облачному AI/ML программному обеспечению.

Высокотехнологичные алгоритмы помогают анализировать модели стресса среди сотрудников на работе.



Стетоскоп IoT для диагностики сердца, дыхательной системы и кровеносных сосудов

Технология машинного обучения использует нейронную сеть для интерпретации сигналов, точной диагностики, сбора исторических данных и сравнительного анализа.

Разработанные алгоритмы оценивают сердечно-сосудистые риски в процессе аускультации, что позволяет предотвратить различные заболевания.

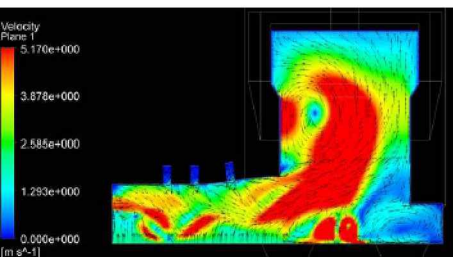


Тренер виртуальной реальности для хирургов в сфере здравоохранения

Мы разработали аппаратную часть тренажера для обучения хирургов лапароскопическим операциям любого типа. Аппарат управляется при помощи VR.

Базовая технология, которая может быть применена для тренировки астронавтов или нейрохирургов.

Некоторые показательные проекты



Проект медеплавильного завода

Проект по CFD-моделированию медеплавильной печи и его инженерная оптимизация в части барботирования жидкой фазы шлаков и системы отвода дыма. Результаты были учтены при модернизации завода и сократили время простоя.



Складской робот

Проект автономного складского робота грузоподъемностью 50 кг. Робот имеет степень защиты IP-45 для работы как в помещении, так и снаружи. EnCata усовершенствовала первоначальную концепцию и разработала промышленный дизайн. Мы изготовили прототип и подготовили документацию для производства.



Автономный люк для беспилотных летательных аппаратов

Полностью автоматизированный ангар для беспилотников для работы в арктических и пустынных условиях. Ангар был спроектирован и изготовлен с нуля.

Ангар оснащен системой позиционирования беспилотников, зарядными устройствами и “умной” системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC).



IIoT система мониторинга горячей воды

Научно-исследовательский проект в области теплофизики, встраиваемых алгоритмов, механики и электроники с многочисленными испытаниями на реальных объектах.

Конечный продукт измеряет и регулирует в режиме реального времени потоки тепловой энергии и горячей воды в промышленных и жилых системах отопления.

Как применяем ТРИЗ в Encata

ТРИЗ как система, которая выросла из классического ТРИЗ

ТРИЗ – комплексный инструмент выявления и решения задач, построенный на базе закономерностей развития ТС



Сложность пути, особенно в сочетании с другими инструментами

[illegible]

Что отпугивает конструкторов от применения ТРИЗ

Непривычная терминология

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1. СИСТЕМА, ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ



ВЕЩЕСТВО – объект, обладающий массой покоя.



ПОЛЕ – объект, не обладающий массой покоя и переносящий взаимодействие между *веществами*.



МАТЕРИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ – объект, состоящий из *веществ* и *полей*.



СИСТЕМА – согласованное множество взаимосвязанных компонентов (элементов), обладающих общим (системным) свойством, не сводящимся к свойствам этих элементов, и выполняющих полезную функцию для надсистемы. Система может состоять из компонентов (элементов), связанных друг с другом и с компонентами надсистемы в пространстве (устройство, вещество), либо во времени (технология, процесс).



ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – система, предназначенная для выполнения некоторой *функции* и включающая хотя бы один искусственный (созданный человеком) элемент.



КОМПОНЕНТ, ЭЛЕМЕНТ, ПОДСИСТЕМА – часть *технической системы* или *окружающей Среды СПОСОБНАЯ ВЫПОЛНЯТЬ ПОЛЕЗНУЮ ФУНКЦИЮ*.



НАДСИСТЕМА – *техническая система*, включающая в себя рассматриваемую *техническую систему* в качестве **КОМПОНЕНТА**.



ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА – природные и социальные объекты, которые реально взаимодействуют с рассматриваемой *технической системой*, или могут это делать при некоторых условиях.



КОНКУРЕНТНАЯ СИСТЕМА – система, имеющая назначение, аналогичное анализируемой (исходной). Разновидностью конкурентной системы является **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СИСТЕМА** – конкурентная система, с которой анализируемая система имеет хотя бы одну пару противоположных достоинств и недостатков связанных с главной функцией (главным назначением) системы.



