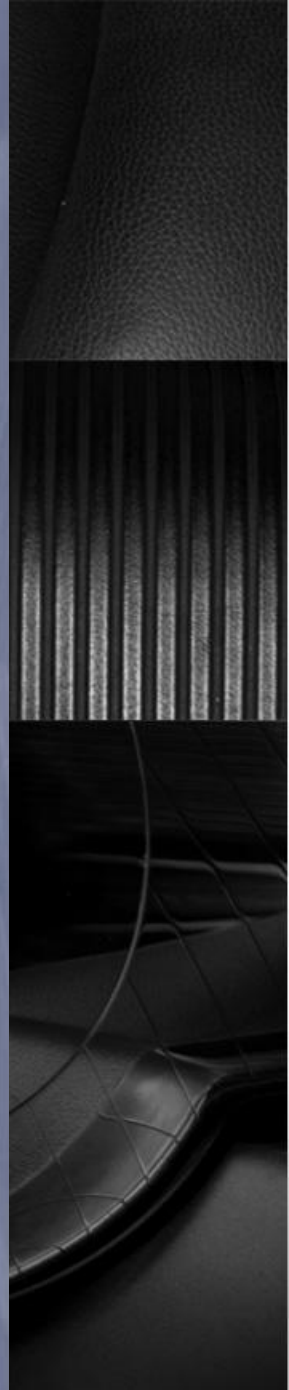


АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНОМ АНАЛИЗЕ

Лекция 1.



Дополнительно к лекциям

- Онлайн- игра Plantville, имитирующая опыт работы руководителем предприятия.
www.plantville.com
- Литература:
- ГОСТ 15.309-98. Системы разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения
- Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука — М.: Сов.радио, 1979. — 184 с.
- Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология — М: Наука, 1988. — 206 с.
- Джонс Дж.К. Методы проектирования — М.: Мир, 1986. — 326 с.
- Дитрих Я. Проектирование и конструирование: системный подход — М.: Мир, 1981. — 456 с.
- Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
- Орлов П.И. Основы конструирования: Справочник: В 2-х книгах — М.: Машиностроение, 1988.
- Половинкин А.И. Основы инженерного творчества — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.
- Сидоров А.И. Основные принципы проектирования и конструирования машин — М.: Макиз, 1929. — 428 с.
- Хорошев А.Н. Введение в управление проектированием механических систем: Учебное пособие — Белгород, 1999. — 372 с.
- Евтин П.В., Карнаухов В.Н. Резник Л.Г. Введение в научное исследование. Обработка результатов экспериментов — Тюмень: ТюмГНГУ, 2007



Основные понятия и определения



Инженерный анализ

- представляет собой комплекс испытаний, предназначенных для определения способности оборудования, конструкций, а также производимой продукции выдерживать проектные нагрузки и бесперебойно функционировать при расчетных условиях эксплуатации.



Инженер

- (фр. *ingénieur*, от лат. *ingenium* — способность, изобретательность)

—

специалист с высшим техническим образованием, первоначально — название лиц, управлявших военными машинами.

- Понятие гражданский И. появилось в 16 в. в Голландии применительно к строителям мостов и дорог, затем в Англии и др. странах. Первые учебные заведения для подготовки И. были созданы в 17 в. в Дании, в 18 в. — в Великобритании, Франции, Германии, Австрии и др. В России первая инженерная школа основана Петром I в 1712 в Москве. В Петербурге были открыты Горное училище, приравненное к академиям (1773), Институт инженеров путей сообщения (1809), Училище гражданских инженеров (1832, с 1882 — Институт гражданских инженеров), Инженерная академия (1855).



Инженер

- Основной инженерной задачей считается разработка новых и оптимизация существующих решений.

Например,

- оптимизация проектного решения (в т. ч. проектирование), оптимизация технологии и т. п.;
- разработка принципиально новых решений (в т. ч. изобретений) .



Проектирование

- это практическая деятельность, целью которой является поиск новых решений, оформленных в виде комплекта документации. Процесс поиска представляет собой последовательность выполнения взаимообусловленных действий, процедур, которые, в свою очередь, подразумевают использование определенных методов.




Проектирование


- Конечным итогом проектной деятельности является **проект**, т.е. комплект документации, предназначенной для создания определенного объекта, его эксплуатации, ремонта и ликвидации, а также для проверки или воспроизведения промежуточных и конечных решений, на основе которых был разработан данный объект.
- Объектом проектирования может быть материальный предмет, выполнение работы, оказание услуги.





Конструирование

- Внутри процесса проектирования, наряду с расчетными этапами и экспериментальными исследованиями, часто выделяют процесс конструирования.
- **Конструирование** — деятельность по созданию материального образа разрабатываемого объекта, ему свойственна работа с физическими моделями и их графическими изображениями.
- Эти модели и изображения, а также некоторые виды изделий называют конструкциями.

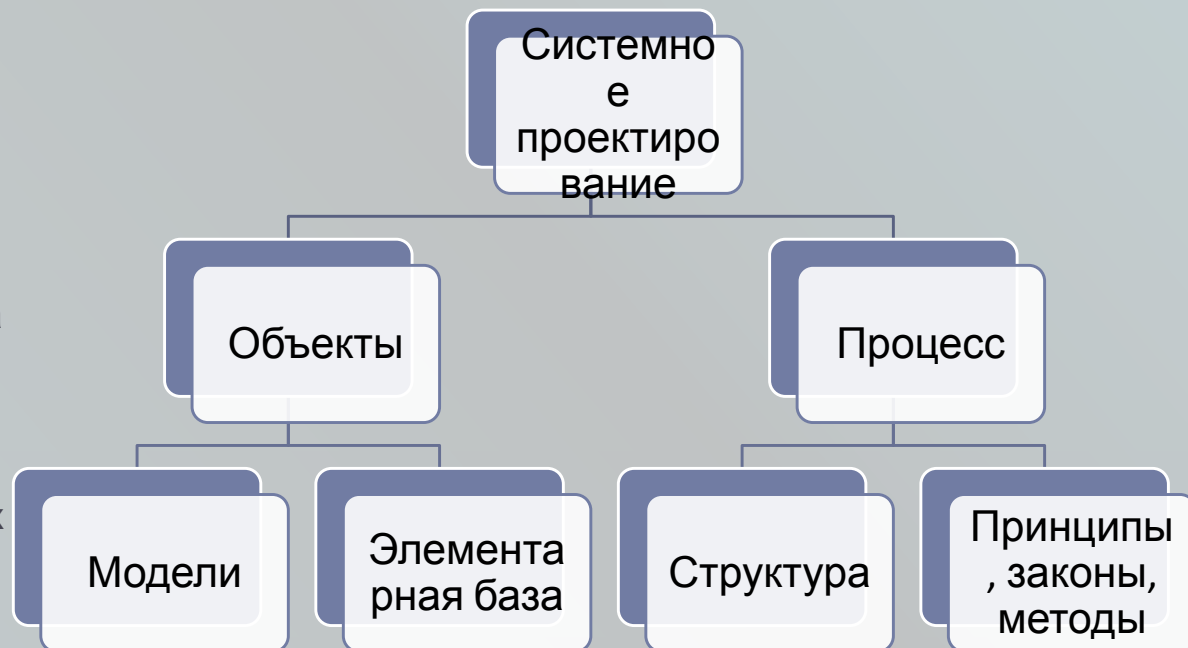
- 
- Современному уровню развития техники стали присущи не только сложность проектируемых объектов, но и их интенсивное воздействие на общество и окружающую среду, тяжесть последствий аварий из-за ошибок разработки и эксплуатации, высокие требования к качеству и цене, сокращению сроков выпуска новой продукции.

