

Виртуальное моделирование элементов двигателя на базе многодисциплинарных моделей

Лекция 6.

Прочность. Надёжность. Подготовка к
производству. PDM.

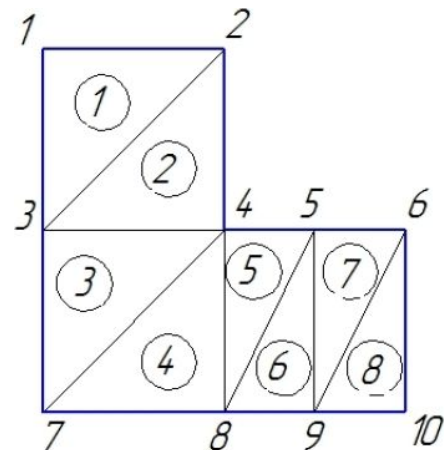
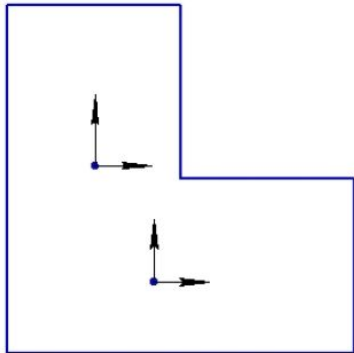
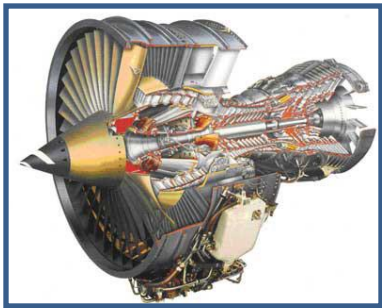
Прочность – метод конечных элементов

Метод конечных элементов – один из наиболее распространенных современных численных методов. Он лежит в основе таких мощных пакетов программ, как ANSYS, NASTRAN и многие другие.

Он позволяет рассчитывать не только прочность, но и колебания. Методом конечных элементов можно рассчитывать задачи гидрогазодинамики и теплопередачи, причем результаты этих расчетов очень удобно передавать как данные для расчета на прочность. Можно рассчитывать детали любой формы, при любых нагрузках и закреплениях.

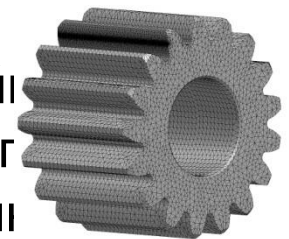
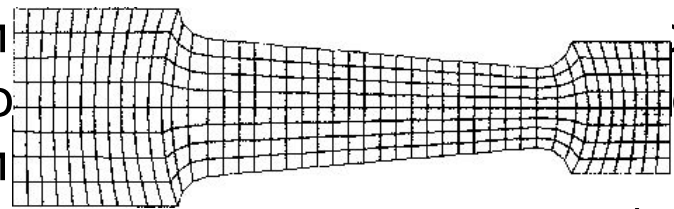
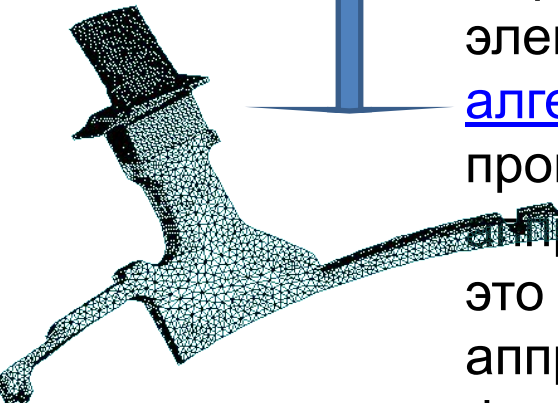
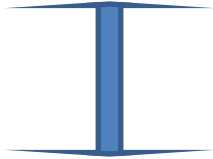
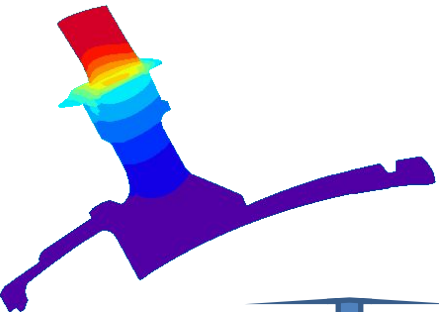
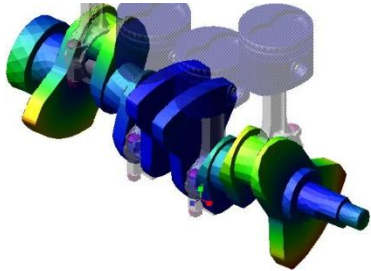
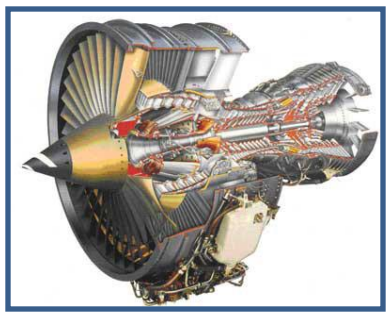
Поэтому метод конечных элементов свободен от очень многих допущений, которые необходимы при выводе аналитических уравнений и ограничивают их точность.

Основная идея метода конечных элементов (МКЭ) – аппроксимация сплошной среды с бесконечным числом точек и степеней свободы совокупностью элементов конечно малого размера, связанных между собой в узлах. В примере на рис разбивка детали содержит 8 конечных элементов и 10 узлов.



Прочность – метод конечных элементов

В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В простейшем случае это полином. В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В простейшем случае это полином первой степени. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Значения функций на границах элементов (в узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Коэффициенты аппроксимирующих функций обычно ищутся из условия равенства значения соседних функций на границах между элементами (в узлах). Затем эти коэффициенты выражаются через значения функций в узлах элементов. Составляется система линейных алгебраических уравнений. В каждом из элементов произвольно выбирается



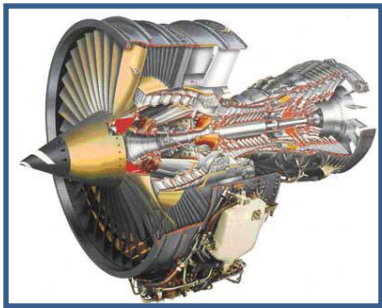
аппроксим
это полино
аппроксим
нуль

простейш
своег
нуль

е
а
19

Прочность – интерфейс ANSYS-ADAMS

ANSYS и ADAMS могут обмениваться деформируемыми телами в формате *.mnf (modal neutral file). При экспорте деформируемого тела из ANSYS пользователю предлагается указать Attachment



Main Menu

- Preferences
- Preprocessor
- Solution
 - Analysis Type
 - Define Loads
 - Load Step Opts
 - SE Management (CMS)
 - Results Tracking
 - Solve
 - Manual Rezoning
 - Multi-field Set Up
 - ADAMS Connection
 - Export to ADAMS
 - Import fr ADAMS
 - Diagnostics
 - Unabridged Menu
- General Postproc
- TimeHist Postpro
- Prob Design
- Radiation Opt
- Session Editor
- Finish

Export to ADAMS

System of Model Units
SI m-k-g-s-Centigrade

Eigenmodes
Number of Modes to extract 50

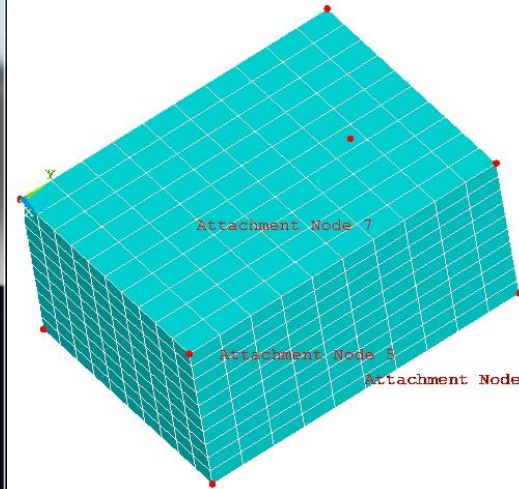
Element Results
Include no Stress and Strain

Shell Element Result Output Control
Shell Top Surface

Filename
.file16.mnf Browse ...

