



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА**

кафедра «Аэрокосмические системы»

© 2015 Щеглов Г.А.

***АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПО ДЛЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО
АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЙ.***

Математика как инструмент графики

СМЕНА ПОДХОДА К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ

От фиксации в проекциях к интерактивной параметризации



Предмет «Начертательная геометрия» (Н.Г.)
Н.Г. изучает законы отображения трехмерного пространства на двумерную плоскость методами проекции и сечений.
Основоположителем начертательной геометрии и метода ортогонального проецирования является французский математик, геометр Гаспар Монж (1746-1818гг.).



прямая -
построить изображ
пространственного п
на чертеже;
Построение
помощ

обратная -
инструкция
ственного предмета
по чертежу.
...няется с
...я.



От Гаспара Монжа (1746-1818)

К Пьеру Безье (1910-1999)

и далее...

КОМПЕТЕНЦИИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ :



- Математика как инструмент графики
- Навык формообразования без начертания
- Хранение графических данных
- Алгоритмы обработки графических данных
- Программная реализация

Виртуализация разработки изделий

Новые вызовы: доступ и хранение ЭГМ

Newly emerged challenge: Access & Retention of 3D models

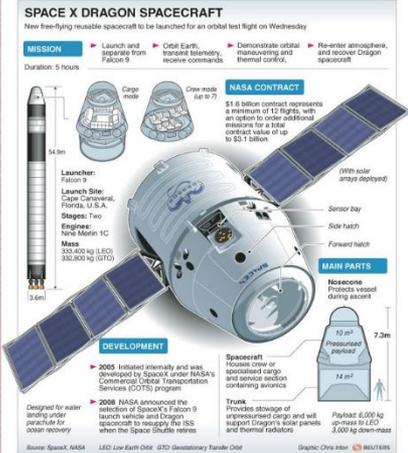
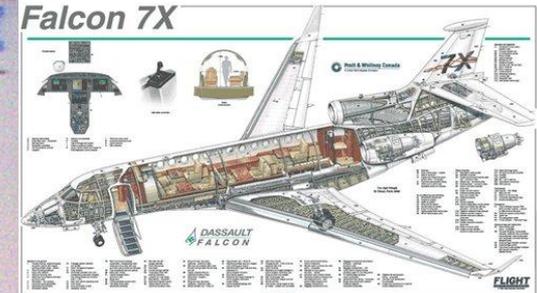
	Fully-dimensioned drawings	Minimum dimensioning	Model-Based Design
Print (Access)	✓	✓	✗
View (Access)	✓	✓	?
Archive (Retention)	✓	✓	?

<http://www.ad-virtualprototyping.net/>

12 October 2012

© 2011 IBM Corporation

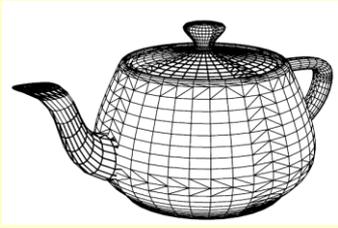
IBM



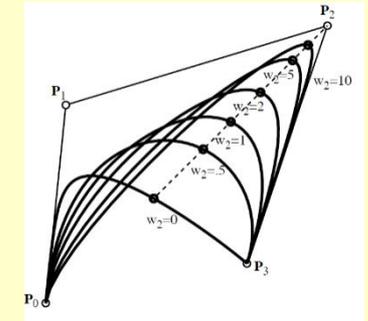
Конференция:

Business Improvement by Performance Simulation in A&D

Виртуальные испытания - путь повышения эффективности разработки изделий в Аэрокосмической и Оборонной отраслях (Неаполь, октябрь 2012)



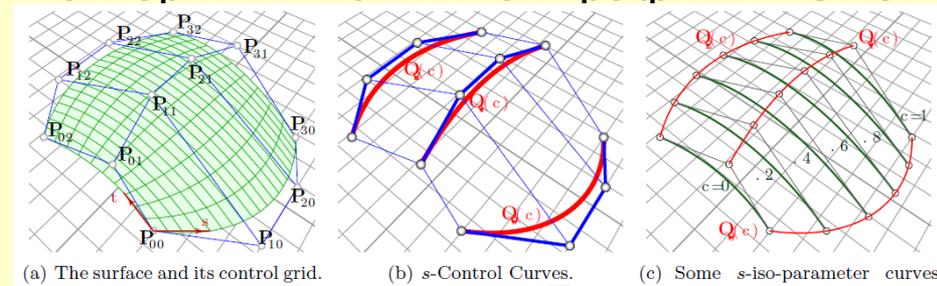
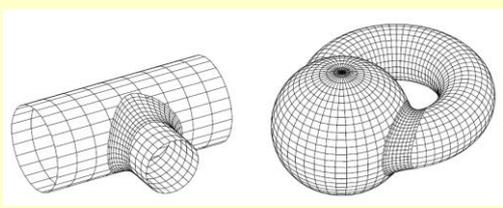
CAGD – технологии



Computer-Aided Geometric Design – компьютеризованное проектирование геометрии

Прикладные методы геометрического моделирования

- Официальный сайт семинара по дискретному гармоническому анализу и геометрическому моделированию.
Электронный ресурс URL: <http://dha.spb.ru/news.shtml>
- Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.



Информационные технологии описания формы объектов

- Thomas W. Sederberg Computer aided geometric design. 2012. 277p. Электронный ресурс URL: <http://hdl.lib.byu.edu/1877/2822>
- Официальный сайт кафедры инженерной графики технического университета Вены. Электронный ресурс URL: <http://www.geometrie.tuwien.ac.at/ig/>

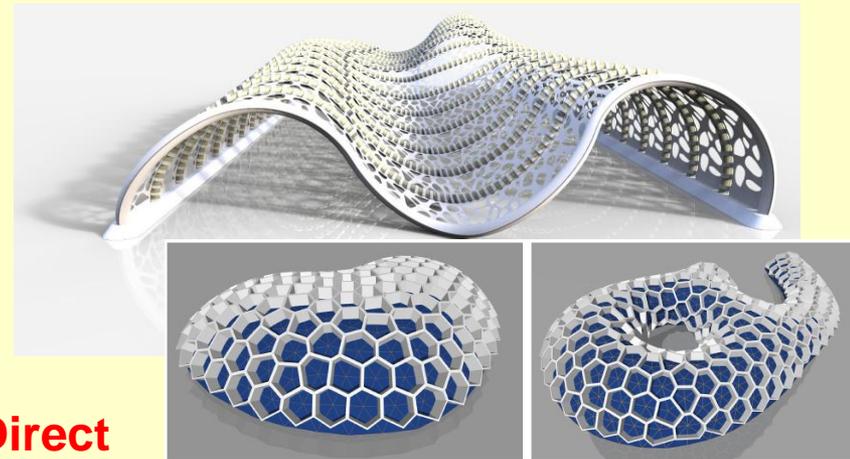
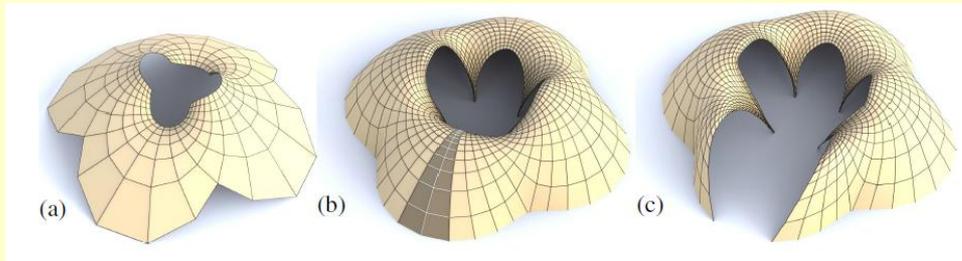
Примеры внедрения CAGD