- 
- Проектирование связано не только с техническими объектами. Так, имеется социальное проектирование, проектирование программного обеспечения и другие.
 - Отличительной особенностью проектирования является его **практическая направленность** и **персональная ответственность** за полученные и переданные заказчику результаты.

- 
- При создании подобных объектов их уже необходимо рассматривать в виде **систем**, т.е. комплекса взаимосвязанных внутренних элементов с определенной структурой, широким набором свойств и разнообразными внутренними и внешними связями.
 - В тоже время, как показывает опыт преуспевающих предприятий, высокая эффективность результатов разработок достигается лишь на основе совместного практического использования знаний фундаментальных, технических и социально-экономических наук, подчинение всей деятельности удовлетворению интересов, прежде всего, человека (покупателя, производителя, разработчика).

- 
- Системное проектирование комплексно решает поставленные задачи, принимает во внимание взаимодействие и взаимосвязь отдельных объектов-систем и их частей как между собой, так и с внешней средой, учитывает социально-экономические и экологические последствия их функционирования.


Системное проектирование основывается на тщательном совместном рассмотрении объекта проектирования и процесса проектирования, которые в свою очередь включают еще ряд важных частей, показанных на рис.





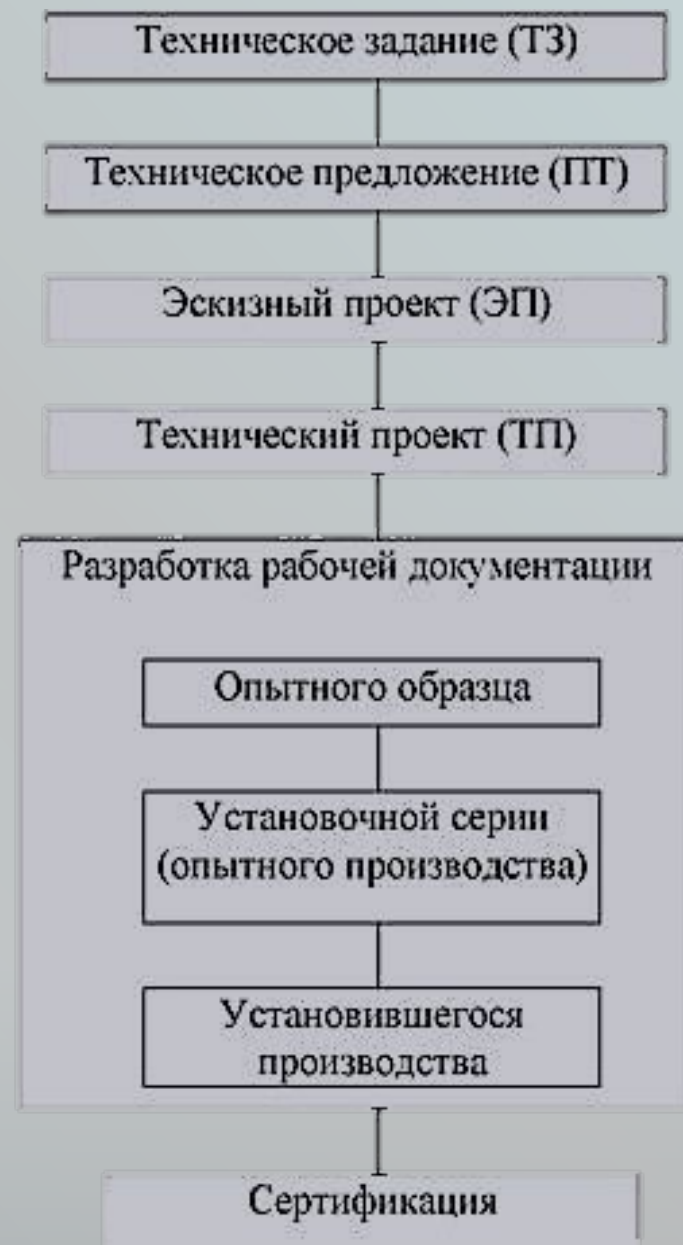
Метод

- это прием или способ действия с целью достижения желаемого результата.


- 
- Управление проектированием — это такая организация процесса разработки нового объекта, которая в рамках условий поставленной задачи наилучшим образом позволяет получить эффективное решение в виде соответствующего комплекта документации. Управление проектированием является составной частью менеджмента.
 - Менеджмент включает планирование, организацию и контроль людей, денег, материалов и времени для достижения целей проекта. В качестве менеджера может выступать не только специальное должностное лицо, но и руководитель работ или проекта. На менеджере лежит ответственность за принятие окончательных решений на отдельных этапах и по всей работе в целом. Он подбирает и расставляет кадры, ответственен за распределение средств. Общеизвестно, что успех проектной работы в значительной степени зависит от эффективности управления и профессиональных качеств менеджера.


Стадии проектирования

- Техническое задание (ТЗ) устанавливает основное назначение, технические и тактикотехнические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования к разрабатываемому объекту, предписание по выполнению необходимых стадий создания документации и ее состав, а также специальные требования к изделию.
- Техническое предложение (ПТ) — совокупность документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование (ТЭО) целесообразности разработки проекта. Такое заключение дается на основании анализа ТЗ заказчика и различных вариантов возможных решений, их сравнительной оценки с учетом особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов.
- Согласованное и утвержденное в установленном (на предприятии, в министерстве и т.п.) порядке ПТ является основанием для разработки эскизного проекта.



- Эскизный проект (ЭП) — совокупность документов, содержащих принципиальные решения и дающих общее представление об устройстве и принципе работы разрабатываемого объекта, а также данные, определяющие его назначение, основные параметры и габаритные размеры. В случае большой сложности объекта этому этапу может предшествовать аванпроект (предпроектное исследование), обычно содержащий теоретические исследования, предназначенные для обоснования принципиальной возможности и целесообразности создания данного объекта.
- При необходимости на стадии ЭП проводят изготовление и испытание макетов разрабатываемого объекта.
- Технический проект (ТП) — совокупность документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве проектируемого объекта, исходные данные для разработки рабочей документации.
- На стадии рабочего проекта (РП) сначала разрабатывают подробную документацию для изготовления опытного образца и последующего его испытания. Испытания проводят в ряд этапов (от заводских до приемо-сдаточных), по результатам которых корректируют проектные документы. Далее разрабатывают рабочую документацию для изготовления установочной серии, ее испытания, оснащения производственного процесса основных составных частей изделия. По результатам этого этапа снова корректируют проектные документы и разрабатывают рабочую документацию для изготовления и испытания головной (контрольной) серии. На основе документов окончательно отработанных и проверенных в производстве изделий, изготовленных по зафиксированному и полностью оснащеному технологическому процессу, затем разрабатывается завершающая рабочая документация установившегося производства.

- 
- В процессе разработки проектной документации в зависимости от сложности решаемой задачи допускается объединять между собой ряд этапов. Этапы постановки ТЗ и технического проектирования могут входить в цикл научно-исследовательских работ (НИР), а этапы технического предложения и эскизного проектирования — образовывать цикл опытно-конструкторских работ (ОКР).
 - Завершает цикл работ этап, подводящий итог проектной деятельности — сертификация. Ее назначение — определение уровня качества созданного изделия и подтверждение его соответствия требованиям тех стран, где предполагается его последующая реализация. Необходимость выделения этого этапа в виде самостоятельного вызвана тем, что в настоящее время экспорт продукции или ее реализация внутри страны во многих случаях недопустимы без наличия у нее сертификата качества.