АНТИСИСТЕМА – система, имеющая противоположное (по отношению к анализируемой системе) назначение.



ЗАДАЧА – общепринятый термин – то, что нужно решить. На разных стадиях анализа выступает как **ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ СИТУАЦИЯ**, **ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ ЗАДАЧА** и т.п.



ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ СИТУАЦИЯ – описание совмещенного дерева полезных и вредных функций.



ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ ЗАДАЧА – задача, в которой имеется указание на наличие *одной вредной функции* (или отсутствие необходимой полезной) для устранения которой не имеется известных методов и средств, либо их применение приводит к возникновению **ПРОТИВОРЕЧИЯ** (возникновению в системе нового нежелательного эффекта).



РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ СИТУАЦИИ – операция по восстановлению изобретательской ситуации из изобретательской задачи.



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЗАДАЧА – ситуация, когда требуется установить причину (механизм действия) непонятного явления (состояния системы).



ЗАДАЧА НА ИЗМЕНЕНИЕ – задача, заключающаяся в необходимости изменить какую-то характеристику (часть) исходной системы для обеспечения выполнения новой полезной функции (улучшения имеющейся), либо устранения вредной.



ЗАДАЧА НА ИЗМЕРЕНИЕ ИЛИ ОБНАРУЖЕНИЕ – задача, заключающаяся в необходимости получения определенной информации о состоянии системы.



АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЗАДАЧА – выделенная из совмещенного дерева задача на поиск альтернативного способа реализации полезной функции.



ОТКАЗНАЯ ЗАДАЧА – выделенная из совмещенного дерева задача на поиск возможности отказаться от выполнения полезной функции с сохранением конечного результата.



МАКСИ-ЗАДАЧА (обходная задача) – отказная задача, отнесенная к надсистеме, в которую входит анализируемая система.



МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ – уточненная формулировка мини-задачи, включающая **КОНФЛИКТУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ** (два элемента между которыми возникает противоречие) и **УСИЛЕННЫЙ КОНФЛИКТ** (конфликт доведенный до предела).



ЗАДАЧА-АНАЛОГ – уже решенная задача, решение которой может быть использовано для получения ответа на другую задачу. Аналогии могут быть поверхностными (задачи похожи по условию) и глубокими (например, по виду противоречия). Глубокие аналогии выявляются в результате анализа задачи по АРИЗ.

Что предпринимаем

Введение обязательного использования инструментов ТРИЗ.

Пример: часть документа «Этапы проекта».

п/п	Название ячейки и ее цель	Исходные данные (вход)	Что необходимо сделать на этапе	Результаты этапа (выход)	Примечание
1.5	«Definition problems» Определить существующие проблемы и сформировать ключевые противоречия	См. результаты этапов 1.3 и 1.4.	• (М) Выявить существующие проблемы и определить ключевые противоречия • (М) Если есть прототип, то необходимо выяснить его достоинства и недостатки и проверить его работоспособность	Заполнить соответств. раздел в ИП	
1.6	«Solving problems» Определить существующие проблемы и сформировать противоречия	См. результаты этапа 1.5	• (М) Найти пути решения проблем (используя инструменты ТРИЗ / проверочные расчеты в Ansys)	Заполнить соответств. раздел в ИП	
1.7	«Verification of decisions» Обосновать принятые решения	См. результаты этапа 1.6	• Обосновать принятые решения • Заполнить <u>«чек-лист контроля GE»</u>	• Заполнить соответств. раздел в ИП • Ответить на вопросы чек-листа GE	Выложить заполненный чек-лист контроля GE в PDM в папке «Текстовые документы»
1.8	«DDE approval» Утвердить принятые решения	См. результаты этапа 1.7	• Проверить принятые решения на соответствие техническому заданию и существующим ограничениям по проекту • Список замечаний	• Переход на следующий этап или список замечаний и предложений в ПланФикс	Утверждает руководитель КБ
1.9	«Update estimation + customer approval» Обновить оценку и согласовать перечень работ	См. результаты предыдущих этапов	• Откорректировать DE2 (DE3) • Выявить противоречия между DE2 и DE3 • Поиск ресурсов для сокращения трудозатрат • Согласование объемов работ с ПМ-ом и заказчиком • Корректировать планы и сроки в PF	• Уточненный объем работ, согласованный с ПМ-ом и заказчиком (DE3) • Уточненная структура задач в PF	

Что предпринимаем

Введение понятий и инструментов ТРИЗ в стандарты, документы и т.д.