На кафедре инженерной графики технического университета Вены

<http://www.geometrie.tuwien.ac.at/ig/>

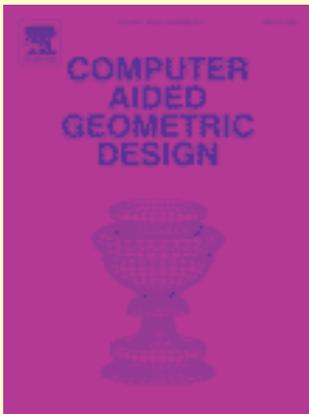
Геометрия самонесущих оболочек

Кинематическая архитектура



Специализированный журнал **ScienceDirect**

<http://http://www.sciencedirect.com/science/journal/01678396>



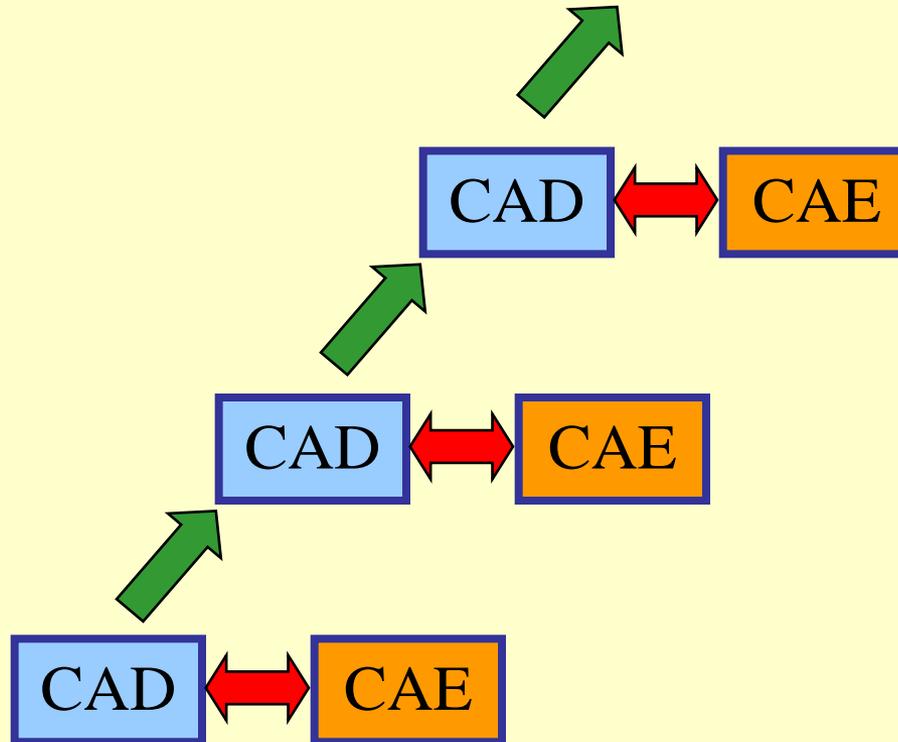
Computer Aided Geometric Design
An International Journal

The journal Computer Aided Geometric Design is for researchers, scholars, and software developers dealing with mathematical and computational methods for the description of geometric objects as they arise...

Editors-in-Chief: G.E. Farin, R.T. Farouki, K. Polthier, H. Prautzsch

Стек программного обеспечения CAD/CAE:

НАСТОЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ PDM

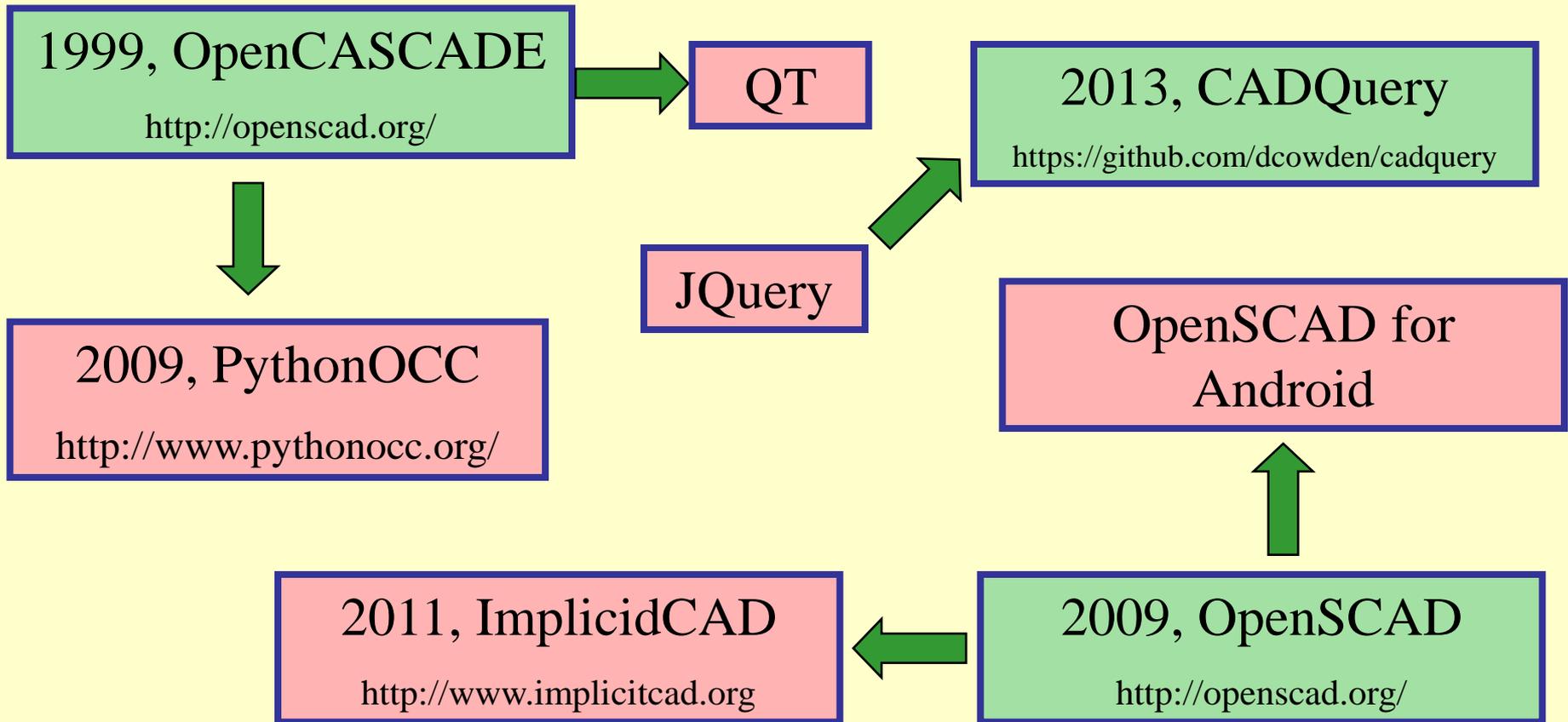


Переход от CAD к FEA нетривиален и занимает до 80% времени.
Используются различные сетки для различных видов анализа.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЯДРА, ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СРЕДЫ

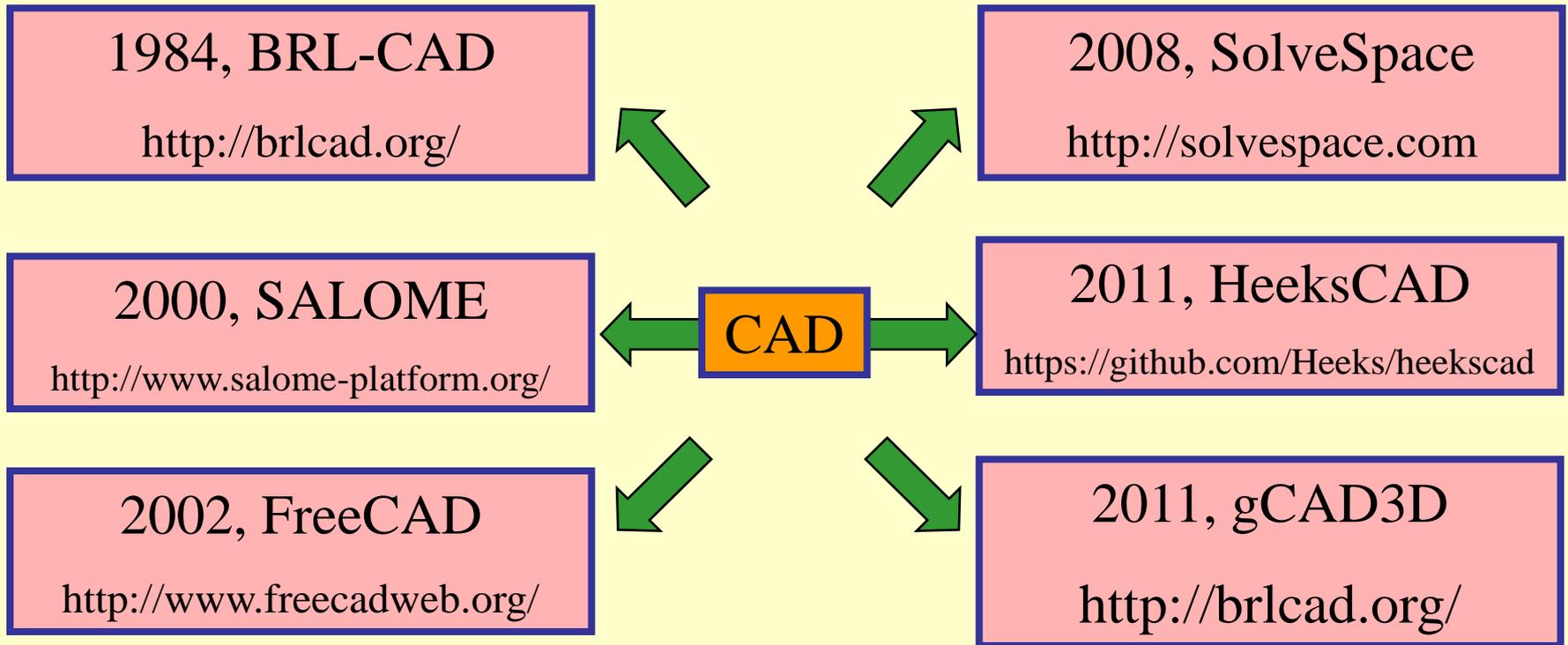
B-REP ГОСТ Р ИСО 10303-513-2009 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 513. Прикладные интерпретированные конструкции. Элементарное граничное представление

CSG ГОСТ Р ИСО 10303-515-2007 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 515. Прикладные интерпретированные конструкции. Конструктивная блочная геометрия

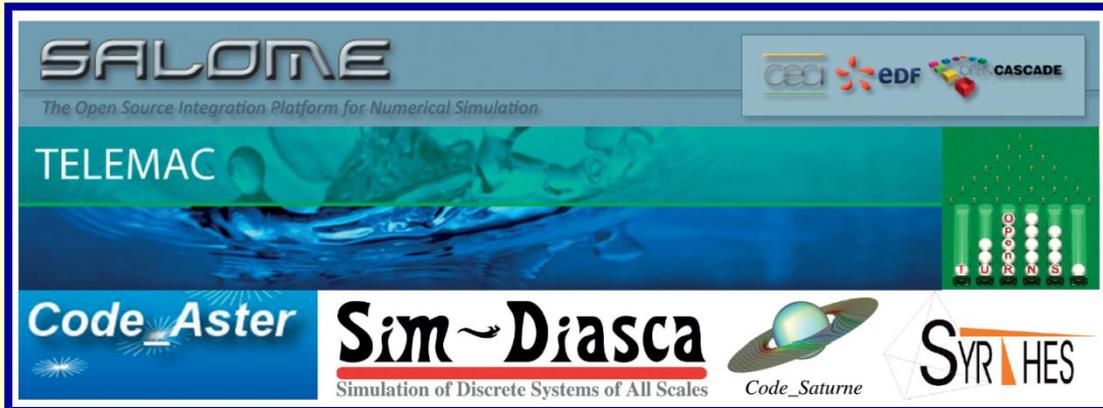


СПО CAD – твердотельное параметрическое моделирование на базе геометрических элементов