- 
- Сертификацию осуществляют специальные организации (органы по сертификации), зарегистрированные в Госстандарте России. На основе анализа протоколов испытаний и состояния производства продукции и других факторов орган по сертификации дает оценку соответствия продукции установленным требованиям, оформляет и регистрирует сертификат. В течение всего срока действия сертификата за сертифицированной продукцией ведется инспекционный контроль.
 - Сертификация может быть обязательной или добровольной. Обязательной сертификации подлежат товары, на которые законами или стандартами установлены требования, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья потребителей, охрану окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителя. Добровольная сертификация проводится по инициативе предприятий. Обычно это делается с целью официального подтверждения характеристик продукции, изготавливаемой предприятием, и, как следствие, повышения доверия к ней у потребителей.



Методология проектирования

- Принципы, законы и методы

Принципы системного проектирования

1. Практическая полезность

- деятельность должна быть целенаправленной, устремленной на удовлетворение действительных потребностей человека;
- деятельность должна быть целесообразной. Удовлетворение не всех новых потребностей нуждается в создании новых объектов, следовательно, — в проведении соответствующих разработок. Важно вскрыть причины, препятствующие использованию существующих объектов для удовлетворения новых потребностей;
- деятельность должна быть обоснованной и эффективной. Удовлетворение потребности возможно разными путями. Разумным будет поиск оптимального варианта по критериям оптимальности, а мерой предпочтения будут служить показатели качества.

2. Единство составных частей

- Эффективность решения задачи зависит и от того, насколько полно учтены все связи, как между частями рассматриваемого объекта, так и с взаимодействующими с ним другими объектами.

3. Изменяемость во времени

- Учет всех этапов «жизненного цикла»

Законы проектирования

Примеры

- **Закон «энергетической проводимости» системы:** необходимым условием принципиальной жизнеспособности системы является сквозной проход энергии (и информации) по всем ее частям.
- **Закон увеличения степени идеальности системы:** развитие систем идет в направлении увеличения степени идеальности. Идеальная система — такая, у которой вес, объем или размеры (или другие исследуемые характеристики) стремятся к нулю (наилучшему значению), а функция сохраняется и выполняется.
- **Закон стадийного развития:** развитие технических систем идет в последовательности:
 1. Выполнение системой технологических функций, т.е. исходной и основной функцией системы является облегчение человеческого труда или выполнение чисто утилитарной, потребительской функции (количественное изменение характеристик);
 2. Дополнительное выполнение системой энергетической функции, т.е. не только передача энергии, но и изменение ее вида, введение в систему двигателя;
 3. Дополнительное выполнение системой функций управления, т.е. изменение режимов работы, саморегулирование в пределах, заданных программой;
 4. Дополнительное выполнение системой функций планирования, т.е. саморегулирование в непредвиденных условиях, анализ ситуации и способность выбора режима работы. (полная автоматизация)
- **Закон соответствия функции и структуры:** жизнеспособными оказываются те конструктивные решения, у которых форма объекта подчинена его внутреннему содержанию, содействует реализации предъявляемых к нему требований.
- **Закон непрерывного возрастания потребностей людей и неугасимого любопытства.** Закон действует в условиях, когда физические и иные возможности человека (но не интеллектуальные) ограничены, и чем сложнее обстоятельства, тем эффективнее результат;
- **Закон лениности** (минимизации усилий). Человек всегда стремился к минимизации усилий на обслуживание своих потребностей (физических усилий, работы органов чувств, мыслительной деятельности и т.п.). Эта своеобразная «лень» так стимулирует человека, что заставляет его напрягать все свои усилия и, прежде всего, интеллектуальные для создания устройств, облегчающих, а в идеале и исключающих его собственный труд.

Аналитические и численные методы

Эвристические методы

- Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)
- Метод итераций
- Метод контрольных вопросов
- Метод декомпозиции
- Метод мозговой атаки (штурма)
- Метод синектики
- Метод морфологического анализа
- Функционально-стоимостной анализ
- Методы конструирования

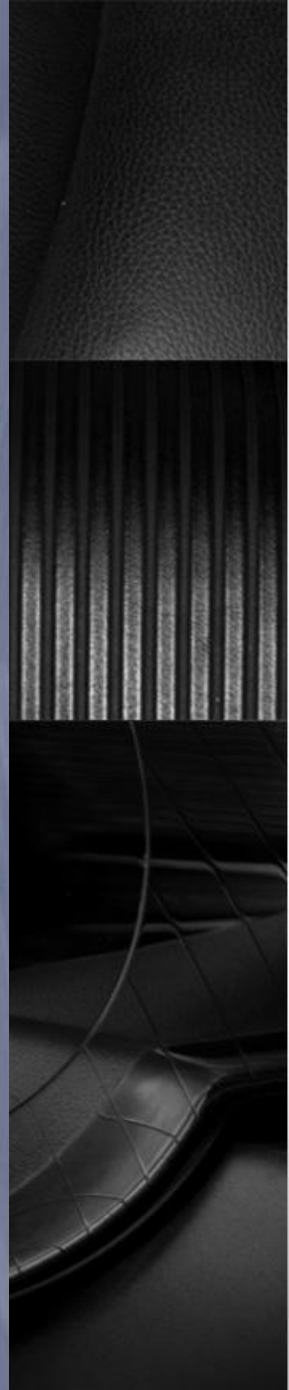
Экспериментальные методы

- лабораторные
- стендовые
- полигонные
- натурные
- эксплуатационные
- мысленные
- машинные

Формализованные методы

- Методы поиска вариантов решений
- Методы автоматизации процедур проектирования
- Методы оптимального проектирования

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)



АВТОР ТРИЗ

Генрих Саулович Альтшуллер

(псевдоним Генрих Альтов; 15 октября 1926, Ташкент, Узбекская ССР, СССР — 24 сентября 1998, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия) — автор ТРИЗ—ТРТС (теории решения изобретательских задач — теории развития технических систем), автор ТРТЛ (теории развития творческой личности), изобретатель, писатель-фантаст.





Основные разработки автора:

- 40 приёмов устранения противоречий (Принципы изобретательства) 1946—1971 гг.,
- Таблица основных приёмов для устранения типовых технических противоречий 1946—1985 гг.,
- Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) 1959--1985 гг.,
- Указатели физических, химических, биологических эффектов 1970—1980 гг.,
- Законы развития технических систем 1975—1980 гг.,
- Стандарты на решение изобретательских задач 1977—1985 гг.,
- Жизненная Стратегия Творческой Личности
- Теория Развития Творческой Личности (ТРТЛ)
- Фонд Достойных Целей **ФОНД ДОСТОЙНЫХ ЦЕЛЕЙ**
- Регистр НФ-идей (начат в 1964 году «Регистр современных научно-фантастических идей»)