Export to ADAMS
Solve and create export file to ADAMS

Cancel Help



Файл в формате *.mnf можно импортировать в MSC. ADAMS через меню Build – Flexible Bodies – ADAMS/Flex.

Просмотреть работу, понять, что является исходными данными, и что результатом

Создать геометрию модели (Preprocessor - Modeling)

Выбрать тип конечного элемента (Preprocessor - Element Type)

Выбор физических констант: толщин оболочек, диаметров и т.д. (Preprocessor - Real Constants)

Выбор материалов модели: модуль упругости, плотность и т.д. (Preprocessor - Material Props)

Выбор поперечного сечения для линейных и балочных элементов (Preprocessor - Sections)

Задание свойств сетки и разбиение на сетку конечных элементов (Preprocessor - Meshing)

Закрепление модели и приложение нагрузок (Preprocessor - Loads)

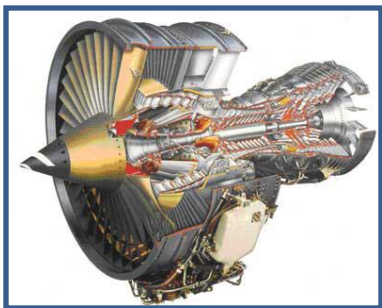
Выбор типа расчёта: статический, динамический, колебания и т.д. (Solution - Analysis Type)

Проведение расчёта текущей модели (Solution - Solve - Current LS)

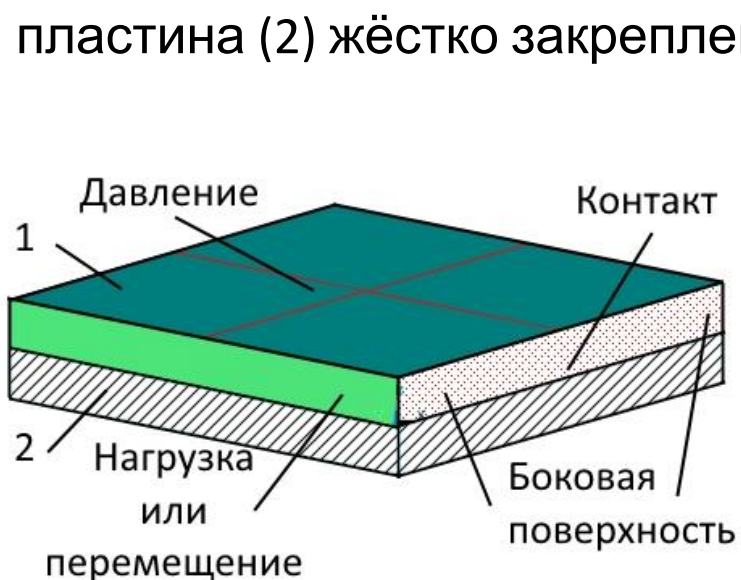
Построение и анализ графиков (General Postproc - Plot Results - Contour Plot)

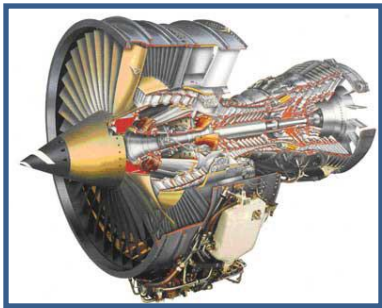
Прочность – решение контактных задач

В ANSYS возможно решение контактных задач в статической и нестационарной постановке. Статический расчёт модели позволяет получить, например, гистерезисные характеристики.



Исследуя поведение контакта в динамике, можно получить АЧХ исследуемых конструкций и оценить влияние различных конструкционных мероприятий по снижению уровня вибраций. Ниже дан пример модели, состоящей из двух соприкасающихся пластин, между которыми задано контактное взаимодействие. Верхняя пластина (1) закреплена только от перемещений в боковом направлении. Нижняя пластина (2) жёстко закреплена по





Программное обеспечение по расчету надежности сложных технических систем

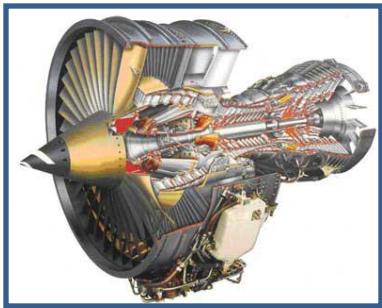
Подготовлено по материалам статьи авторов: Строгонов Андрей, Жаднов Валерий, Полесский Сергей.

Наиболее распространены среди зарубежных БК являются: **RELEX** (Relex software Corporation, США); **A.L.D.Group** (Израиль); **Risk Spectrum** (Relcon AB, Швеция); **ISOGRAPH** (Великобритания).

Использование аппарата математической логики позволяет формализовать условия работоспособности сложных технических систем и расчет их надежности.

Если можно утверждать, что система работоспособна в случае работоспособности ее элементов А и В, то можно сделать вывод о том, что работоспособность системы (событие С) и работоспособность элементов А и В (событие А и событие В) связаны между собой логическим уравнением работоспособности: $C = A \wedge B$. Здесь обозначение \wedge используется для отображения логической операции И. Логическое уравнение работоспособности для данного случая может быть представлено схемой последовательного соединения элементов А и В.

В общем случае под **деревом событий** понимается графическая модель, описывающая логику развития различных вариантов

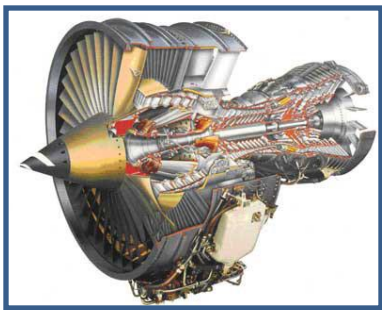


Программное обеспечение по расчету надежности сложных технических систем

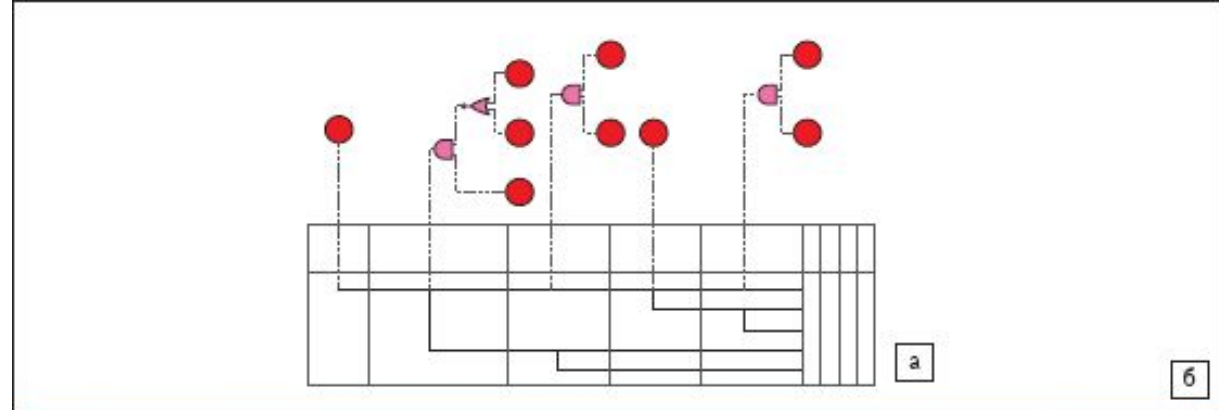
Подготовлено по материалам статьи авторов: Строгонов Андрей, Жаднов Валерий, Полесский Сергей.

