

# ВИРТУАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ



# ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ

- Традиционная разработка продукта основывается на **итерационном** процессе проектирования и построения прототипов.
- Для обеспечения конкурентоспособности необходимо **минимизировать время разработки** продукта.
- Развитие систем геометрического моделирования привнесло новую **парадигму проектирования** и анализа

# ВИРТУАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

## (ВИ)

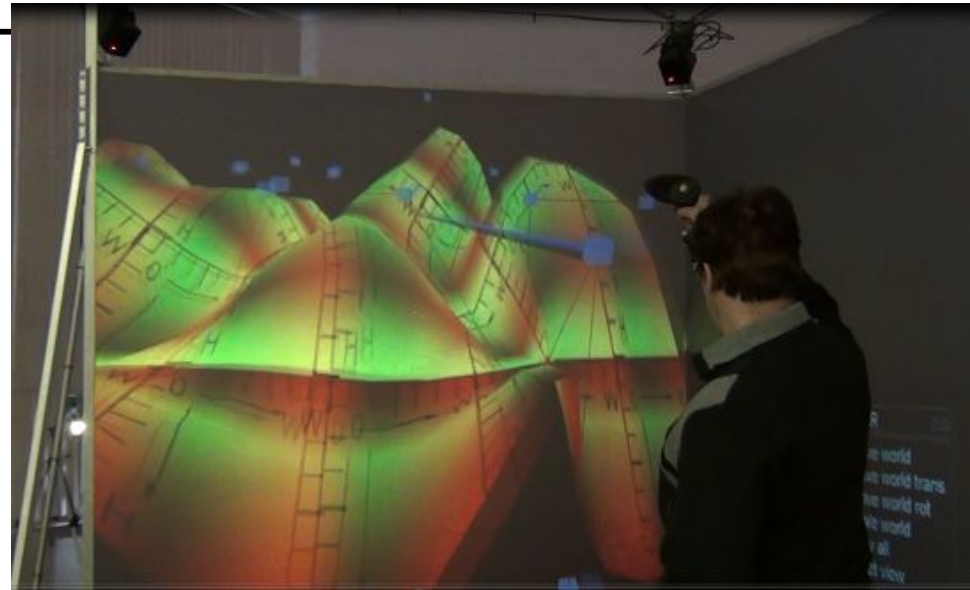
- Виртуальная инженерия – разработка, основанная на **имитации**.
- Охватывает весь **цикл производства изделия**: моделирование детали – имитация обработки и сборки - тестирование виртуального прототипа – внесение необходимых изменений – производственная система – физическая система.
- **Результат применения** – оптимальный конечный продукт и производящие процедуры.



# ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА

**Виртуальная среда** – вычислительная структура, позволяющая имитировать геометрические и физические свойства реальных систем.

- Виртуальная и материальная реальность имеют одинаковый **бытийный статус**, являясь отражением мира идей.



# ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА

- **Умвельт** – окружающий мир живого существа. Определяется спецификой его органов чувств и действия.
- **«Знаковый мир»** - совокупность возможных стимулов.
- **Активный мир** – совокупность возможных ответных реакций.



# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДОЙ

- **Пассивное** включение в реальность предполагает только наблюдение, а
- **Активное** – манипулирование объектами и влияние на ход развития событий.

# ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИ

- Сокращение **времени проектирования** изделия и отладки производственных процессов,
- Сокращение **расходов** на натурное моделирование и физические **эксперименты**,
- Возможность проверки большего числа **альтернативных вариантов** конструкции,
- Возможность проверки **эргономичности** обслуживания проектируемого изделия,
- Обеспечение **взаимодействия с клиентом**

# ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВИ

- Необходимы **новые** интуитивные **подходы** и **средства** конструирования.
- **Ограниченность вычислительных ресурсов** не позволяет имитировать сложные динамические системы в реальном времени.
- **Унификация** характеристик производственных процессов для количественной оценки в ВИ.
- Недостаточное **быстродействие** вычислительных систем и сетей связи.
- Отсутствие **стандартных интерфейсов** данных и закрытая **архитектура** программных комплексов.

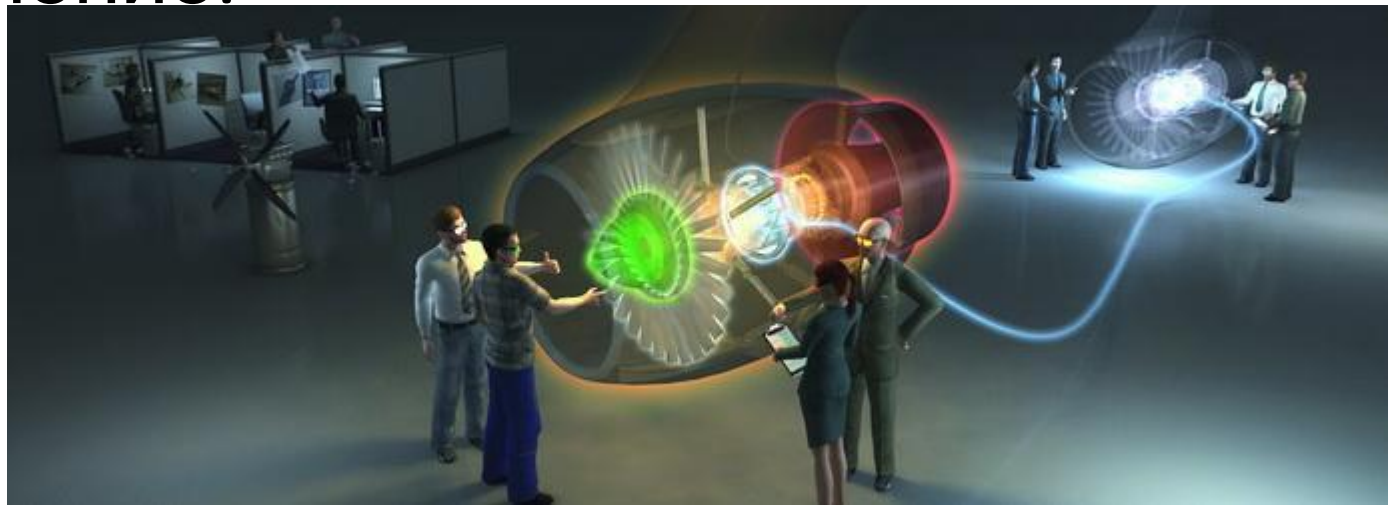


# ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

– интегрированная синтетическая

**производственная среда,**

используемая на всех уровнях принятия решений. Может быть ориентировано на проектирование, производство и управление.