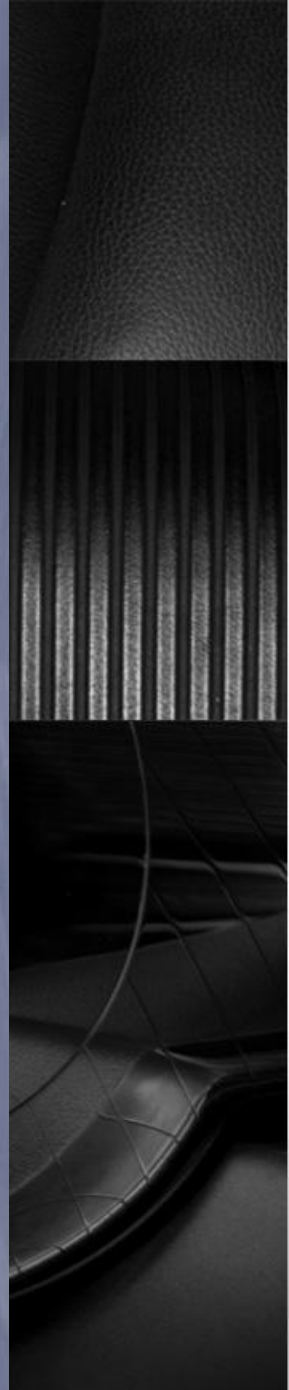
ТРИЗ

- Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. «О психологии изобретательского творчества»//Вопросы психологии, 1956, № 6.
- Альтшуллер Г. С. Как научиться изобретать. — Тамбов: Тамбовское книжное издательство. — 1961;
- Альтшуллер Г. С. Десять процентов приключений — Тамбов: Тамбовское книжное издательство. — 1963;
- Альтшуллер Г. С. Основы изобретательства — Воронеж: Центрально-Черноземное издательство. — 1964;
- Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. — М.: Московский рабочий. — 1969 (1-е изд.); 1973 (2-е изд.);
- Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука — М.: Советское радио, 1979;
- Альтшуллер Г. С., Селюцкий А. Б. Крылья для Икара. - Петрозаводск: Карелия, 1980;
- Альтов Г. И тут появился изобретатель. — М.: Дет. литература. — 1984 (1-е изд.); 1987 (2-е изд.); 1989 (3-е изд., перераб. и доп.); 2000 (4-е изд.);
- Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л. и др. — Профессия — поиск нового. — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1985;
- Альтшуллер Г. С. Найти идею — Новосибирск: Наука, 1-е издание, 1986; 2-е издание, 1991; 3-е изд., доп., Петрозаводск: Скандинавия, 2003 ;
- Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В. — Поиск новых идей: от озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач). — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989;
- Альтшуллер Г. С., Верткин И. М. Как стать гением: Жизненная стратегия творческой личности. — Минск: Беларусь, 1994

«Отделить учебное от
научного нельзя.

Но научное без учебного все-
таки светит и греет, а учебное
без научного – **ТОЛЬКО
блестит**».

Н.И. Пирогов (хирург и анатом,
естествоиспытатель и педагог)



Каркасом любого научного процесса является цепь:



ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ

ПРОТИВОРЕЧИИ


Как было выявлено 40 типовых приемов

Для организации их использования была разработана специальная таблица, в которой по вертикали располагались характеристики технических систем, которые по условиям задачи необходимо улучшить, а по горизонтали - характеристики, которые при этом недопустимо ухудшаются. На пересечении граф и колонок таблицы указывались номера приемов из списка, позволяющие с наибольшей вероятностью устранить возникшее техническое противоречие. Таблица охватывает около полутора тысяч наиболее часто встречающихся в изобретательской практике технических противоречий.

Пример.


Предложен звукопровод, состоящий из пучков отдельных волокон. Здесь ясно видны два приема: "дробление" и "объединение" (сплошной стержень разделен на волокна, а волокна объединены в пучок). Две операции придали системе новое качество - возможность передачи информации о звуковых полях сложной конфигурации.

Чем труднее задача, тем, как правило, сложнее сочетание необходимых для ее решения приемов.

- 
- Пример.
 - Горячие газы очищали от немагнитной пыли, пропуская поток газов сквозь пакет из многих слоев металлической ткани. Недостаток системы: фильтр быстро забивался пылью, очистка фильтра требовала много времени и труда. Была предложена совершенно новая система: фильтр представляет собой пористую структуру из ферромагнитных крупинок, удерживаемых магнитным полем. Здесь отчетливо видны, как минимум, четыре приема: "дробление" (крупинки вместо пакета ткани); "объединение" (крупинки собраны в единую пористую структуру); "динамичность" (размеры пор можно изменять); использование магнитного поля (крупинки удерживаются в "пакете" не механически, а магнитными силами).


- Задача I. Добычу руды в некоторых шахтах ведут так: проходят сначала самый нижний уровень, укладывают там железно-дорожные пути. Потом начинают разрабатывать более высокие уровни, а для транспортировки руды делают специальные колодецы, по которым ее сбрасывают на нижний уровень, откуда она вывозится. Колодецы (они называются рудоспусками) могут быть глубиной в несколько сотен метров и диаметром в несколько метров. Руду к ним подгребают бульдозерами, в результате вместе с ней в рудоспуск попадают бревна, доски от шахтного крепежа и т. д. Иногда посторонние предметы застревают в рудоспуске, и он забивается (забутовывается, по терминологии шахтеров). Узнают об этом только тогда, когда завал дойдет до начала рудоспуска. Как теперь его прочистить (разбутовать)? Раньше это делали с огромным риском для жизни: доброволец "влезал в колодец и устанавливал там длинный шест с взрывчаткой (поближе к месту завала). За рубежом для такой работы предложили приспособить робота, доставляющего взрывчатку наверх, либо ракету со сложной системой наведения, чтобы она попадала не в стенку колодца, а в завал... Новое это сложно и дорого. Как быть?


- Решать эту задачу можно, просматривая по порядку список приемов и пробуя их применить для данного случая. Но лучше воспользоваться таблицей.
- Что нужно улучшить? Удобство эксплуатации - строчка в таблице под номером 33. Что при этом недопустимо ухудшается? Возрастает сложность (колонка 36). Возможна и другая формулировка: попытка уменьшить сложность предлагаемых решений (36) приводит к ухудшению удобства эксплуатации(33). На пересечении указанных граф выписываем, приемы: 32,25,12 (33-36) и 17,37,8,40 (36-33). Рассмотрим их по порядку.
- Прием 32 - принцип изменения окраски - не подходит.
- Прием 25 - "самообслуживание". Он подсказывает, что взрывчатка должна сама подниматься вверх. Но как?
- Прием 12 - принцип эквипотенциальности. Не поднимать, не опускать - взорвать внизу? Но взрывная волна не дойдет до завала. Может быть, направить ее вверх, как при кумулятивном взрыве?
- Прием 17 - принцип перехода в другое измерение. Подавать взрывчатку через боковую шахту? Сложно.
- Прием 8 - принцип антивеса. Компенсировать вес взрывчатки, например, подымать ее вверх на воздушном шарике.
- Прием 40 - применение композитных материалов. Возможно, использовать взрывчатые смеси?
- Комбинация подсказок приемов 25,8 и 40 дает две идеи:
 - 1) поднимать взрывчатку с помощью воздушного шарика;
 - 2) заполнение шахты легким взрывчатым газом - водородом.
- Смешиваясь с воздухом, он создает гремучую смесь.
- Необходимо отметить, что приемы обычных готовых решений не предлагают (разве что среди примеров, поясняющих действие приема, окажется решение задачи, аналогичной поставленной вами), а работают как наводящие вопросы, подталкивающие поиск в перспективном направлении. Поэтому работать с ними нужно без спешки, не упуская возможности по-разному сформулировать исходное техническое противоречие и, следовательно, выйти на другие наборы приемов.




ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

- В печи для обжига цемента исходное сырье - шихту - нагревают горящим газом. Для получения цемента высокого качества необходимо контролировать температуру шихты. Это делали с помощью специального прибора - оптического пирометра, определяющего температуру по яркости свечения. Однако, вскоре убедились, что прибор показывает температуру не шихты, а горящего газа. Встала задача: как измерить температуру самой шихты?

- 
- Исследования патентного фонда показали, что наиболее идеальные технические решения связаны с применением тех или иных физических эффектов и явлений - когда физический эффект заменяет сложную машину.

- 
- Несмотря на то, что очень многие физические эффекты могут быть использованы в изобретательской практике, "физических" изобретений в патентном фонде относительно мало. Плохо используются даже всем известные из школьной программы эффекты, не говоря уже об открытых недавно эффектах

- 
- При разработке инструментов ТРИЗ некоторые, наиболее "сильные" и широко применяемые физические эффекты попали в список приемов устранения технических противоречий. В дальнейшем физиком Ю.Гориным была проведена большая работа по созданию специализированного указателя физических эффектов и явлений, представляющих интерес для специалистов самых разных профилей. Указатель построен по разделам.
 - Каждый из нескольких сотен приведенных эффектов снабжен примерами изобретательского применения (большой объём). Пользование указателем облегчается благодаря приведенной в нем таблице, позволяющей по необходимому в задаче действию подобрать подходящий физический эффект.
 - Пример на след. слайде




Требуемое действие, свойство		Физическое явление, эффект, фактор, способ
1.	Измерение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств вещества. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркхаузена.
2.	Понижение температуры	Разовые переходы. Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Термоэлектрические явления.
3.	Повышение температуры	Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект. Диэлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления.

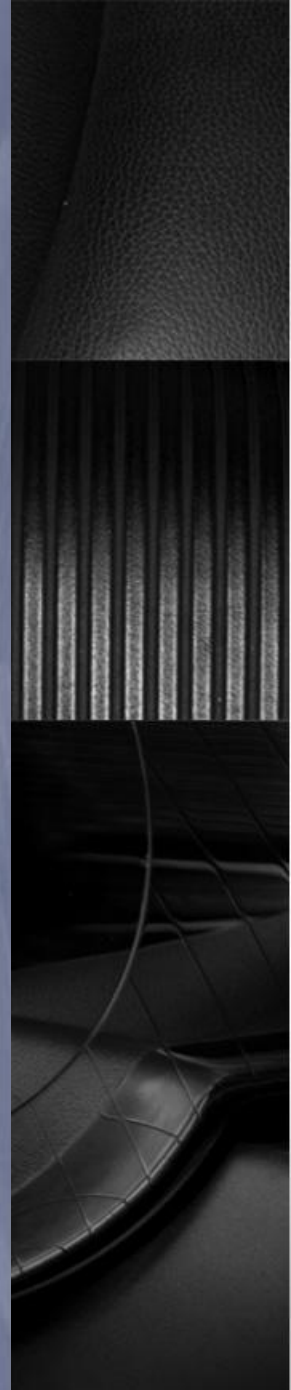


Решение задачи

- По таблице приложения рекомендуется для измерения температуры среди прочих эффектов использовать спектры излучения. Обратившись к справочнику по физике, выясняем, что при распространения света в разряженных средах (газах, парах) спектр излучения линейчатый: состоит из ярких полос, чередующихся с темными. Такой спектр -характерен для пламени. А для жидких и твердых веществ спектр излучения сплошной. Отсюда решение; измерять температуру шихты на фоне темных полос спектра пламени.
- Яворский Б.М.Детлаф А.А.Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов
- Кошкин Н И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. “Наука” М.,1976 стр. 200

- 
- Известно, что такое изящное решение очень долго не могли внедрить. Оказалось трудным найти светофильтры, "вырезающие" из общего смешанного спектра нужный участок. Сложилась ситуация, которая, к сожалению, часто случается при поиске нового методом проб и ошибок: перевалив через высокую гору - решив сложнейшую задачу - путешественник - изобретатель застрял перед следующей маленькой горкой, даже не попытавшись через нее перебраться, не понимая, что просто перед ним новая задача, которую совсем не трудно решить, если только отнестись к ней именно как к обычной технической задаче, а не организационной, снабженческой.


Два года специалисты разыскивали светофильтры с нужными характеристиками, пока не появилось (должно было появиться) еще одно простейшее изобретательское решение, доступное школьнику: разложить свечение в спектр обычной призмой и "вырезать" нужный участок не с помощью светофильтров, а просто "по месту", направив объектив пирометра только на тот участок, который соответствует предъявленным требованиям!








РЕШЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ


- Решением изобретательских задач нужды производства не исчерпываются. На практике часто приходится сталкиваться и с проблемами несколько иного характера - задачами типа исследовательских, в которых нужно найти, объяснить причины того или иного наблюдаемого явления, например, причины появления брака.

- 
- Задача 9. Микропровод в стеклянной изоляции толщиной от 3 до 60 микрон получают, поместив стеклянную трубку с находящимся внутри нее металлом в поле высокочастотного индуктора (рис.5). Металл при этом плавится, стекло размягчается и трубку вытягивают в тончайший капилляр, заполненный внутри металлом. Когда по этой испытанной технологии начали изготавливать микропровод из сплава индий - сурьма, возникли трудности. Они не были неожиданными, потому что этот сплав в твердом состоянии занимает объем на 12% больший, чем в жидком. Правда, предполагали, что избыток металла будет выясняться из зоны остывания вверх по капилляру. Но на практике оказалось иначе: сплав, расширяясь, уходил наверх, а в стороны, разрушая стеклянную изоляцию, выпуская в нее "иглы", металлическая жила рвалась на множество кусочков длиной от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Почему?

- 
- Эту задачу сначала пытались решать традиционным способом: сформулировать гипотезу, потом ее проверить. Если гипотеза не подтверждалась, выдвигали другую - типичный метод проб и ошибок. Например, возникла идея, что неприятности возникают из-за того, что металл не успевает вытесниться наверх. Попробовали замедлить процесс вытягивания, но в результате снизили производительность, практически не получив выигрыша в качестве микропровода. Другая идея - слишком быстро твердеет стекло. Но дополнительный подогрев зоны вытягивания ничего не дал...


- 
- Как же решать подобные задачи, исключив необходимость перебора многочисленных вариантов? Анализ показал, что наиболее эффективным в таких случаях является применение приема, который получил название "обращение исследовательской задачи", заключающегося в том, что вместо основного вопроса исследовательской задачи "как это явление объяснить?" нужно перейти к вопросу "как это явление получить?". Таким образом происходит превращение исследовательской задачи в изобретательскую, в результате решения которой мы получаем одну или несколько гипотез, подлежащих дальнейшей проверке с целью подтверждения или отклонения.

- 
- Прием обращения позволяет применить для решения исследовательских задач весь известный аппарат ТРИЗ. При этом есть ряд особенностей, например, при решении изобретательской задачи использование ресурсов всегда предпочтительнее, но не обязательно (возможно и введение веществ, полей "со стороны"), в то время как решение обращенных исследовательских задач всегда достигается за счет ресурсов.



