

ТЕМА # 1:

**СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА
РАЗРАБОТВАНЕ НА МЕМС.
ВИРТУАЛНО ПРОТОТИПИРАНЕ**

Историческо развитие

15ВЕК:

- 1) КОНСТРУКТОРА УПРАВЛЯВА ДАННИТЕ ЗА ИЗДЕЛИЕТО (ЧЕРТЕЖИ И ДР.)
- 2) САМО ТОЙ Е В СЪСТОЯНИЕ ДА ГИ РАЗЧЕТЕ...



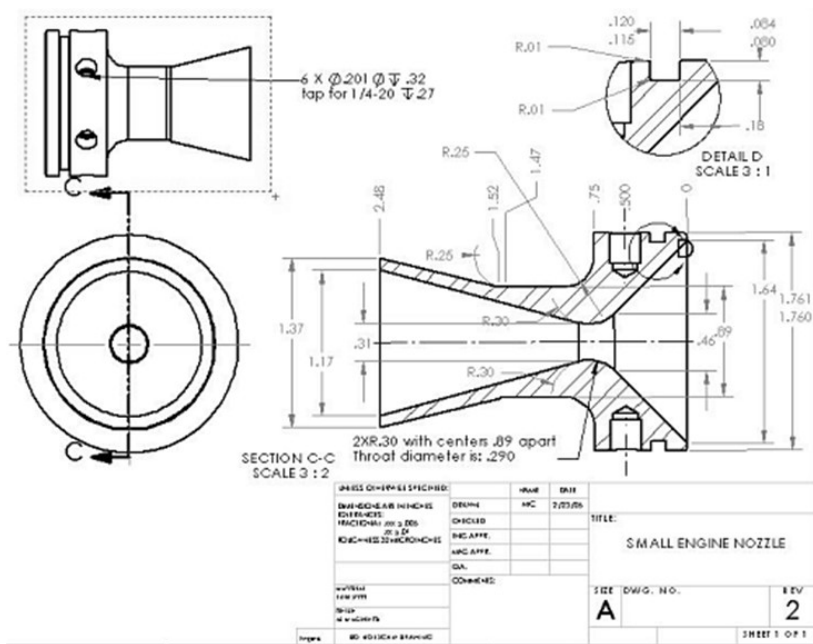
ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ -
ОРНИТОПТЕР

Историческо развитие

1920г.:

1) ИНЖЕНЕРНИ БЮРА

2) КОМУНИКАЦИЯТА СТАВА ЧРЕЗ ОБЩ ЕЗИК – **ЧЕРТОЖНА ДОКУМЕНТАЦИЯ**



Историческо развитие

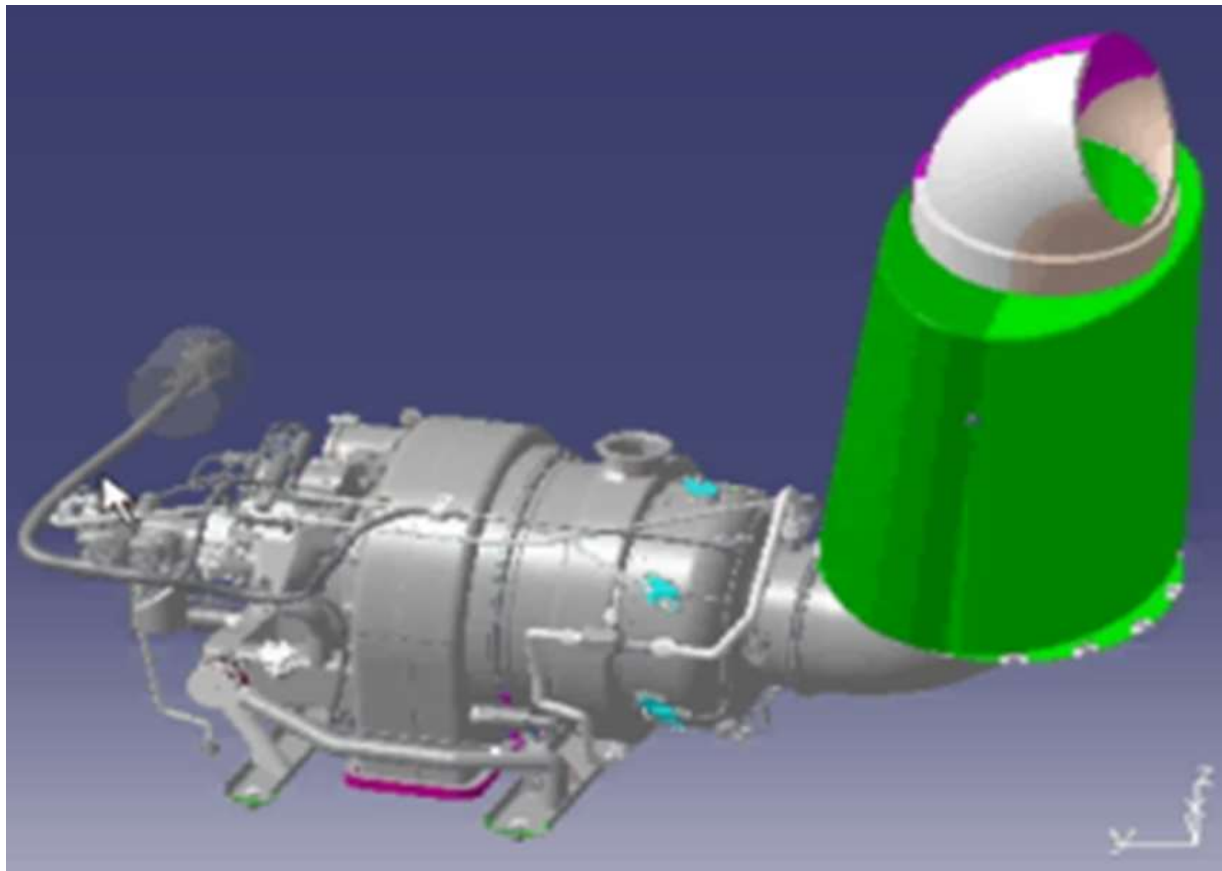
2D CAD ДОКУМЕНТАЦИЯ И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ПРОБЛЕМИ:

- НЕ ПРЕДСТАВЯ РЕАЛНОСТТА НАПЪЛНО
- НЕ Е ВЪЗМОЖНО МОДЕЛИРАНЕ НА СЛОЖНИ ПОВЪРХНИНИ И ОБЕМИ
- МОЖЕ ДА БЪДЕ ОБЕКТ НА НЕКОРЕКТНА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ (ЛИПСА НА ЕДНОЗНАЧНОСТ)

Историческо развитие

1985г.:

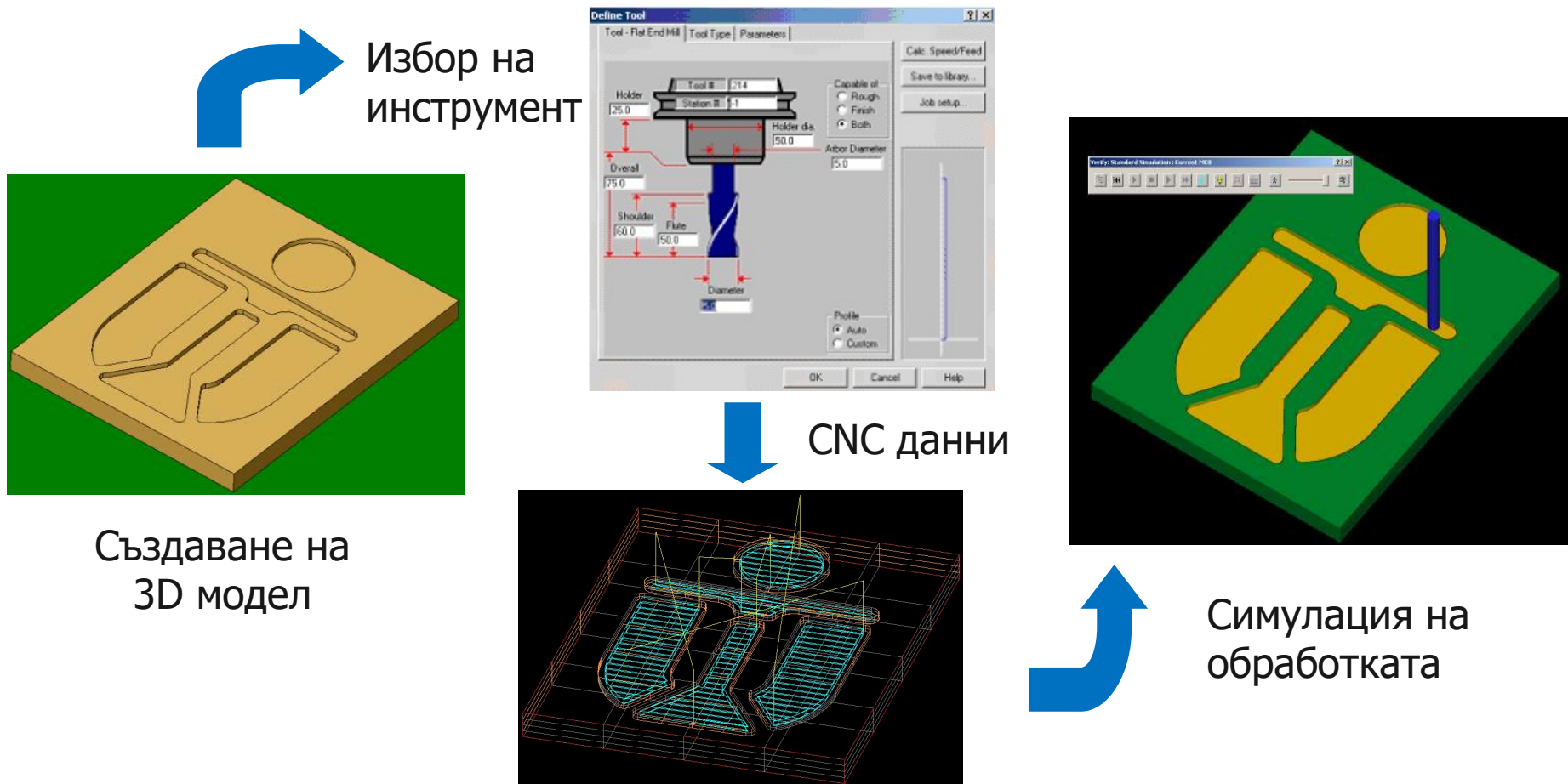
3D CAD: РАБОТА СЪС СЛОЖНИ ОБЕКТИ И ГОЛЕМИ ВЪЗЛИ



Историческо развитие

1990г.:

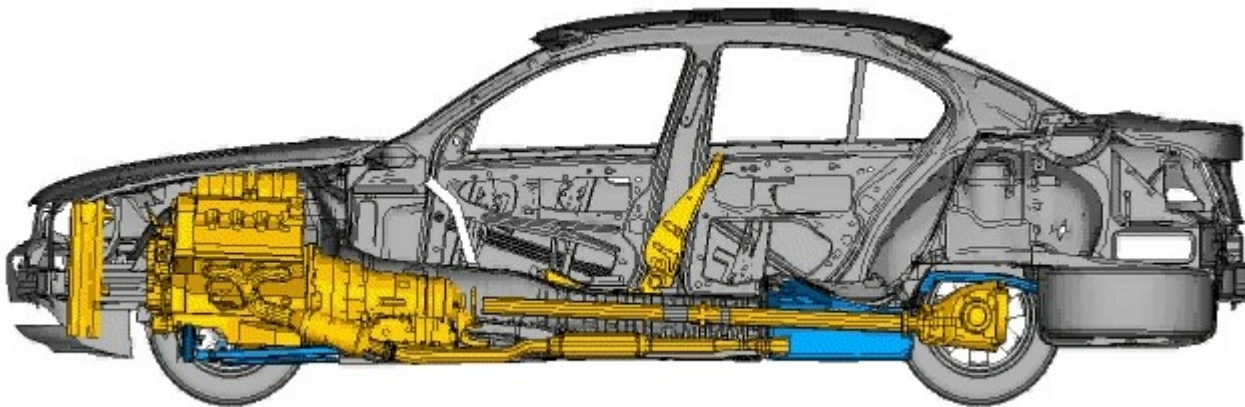
3D CAD: АВТОМАТИЧНО ГЕНЕРИРАНЕ НА CNC ПРОГРАМИ



Историческо развитие

1995г.:

3D CAD: ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИНЖЕНЕРНИ АНАЛИЗИ



Историческо развитие

ПРОБЛЕМИ!:

- 1) ИЗДЕЛИЕТО ОБИКНОВЕНО СЕ СЪСТОИ ОТ МНОЖЕСТВО ЧАСТИ...(АВТОМОБИЛИ – НАД 10 000 КОМПОНЕНТА; КОРАБИ – НАД 1 000 000)
 - 2) ВЪЗЛИТЕ НА ИЗДЕЛИЕТО СЕ СЪЗДАВАТ ОТ МНОГО КОНСТРУКТОРИ И ПОДИЗПЪЛНИТЕЛИ, КАТО ПРОЦЕСИТЕ СА ПАРАЛЕЛНИ!
- ⇒ СЪЩЕСТВУВА НЕОБХОДИМОСТ ОТ **УПРАВЛЕНИЕ НА ПАРАЛЕЛНИ РАБОТНИ ПРОЦЕСИ, ИЗВЪРШВАНИ ОТ ОТДАЛЕЧЕНИ ПОТРЕБИТЕЛИ**

Историческо развитие

1995г.:

ВИРТУАЛЕН ПРОТОТИП/DIGITAL MockUp (DMU): ЗАМЕНЯ ФИЗИЧЕСКИ ПРОТОТИП



Boeing 777:

- Първият самолет разработен в 3D изцяло дигитализиран
- > 3 милиона части, > 900 подизпълнителя от 17 държави
- Мах грешка при монтажа на първия Boeing 777 е 0.6mm (при предходни самолетни разработки: ~12mm)