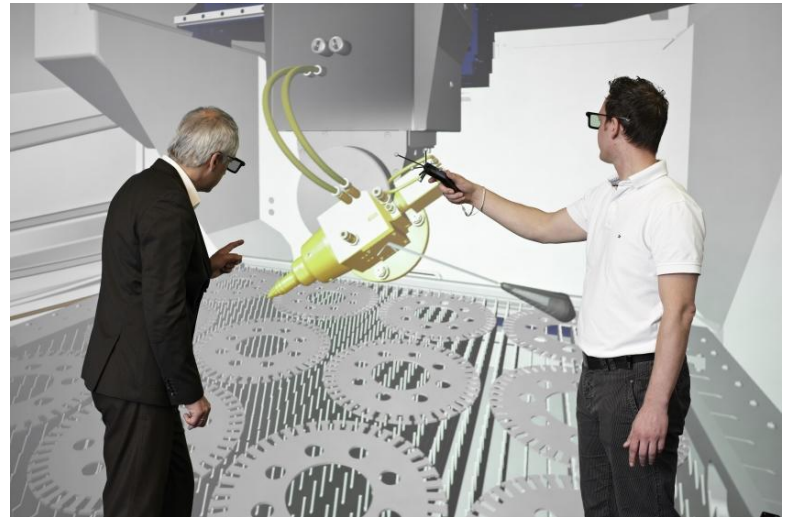


# КОМПОНЕНТЫ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- **Виртуальное проектирование** – проектирование с помощью альтернативного пользовательского интерфейса.
- **Цифровая имитация** – проверка и оптимизация производственных процессов без применения физических прототипов.
- **Виртуальное прототипирование** – построение модели с геометрией и физическим поведением реального продукта.
- **Виртуальный завод** – имитация полной производственной системы.

# ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- Создание конструкций и манипулирование ими в виртуальной среде с использованием средств виртуальной реальности, в т.ч. с обратной связью.
- Требуется новых средств моделирования: интерфейсов ПО и устройств ввода-вывода.



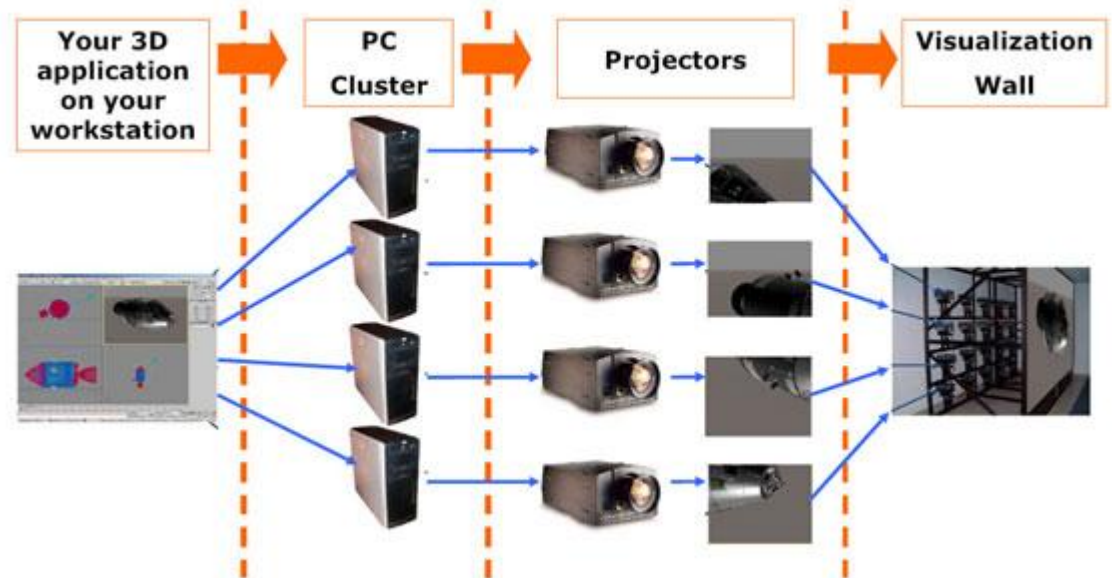
# ЦЕЛИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ:

- Позволить конструктору действовать **естественным и интуитивным образом** путем исключения ограничений обзора и ввода информации в CAD.
- Позволить на ранних стадиях проектирования учесть **точку зрения** потенциального **пользователя**.
- Позволить учесть трудно формализуемый **опыт экспертов** по эксплуатации изделия.

# ИНТЕГРАЦИЯ С САД

- Используется для подготовки **геометрических моделей** изделий.
- Встроенные в САПР модули **анализа и имитации** позволяют избежать потери данных при конвертации.
- **Все этапы** виртуального производства реализуются **в единой среде**.

Графические генераторы создаются для всех приложений, основанных на **OpenGL**



# ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ВИ

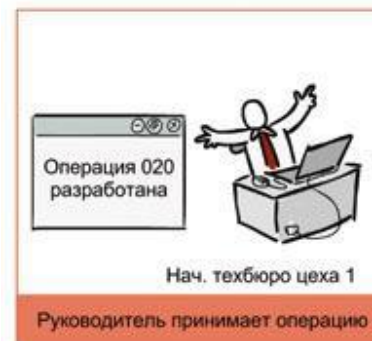
- **Модульная структура** программного пакета: проектирование и создание прототипов, цифровая имитация процессов обработки.
- **Обширные библиотеки** типовых производственных компонентов (станков с ЧПУ, роботов, компонентов машин).

# ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ВИ ПРИМЕРЫ

- **ADAMS** от Mechanical Dynamics – имитация и анализ автомобилей.
- **Deneb Robotics** – все компоненты ВИ, включая имитацию и анализ эргономики.
- **Division** – система виртуального прототипирования с открытой и распределяемой архитектурой.
- **Engineering Animation, Silma** – визуальная имитация последовательности сборки.

# КОЛЛЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Работа в виртуальной среде позволяет **глобализовать** процесс проектирования: привлекать к одному проекту специалистов из различных точек мира, а также задействовать одного специалиста в нескольких **территориально разнесенных проектах**.





# ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- При последовательном проектировании процесс поиска технического решения путем перебора вариантов и их уточнения является **итерационным**.
- При параллельном проектировании над вариантом проекта **одновременно** работают специалисты в самых **различных областях**.
- Позволяет выявить ошибки конструирования **на ранних стадиях** проекта.

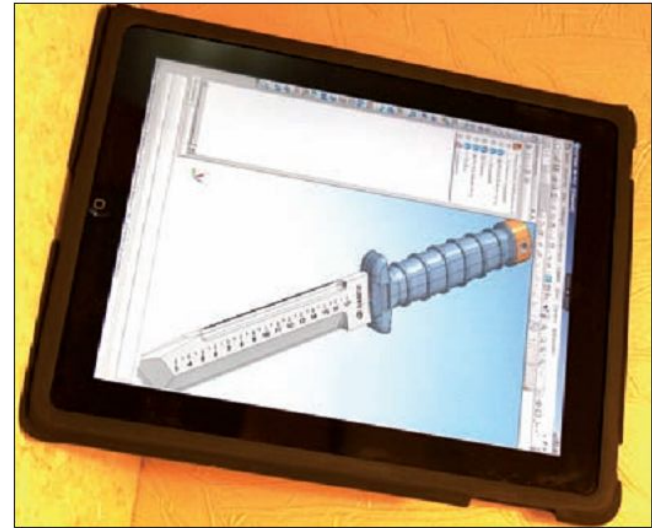
# «ОБЛАЧНЫЕ СЕРВИСЫ»:

**SaaS (Soft as a Service – ПО как услуга)** – доступ к программному пакету с любого цифрового устройства с доступом в Internet.

**«Облачное» хранение данных** – позволяет избавиться от собственных громоздких и сложных в обслуживании файловых серверов.

# SaaS САПР

- Предусматривает не приобретение, а **аренду ПО.**
- Приспособлено для удаленного запуска через **браузер;**
- Возможно подключение нескольких клиентов;
- Модернизация ПО за счет поставщика;
- Мультиплатформенность.



- Неэффективно для **индивидуальных нишевых** решений;
- Спорное обеспечение **безопасности;**
- Требуется стабильный широкий интернет-канал.