Решение исследовательских задач включает ряд операций

- Рассмотрим для примера решение описанной выше задачи.
- 1. Система для изготовления микропровода включает стеклянную трубку, металл, тепловое поле (индуктор). При застывании металл расширяется и разрывает стеклянную трубку, в то время как должен был бы вытесняться вверх по трубке, не разрушая ее. Как это объяснить?
- Обратная задача. Система для изготовления микропровода включает стеклянную трубку, металл, тепловое поле. Как обеспечить разрушение трубки в нужном месте?
- Ресурсы в системе - тепловые поля, усилия, возникающие при расширении затвердевающего металла.
- Разрушение трубки легко обеспечить, закупорив ее. Тогда металл ее разрушит - подобно тому, как разрывает закупоренную бутылку вода при замерзании.
- Поскольку исходная задача исследовательская, пробка должна быть получена за счет ресурсов, то есть из самого застывающего металла. Значит, должны быть две зоны затвердевания, кристаллизации.

- 
- 5. Необходим физический эффект, способный вызвать одновременное затвердевание в двух точках, находящихся при разной температуре. Это возможно при использовании переохлажденных жидкостей. Чистые вещества, особенно в тонких капиллярах, могут оставаться жидкими при температурах существенно более низких, чем нормальная температура замерзания, затвердевания. Известен классический опыт, когда переохлажденная на несколько градусов ниже нуля вода почти мгновенно кристаллизуется по всему объекту от легкого щелчка по стакану. Кристаллизация всегда идет с выделением тепла, поэтому в стакане с замерзшей водой всегда некоторое время находится небольшое количество незамерзшей вода с температурой около 0° .

- 7. В результате решения обращенной задачи появилась следующая гипотеза: Разрушение микропровода происходит из-за возникновения двух зон кристаллизации. Поскольку мы имеем дело с очень чистым веществом, кристаллизация начинается в зоне минимальной температуры при температуре ниже точки затвердевания. При этом выделяется некоторое количество тепла, не дающее застыть прилегающей к зоне кристаллизации жидкости. Вместе с тем, начинается кристаллизация в слоях, более удаленных от зоны с минимальной температурой. Причиной ее может быть толчок жидкости, возникающий в момент кристаллизации в самой холодной зоне. Так возникает "ловушка" для слоя жидкого металла между двумя зонами кристаллизации. При затвердевании этого слоя уже не остается места для расширения, в результате она разрывает стеклянную трубку. При этом провод разламывается на мельчайшие кусочки.
- Проверка гипотезы оказалась несложной. Было известно, что зона кристаллизации слегка светится. Приглядевшись к свечению внимательнее, обнаружили две светящиеся точки, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга. Две точки соответствовали двум зонам кристаллизации. Выяснилось, что две зоны наблюдаются и при изготовлении микропровода из других металлов, но поскольку обычно объем жидкой и твердой фазы оставался одинаковым, микропровод не рвался.



- 8. Для устранения брака необходимо сблизить зоны кристаллизации. Это легко сделать, введя дополнительное охлаждение, отбирающее тепло, выделяющееся в зоне первичной кристаллизации.
- На примере этой задачи можно убедиться в том, как очень трудная исследовательская задача после обращения становится настолько легкой, что для ее решения даже не требуется применять аппарат ТРИЗ. Но, конечно, так бывает не всегда.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТОВ


ТРИЗ

- Применение инструментов ТРИЗ для решения производственных задач началось практически параллельно с их разработкой. Все методические приемы, правила и рекомендации тут же проверялись на практике сначала автором ТРИЗ, а затем подготовленными им людьми: обученными на семинарах либо освоившими методику самостоятельно по книгам.
- По мере разработки и апробирования новых инструментов ТРИЗ стали возникать вопросы: в какой последовательности их использовать, какой инструмент в каких случаях наиболее эффективен, обязательно ли знакомиться со всеми инструментами?



Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)

- Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) — созданная Г. С. Альтшуллером комплексная пошаговая программа алгоритмического типа (последовательность действий), предназначенная для выявления и разрешения противоречий, то есть для анализа и решения изобретательских задач (около 85 шагов). АРИЗ основан на законах развития технических систем (ЗРТС). При разработке последних модификаций алгоритма (АРИЗ-77, АРИЗ-82, АРИЗ-85) учтены замечания и рекомендации многих специалистов по ТРИЗ.

- 
- Опыт выбора инструментов, как правило, вырабатывается еще во время обучения в результате решения десятков учебных задач и закрепляется практикой. Для облегчения этого процесса могут быть предложены следующие рекомендации по работе с уже сформулированными задачами.



Рекомендации

- Определить, к какому типу относится задача: на изменение системы; на измерение или обнаружение; исследовательская. Исследовательская задача решается в последовательности, приведенной в приложении 4.
- Построить исходную неполную модель задачи и преобразовать ее в зависимости от вида исходной модели по стандартам 1, 2, 4 класса. Рассмотреть возможность развития решения по стандартам 3-го класса или повышения его идеальности по стандартам 5-го класса. При необходимости могут быть привлечены указатели физических, химических и других эффектов.
- Если в задаче сформулировано техническое противоречие, либо оно появилось при попытке решения с помощью стандартов, рассмотреть возможность его устранения с помощью таблицы типовых приемов.
- Провести решение задачи по АРИЗ.

Эффективность применения ТРИЗ

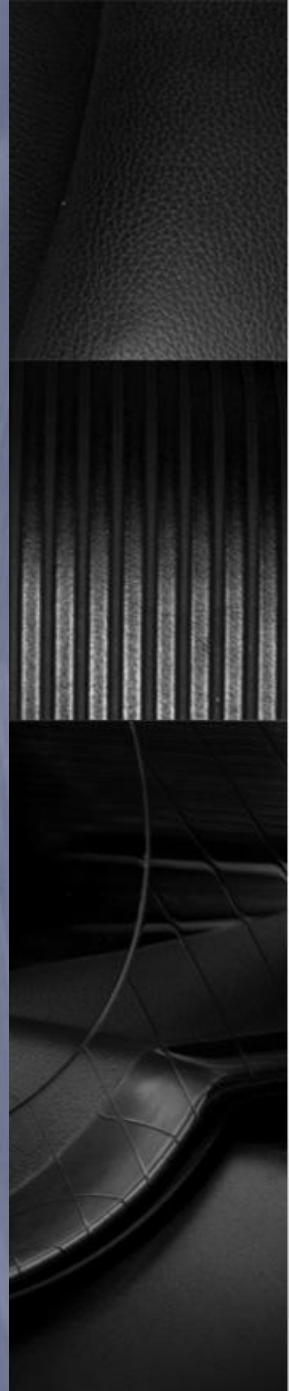
Вот данные о эффективности применения ТРИЗ на 2007 г.

Корпорация «Самсунг Электроникс» только в период 2002-2005 г.г. провела **200 ТРИЗ-проектов.**

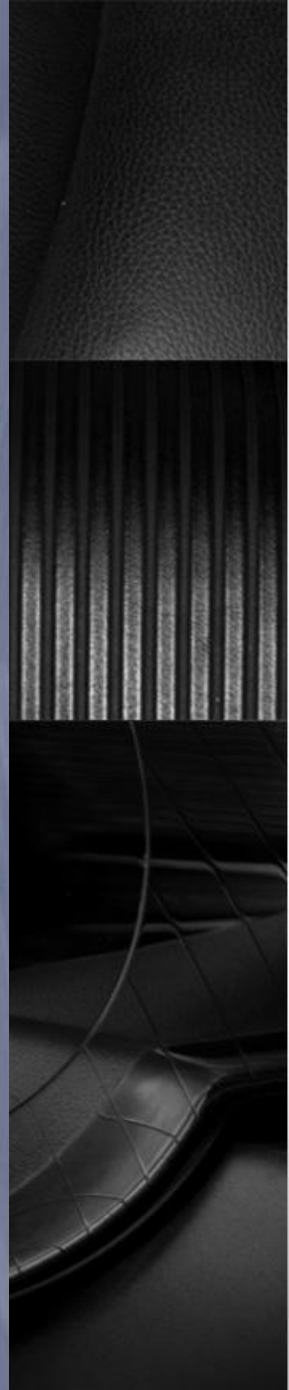
Общий экономический эффект составил **1,5 миллиарда долларов.**

В корпорации работали более **10 ТРИЗ-экспертов из России.** Всего в этой корпорации в общей сложности отработали около 20 российских и белорусских ТРИЗ-экспертов.