Пример: часть документа «История проекта».



1. Словарь сокращений и обозначений

Таблица 1.1 – Список сокращений и обозначений

№ п/п	Сокращение	Описание
1	ИП	История проекта
2	СК	Стартовое Кенто
3	C0/C1	Концепт 0/Концепт 1. Стандартный документ EnCata
4	DE2	Предварительная оценка проекта, выполненная конструкторским отделом.
5	ТС	Техническая система
6	Функция	Действие, выполняемое одним материальным объектом с целью изменения или поддержания параметров другого материального объекта.
7	MPV (Main Parameters of Value)	Главный параметр ценности продукта (главная функция) - это одно из его потребительских качеств обеспечивающих целесообразность его создания и функционирования, т.е. параметр определяющий <u>покупаемость</u> продукта, по которому общество оценивает данный продукт.
8	MFPV (Main Function Parameters of Value)	Функциональный параметр продукта (изделия) - это измеряемый физический параметр, определяющий уровень одного из качеств Главного параметра ценности продукта.
9	Надсистема	Система, в которую объект анализа входит в качестве компонента. К надсистеме относят и элементы окружающей объект анализа среды. Для технологического процесса над системными являются операции предшествующего, последующего и параллельных технологических процессов.
10	Взаимодействие	Физический контакт между материальными объектами. В тех случаях, когда объекты разнесены в пространстве и взаимодействуют через поле, которое не включено в компонентную модель из соображений удобства, допускается считать их взаимодействующими друг с другом непосредственно.



- » Ожидаемая себестоимость изделия в серии? или ожидаемая себестоимость прототипа?
- » Какова предположительная серийность изделия (шт. в год)?
- » Какие ограничения по проекту есть (вес, габариты, себестоимость, технология изготовления, особые требования к изделию регламентируемые отраслевыми стандартами и ГОСТами и т.п.)?
- » Возможные риски и проблемы (описаны C1/C0)

2.3 Наименование проектируемого изделия и его назначение

Указана в C1 или C0 и уточняется на СК

3. Бенчмаркинг (benchmarking)

Цели бенчмаркинга:

- » Выявление лучшей ТС среди известных (при этом к известным ТС может относиться и «сборный аналог», т.е. идеализированный из нескольких ТС).
- » Позиционирование базовой ТС относительно известных.
- » Выявление «локальных лидеров» – систем, лидирующих по отдельным параметрам.
- » Разработка направлений совершенствования ТС, в зависимости от ее положения на рынке.

Задача этапа найти аналоги, механизмы или патенты, которые **можно заимствовать в разрабатываемое устройство** (сократить время на исследования и изобретение нового механизма) и **убедиться в том, что требования заказчика к изделию реальны и выполнимы!**

Если у заказчика есть готовый рабочий прототип, то в первую очередь, необходимо посмотреть этот прототип (в самом лучшем случае получить этот прототип на время разработки) и выяснить:

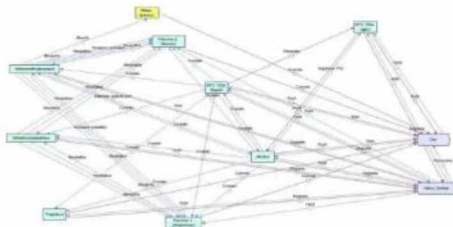
- » Как он работает?
- » Как он собирается и разбирается?
- » Какая компоновка изделия?
- » Какие комплектующие использовались при изготовлении прототипа?
- » Какие алгоритмы работы заложены в прототипе?
- » Провести исследование процессов происходящих в прототипе с помощью Ansys и т.п.

Что предпринимаем

Применение различных инструментов

Основные аналитические инструменты

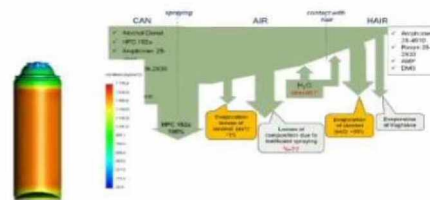
Функциональный анализ



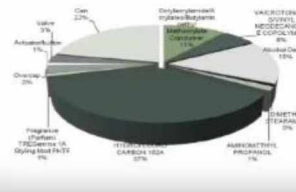
Причинно-следственный анализ



Потоковый анализ



Стоимостной анализ

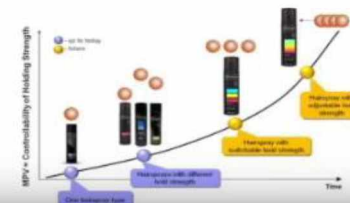


Основные аналитические инструменты

Анализ потребительских ценностей



Тренды эволюции систем



Бенчмаркинг пределов

[illegible]

Перенос свойств



Что предпринимаем

Применение инструментов ТРИЗ для усиления других инструментов

Пример: разработка движителя для робота «Тетработ»

Таблица применения приемов

3. Принцип местного качества:

б) разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции;

Ноги с колесами на концах.

