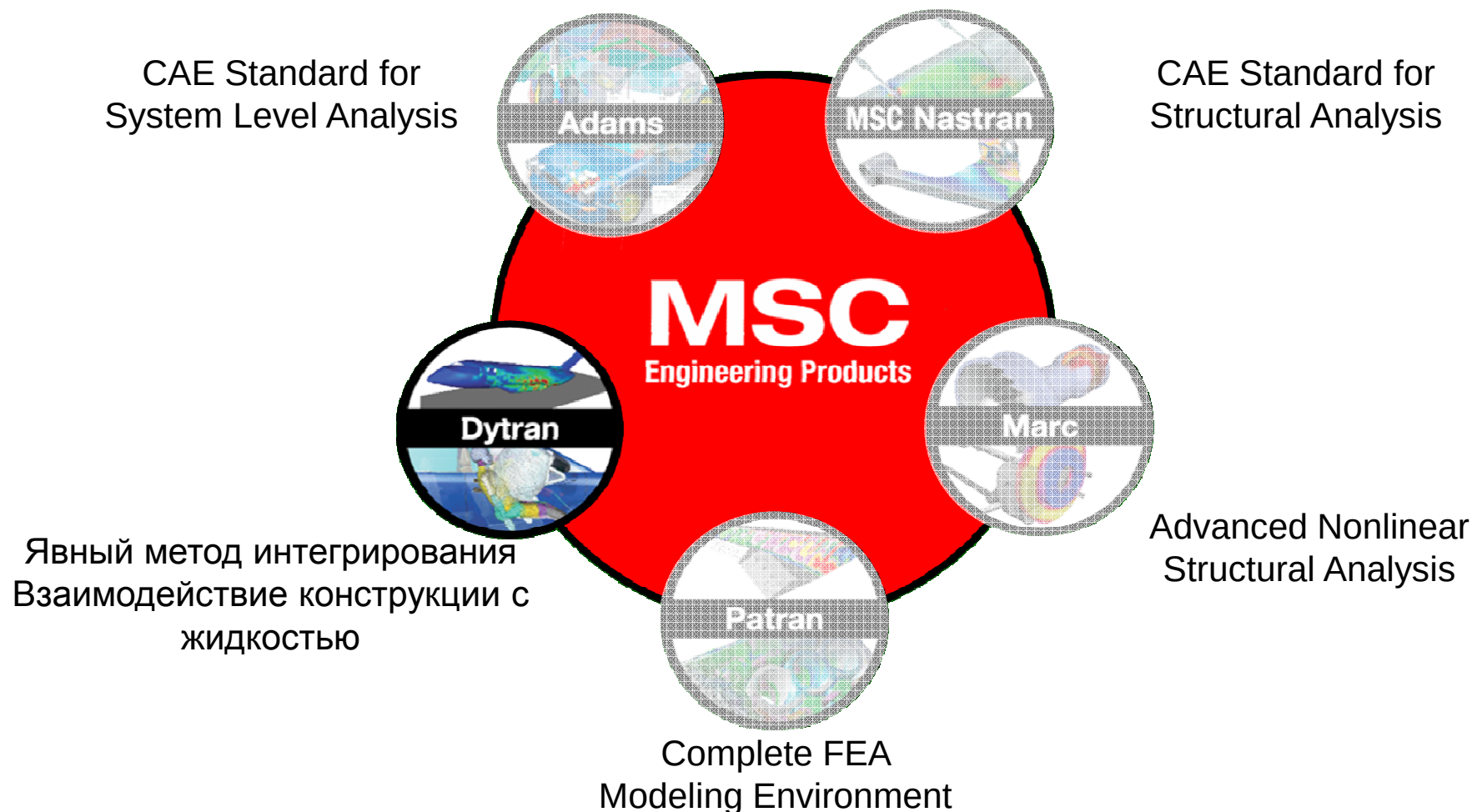


Dytran и MSC Nastran SOL700 – системы анализа существенно нелинейных быстропротекающих процессов