В 2008 году «Самсунг» внедрила программу по обучению ТРИЗ для 10 тыс. работников



Проект с использованием инструментов ТРИЗ, проведенный Зиновием Ройзеном, дал корпорации «Боинг» экономический эффект в 1,5 миллиарда долларов



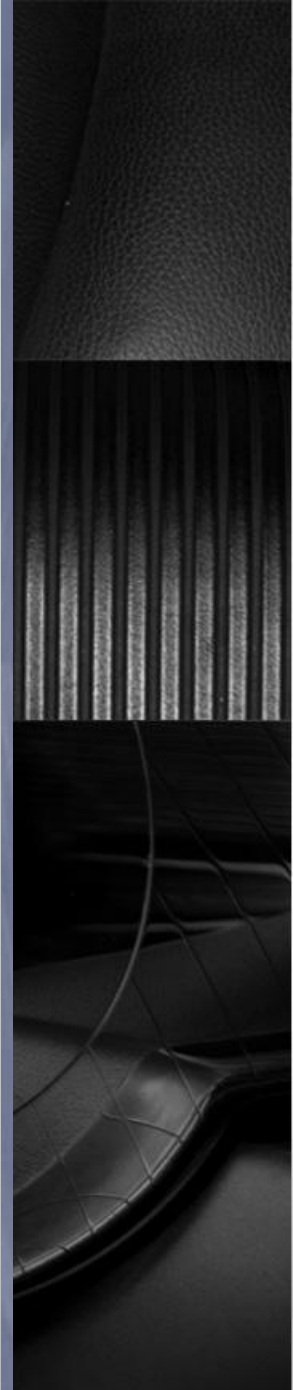
Эффективность применения ТРИЗ

Президент компании «Алко\Alcoa»
К. Крамер сформулировал цель кратко
и выразительно:

6 в 6!

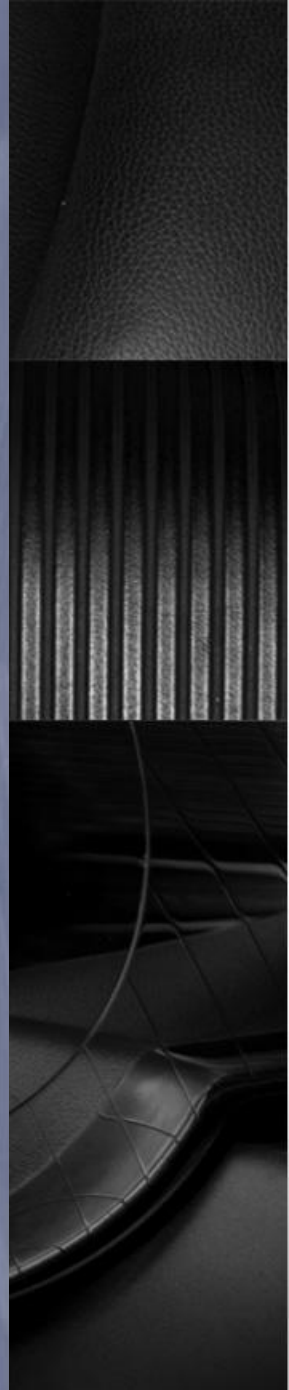
Это означало довольно узкое задание
со сжатыми сроками: в 2006 году снять с
себестоимости производимых на
предприятиях корпорации колесных
дисков по 6 долл. с каждого диска.

И это было выполнено!



Эффективность применения ТРИЗ

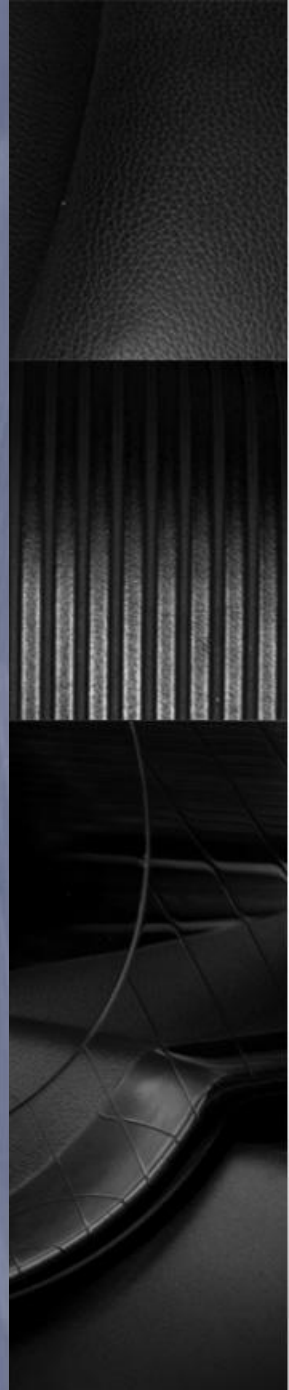
Тризовская компания, активно работающая в США, «Джентри партнерс \ GEN3 PARTNERS» (г. Бостон), выполнившая этот заказ, попутно решила проблемы с упрочнением упаковочной алюминиевой пленки и более эффективным использованием алюминия в производстве тяжелых грузовиков



Эффективность применения ТРИЗ

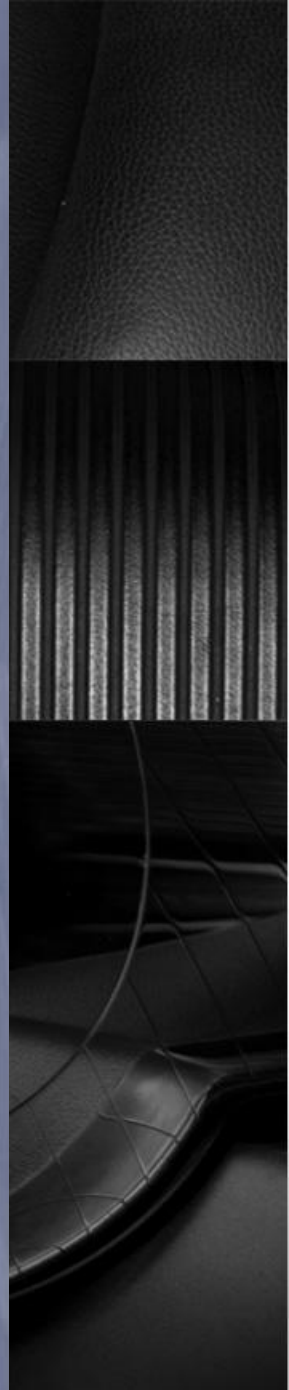
В 2003 году в компании Bracco (Италия) были получены впечатляющие результаты по использованию ТРИЗ в фармацевтической промышленности.

Компания «Интел \ Intel» до 2008 года обучила основам ТРИЗ тысячу человек и ввела должность ТРИЗ-специалиста



Эффективность применения ТРИЗ

Компания «Ролс Ройс \ Rolls Royce»
обучила ТРИЗ **около 1000** человек.