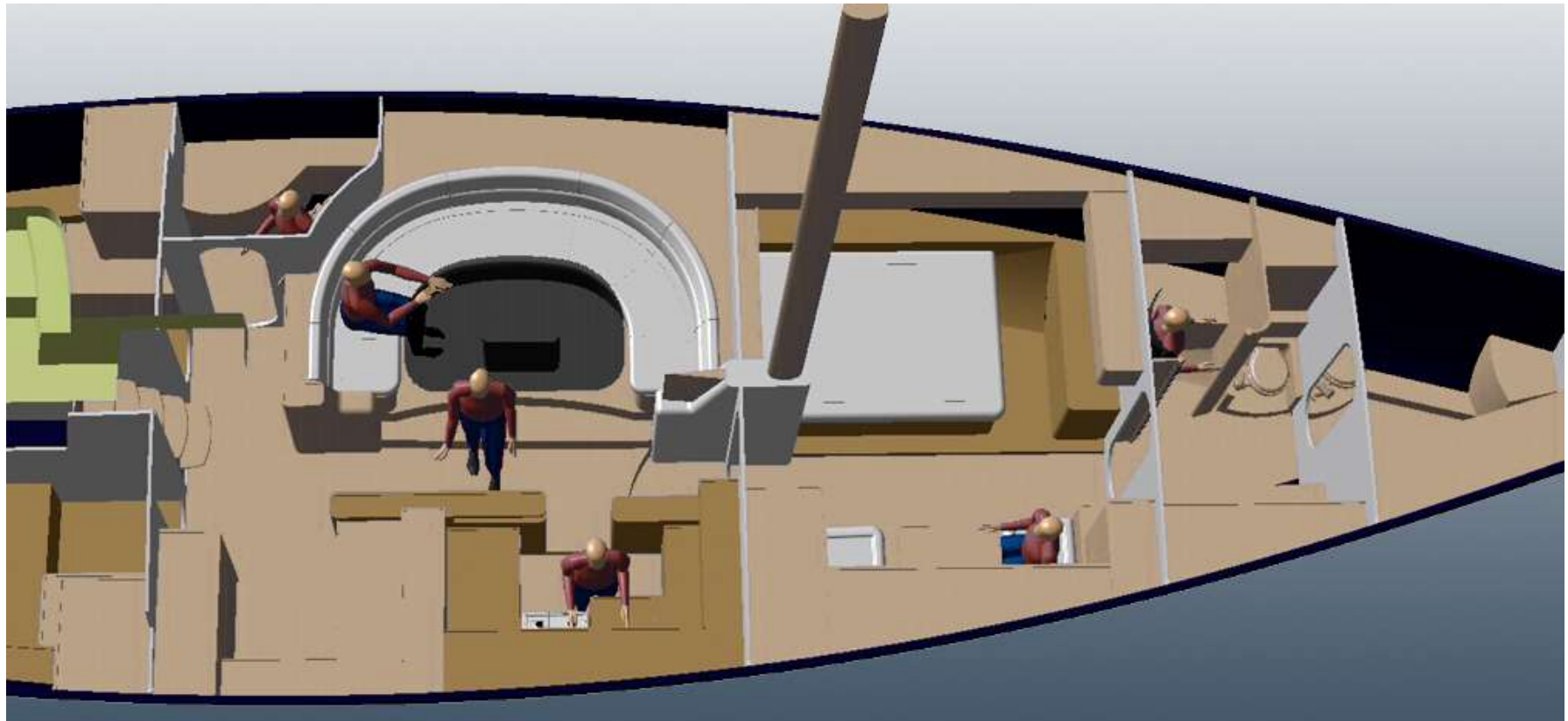


Историческо развитие

- **DMU (ВИРТУАЛЕН ПРОТОТИП)** е реална алтернатива на физическото прототипиране;
- **ФУНКЦИОНАЛНОСТТА НА DMU ВКЛЮЧВА:**
 - Цялостна 3D визуализация на изделието;
 - Инструмент за съвместни разработки – възможност цели възли да бъдат представяни опростено при работа с подизпълнители;
 - Анализ на сглобената единица:
 - Проверка за интерференции (конструктивни грешки)
 - Проверка на функционалност (кинематика)
 - Проверка на поведение в работни условия (инженерен анализ)

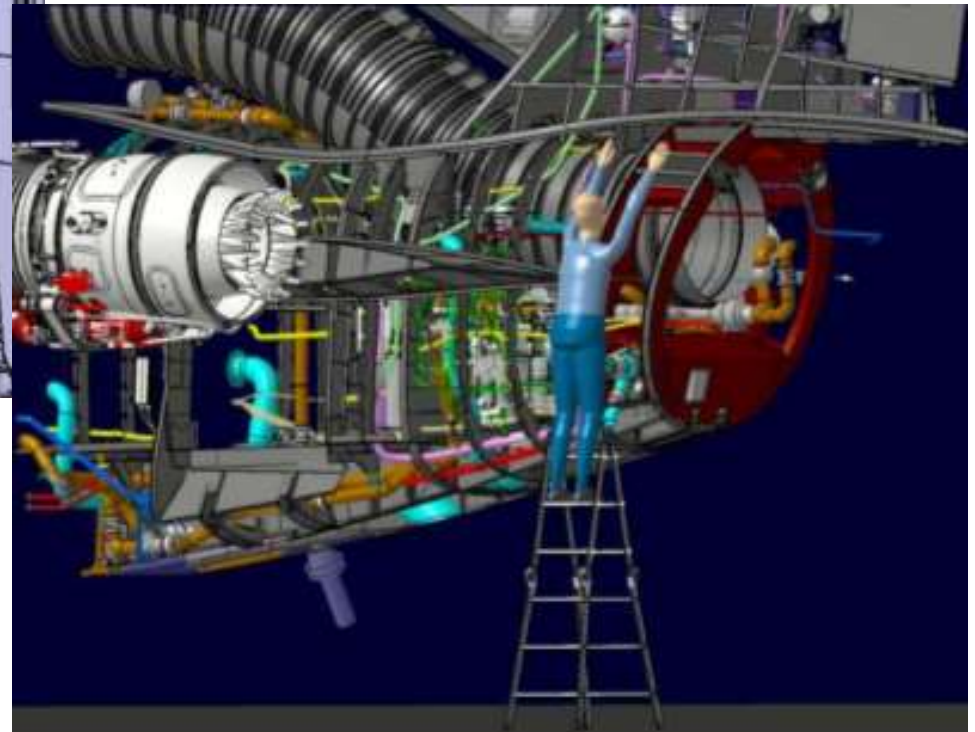
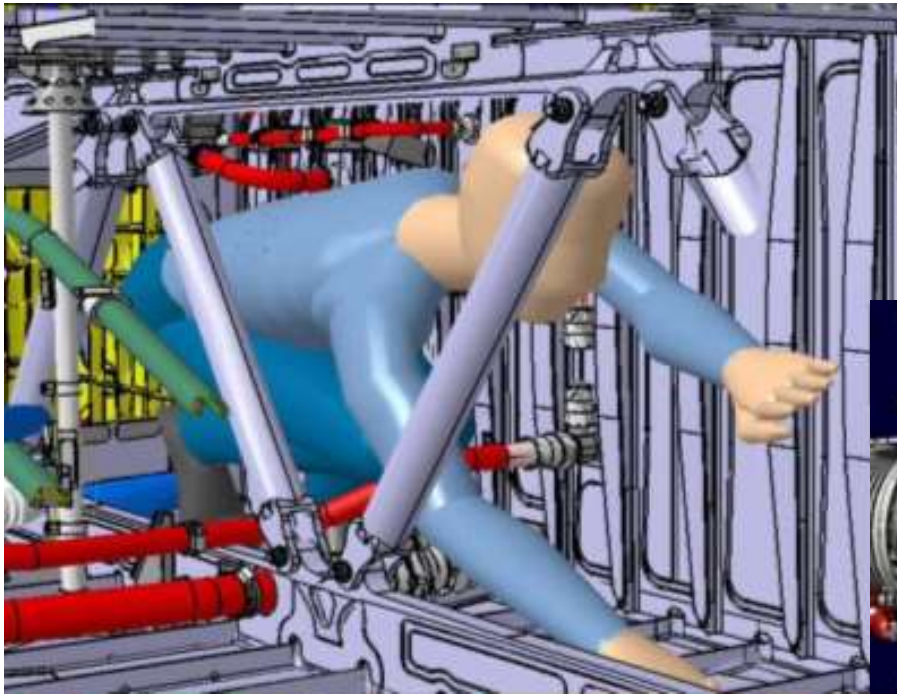
Историческо развитие