Под ~~дерево отказов~~ http://www.kit-e.ru/articles/device/2007_5_183.php понимается графическая модель, отображающая логику событий, приводящих к невыполнению заданной функции (отказу) системы вследствие возникновения различных комбинаций отказов оборудования и ошибок персонала. В состав **дерева отказов** входят графические элементы, служащие для отображения элементарных случайных событий (базисных событий) и логических операторов. Каждому логическому оператору Булевой алгебры соответствует определенный графический элемент, что позволяет производить декомпозицию сложных событий на более простые (базисные или элементарные).

С помощью **аварийных процессов на дереве событий** отображаются варианты развития аварийного процесса. При этом под **аварийным процессом** понимается последовательность событий, приводящих к некоторому конечному состоянию объекта, включающая исходное событие аварии, успешные или неуспешные срабатывания систем безопасности и действия личного состава (персонала) в процессе развития аварии.



Программное обеспечение по расчету надежности сложных технических систем



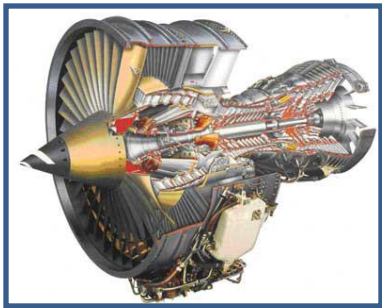
Relias - [Computer Board Sample, System: Computer Board]

Fail Tree Table

ID/Event	Gate/Event Type	Description	Logical	Event Type	Failure Rate	Exposure TL	Consequence F	FE Percentage	Input Value	Input Value 2
1	Flag Event	Passenger Ejector Occurs in Elevator	Normal		100,00					
2	Bus Fail	Bus Free Falls	Normal		100,00					
3	Event 1	Cable off Pulley	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			13,000000	
4	Holding Brake	Holding Brake is Failed	Normal		100,00					
5	Gate 7	No Holding Brake	Normal		100,00					
6	Event 2	Non-Friction Material	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			113,000000	
7	Event 4	Stair Brake Solenoid	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			50,000000	
8	Gate 1	Motor Turns Free	Normal		100,00					
9	Cable	Broken Cable	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			16,600000	
10	Door Open	Door Open Error	Normal		100,00					
11	Gate 5	Door Close Failure	Normal		100,00					
12	Event 33	Latch Failure	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			2,900000	
13	Event 11	Controller Failure	Normal	FA/NTDP	Failure Rate	100,00			7,400000	
14	Gate 4	Bus Not at Level	Normal		100,00					
15	Gate 1	Motor Turns Free	Normal		100,00					

Fail Tree Diagram

Вершина	Название	Описание
	AND	Логическое И
	OR	Логическое ИЛИ
	NAND	Логическое И-НЕ
	NOR	Логическое ИЛИ-НЕ
	NOT	Логическое НЕ



Программное обеспечение по расчету надежности сложных технических систем

Подготовлено по материалам статьи авторов: Строгонов Андрей, Жаднов Валерий, Полесский Сергей.

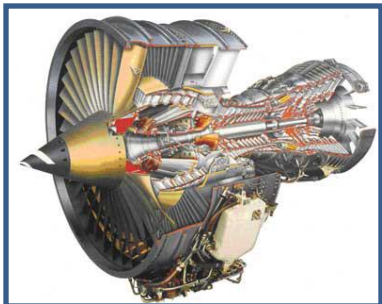
http://www.kit-e.ru/articles/device/2007_5_183.php

Отечественное ПО, которое применяется на ряде предприятий:

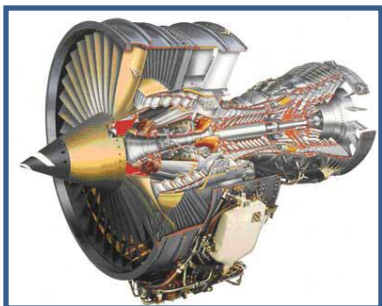
- ПО АСОНИКА-К (МИЭМ-ASKsoft)
- ПО АСМ (ПО для автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем, ОАО «СПИК СЗМА»);
- ПО «Универсал» (для расчетов надежности и функциональной безопасности технических устройств и систем, ФГУП «ВНИИ УП МПС РФ»);
- ИМК КОК (инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем, ФГУП «3 ЦНИИ МО РФ») и др.

Для расчета надежности РЭА и ЭРИ также широко используют автоматизированную справочно-информационную систему (АСРН) (ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ»);

автоматизированную систему расчета надежности ЭРИ и РЭА (АСРН-2000, АСРН-1 (для ЭРИ и РЭА народнохозяйственного назначения, ОАО «РНИИ “ЭЛЕКТРОНСТАНДАРТ”»).