# ОБЛАЧНОЕ ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ

## Преимущества

### использования:

- Оплата **фактически использованного** места, а не аренда сервера;
- Сокращение издержек на обслуживание собственной **инфраструктуры и резервирования** данных;
- Работает с различными **операционными системами**



Первым  
пользовательским  
облачным сервисом  
был **Dropbox**.

# ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА

- совокупность распределенных **баз данных**, содержащих **сведения** об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия, обеспечивающая корректность, актуальность, сохранность и доступность данных тем субъектам, участвующим в **осуществлении ЖЦИ**, которым это необходимо и разрешено.

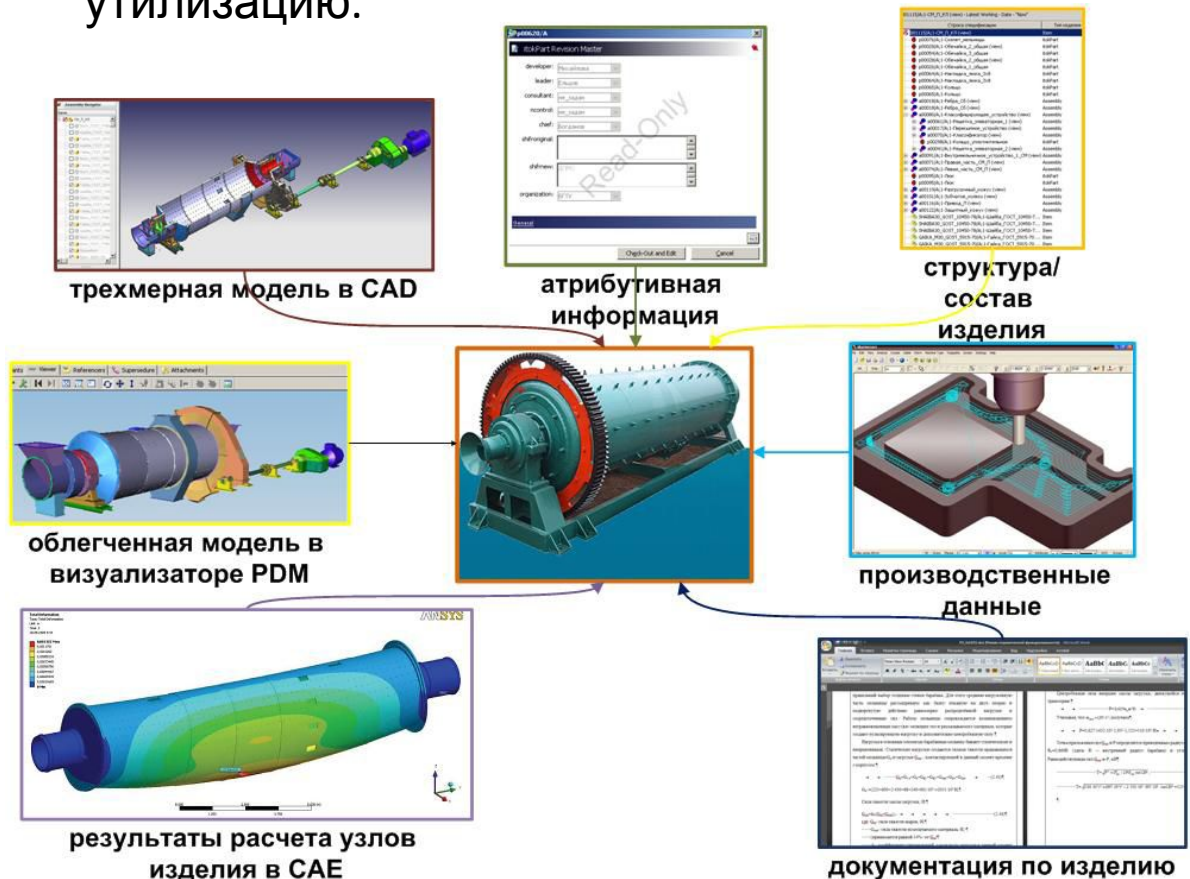
**Единая интегрированная модель изделия** – иерархически организованная модель, содержащая всю информацию об **изделии**, требуемую на любом из этапов **ЖЦИ**, при построении каждого из фрагментов которой использовались единые средства и методы построения

# ЦИФРОВОЙ МАКЕТ ИЗДЕЛИЯ

## Содержит

- трехмерные модели и/или электронные чертежи изделия и его компонент,
- модели и/или чертежи необходимой оснастки и приспособлений для изготовления компонент изделия,
- различную атрибутивную информацию,
- нормативные документы,
- технические требования,
- техническую, эксплуатационную и любую другую документацию связанную с изделием.

ЦМИ – набор электронных документов, описывающих изделие, его создание, эксплуатацию, обслуживание, модернизацию, утилизацию.



# PDM-СИСТЕМЫ

- **PDM** – product data management
- **Цель** – координация команды «проектирование-изготовление».
- **Исходными данными** для PDM являются:

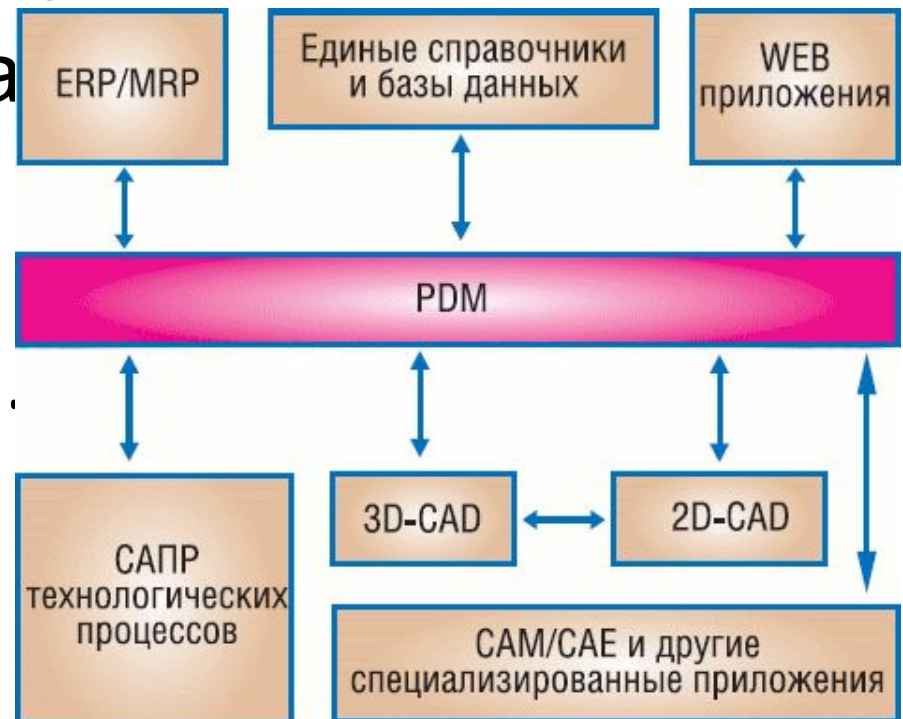
Структура изделия;

Структура отношений между участниками процесса изготовления

- PDM эффективно только при использовании сетевого **единого информационного пространства**.
- В отличие от БД структурирует информацию различных типов **согласно производственным задачам**.

# ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ PDM

- Первые системы PDM появились в 80е годы.
- Задачи:
  - отслеживание состава
  - всех файлов проекта
  - их целостности,
  - актуальности и
  - непротиворечивости.





# **СОВРЕМЕННЫЕ PDM - СИСТЕМЫ ПОЗВОЛЯЮТ:**

- **Выполнять ведение проектов;**
- **Планировать работы и контролировать этапы их выполнения;**
- **Определять права доступа;**
- **Вести архив;**
- **Выполнять интеграцию с CAD/CAM;**
- **Реализовывать поисковые запросы;**
- **Осуществлять доступ через Web**

# ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ PDM

- Легкое внедрение новых изделий с использованием **шаблонов**,
- **Сопровождение** не требует привлечения сторонних консультантов,
- Сокращение человеческих **ошибок** и рутинной работы,
- Минимизация сроков проведения **изменений**,
- **Индивидуальные** разработки для каждого предприятия,
- Информационное оснащение методики **параллельного проектирования**.

# ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ PDM

- Создание **БД**, реализация связей с **САПР**, структуризация существующих **данных**, введение параллельного **электронного документооборота**.
- Создание электронных версий **бизнес-процессов** согласования и утверждения, подключение отдельных **основных подразделений**.
- Интеграция с **ERP** (система планирования ресурсов), подключение **всех подразделений** основного производства.
- Внедрение **ЭЦП**, создание единого информационного пространства с **эксплуатантами**.

# ВНЕДРЕНИЕ PDM

- **Подходы к внедрению PDM:**
  - По подразделениям;
  - По процессам.
- **Проблемы внедрения PDM:**
  - Обоснование **экономической** эффективности,
  - Необходимость изменения **организации производства,**
  - Для разработки индивидуальной стратегии внедрения и функционирования PDM требуется **глубокое исследование предприятия.**

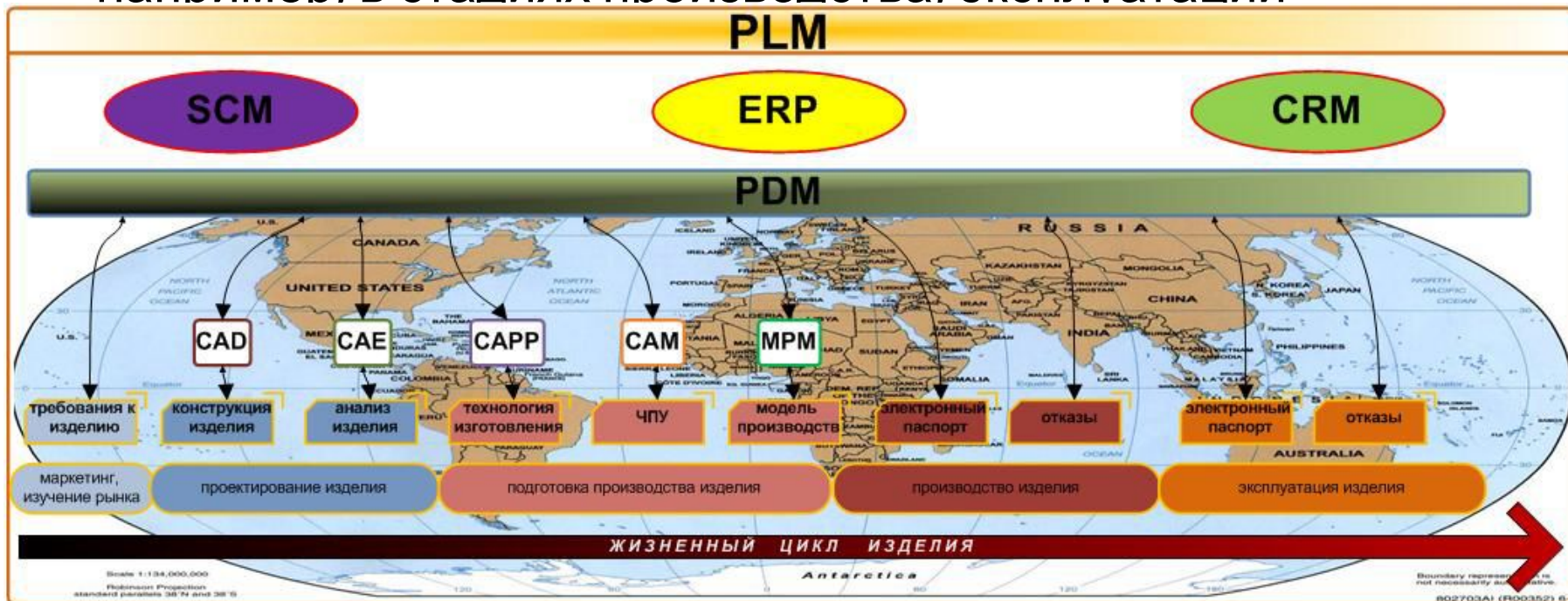
# ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ

## ИЗДЕЛИЯ

**ЖЦИ** - Совокупность

взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации или применения (по Р 50-605-80-93 СРППП).

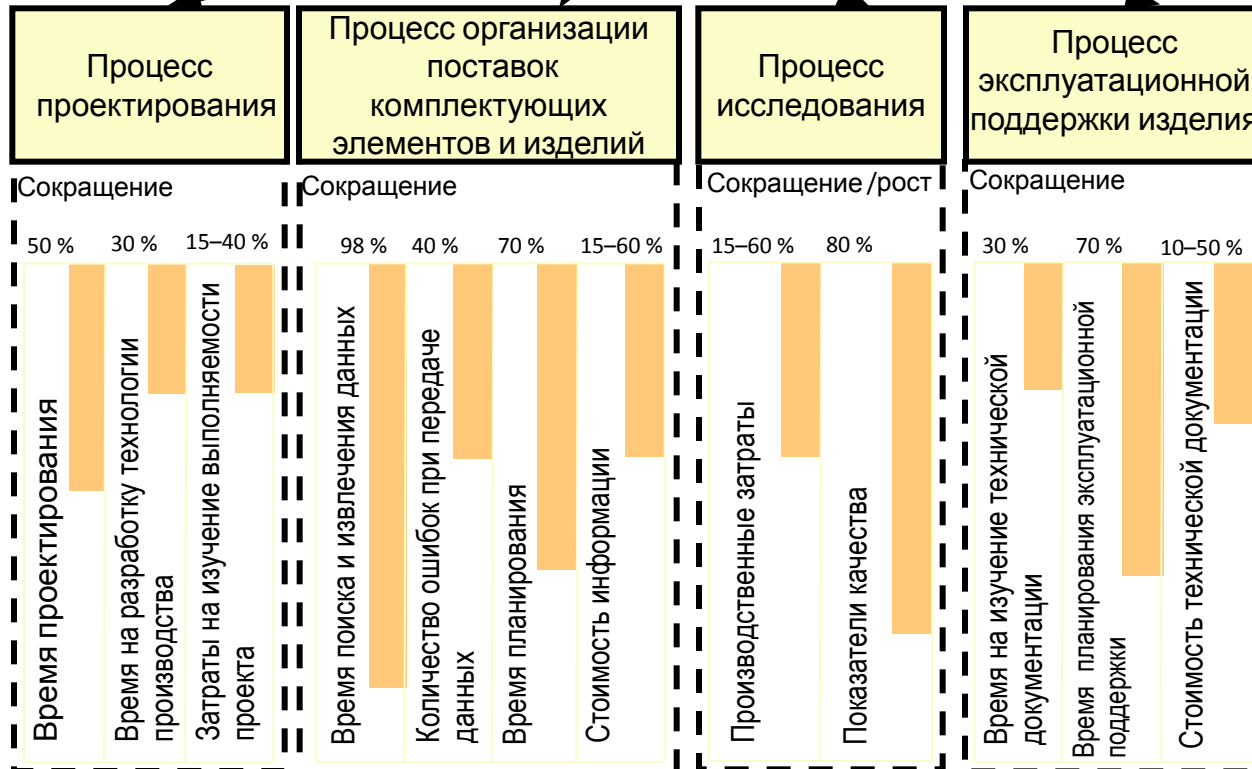
При этом продукция конкретного типа может одновременно находиться в нескольких стадиях жизненного цикла, например, в стадиях производства, эксплуатации



# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

## Методические основы CALS-идеологии:

- международные стандарты;
- интегрированная логическая поддержка;
- электронный обмен данными;
- многопользовательская (интегрированная) база данных



# TEAMCENTER

- Решает задачи управления требованиями, проектами, процессами проектирования, составом изделия, документами, поставщиками, ТПП, расчетными данными.

## TEAMCENTER

The image displays a grid of 14 green tiles, each representing a different module of the TEAMCENTER software. The tiles are arranged in two rows of seven. Below the grid are three horizontal banners, each with a green background and white text, representing additional capabilities of the software.


Module Name	Module Name	Module Name	Module Name	Module Name	Module Name	Module Name
Systems Engineering & Requirements Management	Portfolio, Program & Project Management	Engineering Process Management	Bill-of-Materials Management	Compliance Management	Content & Document Management	Formulation & Recipe Management
Supplier Relationship Management	Mechatronics Process Management	Manufacturing Process Management	Simulation Process Management	Maintenance, Repair & Overhaul	Reporting & Analytics	Community Collaboration

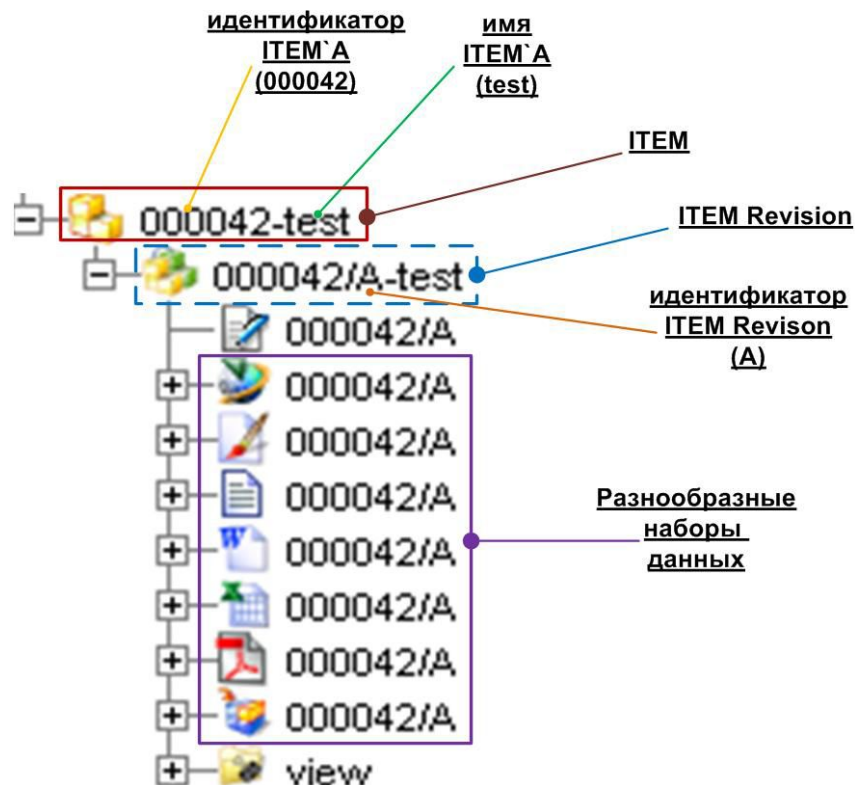
**Lifecycle Visualization**

**Platform Extensibility Services**

**Enterprise Knowledge Foundation**

# ОБЪЕКТ ИТЕМ (ИЗДЕЛИЕ)

- *Item* – это контейнер, который хранит и объединяет данные : от данных САД-системы до текстовой заметки и изображения.
- Объект *Item* по умолчанию имеет иконку  .
- Каждый *Item* имеет цифровой идентификатор - *Item ID*, классическое имя и ревизию (модификацию)





# АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИ

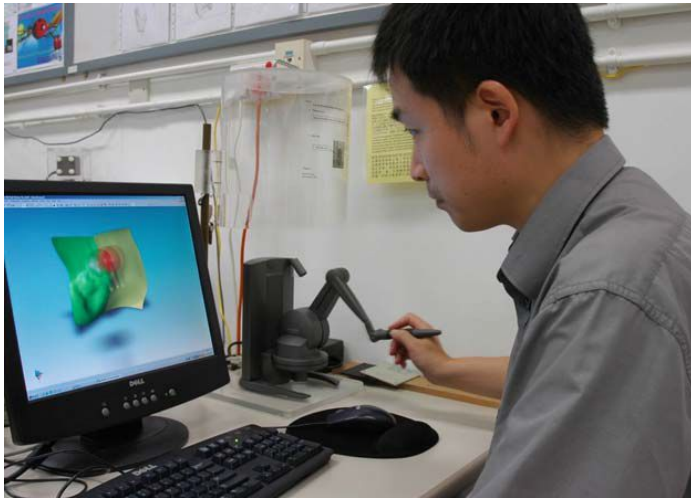
- Сама по себе виртуальная среда оснащается только компьютерной техникой.
- Все специфическое аппаратное обеспечение – устройства ввода и вывода информации для интерактивного взаимодействия с пользователем.