9. Принцип предварительного антидействия:

б) если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.

Колебания корпуса в противофазе.

15. Принцип динамичности:

б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;

Ноги движителя, изменяющие длину.

18. Принцип использования механических колебаний:

а) привести объект в колебательное движение;

Колебать корпус с приводом.

22. Принцип “обратить вред в пользу”:

б) устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами;

Увеличить количество движителей и синхронизировать в противофазе.

в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

Робот передвигается прыжками.

23. Принцип обратной связи:

а) ввести обратную связь;

Корпус воздействует на движитель в зависимости от колебаний.

24. Принцип “посредника”:

а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;

Использовать изменяемое соединение между корпусом и движителем.

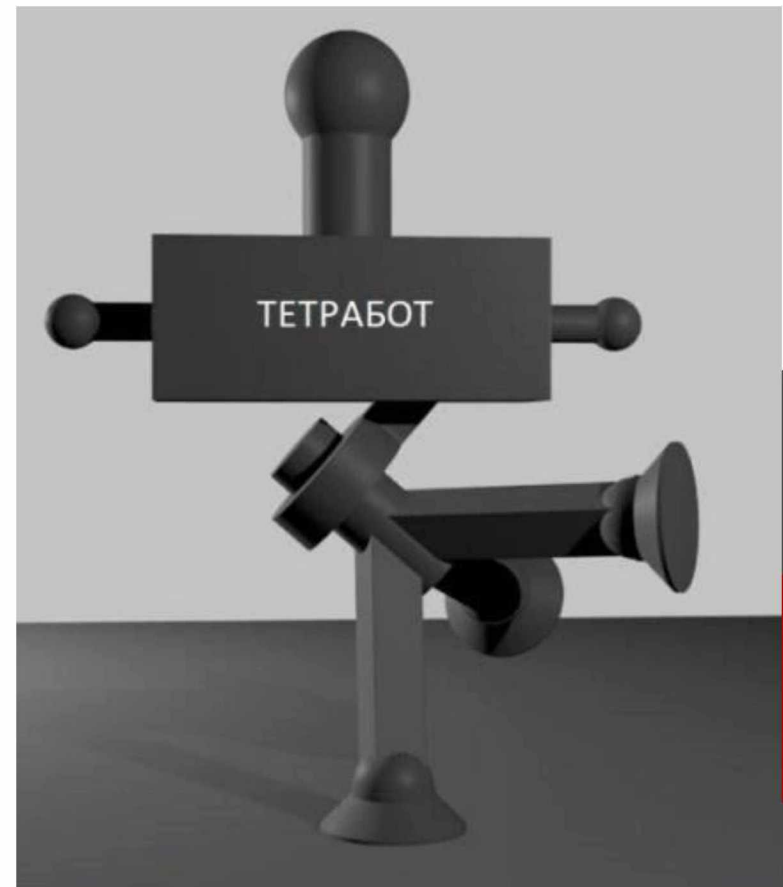
29. Принцип использования пнеumo- и гидроконструкций:

вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

Ноги движителя выполнить надувными.

Использование гидро- или пневмоцилиндра для связи движителя с корпусом, а насос приводиться в зависимости от вращения колеса.