Эдуард Юрьевич Князев
Руководитель технического отдела

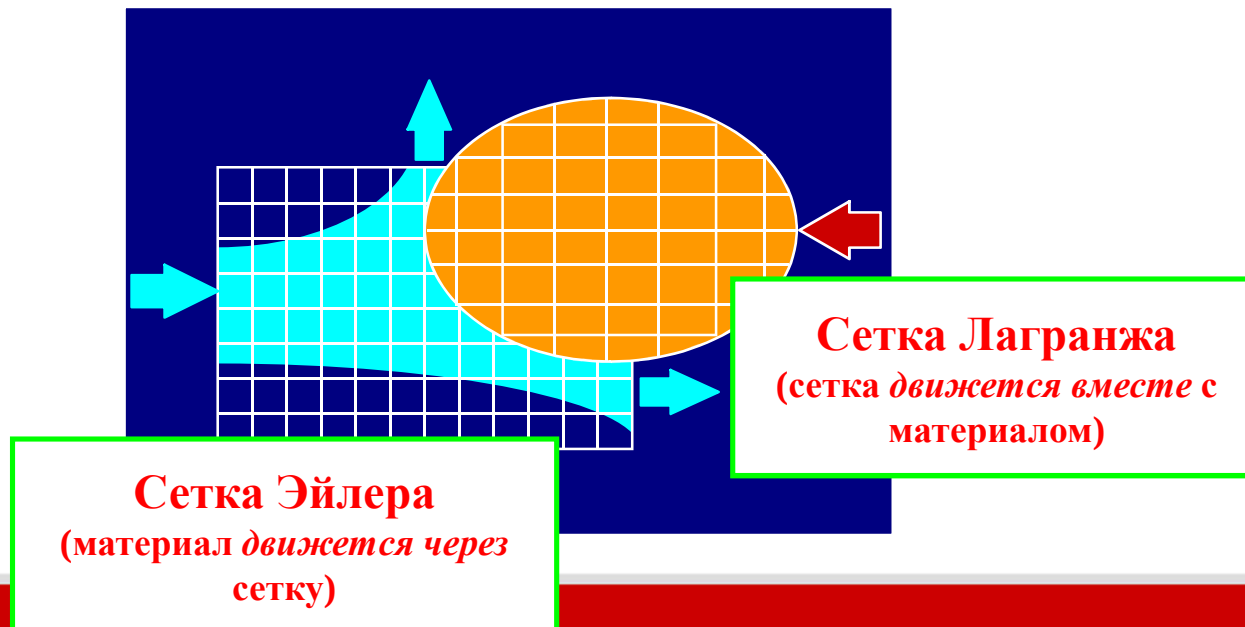


Dytran и MSC Nastran SOL700 - анализ быстропротекающих процессов ударного характера



Dytran: моделирование ударных процессов

- Возможности моделирования неограниченных деформаций
- Моделирование гидродинамических явлений
- Моделирование специальных динамических воздействий на конструкцию (взрыв, пробитие и т.п.)
- **Применение в различных областях:** автомобилестроение, авиастроение, судостроение, моделирование технологических процессов, оборонные исследования, ...



Особенности **Dytran**

- **Dytran** основан на явном методе интегрирования
- В **Dytran** два решателя: *Лагранжа* и *Эйлера*
- **Dytran** отлично моделирует
 - Большие перемещения и вращения
 - Большие деформации (в т.ч. разрушение) конструкции
 - Контактные взаимодействия
 - Течение материала (в т.ч. многофазное)
 - Взаимодействие конструкции с жидкостью (газом)

Dytran и **MSC Nastran SOL700** системы анализа существенно нелинейных быстропротекающих процессов

Области применения различных решателей

**Физическая нелинейность
(нелинейность свойств материала)**

**Геометрическая нелинейность
(большие перемещения и деформации)**

Линейные изотропные материалы (металлы)				Малые деформации и повороты			
Нелинейные изотропные материалы (резины)							
Линейные ортотропные материалы (композиты)				Малые деформации и конечные повороты			
Идеально-пластичные материалы							
Упругопластичные, упрочняемые материалы (металлы)				Конечные деформации и повороты			
Вязкопластичные материалы (полимеры)							
Частично ортотропные материалы (штамповка)				Большие деформации (100% и более) и большие повороты			
Накопление повреждений и разрушение							
Трещинообразование и разрушение				Течение материала (в т.ч. многофазное)			
Взрыв и детонация							

MSC Nastran с использованием SOL600

Dytran

MSC Nastran SOL700

Области применения различных решателей

“Контактная” нелинейность

Движение (перемещение)