DMU НА ЯХТА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕРГОНОМИЧНИТЕ Й ПАРАМЕТРИ



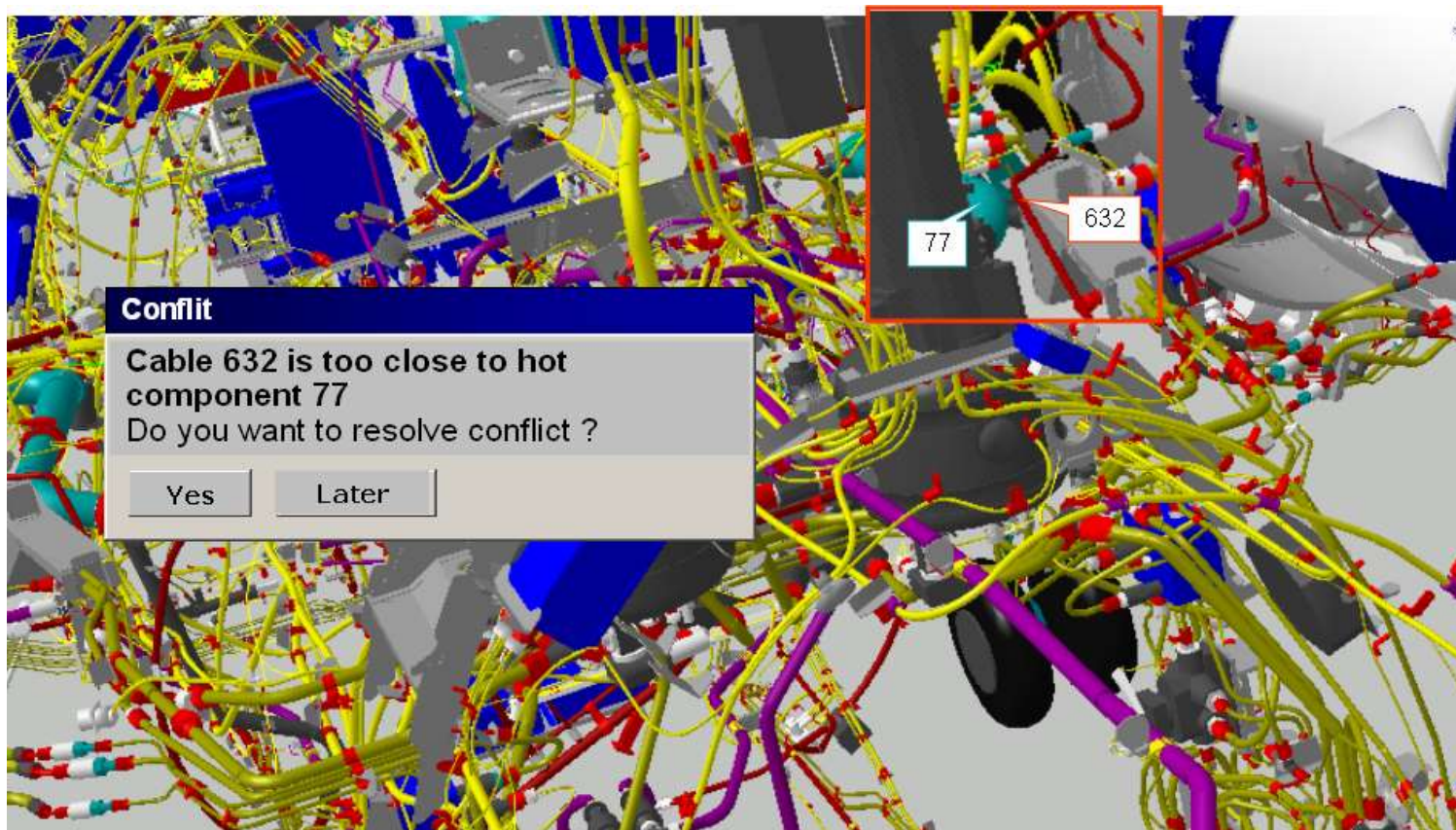
Историческо развитие

DMU НА САМОЛЕТ ЗА ОЦЕНКА НА РЕМОНТОПРИГОДНОСТ

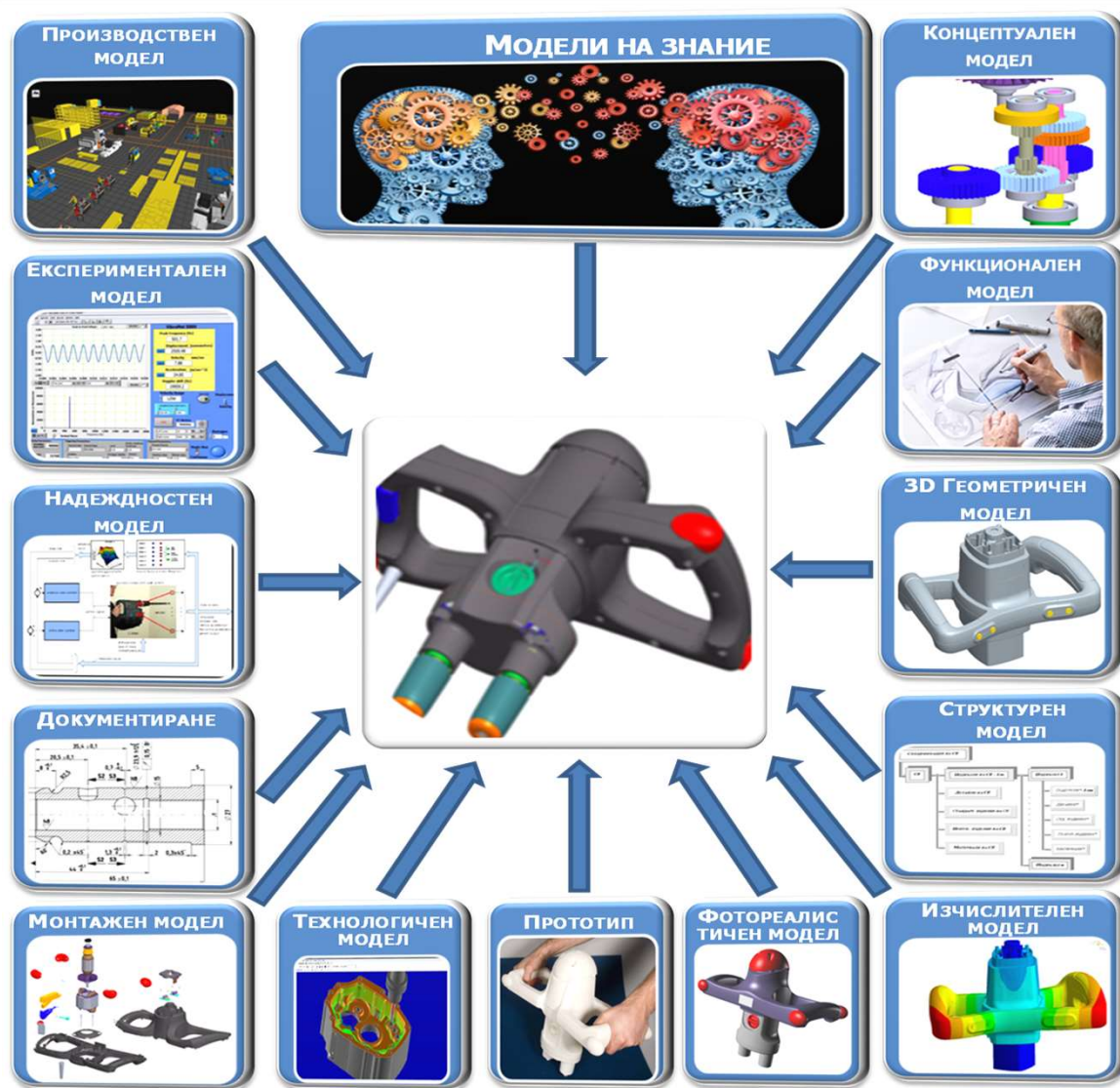


Историческо развитие

2000г.: РАЗВИТИЕ НА СИСТЕМИ ОТ ИНЖЕНЕРНИ ЗНАНИЯ (KNOWLEDGE BASED CAD): СЪХРАНЯВАНЕ НА НОУ-ХАУ И ИЗРАБОТВАНЕ НА КОНСТРУКТИВНИ ПРАВИЛА

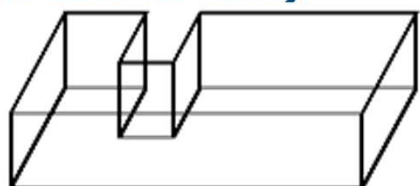


Видове модели в CAD/CAM/CAE средата

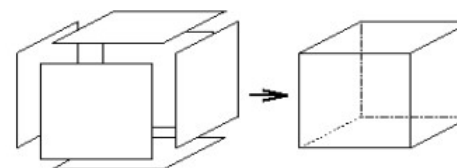


3D геометрични модели: концепции на описание на геометрията

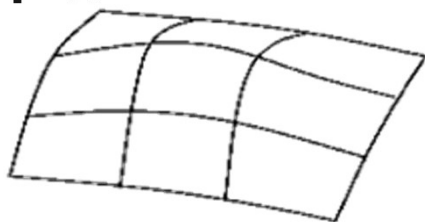
**ПРЕДСТАВЯНЕ ЧРЕЗ ТОЧКИ И РЪБОВЕ
(ЛИНИИ ИЛИ КРИВИ)**



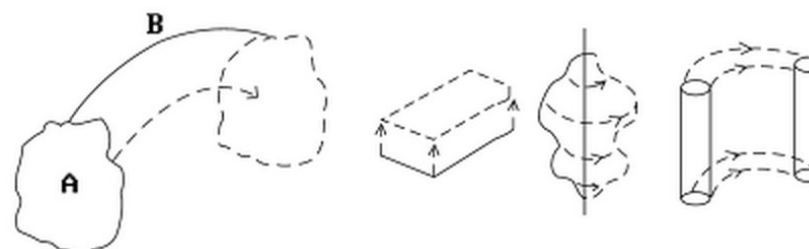
**ПРЕДСТАВЯНЕ ЧРЕЗ ГРАНИЧНИ
ПОВЪРХНИНИ (B-REP)**



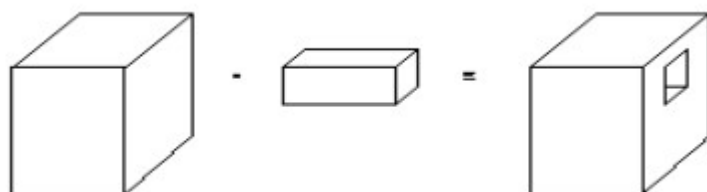
**ПОВЪРХНИННО ПРЕДСТАВЯНЕ:
Допълнителни повърхнини към
точките и ръбовете. Вариант е B-
Spline представянето**



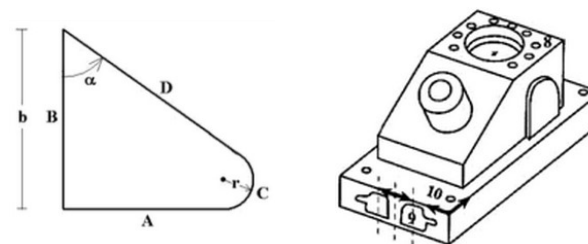
**ГЕНЕРАТИВНО ПРЕДСТАВЯНЕ:
Extrude/Revolve/Sweep**



**ТВЪРДОТЕЛНА ГЕОМЕТРИЯ ЧРЕЗ
БУЛЕВИ ОПЕРАЦИИ (CSG)**



**ПАРАМЕТРИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ ЧРЕЗ
ПРИЗНАЦИ (FEATURE BASED PARAMETRIC)**



Виртуално прототипиране: Възможности

- **Изследване и верификация на функционалността и експлоатационните качества:** ВП предоставя изключителна възможност за извършване на сложни и задълбочени тестове и изследвания на продукта в “дигитална среда”, симулираща реалните условия на експлоатация. Практически, поведението на даден детайл, възел или машина може да бъде анализирано изцяло с помощта на специализиран софтуер и хардуер.