Подготовка к
производств
у -
программно
е
обеспечение
по САМ-части

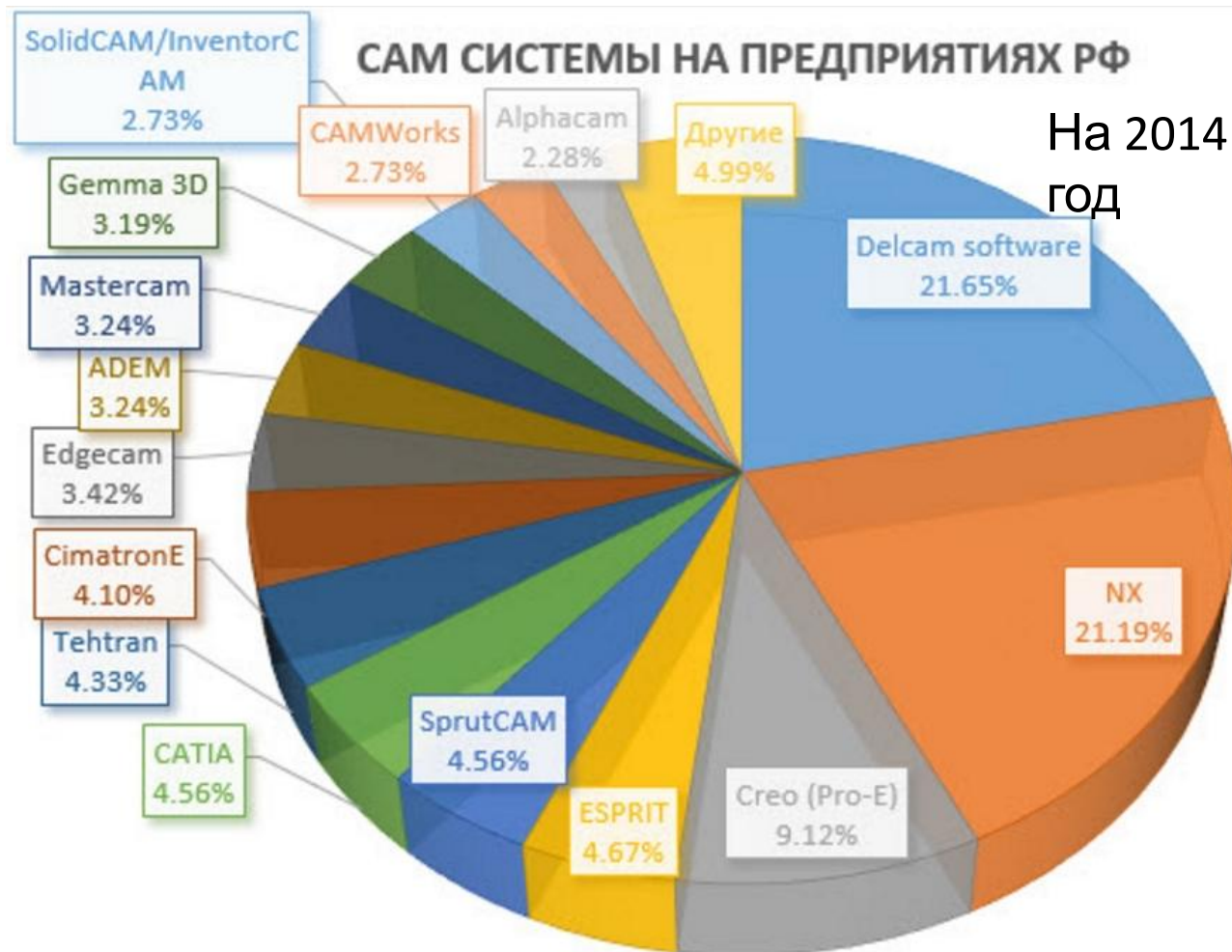


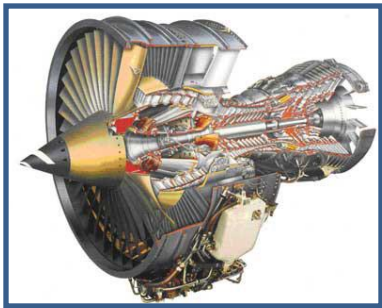
Подготовка к производству - программное обеспечение по САМ-части

САМ-системы условно можно разделить на два типа: собственно САМ, и, ПО, использующее САМ в составе CAD/CAM и PLM комплексов, причем САМ функционал в таких решениях не является доминантой.

Основное назначение САМ-пакетов – создание программ управления ЧПУ для преобразования «виртуального» изделия в реальное.

Вторая задача – анализ и разработка технологии изготовления.





Подготовка к производству - NX CAM

NX предоставляет полное программное решение для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ (CAM), постпроцессирования и симуляции работы станков.

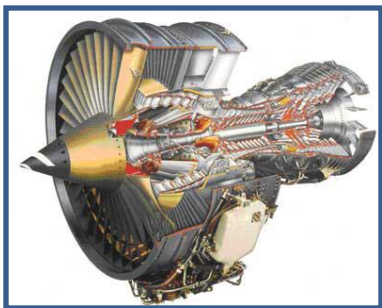
Программное обеспечение NX успешно внедрено и используется во многих отраслях промышленности, его возможности для производства проверены в авиакосмической отрасли, автомобилестроении, в производстве медицинского оборудования, изготовлении пресс-форм и штампов, а также в сфере машиностроения. Новейшие технологии автоматизации программирования станков с ЧПУ в NX CAM могут повысить эффективность производства.

Благодаря обработке на основе элементов (FBM) можно сократить время программирования до 90 %. Кроме того, шаблоны позволяют использовать заранее определенные процессы на основе правил, чтобы стандартизировать программируемые задачи и ускорить их выполнение.

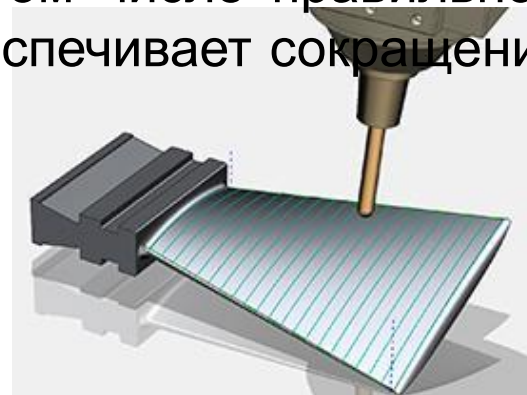
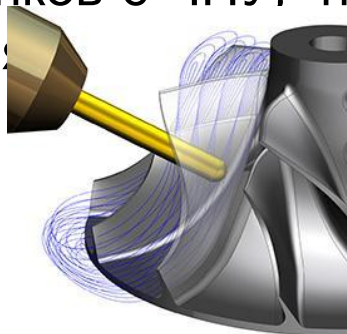
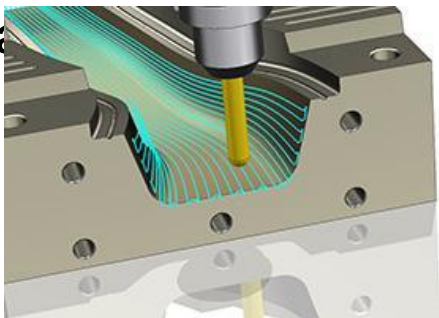
NX CAM имеет тесно интегрированную систему постпроцессирования, которая позволяет легко сгенерировать требуемый код УП для большинства типов станков и систем ЧПУ. Многоуровневый процесс проверки программы для станка с ЧПУ включает симуляцию на основе G-кода, что позволяет исключить необходимость использования внешних пакетов программ для симуляции.

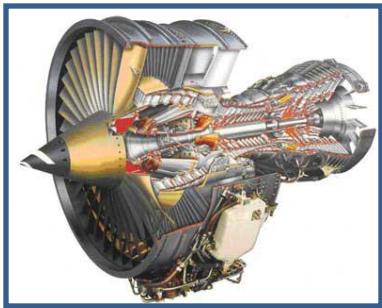
Подготовка к производству - NX CAM

NX предоставляет полное программное решение для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ (CAM), постпроцессорирования и симуляции работы станков.



В NX реализованы расширенные средства автоматизированного проектирования, которые позволяют решать любые задачи: от моделирования новых деталей и подготовки моделей деталей для CAM до создания чертежей наладки по данным из 3D-модели. Интеграция NX CAM с системой управления данными и процессами Teamcenter является основой расширенного решения для производства деталей. Это позволяет легко управлять всеми типами данных, включая 3D-модели детали, карты наладки, перечни инструментов, а также файлами управляющих программ для станков с ЧПУ, обеспечивая полный контроль ревизий. Такое управление данными и процессами гарантирует использование нужных данных, в том числе правильной оснастки и программ для станков с ЧПУ, что обеспечивает сокращение затрат на управление производством.





PLM – жизненный цикл

Жизненный цикл изделия (*жизненный цикл продукции*) — совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта.

Этапы жизненного цикла

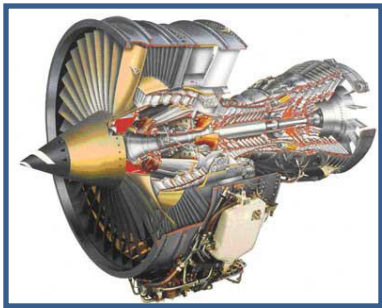
- Маркетинговые исследования
- Проектирование продукта
- Планирование и разработка процесса
- Закупка
- Производство или обслуживание
- Проверка
- Упаковка и хранение
- Продажа и распределение
- Монтаж и наладка
- Техническая поддержка и обслуживание
- Эксплуатация по назначению
- Послепродажная деятельность
- Утилизация и(или) переработка

Технологии PLM (включая технологии СРС) являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

ERP - интегрированные системы планирования ресурсов предприятия;

SCM - системы планирования производства;

CRM - отношениями с заказчиками и покупателями.