ЭГМ ГОСТ 2.052-2006 Единая система конструкторской документации. ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ. Общие положения



СПО САЕ – стеки программ моделирования



2000, <http://researchers.edf.com/software>

2004, CalculiX

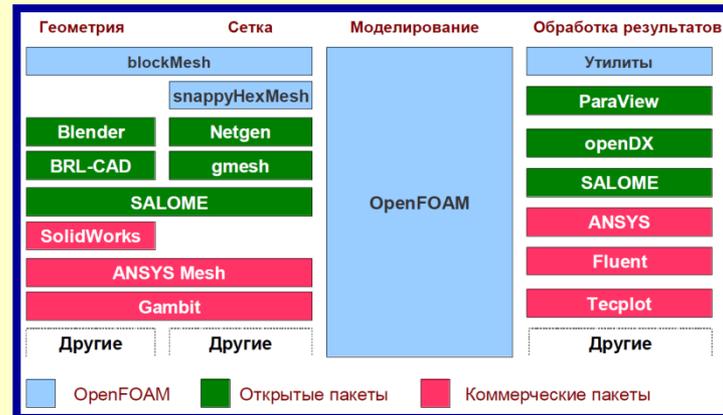
www.calculix.de

NGsolve

NG-flow

2003, NetGen

<http://www.asc.tuwien.ac.at/~schoeberl/wiki/index.php/Netgen>



2004, OpenFOAM

<http://www.openfoam.com/>

<http://www.extend-project.de/>

1995, Elmer

<https://www.csc.fi/web/elmer>

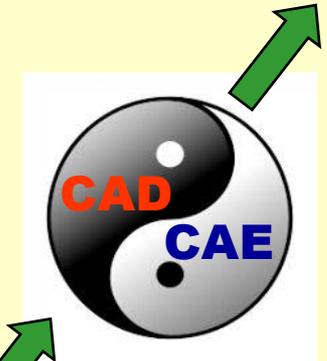
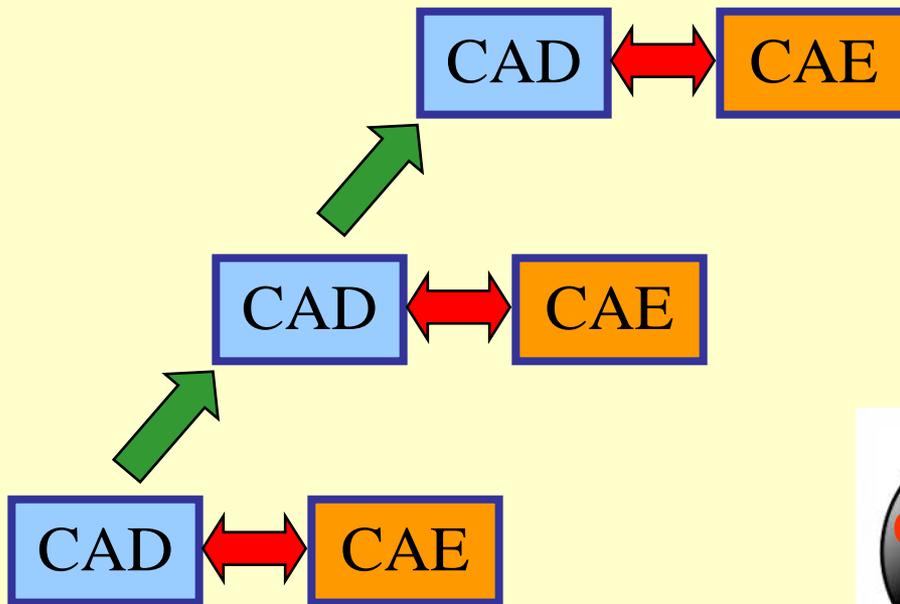
GetDP

2009, GMSH

<http://geuz.org/gmsh/>

Интеграция CAD/CAE:

От поверочных расчетов к проектировочным НАСТОЯЩЕЕ PDM БУДУЩЕЕ PDM

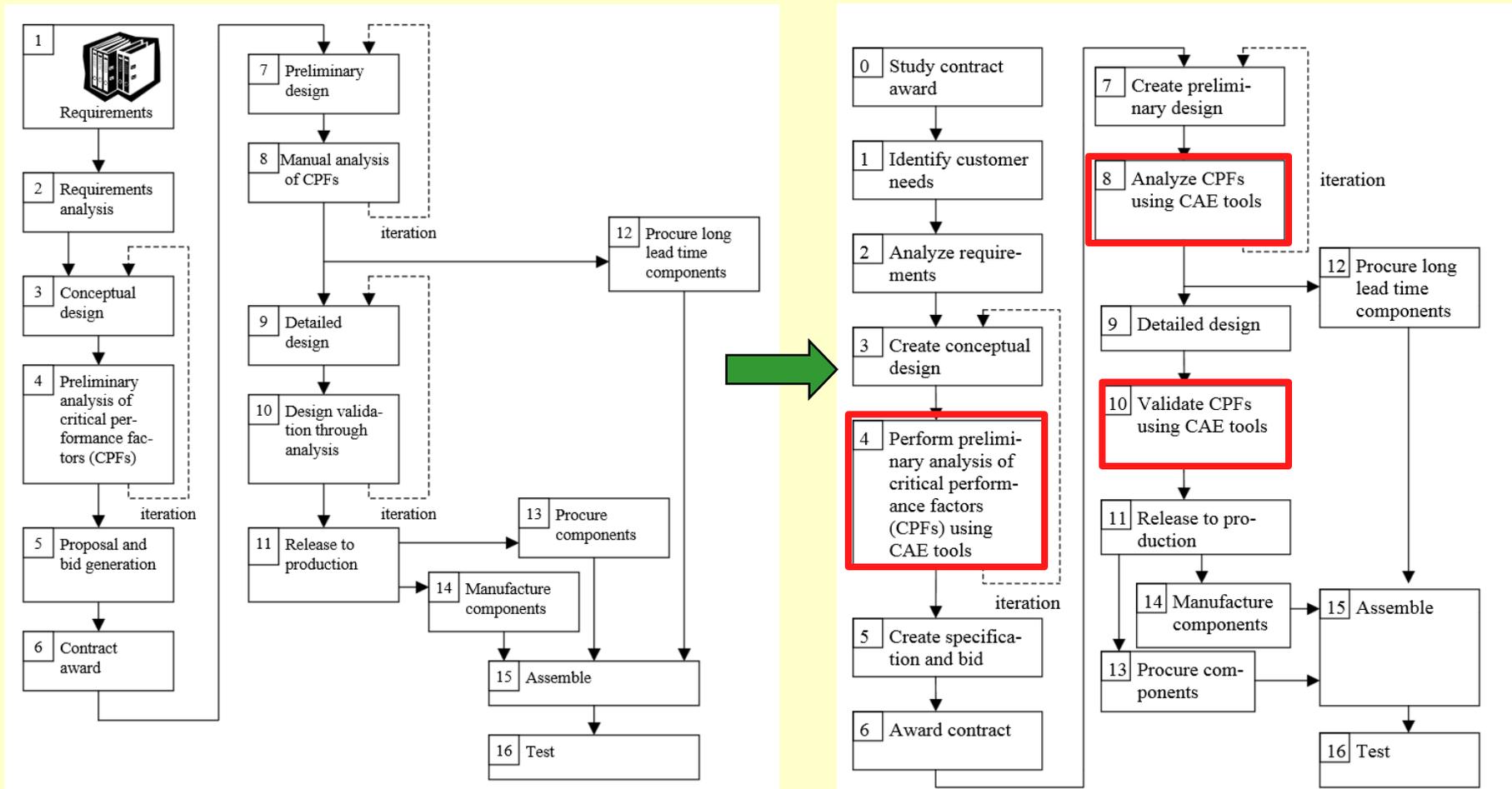


Переход от CAD к FEA нетривиален и занимает до 80% времени.
Используются различные сетки для различных видов анализа.

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЗОВАННОЙ САД-ГЕОМЕТРИИ

Integration of Computer Aided Design and Analysis (ICADA)

J. Austin Cottrell, Thomas J. R Hughes, Yuri Bazilevs Isogeometric Analysis: Toward Integration of CAD and FEA Wiley, 2009 – 360p.



CAD

CAD/CAE

РАСЧЕТНАЯ СЕТКА – ИНСТРУМЕНТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



Стратегическими целями являются:

- 1 Создание нового класса вычислительных средств для гидродинамики и механики твердого тела,
- 2 Для достижения полной интеграции CAD и FEM,
- 3 Новые инструменты для дизайна, моделирования и оптимизации геометрии

Европейский проект **EXCITIN** <http://exciting-project.eu/>

EXaCt geometry sImulaTIoN for optimized desiGn of vehicles and vessels

Точное моделирование геометрии для оптимизированной конструкции транспортных средств и судов

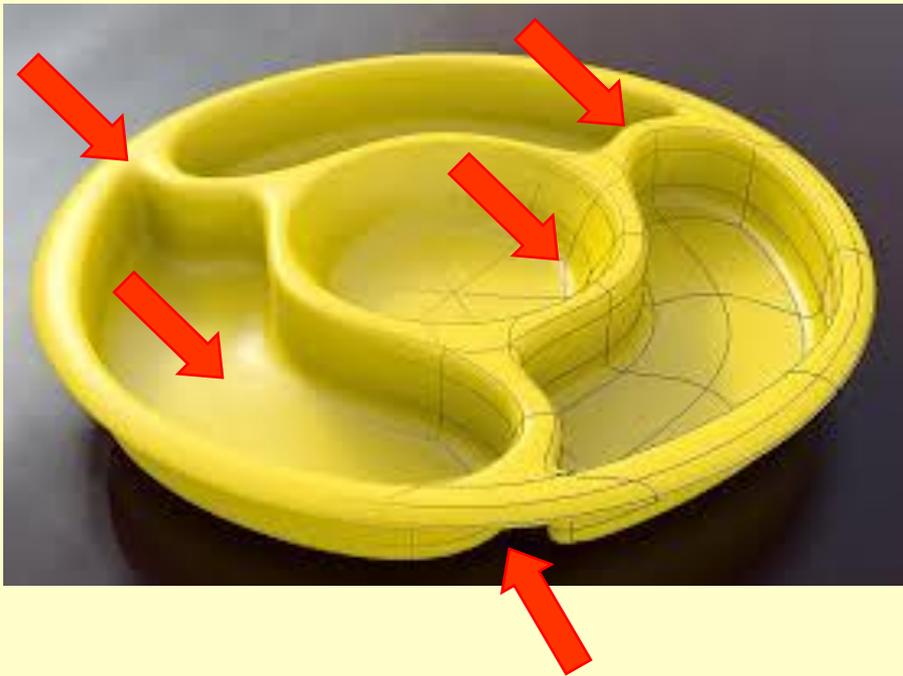
Переход CAD ↔ CAE. Изогеометрия

Isogeometric analysis (2009 [Tom Hughes](#) и пр.) – интеграция FEA и NURBS CAD
NURBS-based Galerkin Finite Element Method

ИЗОГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ - инварианты,

которые могут быть представлены с помощью геометрических средств.

- вершины, впадины, участки подъема, спуска, седловые точки
- перепад градиентов
- выпуклость или вогнутость
- монотонность убывания или возрастания, перемена знака или знакопостоянство
- непрерывность или разрывы



Изогеометрическое СПО

IGATTOOLS

(<https://code.google.com/p/igatools/>) – библиотека для изогеометрического анализа

GeoPDEs

(<http://geopdes.apnetwork.it/>) – программа на Octave совместимая с Matlab

PetIGA

(<https://bitbucket.org/dalcinl/petiga>) – программа на C, базирующаяся на инструментарии PETSc