- **Изследване на геометрични характеристики на 3D моделите**
 - Размерен анализ
 - Изследване на масови и инерционни характеристики
 - Проверки за хлабини и колизии
 - Проверки за удобство при сглобяване
 - Изследване на скулптурни повърхнини и черупки
 - Контрол на разделителни повърхнини и засенчвания
 - Проверка за минимални кривини и радиус
 - Проверка за еквиливантност на дебелини на черупки
 - Други проверки

Виртуално прототипиране: Възможности

- **Анализиране на якостно-деформационно поведение:** това е широко използван инструментариум за изследване на статично и динамично силово-деформационно поведение на обекти под комплексно натоварване; определяне на собствените честоти и собствени форми; моделиране на еластични и пластични деформации и процеси; контактни и термични анализи (термични полета и деформации), внезапна загуба на устойчивост и др.
- **Изследване на флуидното и термофлуидно поведение на обекти и процеси:** наличен е инструментариум, използван за симулиране и количествена оценка на потока на флуиди (течности или газове) при условия на топлинен и масов трансфер, фазови промени, химични реакции, механични движения на участващи в изследваните процеси твърди тела (вентилатори, тръби, обтичане на тела и др.).
- **Кинематични и динамични анализи:** Кинематичните анализи се използват за изследване на поведението на твърдотелни модели (най-често като недеформируеми) при взаимното им въздействие чрез скорости, ускорения, удари и др. при отчитане на масовите и инерционни характеристики на компонентите.