PDM – управление данными о виртуальном изделии

PDM-система ([англ.](#) *Product Data Management* — система управления данными об изделии) — организационно-техническая система,

обеспечивающая управление всей информацией об изделии. В PDM-системах используются такие технологии, как:

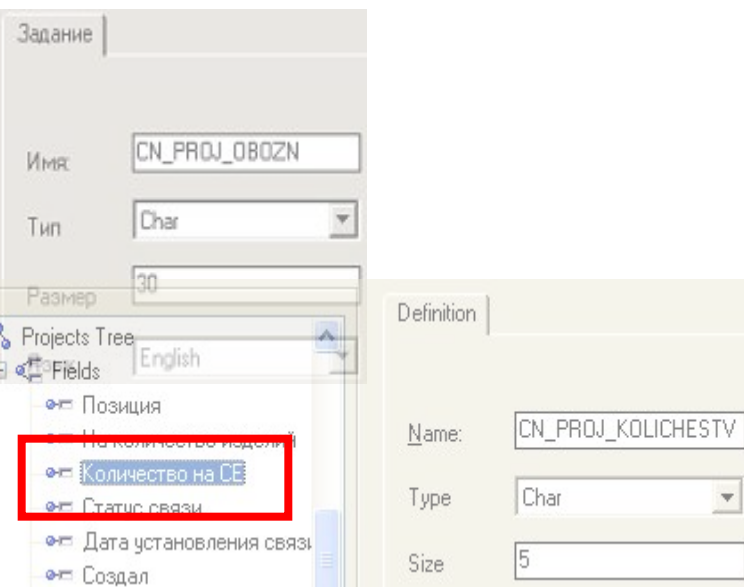
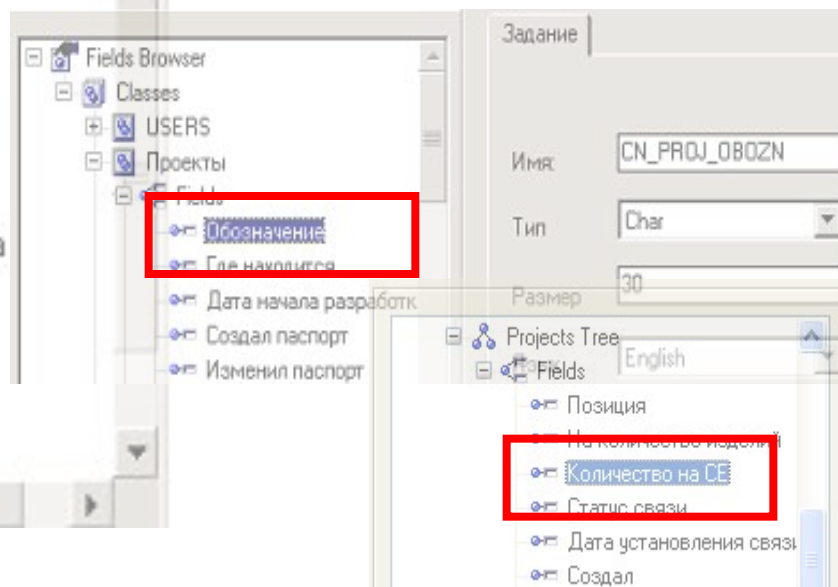
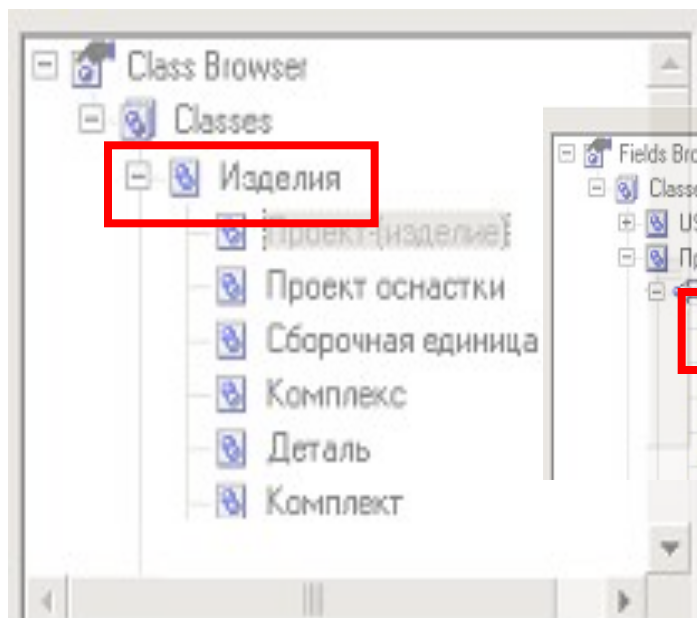
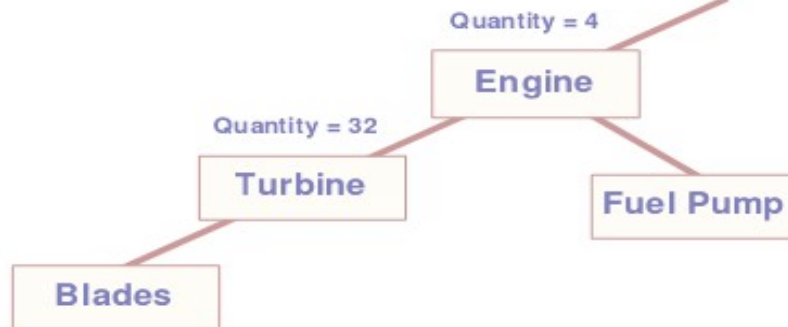
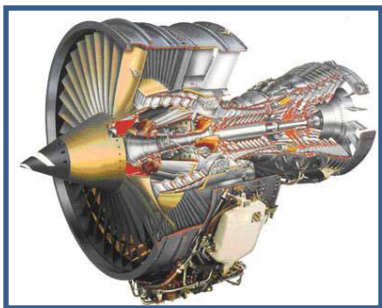
- управление инженерными данными (engineering data management — EDM)
- управление документами
- управление информацией об изделии (product information management — PIM)
- управление техническими данными (technical data management — TDM)
- управление технической информацией (technical information management — TIM)
- управление изображениями и манипулирование информацией, всесторонне определяющей конкретное изделие.