FreeCAD – среда геометрического моделирования

1999, OpenCASCADE

<http://openscad.org/>

2013, CADQuery

<https://github.com/dcowden/cadquery>

2009, OpenSCAD

<http://openscad.org/>

2002, FreeCAD

<http://www.freecadweb.org/>

Модули расширения

2004, CalculiX

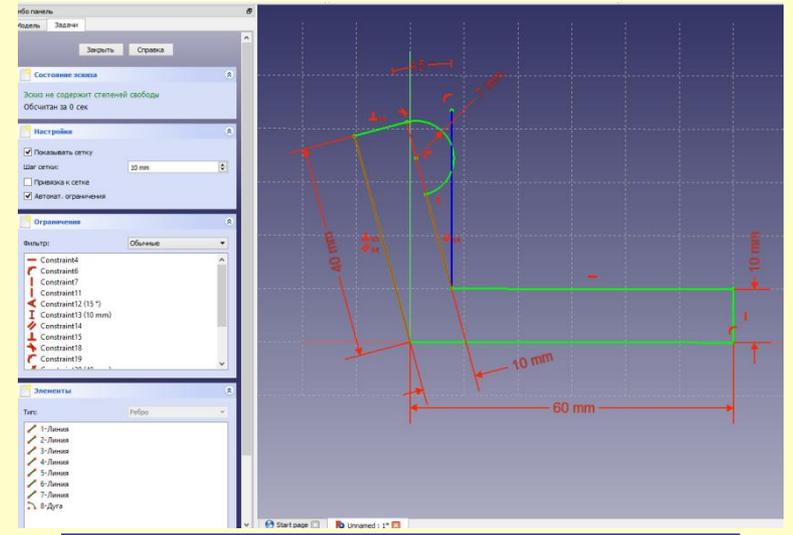
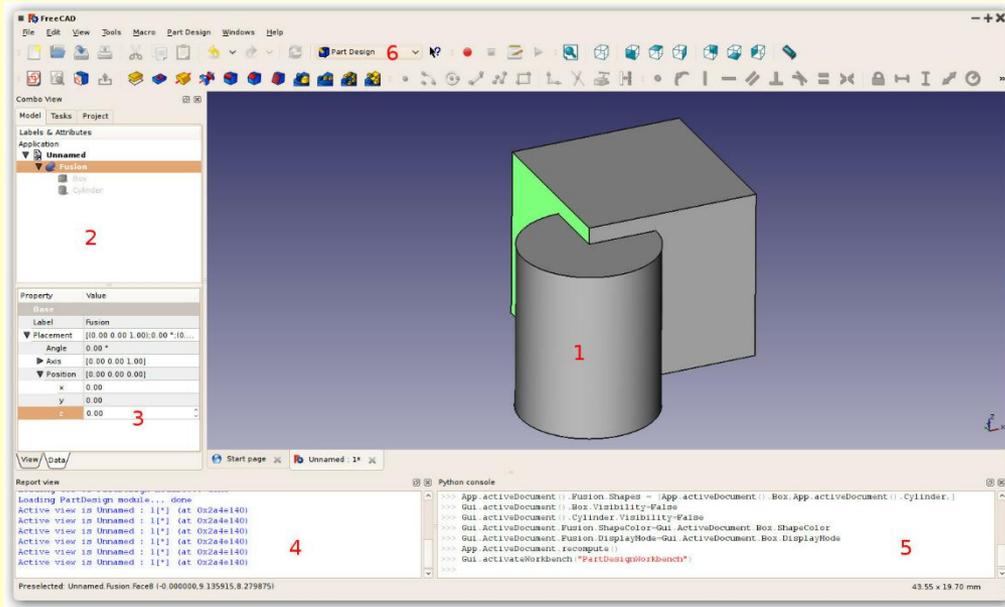
www.calculix.de

Макросы

2009, GMSH

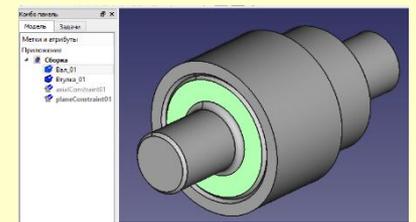
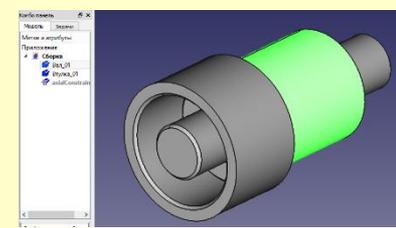
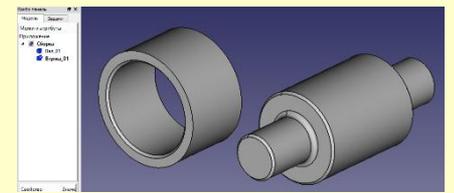
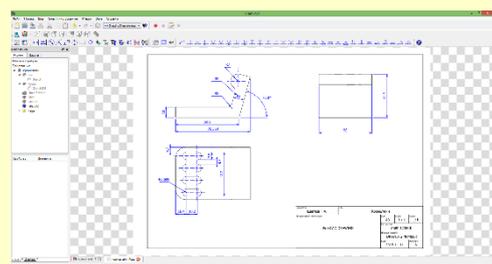
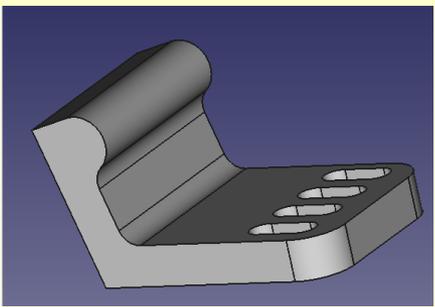
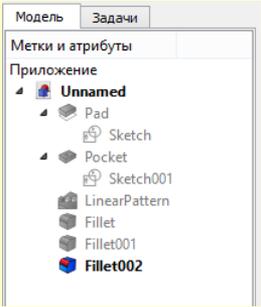
<http://geuz.org/gmsh/>

FreeCAD – возможности



Параметризация эскиза в модуле Sketcher при помощи геометрических взаимосвязей и управляющих размеров

1. Графическая область; 2. Область дерева ЭГМ; 3. Редактор свойств; 4. Окно вывода сообщений; 5. Консоль языка Python; 6. Окно выбора модулей.



FreeCAD – сравнение с Creo

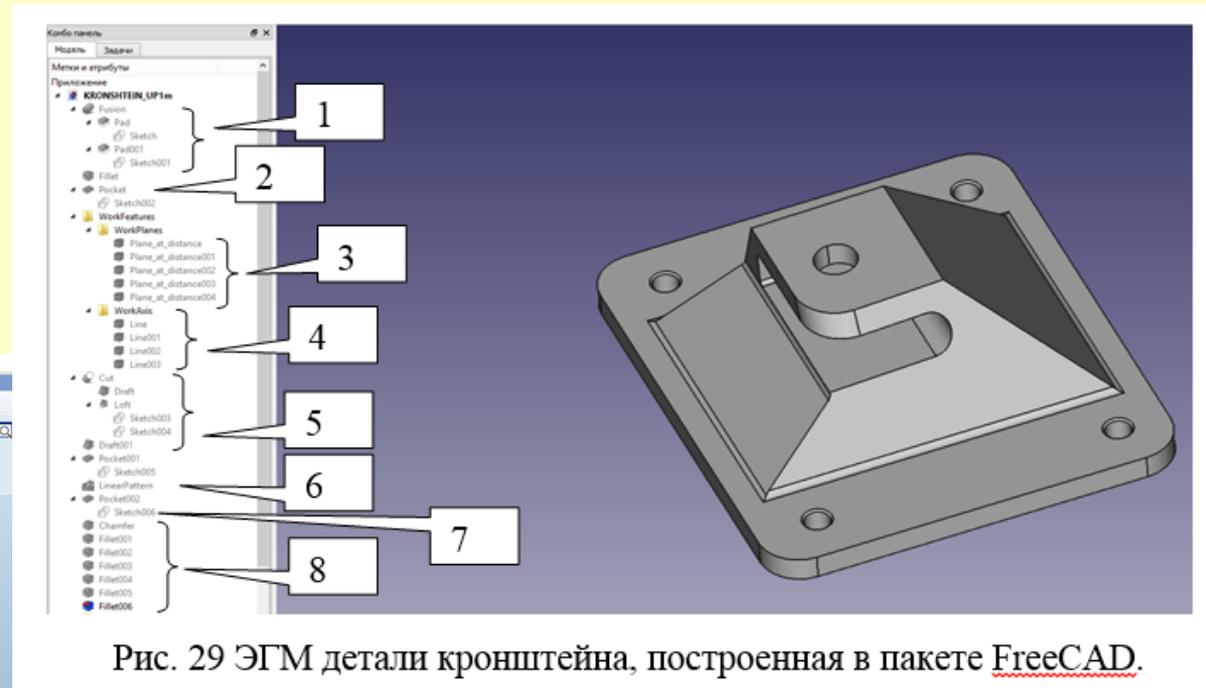


Рис. 29 ЭГМ детали кронштейна, построенная в пакете FreeCAD.