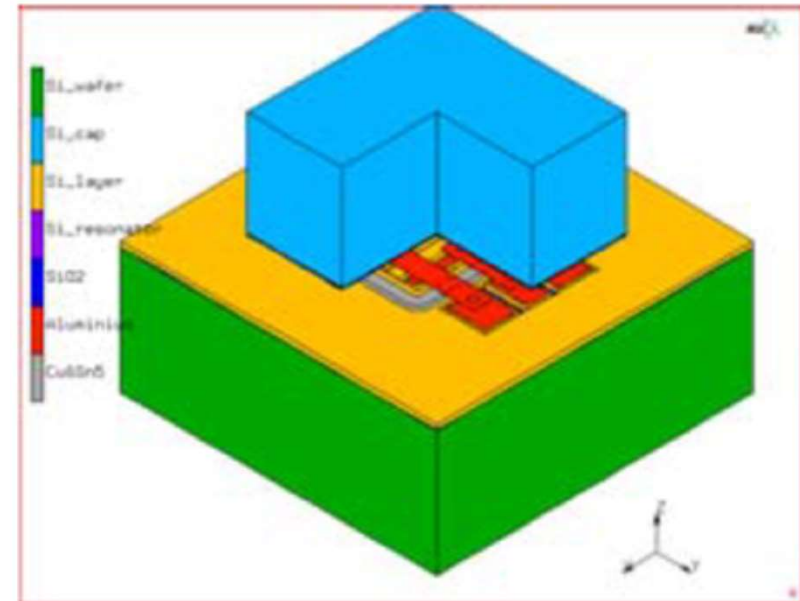
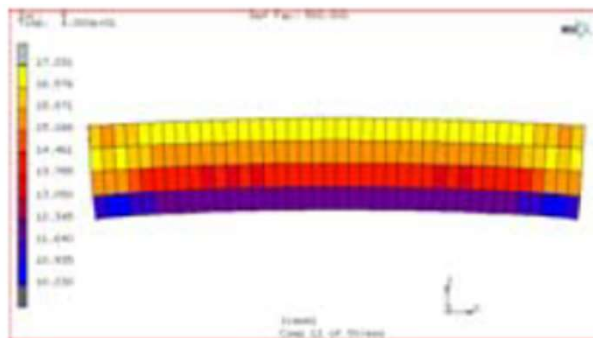
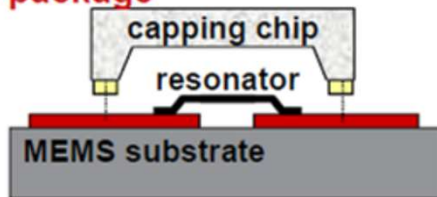
Виртуално прототипиране: Възможности

- **Надеждностни анализи (RA)** – Reliability Analysis and Failure Mode and Effect Analysis (RA and FMEA): Изграждат се и се пресмятат надеждностни модели на изделието, за оценка на параметри като безотказност, дълготрайност, ремонтпригодност и т.н.. Друга възможност представлява оценката на стойността на притежание на изделието за неговия жизнен цикъл. Основна цел е да се определи и минимизира цената на притежаване на изделието.
- **Технологична адаптация за производство** – Manufacturability. Регламентира типа и последователността на технологичните операции за ефективно изработване на даден компонент – търси се оптимална конструкция чрез баланс между геометрия, производствена технология и избор на материали при възможно най-ниска производствена себестойност, без да се прави компромис с качеството. По този начин проектантите намаляват времето за конструиране на технологична екипировка, за анализ на данните за производство и съществено намаляват производствените разходи.
- **Изследване на взаимодействието между потребителя и продукта** – Human Factor Analysis.

Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

- Механично поведение на конструкциите

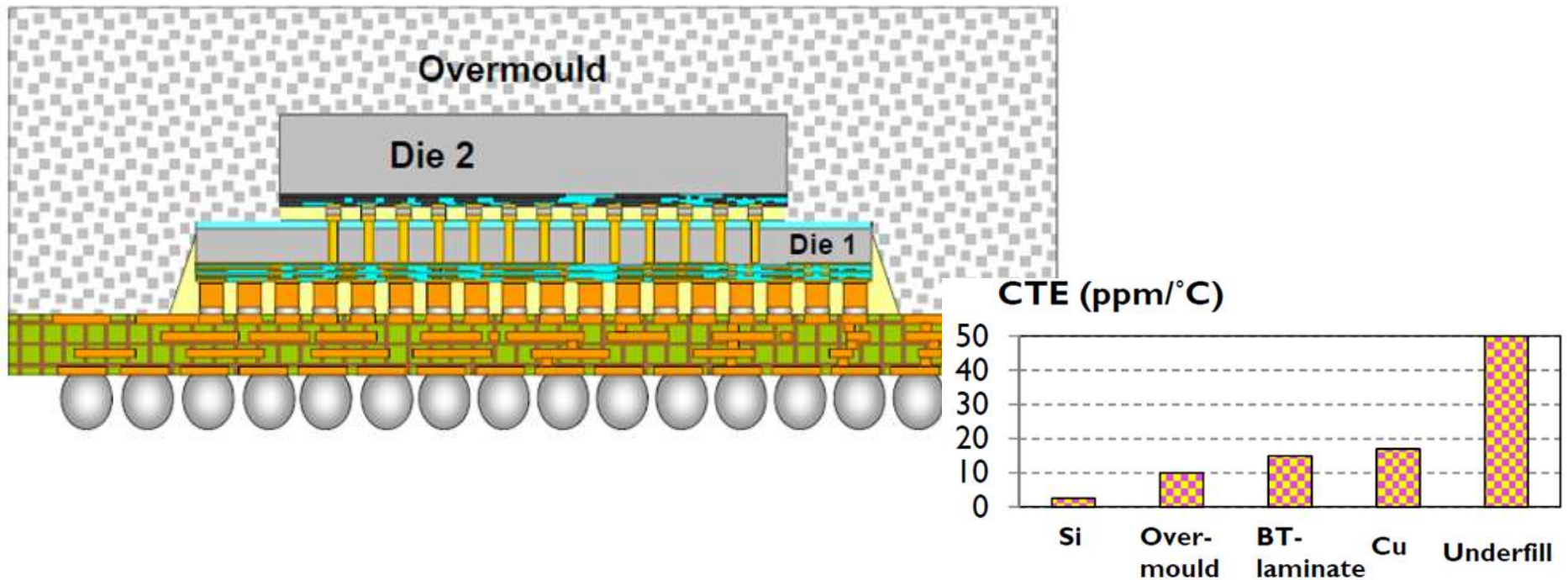
0-level package



- Загуба на контакт
- „Укъсяване“ на вериги
- Поява на пукнатини
- Деламинация
- Други

Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

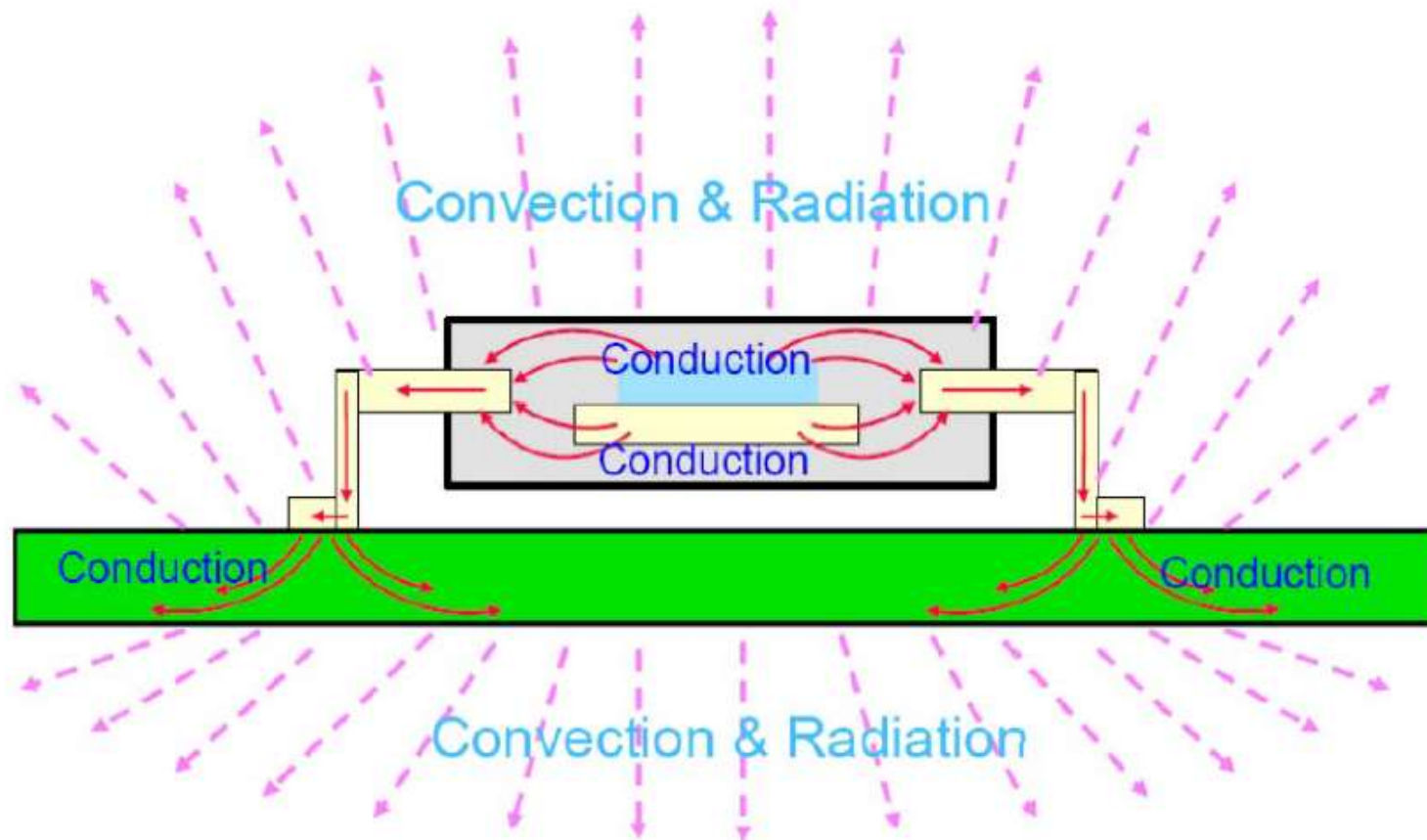
- Термомеханично поведение на конструкциите



- Напрегнатост вследствие на технологични процеси, свързани с термични натоварвания (curing, bonding)
- Поява на „твърди“ връзки (μ bumps, Cu pillars)
- Напрегнатост вследствие на разлика в термичните разширения

Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

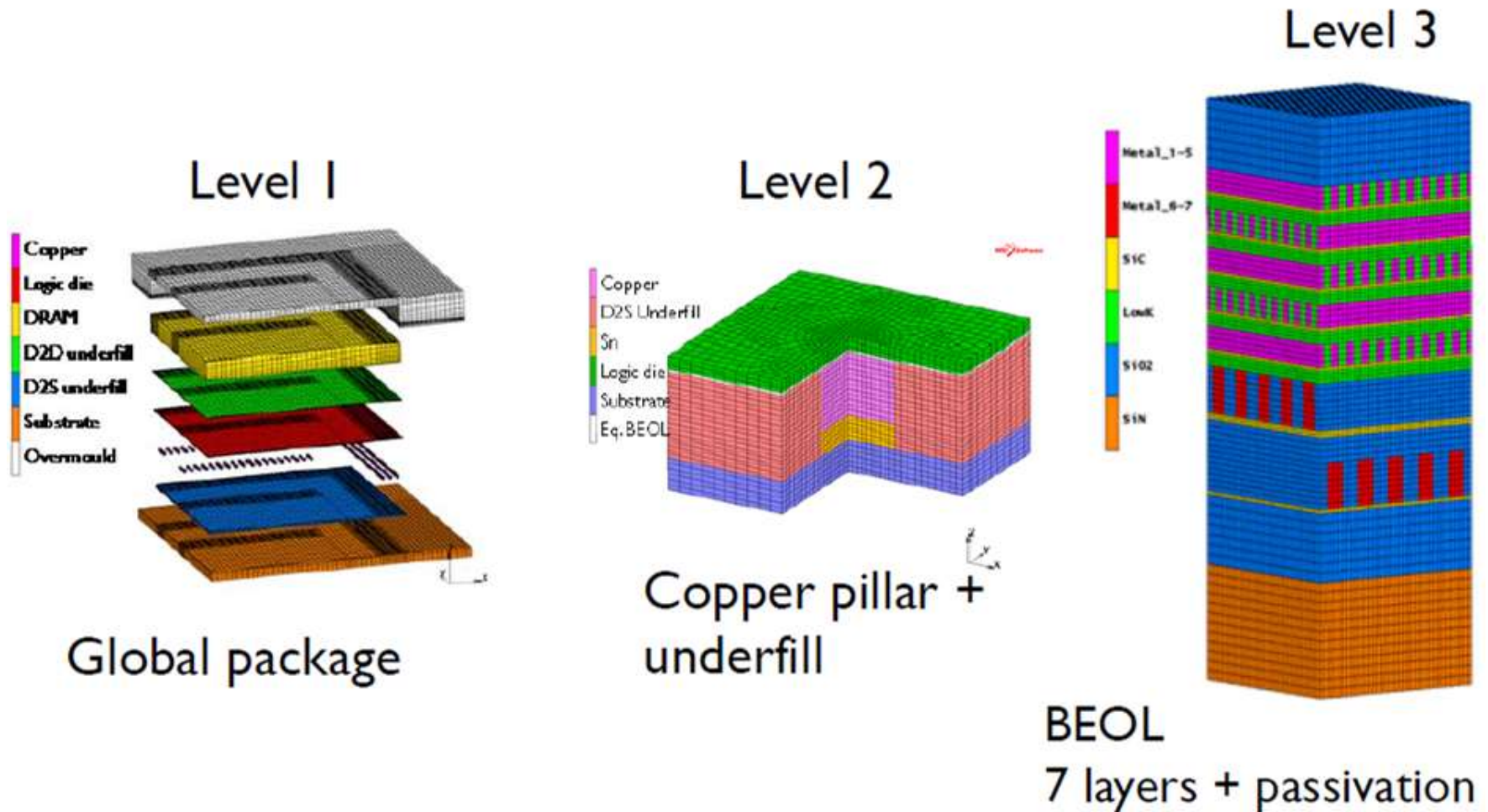
- Моделиране на термични процеси



[source: STMicroelectronics]