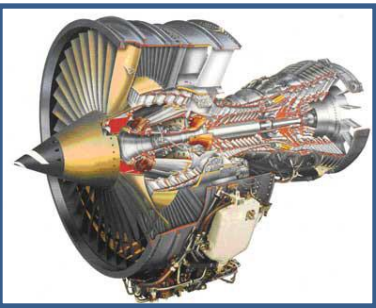
Базовые функциональные возможности PDM-систем охватывают следующие основные направления:

- управление хранением данных и документами
- управление потоками работ и процессами
- управление структурой продукта
- автоматизация генерации выборок и отчетов
- механизм авторизации

PDM – управление данными о виртуальном изделии

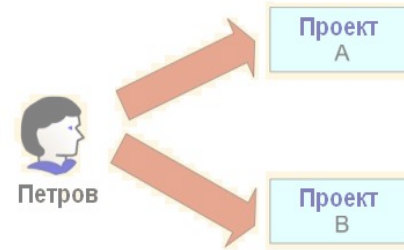
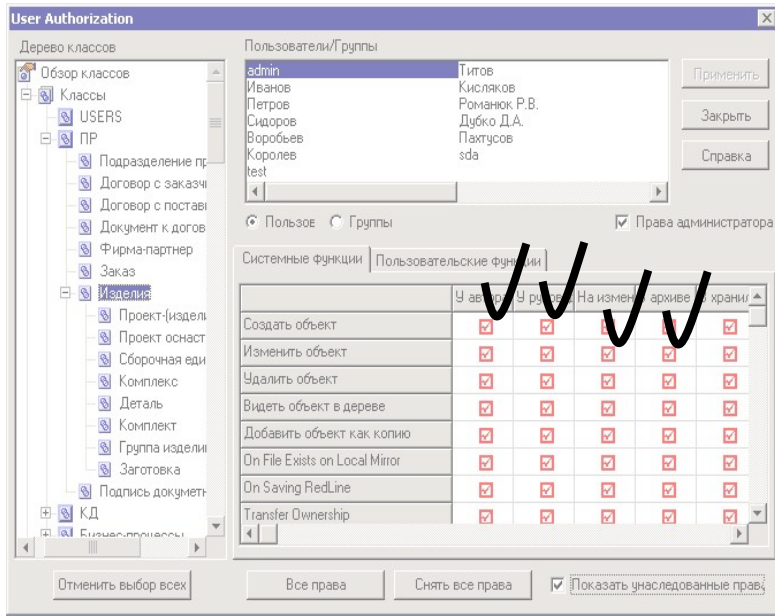
Построение модели предметной области



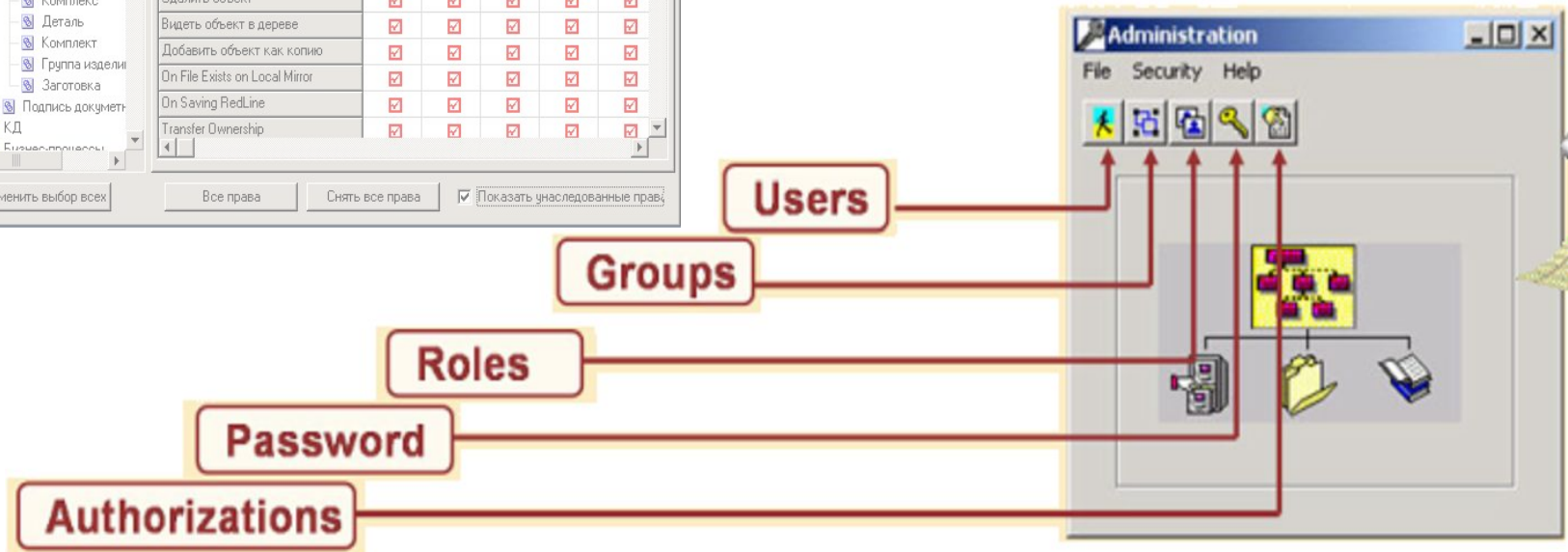


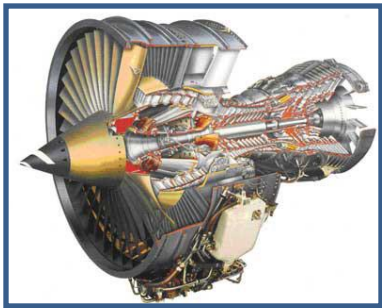
PDM – управление данными о виртуальном изделии

User Maintenance



Права доступа автоматически изменяются в зависимости от выполняемой роли в проекте





PDM – управление данными о виртуальном изделии

Интеграция с CAD-системами
Поддержание структуры сборок (структура, атрибуты сохраняются в SMARTTEAM), управление структурой сборок с учетом ЖЦ документов (версий)

- CATIA (Web)
- CATIA (Windows)
- SolidWorks
- AutoCAD
- Mechanical Desktop
- Inventor
- Solid Edge
- Pro/ENGINEER
- MicroStation
- I-deas
- UG

Автоматическое заполнение основной надписи на чертежах

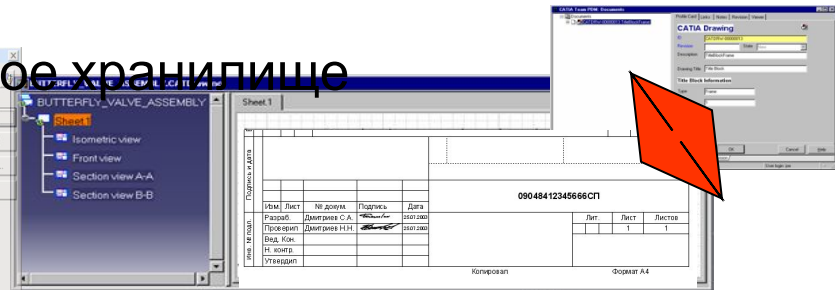
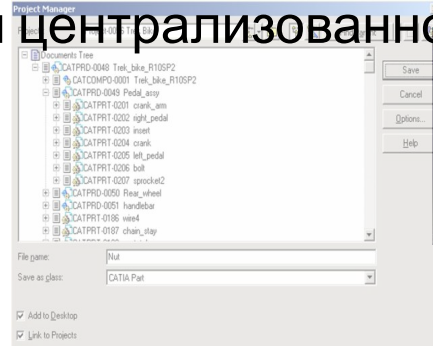
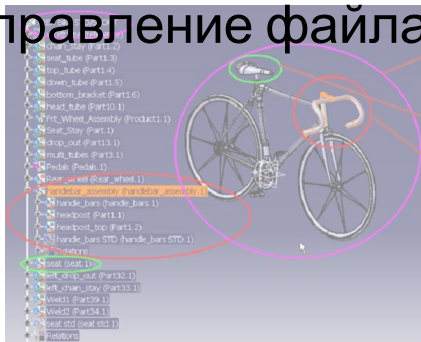
Автозапуск CAD-системы из PDM SMARTTEAM

Двунаправленная интеграция

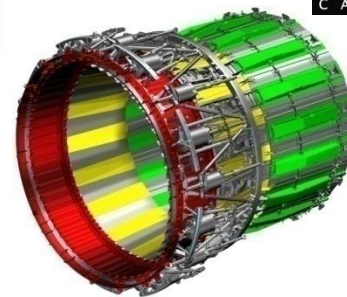
Хранение и передача ассоциативных связей из CAD в PDM