“Небольшие” зазоры				Статическое равновесие без закреплений			
Трение в контакте				Квазистатическое равновесие			
“Большие” зазоры				Вибрации, собственные формы			
Контактное взаимодействие поверхностей				Удар и вибрация			
Самоконтакт поверхностей				Распространение волн деформации			
Взаимодействие конструкции и жидкости				Распространение ударных волн			
				Динамика быстротекущих процессов			
				Волны детонации			

MSC Nastran с использованием SOL600

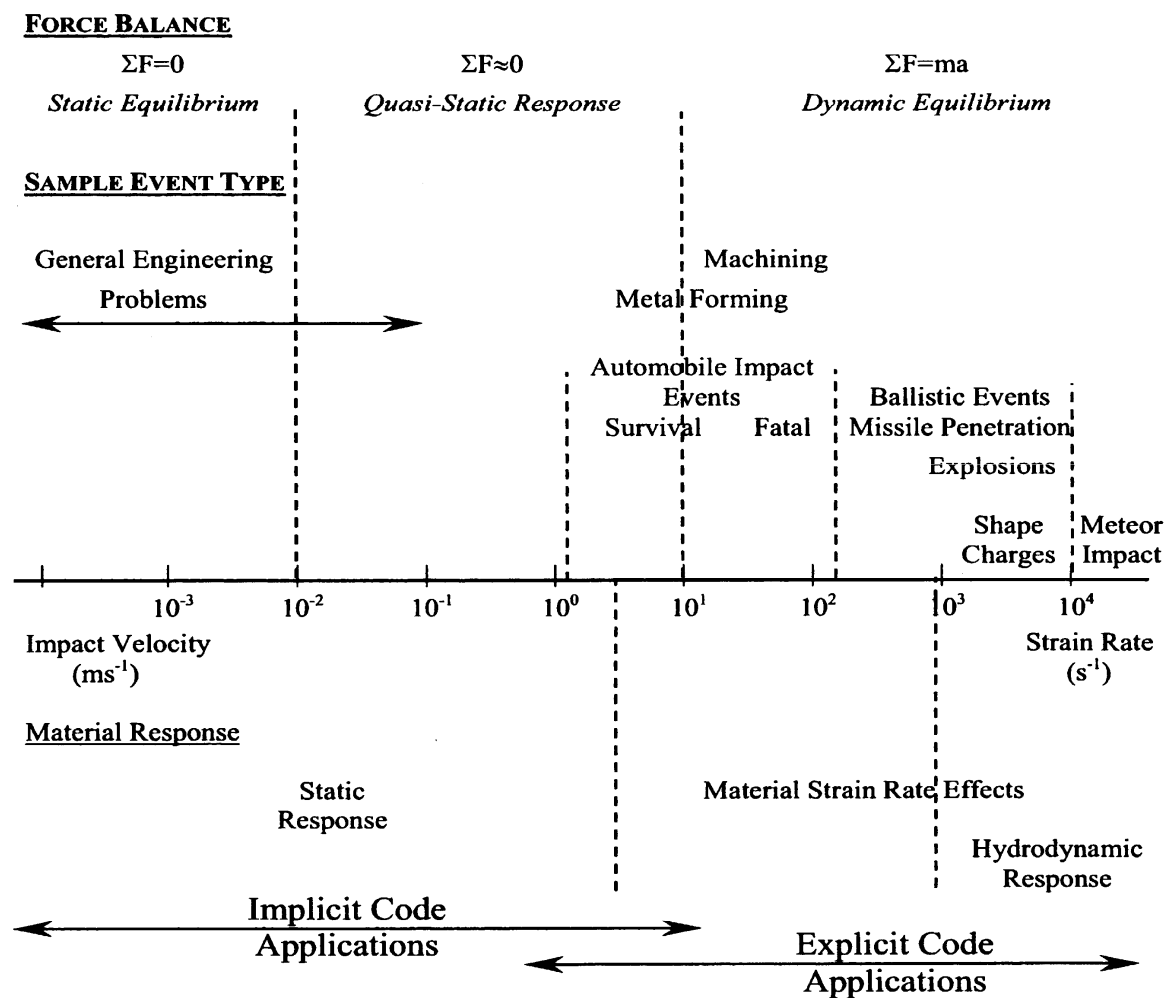
Dytran

MSC Nastran SOL700

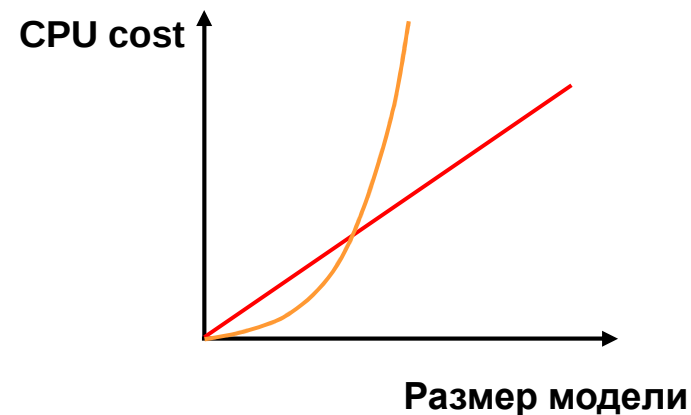
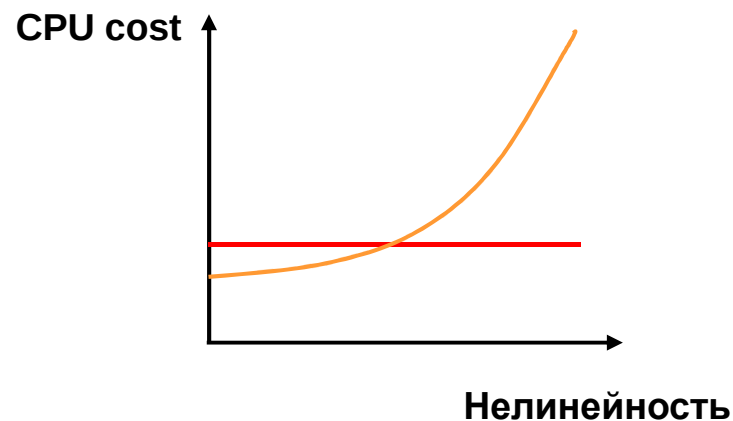
Отличия *явного* и *неявного* методов интегрирования

- **Неявный метод**
 - Относительно немного шагов интегрирования
 - Но каждый шаг интегрирования очень «дорогой»
 - Большие модели – большие матрицы
 - Обращение матриц
 - С ростом нелинейностей в задаче усложняется процесс решения. Иногда не удается достичь сходимости решения
- **Явный метод**
 - Множество малых шагов интегрирования
 - Каждый шаг интегрирования не «дорог»