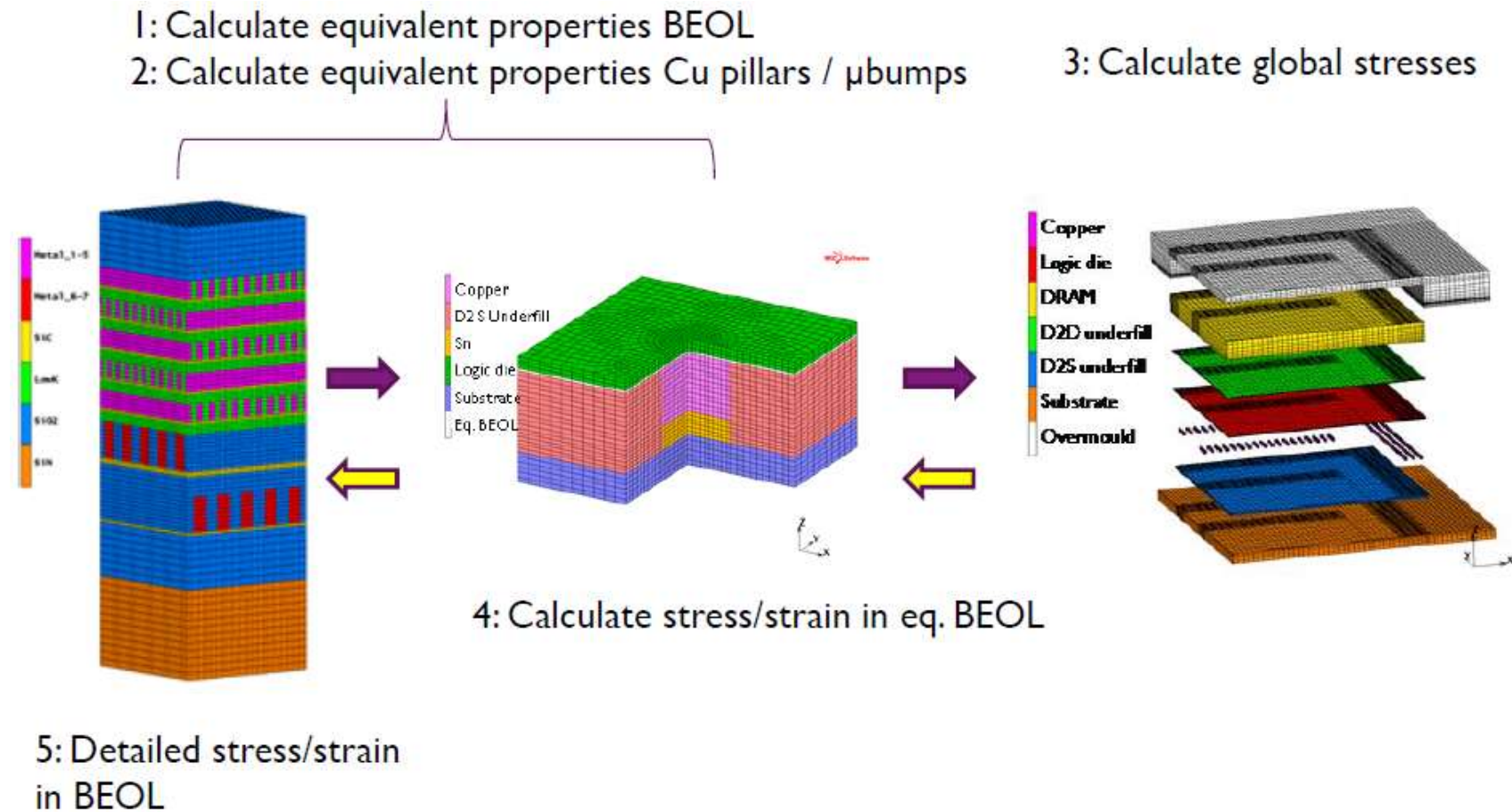
Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

- Многослойност на архитектурата и скалиране (микро към нано)



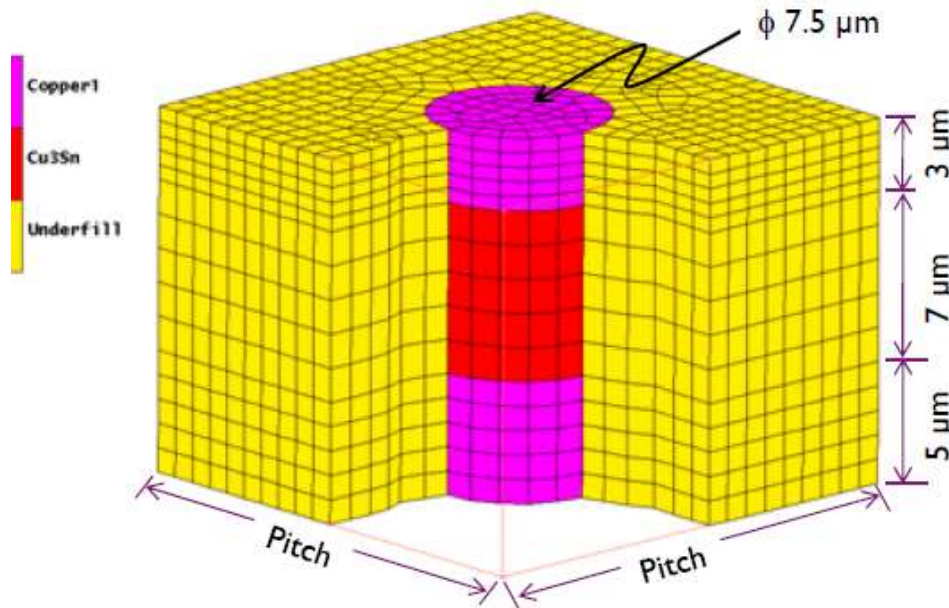
Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

- Многослойност на архитектурата и скалиране (микро към нано)



Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

- Повтаряемост на области (microbumps) и моделиране на анизотропни свойства



Isotropic

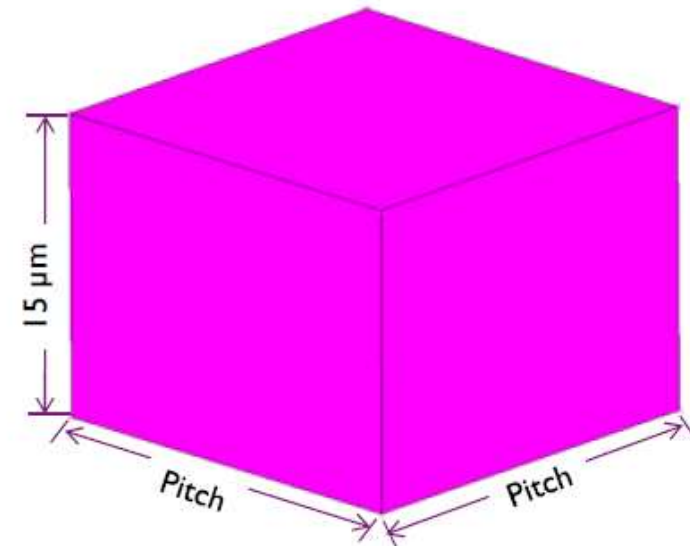
$$E_{Cu} = 117000 \text{ MPa}$$

$$E_{SnCu} = 108000 \text{ MPa}$$

$$E_{UF} = 8070 / 800 \text{ MPa}$$

$$CTE_{UF} = 25.6 / 66.5 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$$

Below T_g / Above T_g



Orthotropic

$$E_1 = 11524 / 1214 \text{ MPa}$$

$$E_2 = 11524 / 1214 \text{ MPa}$$

$$E_3 = 23404 / 16033 \text{ MPa}$$

$$G_{12} = 2530 / 153 \text{ MPa}$$

$$G_{23} = 1976 / 199 \text{ MPa}$$

$$G_{31} = 4335 / 1927 \text{ MPa}$$

Виртуално прототипиране: Приложение за MEMS

- Скалиране на обекти и динамични процеси