# УСТРОЙСТВА ВВОДА

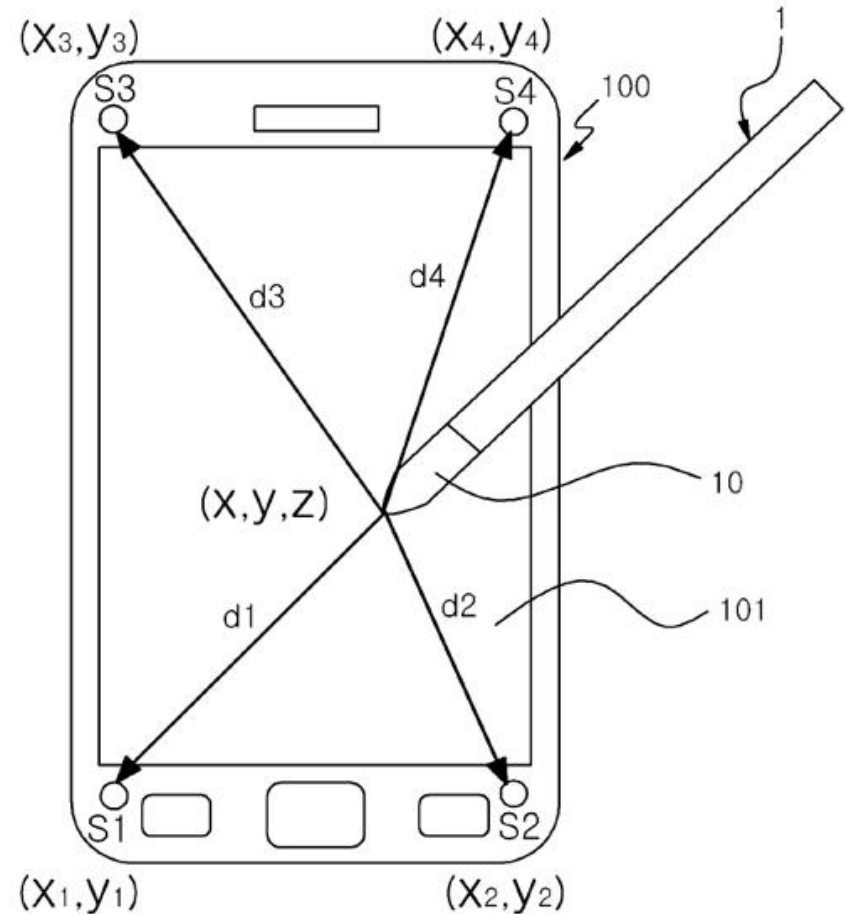
- **Следящие системы** – электромагнитная, ультразвуковая, оптическая или механическая система для отслеживания положения и ориентации объекта. Может быть прикреплена к любой части тела.
- **Джойстики.**
- **Информационные перчатки** – информация с датчиков, соответствующих каждому суставу руки преобразуется обратно в изображение в виртуальной среде и изменяется динамически. Могут дополняться звеньями обратной связи.

# УСТРОЙСТВА ВВОДА. ПРИМЕРЫ



# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ БЕСКОНТАКТНЫЕ УСТРОЙСТВА ВВОДА

- Система включает один или два излучателя волн с частотой  $40 \pm 8$  кГц и массива микрофонов.
- При этом угол обзора чувствительной зоны составляет до  $180^\circ$ , а ее толщина до 0,5 метра.



# **УСТРОЙСТВА ВЫВОДА. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ**

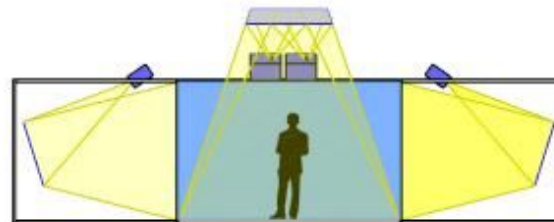
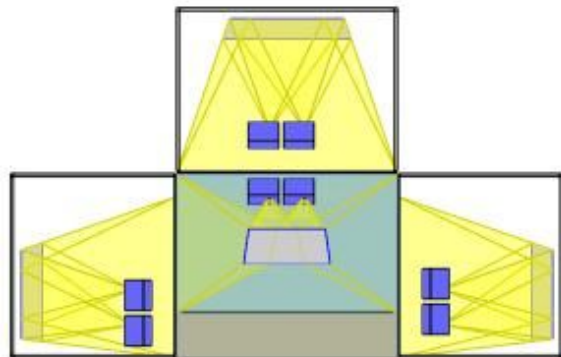
**Устройства визуального отображения –  
основной компонент систем  
виртуальной реальности.**

**Обеспечение стереоскопического  
обзора.**

**Дисплеи пространственного  
погружения – панорамный видеозэкран,  
размер которого перекрывает поле  
зрения человека,**

# УСТРОЙСТВА ВЫВОДА. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

CAVE – cave automatic virtual environment. Предусматривает согласованное проецирование изображений на основе захвата положения головы оператора.



# **НОСИМЫЕ УСТРОЙСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

**Головные дисплеи** – экран расположен близко к глазам, изображение на мониторе изменяется вслед за положение головы пользователя.

**Биноккулярные всенаправленные мониторы** – вариант головного дисплея с механической следящей системой.

**Специальные очки** – работают в комплекте с синхронизированным монитором, поле зрения ограничено размерами монитора/проектора.

# ПРИМЕР СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ IC.IDO





# УСТРОЙСТВА ВЫВОДА. ЗВУК И ОСЯЗАНИЕ

- **Звук:** наушники с пространственной звуковой системой.
- **Осязание:** следящие системы, джойстики и информационные перчатки с силовой обратной связью.
- Тактильная обратная связь впервые **запатентована** в Америке в 1993 году.
- Для реализации устройств с тактильной обратной связью (**haptic**) используются различные принципы от вибромоторов до ультразвуковых полей.

# НАРТИС - СИСТЕМЫ

Rendering Volumetric Haptic Shapes  
in Mid-Air using Ultrasound

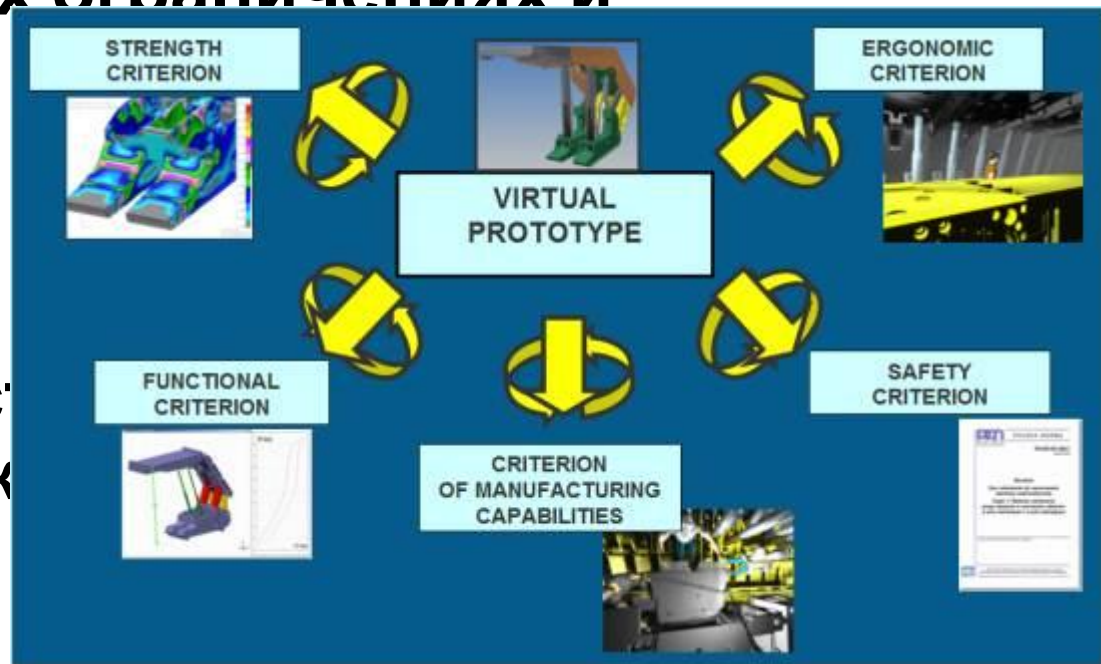
Benjamin Long, Sue Ann Seah, Tom Carter, Sriram Subramanian