 - Нет огромных матриц
 - При использовании диагональной матрицы масс операция обращения проста
 - Надежное решение при большом количестве нелинейностей. Легко достигается сходимость результата

Области применения *явного* и *неявного* методов интегрирования



Зависимость ресурсозатрат



— Неявные методы
— Явные методы

Эффективность использования *явных* методов

- **Явные методы более эффективны при решении следующих типов задач:**
 - **Быстротекущие процессы**
 - «Стоимость» вычислений возрастает почти линейно в зависимости от времени рассматриваемого процесса
 - **Большое количество нелинейностей**
 - На «стоимость» вычислений практически не влияет, однако для неявных методов «стоимость» растет экспоненциально.
 - **Задачи большой размерности**
 - «Стоимость» вычислений возрастает почти линейно в зависимости от размерности задачи

Решатель Лагранжа

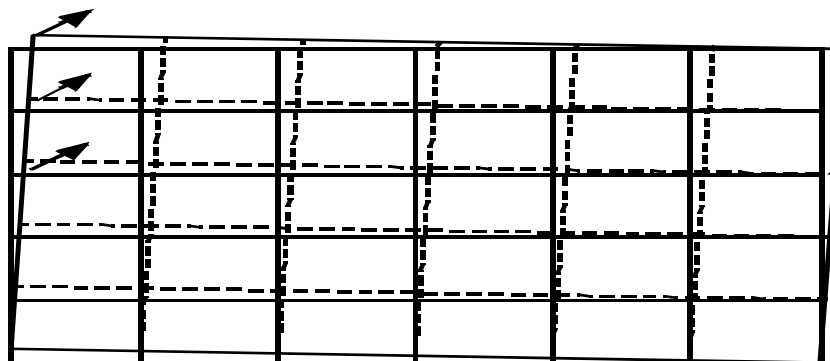
- Конечно-элементная формулировка

Решатель Лагранжа в Dytran использует конечно-элементную технологию, аналогичную используемой в DYNA3D