Обеспечение параллельной, коллективной работы участвующих в проекте специалистов

Управление файлами и централизованное хранилище



Двунаправленная интеграция



Виртуальный ГТД



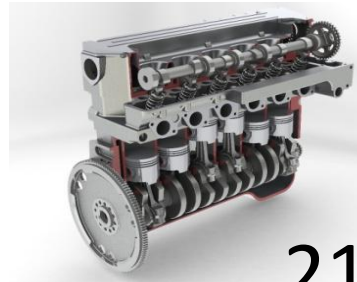
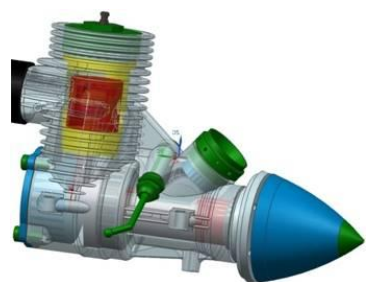
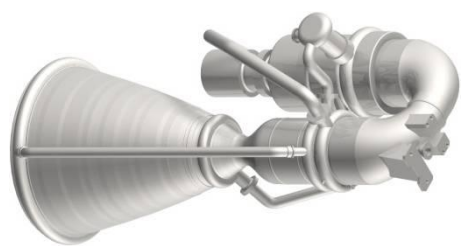
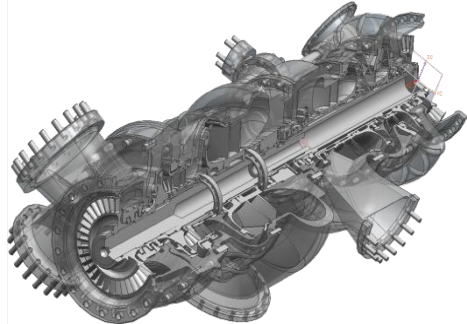
**Многодисциплинарный анализ,
параметризация,
опора на физические модели
при виртуальном моделировании,
интеграция пакетов,
объединение данных об изделии
(жизненном цикле)
внутри PDM-системы**



Виртуальный ЖРД

Виртуальный ДВС

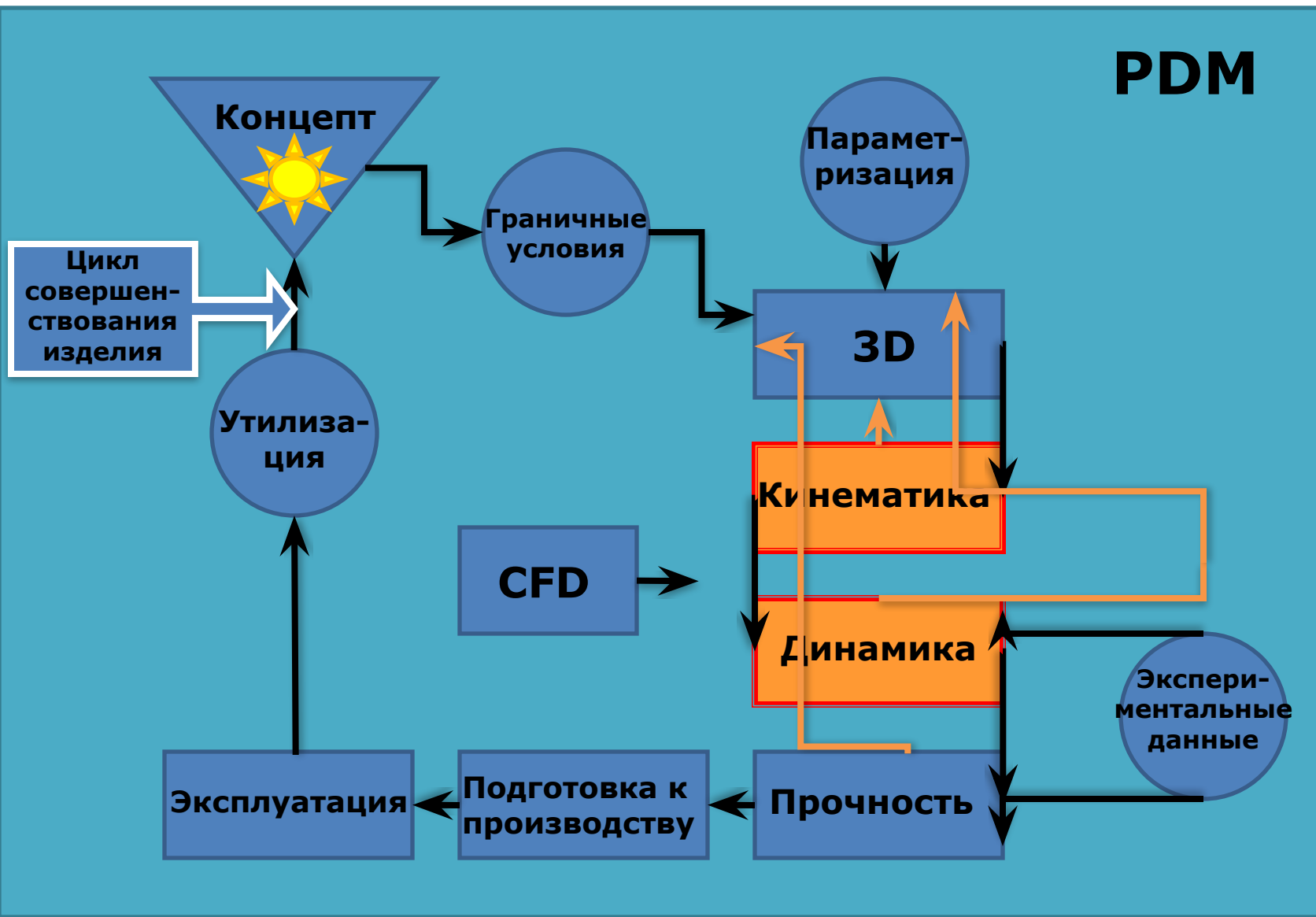
Teamcenter 8



Универсальная схема виртуального прототипирования двигателя

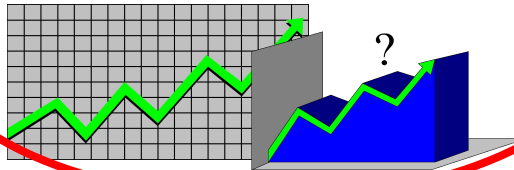
Виртуальные двигатели: ГТД, ЖРД, ДВС

PDM



Формы представления данных об изделии

Таблицы



Состав изделия



Электронные документы

PDF Word

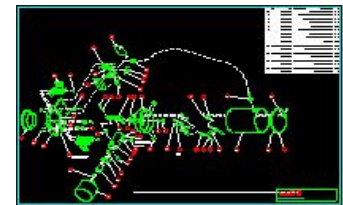
Спецификации



Модели и сборки



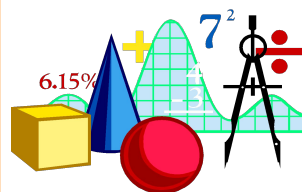
Электронные чертежи



~~**Бумажные документы**~~



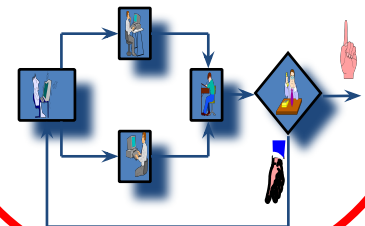
Аналитика



Графика

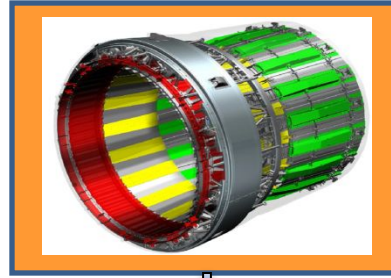


Workflow



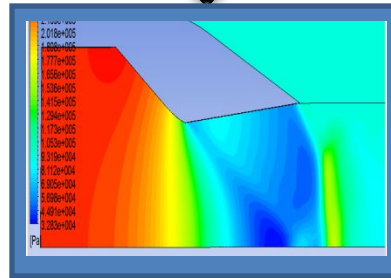
Виртуальное моделирование реактивного сопла авиационного двигателя