Department of Computer Science, University of Bristol, UK

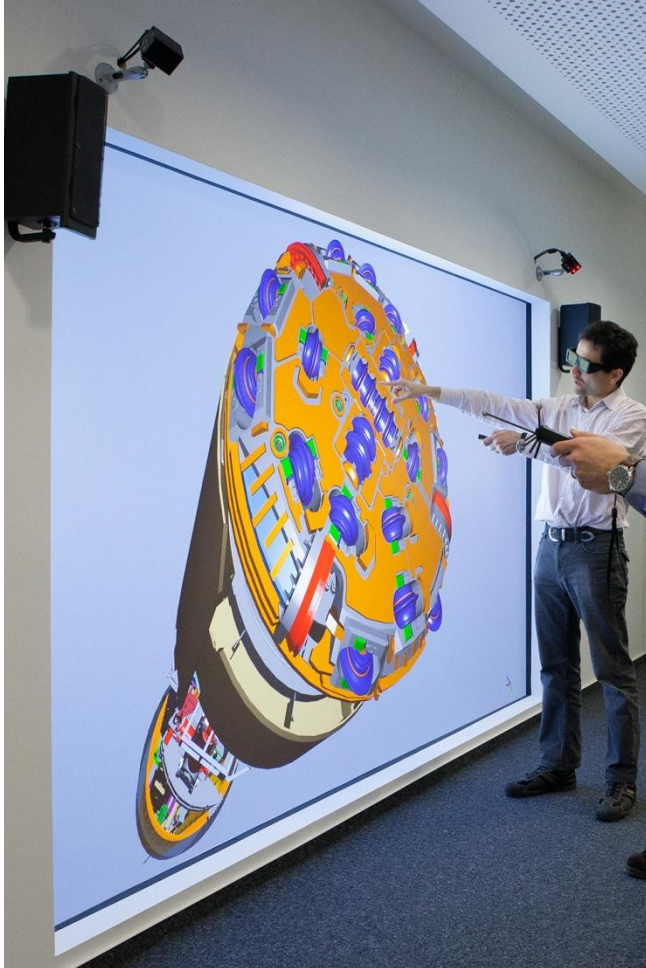
**BIG** <http://big.cs.bris.ac.uk>  
[youtube.com/BristolIG](https://www.youtube.com/BristolIG)  
Bristol Interaction and Graphics @BristolIG

# ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

- Построение прототипа агрегата из геометрических моделей его частей – **цифрового макета**.
- Исследование виртуальной **сборки**.
- Оценка собираемости выполняется на основе данных о **сборочных ограничениях и допусках**.
- Позволяет определить оптимальные **последовательности и траектории сборки**