Динамика конструкций

Лагранжева сетка используется для моделирования части задачи, представляющую *конструкцию*

- *Масса* элемента неизменна



Решатель Эйлера

- Конечно-объёмная формулировка

Решатель Эйлера в Dytran использует конечно-объёмную технологию, аналогичную используемой в MSC/PISCES

- Гидро-газодинамический анализ

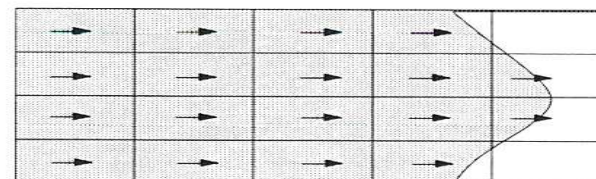
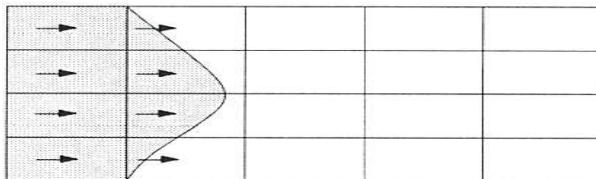
Эйлерова сетка используется для моделирования части задачи, представляющую *жидкости* и *газы*

- *Течение* материала

Эйлеров *решатель* в Dytran может использовать полный тензор напряжений и, следовательно, может применяться для моделирования конструкционных материалов, например, стали и т.п.

Эта возможность используется для моделирования больших деформаций (*течение материала*), т.е. в тех случаях, когда деформации для лагранжевой сетки слишком велики

- *Объём* элемента неизменен



Обобщённый алгоритм моделирования взаимодействия

- Взаимодействие конструкция-жидкость

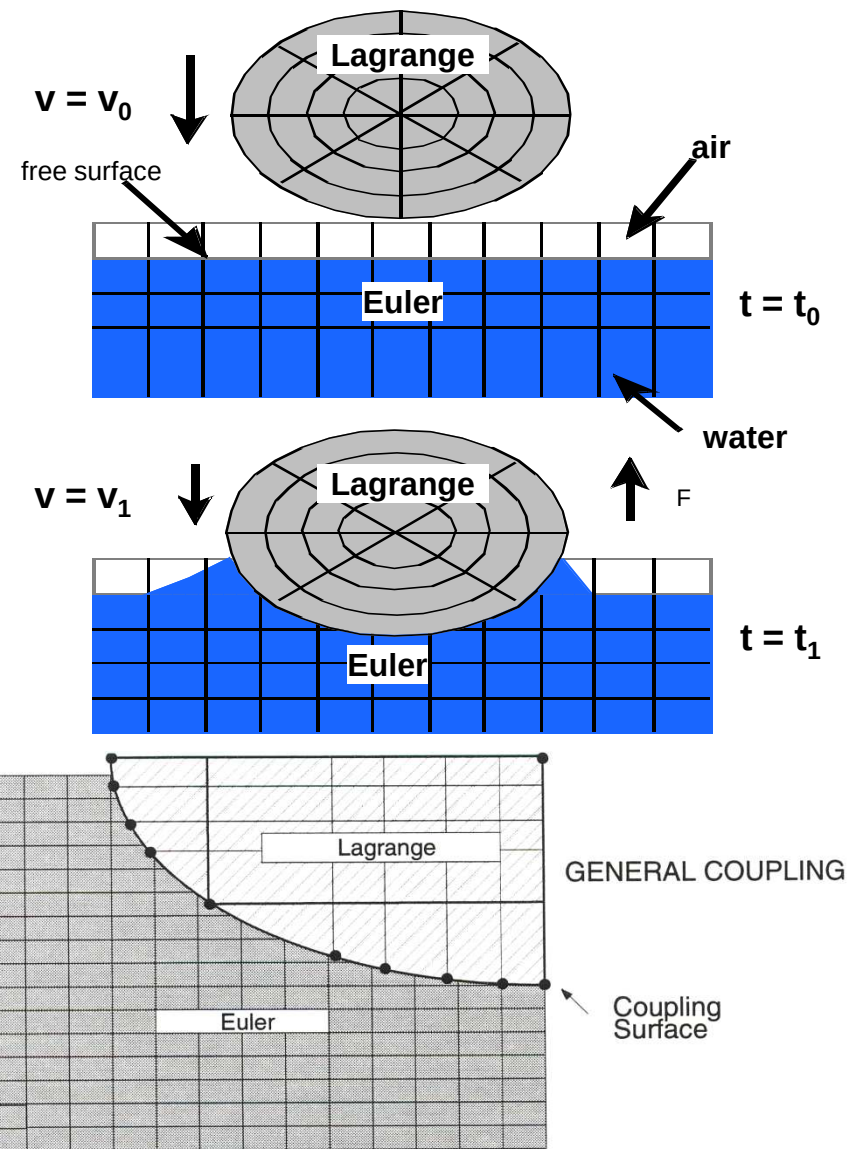
Лагранжева и Эйлерова сетки могут использоваться одновременно и взаимодействовать друг с другом