Объёмное моделирование конструкции в SIEMENS NX

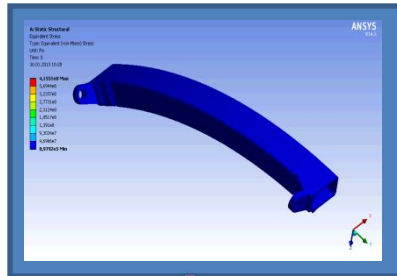


Кинематическое моделирование конструкции в MCS.ADAMS

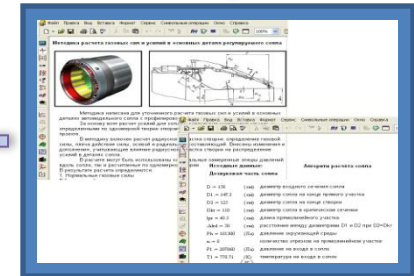
Газодинамический расчёт течения рабочего тела в Ansys CFX



Прочностной анализ конструкции в Ansys или MSC.NASTRAN

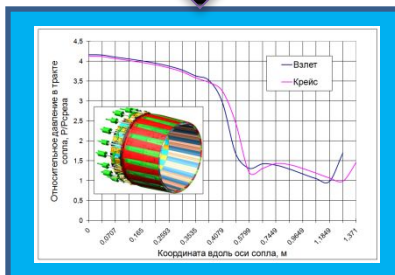


Имя	Тип	Свойства	Состояние
Система управлений напорными соплами	Система	Свойства	Активна
Трубопровод	Трубопровод	Свойства	Активна
Паровая камера сопла	Паровая камера	Свойства	Активна
Корпус сопла	Корпус	Свойства	Активна
Система управлений напорными соплами	Система	Свойства	Активна
Система подвода воздуха	Система	Свойства	Активна



Динамический анализ конструкции в MCS.ADAMS

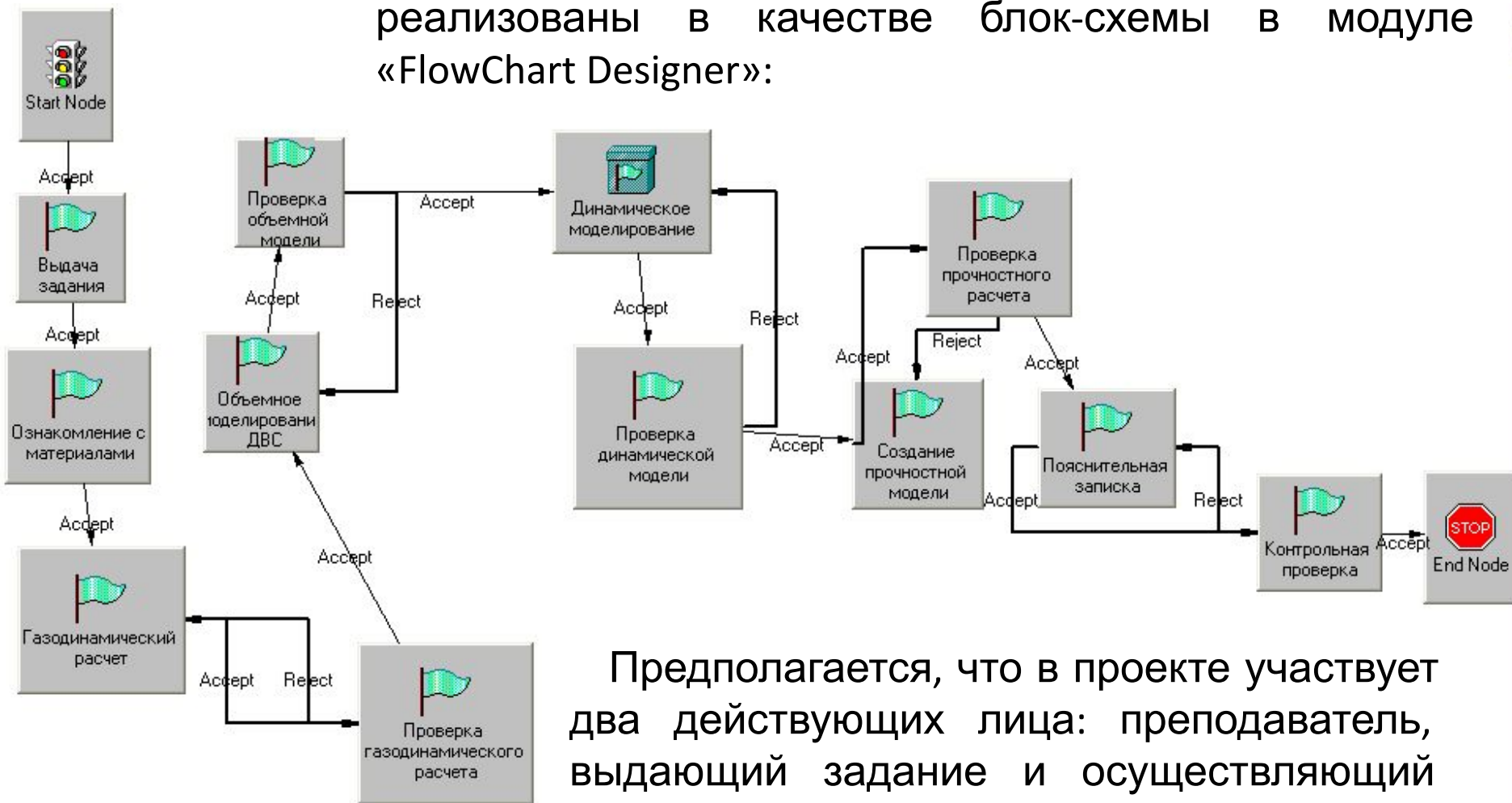
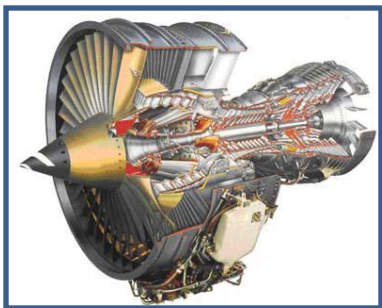
Поверочный расчёт в MathCAD



Специализированные расчёты (вибрационный, трибологический, износ)

PDM – пример курсовой работы

В качестве процесса, моделирование которого производилось в пакете «SmarTeam», была выбрана часть сквозного курсового проекта по созданию виртуального двигателя. Затем эти этапы были реализованы в качестве блок-схемы в модуле «FlowChart Designer»:



Предполагается, что в проекте участвует два действующих лица: преподаватель, выдающий задание и осуществляющий контроль и студент, выполняющий полученное задание.