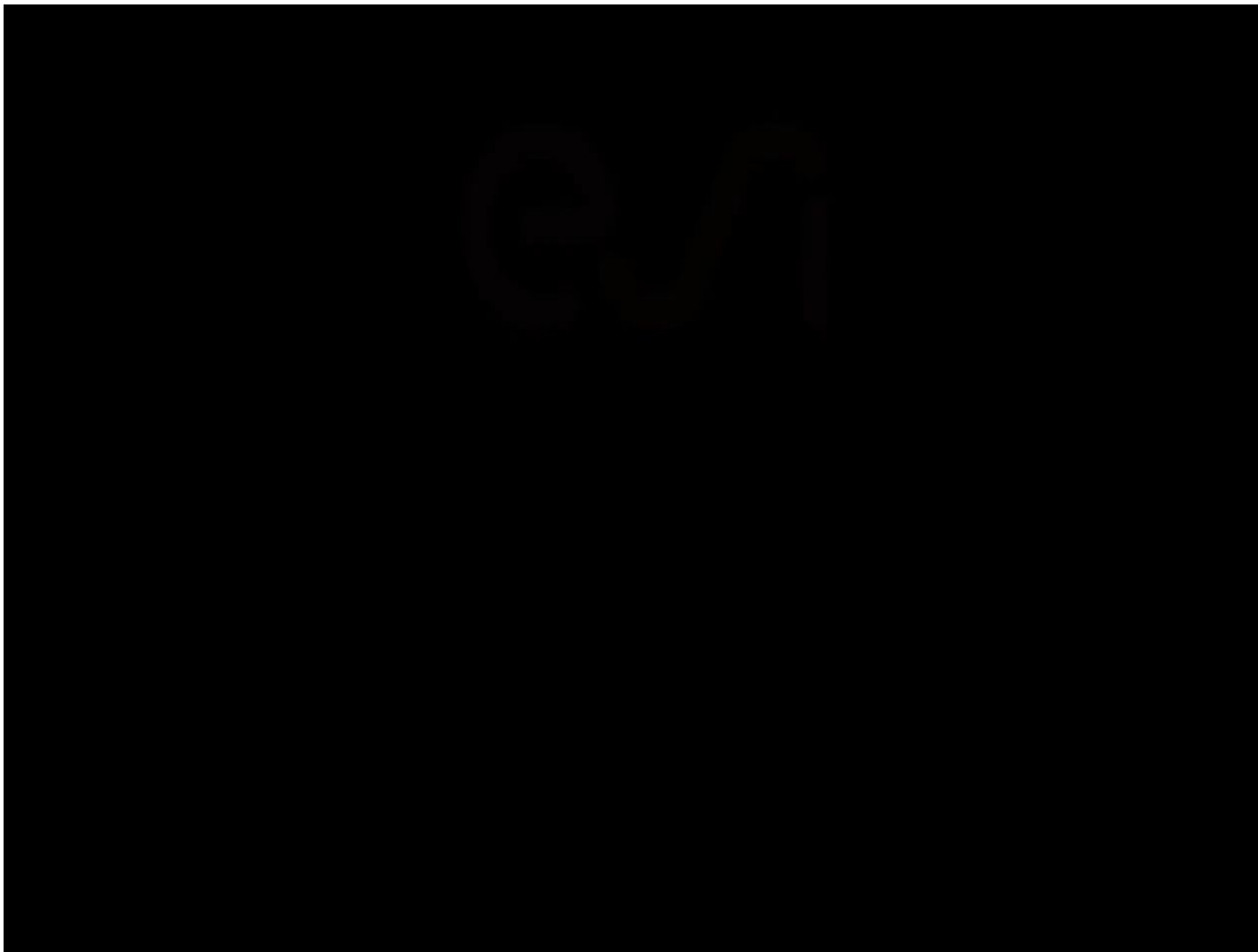


# ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

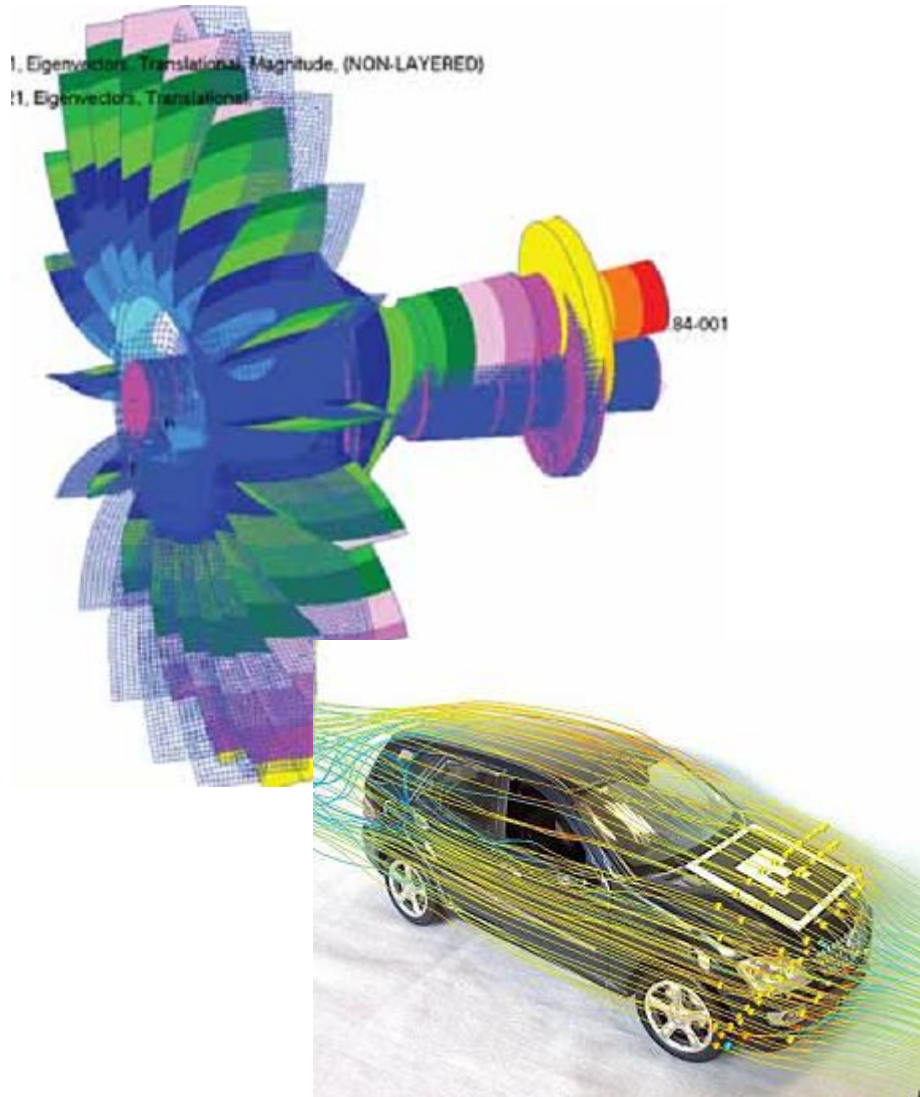


- Структурный и функциональный анализ прототипа.
- Кинематическая и динамическая имитация процессов функционирования прототипа.
- Быстрая и экономичная итерационная оптимизация конструкции.
- Идеальный прототип имеет всю совокупность

# ПРИМЕР ПРОТОТИПА



# ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ



- Основывается на представлении деталей по **МКЭ**.
- Осуществляется с использованием методов и процедур **натурного эксперимента**.
- Не позволяет найти **аналитическое решение** задачи.
- Ограничения применимости связаны с **условностью** математической модели.

# **ИНТЕРАКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

- Структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для представления в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах.
- Определяется стандартами **Р 50.1.029-2001, ГОСТ Р 54088-2010.**

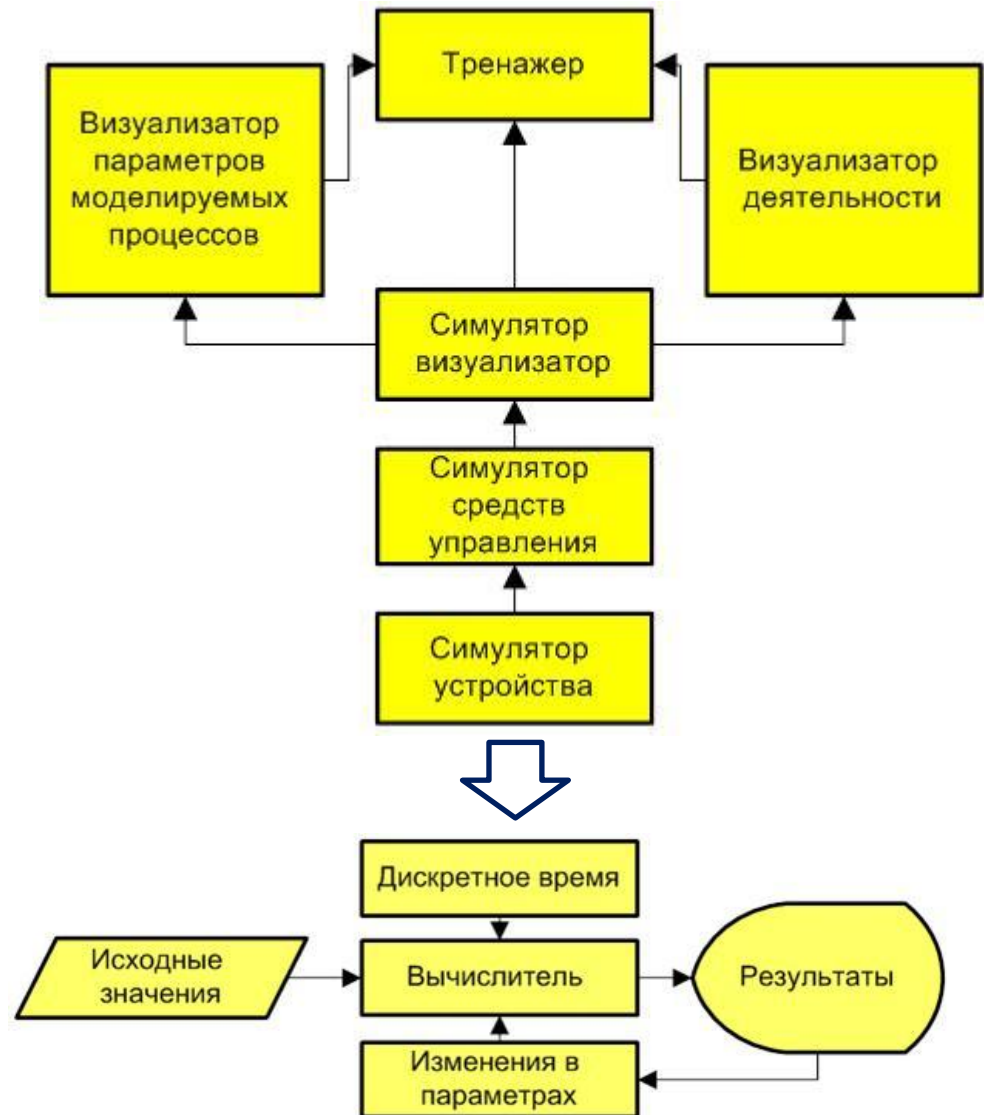
# КЛАССЫ ИЭТР

- 1й** – набор **изображений** (в т.ч. растровых) страниц бумажной документации с **индексированием**.
- 2й** – линейно-**структурированные**, содержащие перекрестные ссылки, аудио-, видеоданные.
- 3й** – совокупность взаимосвязанных **информационных объектов**, имеющих иерархическую структуру без разметки на страницы.
- 4й** – дополнительно: интерфейсное взаимодействие с программно-аппаратными **средствами контроля и диагностики** изделий.
- 5й** – дополнительно: средства накопления данных о процессе эксплуатации и формирования рекомендаций (элементы **экспертных систем**)



# ВИРТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ

- Тренажеры и симуляторы могут быть разработаны для любого устройства имеющего **ручное управление**.
- Применяются в первую очередь для **обучения персонала**, занятого на опасных участках производства.



# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВП

- Эффективное средство оптимального проектирования в т.ч. **«сверху-вниз»** с высокой **интерактивностью** и учетом человеческого фактора.
- Итеративная **имитация** эксплуатационных характеристик.
- Интерактивный интерфейс **для заказчика.**
- Составление **баз экспертных данных.**
- **Коллективные** разработки.