- Произвольный характер перемещения

Взаимодействующие поверхности могут иметь любую форму и двигаться по “произвольным” траекториям

- Лагранжева сетка действует как граница течения материала в эйлеровой сетке

- Эйлерова сетка “нагружает” конструкцию



Моделирование движения автомобиля по мягкому грунту



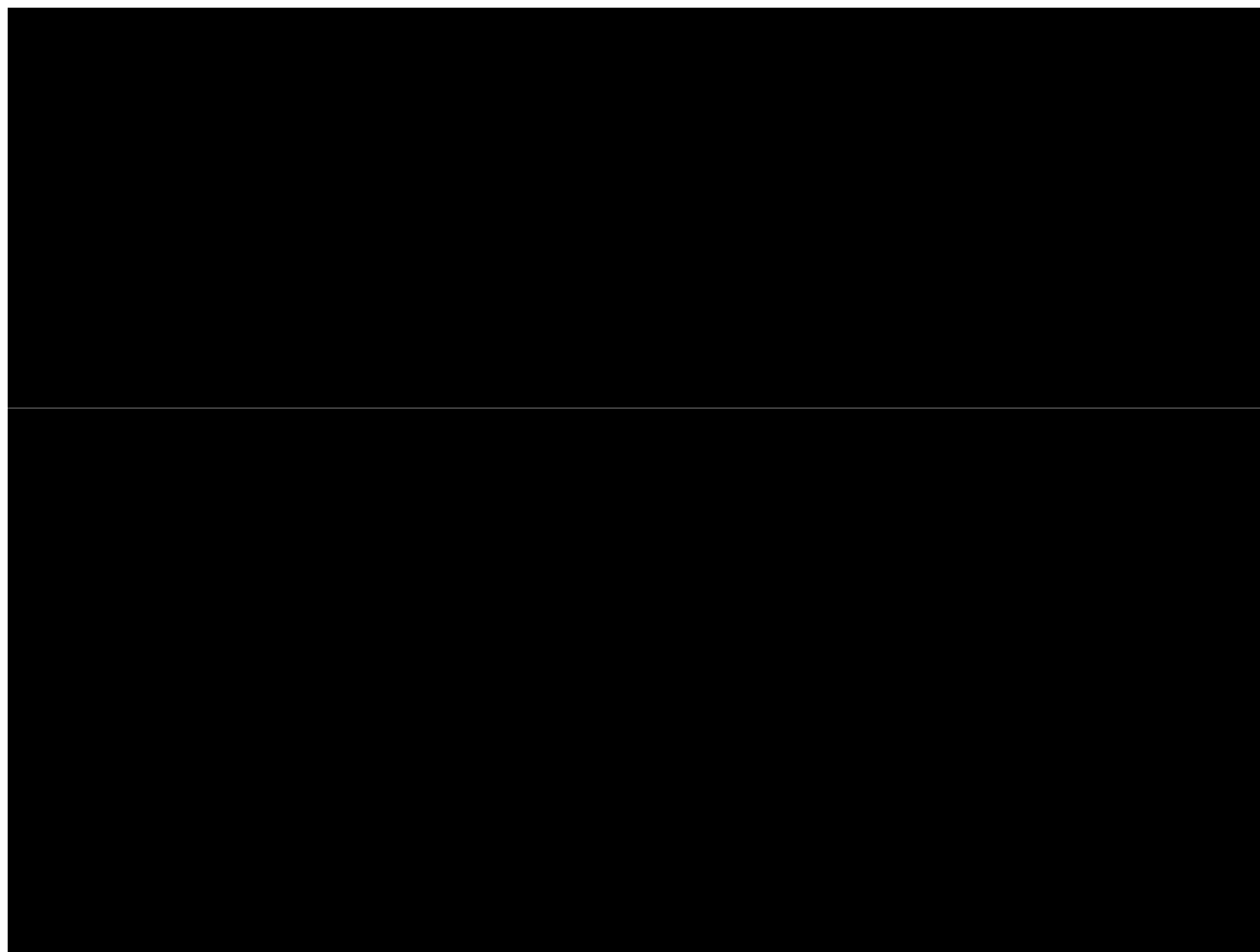
Раскрытие подушки безопасности



Моделирование работы резинового уплотнителя