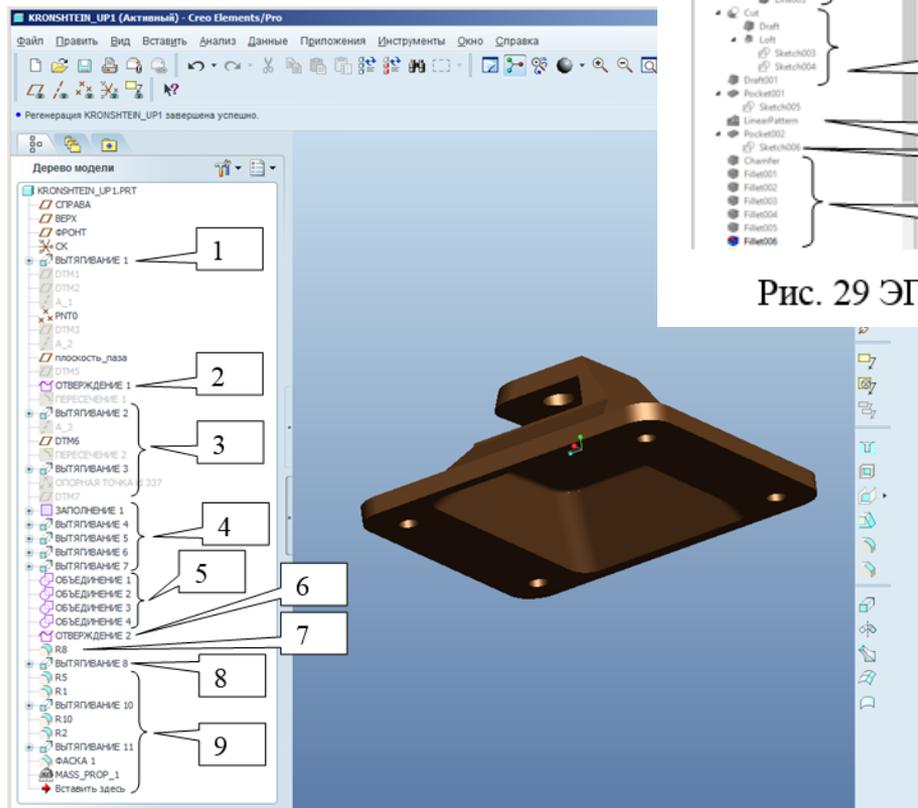


Рис. 28 Исходная ЭГМ детали КРОНСШТЕЙН_UP1 в пакете Creo.

FreeCAD – модули расширения

Arch Module – специализированный модуль для работы с архитектурными элементами.

Assembly Module - модуль для работы со структурами: множеством форм, документов, файлов и ссылками между этими объектами.

Draft Workbench – модуль 2D рисования простейших форм (часто работает в сочетании с Arch Module как источник эскизов).

Drawing workbench – модуль проецирования трехмерных моделей на плоскость листа.

FEM Module – модуль препроцессора для конечноэлементного анализа. В качестве решателя может использоваться, например СПО Calculix.

Image Module – модуль обработки растровых изображений.

Inspection Module – модуль для тестирования ЭГМ. находится в стадии разработки.

Mesh Module – модуль построения треугольных и тетраэдрических сеток.

OpenSCAD Module – модуль для работы с СПО OpenSCAD и редактирования дерева модели CSG (Constructive Solid Geometry).

Part Module – модуль для работы с ЭГМ деталей.

Part Design Workbench модуль для построения твердотельных ЭГМ деталей на основе каркасных моделей-эскизов.

Path Workbench – модуль для создания инструкций для станков ЧПУ с использованием языка G-Code instructions)

Plot Workbench – модуль построения и сохранения графиков, созданных в других модулях.

Points Module – модуль для работы с облаком точек.

Raytracing Module – модуль для рендеринга методом трассировки лучей

REVERSE ENGINEERING MODULE – модуль позволяет построить дерево геометрических элементов на базе исходной модели или сетки.

Robot Module – модуль изучения движения роботов – т.е. простейший MBD процессор.

Ship Workbench – специализированный модуль для построения корпусов судов.

Sketcher Module – модуль для построения параметризованных каркасных моделей-эскизов.

Spreadsheet Workbench – модуль для создания и редактирования таблиц.

Start Center стартовый модуль для быстрого начала работы.

Test framework –модуль для отладки FreeCAD.

Web Module модуль, позволяющий работать с 3D моделями FreeCAD через веб-интерфейс (через браузер).

FreeCAD – дополнительные проекты расширения

Fold module: модуль для работы с листовым металлом (длительное время не поддерживается и может работать некорректно).

MendelMax: набор макросов для FreeCAD для построения 3D принтера системы MendelMax machine.

OpenPLM: онлайн платформа для PLM с поддержкой FreeCAD.

Macros recipes: набор дополнительных макросов для FreeCAD.

Drawing templates: дополнительные шаблоны графики SVG (Scalable Vector Graphics — масштабируемая векторная графика) для модуля Drawing.

Tumbler thumbnailer: модуль для работы с файлами FreeCAD в альтернативных файловых менеджерах Thunar и Marlin для ОС Linux.

KDE thumbnailer: модуль для работы с файлами FreeCAD в альтернативных файловых менеджерах KDE Dolphin для ОС Linux show.

Cura Engine Plugin: модуль slicer для подготовки программ CuraEngine gcode послойной печати на 3D принтере.

BOLTS: Открытая библиотека нормалей для FreeCAD (болты, гайки и пр.)

FreeCAD Vidkit: модуль для производства руководств и видеоучебников для FreeCAD.

FreeCAD Library: Библиотека готовых деталей для FreeCAD.