Конструктор использует таблицу применения приемов

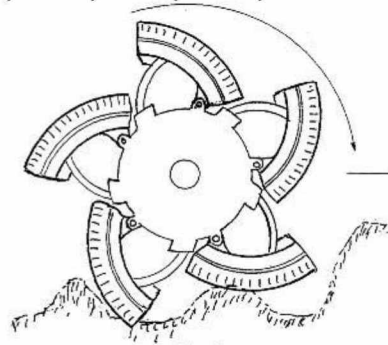
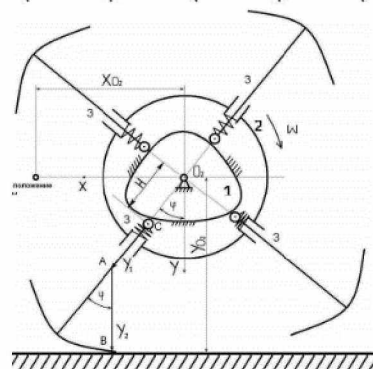
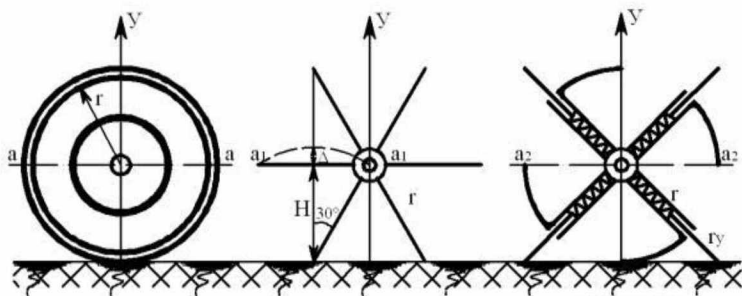
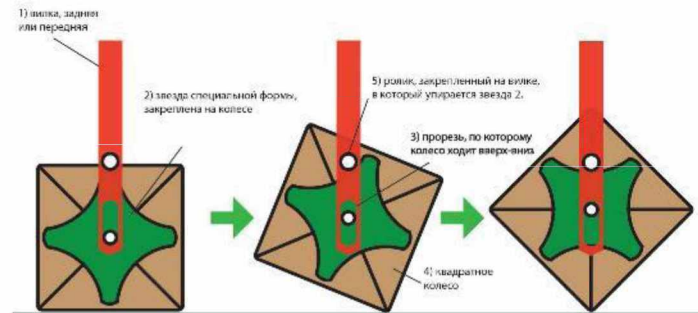


Что предпринимаем

Применение инструментов ТРИЗ для усиления других инструментов

Пример: разработка движителя для робота «Тетработ»

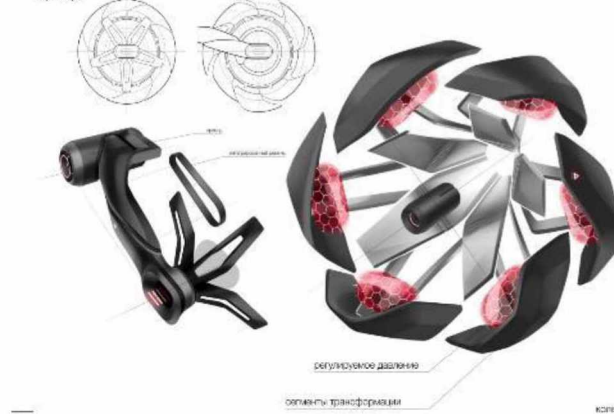
Конструктор использует результаты из таблицы применения приемов для бенчмаркинга и видит результаты



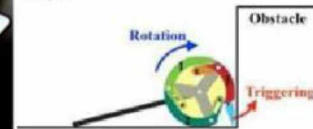
Фиг.9



поиск характера



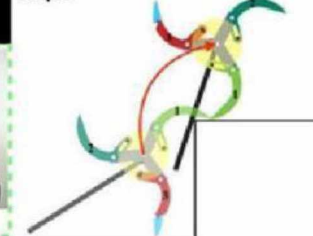
Step 1



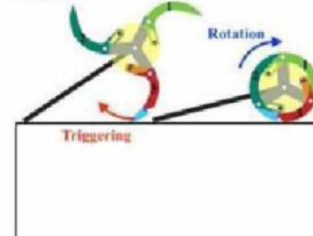
Step 2



Step 3



Step 4



Что предпринимаем

Применение АРИЗ

Пример: разработка движителя для робота «Тетработ»

АРИЗ вызывает меньше вопросов у конструкторов, т.к. шаги расписаны и это похоже на стандарт

Инструмент (указать – см. п. 1.2.2) в состоянии 1 (указать – см. п.1.2.3.1), осуществляет полезное действие 1 (указать – «А») на изделии (указать – см. п. 1.2.1), это вызывает нежелательный эффект 1 (указать – см. п. 1.1.5 – «анти-Б»).

Движитель с очень длинными ногами двигает корпус и привод по пересеченной местности, но колеблет его при движении по ровной поверхности.