Эффективность

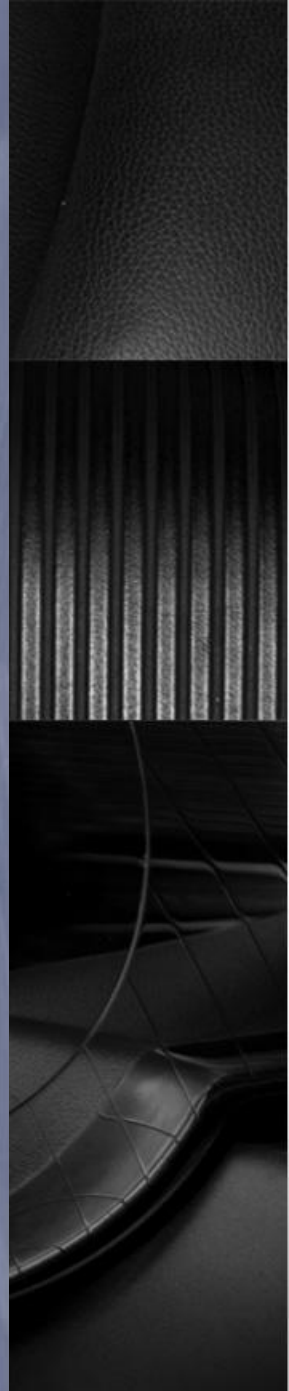
применения ТРИЗ

Весьма любопытным фактом в истории распространения ТРИЗ в Швейцарии является активное использование программного продукта TechOptimizer («Джентри партнерс», Бостон, США), основанного на ТРИЗ, Патентным ведомством Швейцарии.

Это первый случай официального использования ТРИЗ в том или ином виде государственным патентным органом.

Швейцарское же Патентное ведомство имеет особый статус - ведь именно там на протяжении нескольких лет работал

А. Эйнштейн



Эффективность применения ТРИЗ

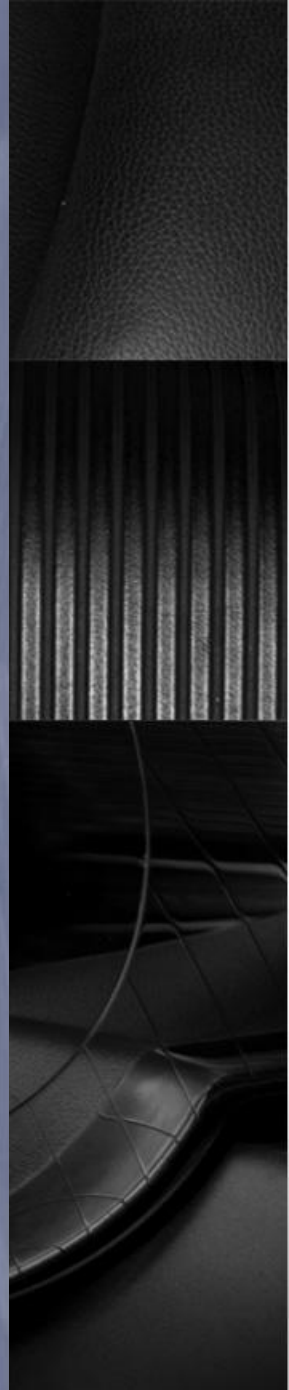
На японский ТРИЗ Конгресс ежегодно собирается около 200 человек из таких компаний, как

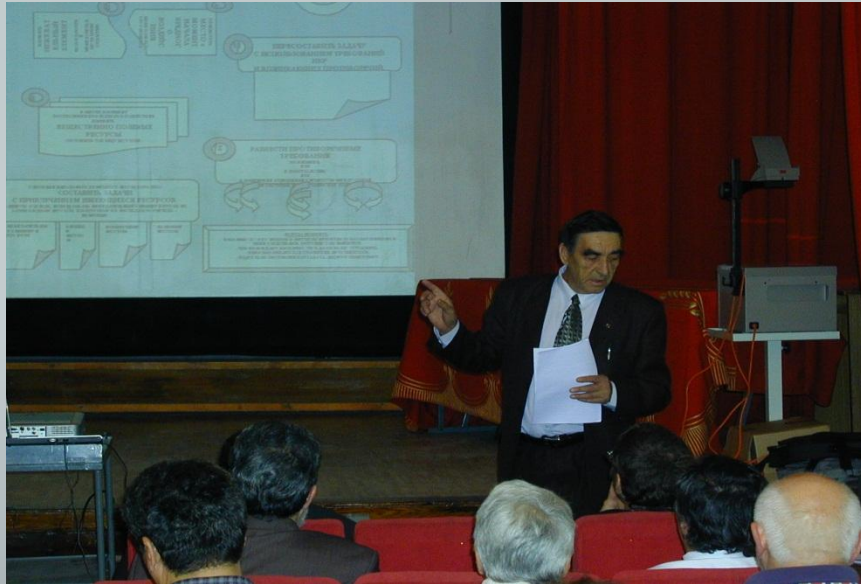
«Matsushita Electric Industrial Company \ Мацусита», «Hitachi LTD \ Хитачи»,

«Honda Motor Company \ Хонда»,

«Toshiba \ Тошиба» (те, кто активно применяет ТРИЗ) и так далее.

В 2007 году основана Ассоциация ТРИЗ Японии.





РЕГИСТР НАУЧНО-ФАНТАСТИЧЕСКИХ ИДЕЙ

Г.С. Альтшуллер: «Когда 40 лет назад я решил заняться методологией изобретательства, мне говорили: зачем это нужно, сиди себе и изобретай. Прошло два десятка лет от работы над методологией изобретательства, и стало ясно - нужно было заниматься методологией. После этого я принялся за методологию фантастики. Хотел понять - как возникают принципиально новые идеи, каков механизм прогнозирования будущего. На мой взгляд, невероятно интересно понять внутреннюю механику фантазирования - самого удивительного человеческого качества. И тут мне говорили: не надо, пиши рассказы».

РЕГИСТР НАУЧНО-ФАНТАСТИЧЕСКИХ ИДЕЙ

КЛАСС 1 - «КОСМОС» Десять подклассов, сотни групп,

КЛАСС 2 – «ЗЕМЛЯ» Шесть подклассов, множество групп

КЛАСС 3 - «ЧЕЛОВЕК» (включая особенности будущего человека)

Восемь подклассов, множество групп

КЛАСС 4 - «ОБЩЕСТВО» Семь подклассов, множество групп

КЛАСС 5 - «КИБЕРНЕТИКА» Шесть подклассов, множество групп

КЛАСС 6 - «ИНОПЛАНЕТНЫЕ РАЗУМНЫЕ СУЩЕСТВА» Два подкласса,
множество групп множество групп

КЛАСС 7 – «ФАНТАСТИЧЕСКИЕ ЖИВОТНЫЕ И РАСТЕНИЯ»

Шесть подклассов, множество групп

КЛАСС 8 - «ВРЕМЯ И ПРОСТРАНСТВО»

Шесть подклассов, множество групп

КЛАСС 9 – «ФАНТАСТИЧЕСКИЕ ИСХОДНЫЕ СИТУАЦИИ»

Десять подклассов, множество групп

КЛАСС 10 – «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИДЕИ» (кроме входящих в классы 1,2
и 5) Восемнадцать подклассов, сотни групп

КЛАСС 11 - «ЭКОЛОГИЯ» Три подкласса, множество групп



Спасибо за внимание

Всё