Draft DXF Im-Exporter: модуль для конвертации файлов (импорт/экспорт) из FreeCAD в DXF

Hamish's Assembly Workbench: модуль для работы с ЭГМ сборочных единиц.

Drawing Dimension Workbench: модуль для простановки размеров на чертежах.

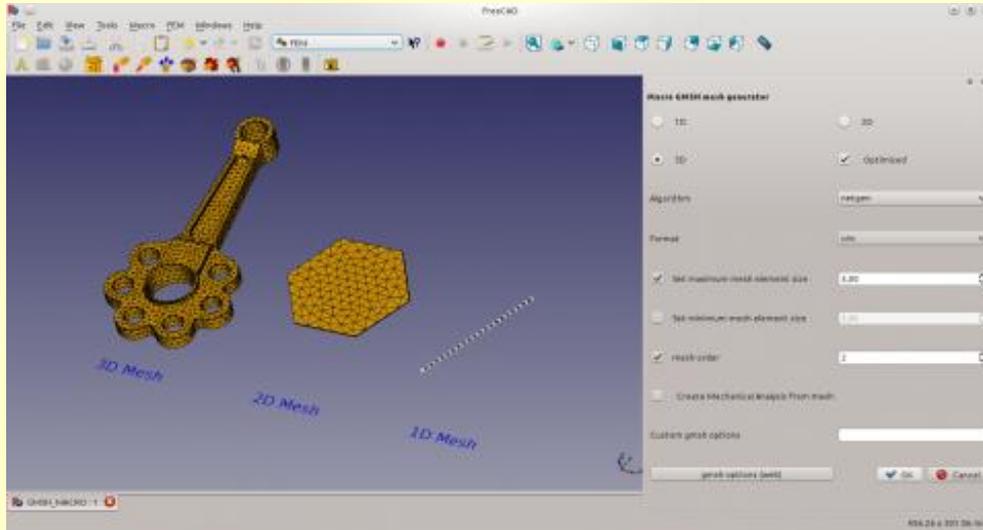
Animation Workbench: модуль для создания анимации.

Eagle PCB 2 FreeCAD: модуль для экспорта печатных плат во FreeCAD.

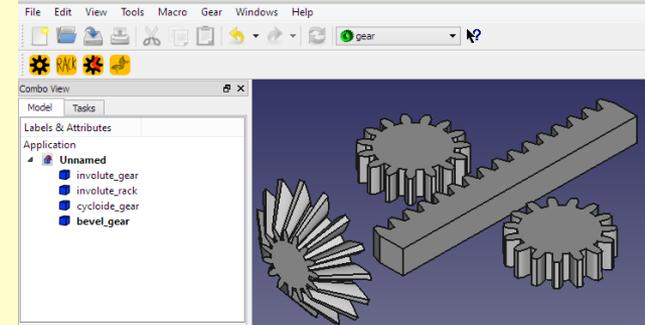
FreeCAD 2D symbols: библиотека УГО для чертежей.

FCGear: модуль для работы с различными шестернями, червяками и пр. деталями передач (подробнее см. Macro FCGear).

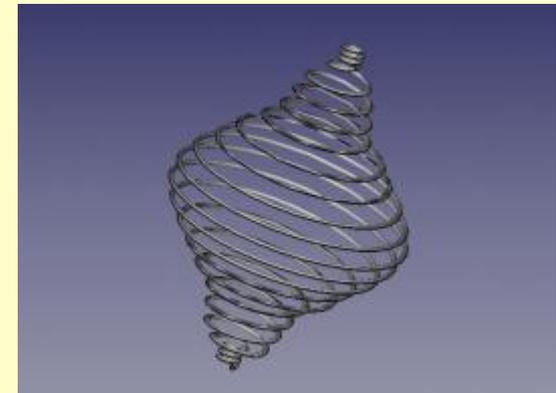
FreeCAD – макросы



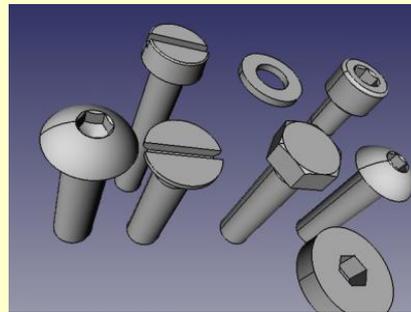
Macro GMSH



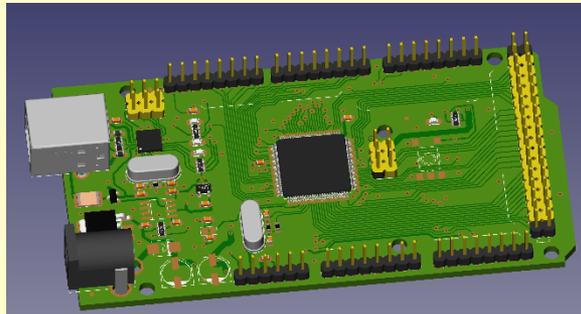
Macro FCGear



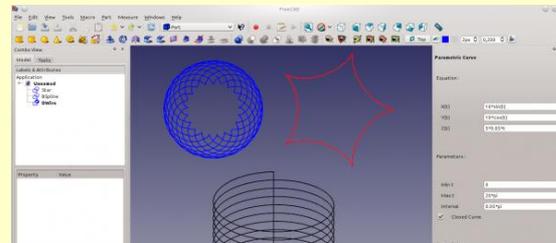
Macro FCSpring Helix Variable



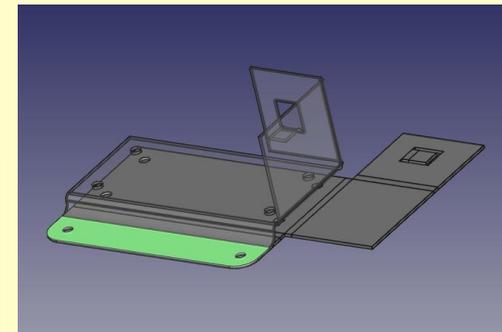
Macro screw maker



FreeCAD-PCB



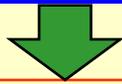
Macro 3D Parametric Curve



Macro SheetMetalUnfolder

Новый стек компетенций

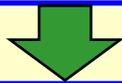
Геометрия, начертательная геометрия, графика



Математическое моделирование формы изделий



Векторная параметрическая 2D графика



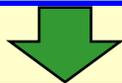
Геометрическое параметрическое 3D моделирование



Скульптурное моделирование



Дискретизация моделей сетками



Виртуальная разработка изделий

Курс обучения инженера



Выводы

1. Возможности СПО позволяют подойти к реализации CAD\CAE интеграции
2. Готовых комплексных решений нет → Есть вызов!
3. Подходящей средой для старта может быть пакет FreeCAD

Спасибо за внимание !