1.3.1.2. Графическое представление УП₁. Полезное действие 1 (указать) Нежелательный эффект 1 (указать) Инструмент Изделие в состоянии 1.



1.3.1.3. Проверить соответствие графической формулировки словесной.
Имеется полное соответствие.

1.3.2. УП₂ (УП для состояния 2, соответствующее п. 1.2.3.2, указать).

1.3.2.1. Словесная формулировка УП₂ («В – анти-А»).

Инструмент (указать – см. п.1.2.2) в состоянии 2 (указать – см. п.1.2.3.2), осуществляет полезное действие 2 (указать – «В») на изделии (указать – см. п. 1.2.2), это вызывает нежелательный эффект 2 (указать – «анти-А»).

Движитель круглой формы не колеблет корпус и привод при движении по ровной поверхности, но плохо передвигает их по неровной поверхности.

1.3.2.2. Графическое представление УП₂.

Полезное действие 2 (указать) Нежелательный эффект 2 (указать) Инструмент Изделие в состоянии 2



1.3.2.3. Проверить соответствие графической формулировки словесной
Имеется полное соответствие.

1.4. Выбор конфликтующей пары.

1.4.1. Главная функция системы (указать).

Сравнить формулировку с шагом 1.1.2, уточнить и выбрать соответствующую.
Движение по неровной поверхности.

1.4.2. Выбрать УП, из описанных на шаге 1.3, соответствующий главной функции, соответствующей п. 1.4.1 (указать).

Правило 20. Из двух УП выбрать то, которое обеспечивает лучшее выполнение главной функции.

Правило 21. В случае двух полезных функций выбрать то УП, которое обеспечивает лучшее выполнение главной функции надсистемы.

УП₁ осуществляет выполнение главной функции.

1.4.3. Выбранное состояние инструмента (указать).

Примечание. Этот шаг желателен, но не обязателен. Иногда лучше разобрать решение задачи по двум конфликтующим парам последовательно.

Это может привести к двум различным решениям.

Состояние 1. Движитель с очень длинными ногами.

1.5. Усиление конфликта, указав предельное состояние (действие) элементов.

Правило 22. Усиление производить постепенно до качественного изменения задачи. Возможно, несколько этапов усиления с появлением качественно новых задач.

Правило 23. Усиление конфликта необходимо доводить до физического предела состояния инструмента.

Правило 24. Большинство задач содержат конфликты типа "много элементов" и "мало элементов" ("сильный элемент" и "слабый элемент"). Конфликты с состоянием а) "много элементов" и "сильный элемент" приводятся к виду "избыточное число элементов" и "избыточно сильный элемент", б) "мало элементов" и "слабый элемент" приводятся к виду "отсутствующий элемент" и "бездействующий элемент".

Новое состояние, таким образом, характеризуется новым НЭ, связанным с: избыточным числом или избыточным действием элемента (а), отсутствием элемента или отсутствием его действия (б).

Необходимо преодолевать препятствия больше размера движителя.

1.6. Формулировка модели задачи. Определение см. в приложении 4, п. 22.

1.6.1. Конфликтующая пара, учитывая шаг 1.5 (указать).

Что предпринимаем

Советы по «упрощенному» применению ТРИЗ вводим в инструкции

АРИЗ – инструмент для решения нестандартных задач. Проверьте: может быть, ваша задача решается по стандартам?

- Не бороться с проблемой, а создавать условия, при которых она не возникает.
- Что порождает проблему, то и должно ее устранять.
- Формулировать задачу необходимо в месте ее начального возникновения. Чем дальше от первопричины формулируется задача, тем сложнее потребуется решение.
- Для эффективного решения используют ресурсы только в зоне возникновения задачи.
- Большие изменения в системе надо получать малыми изменениями в подсистеме.
- Текст идеально составленной задачи несет в себе ... ответ.

Проверка проблемы на ложность

1. Выяснить, возникают ли вредные последствия в будущем на уровнях системы, надсистемы и подсистемы, если проблему не решать.
2. Выяснить, не является ли проблема результатом устаревших или ошибочных указаний и распоряжений, произведенных в прошлом.
3. Выяснить, не является ли проблема результатом ошибочных или излишних действий совершаемых в настоящем на предыдущих технологических постах.
4. Проверить возможность самоустранения проблемы на последующих постах.
5. Проверить возможность передачи проблемы элементам надсистемы,

Спасибо за внимание!