Моделирование работы гидравлического амортизатора



Анализ минной стойкости бронетранспортера



Выстрел из миномета



Моделирование столкновений

Поглощение энергии деталями бампера

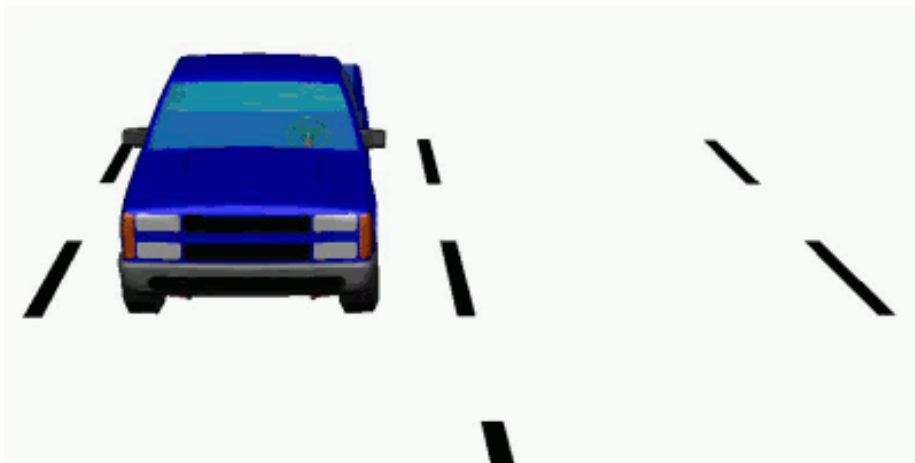
Энергопоглощающие элементы кузова (лонжероны, усилители дверей ...)

Фронтальное столкновение автомобиля

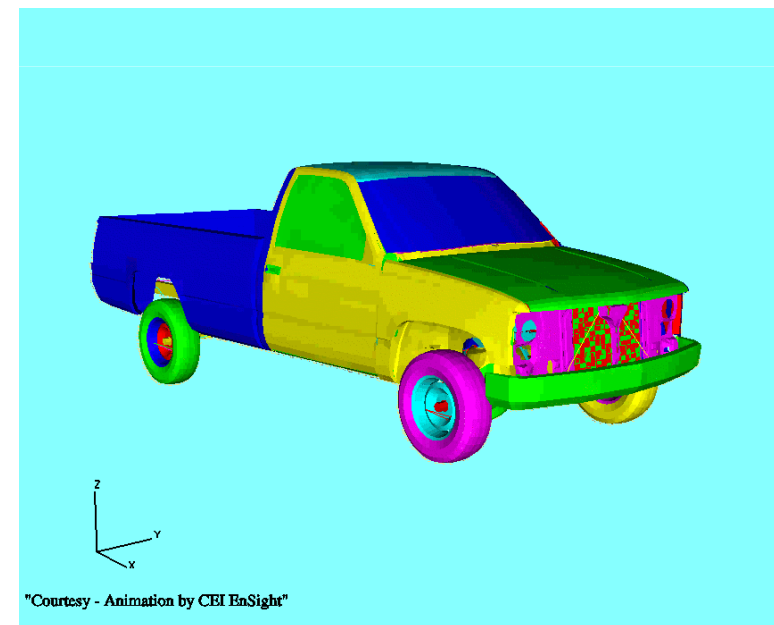
Боковой удар

Опрокидывание

Adams + Dytran

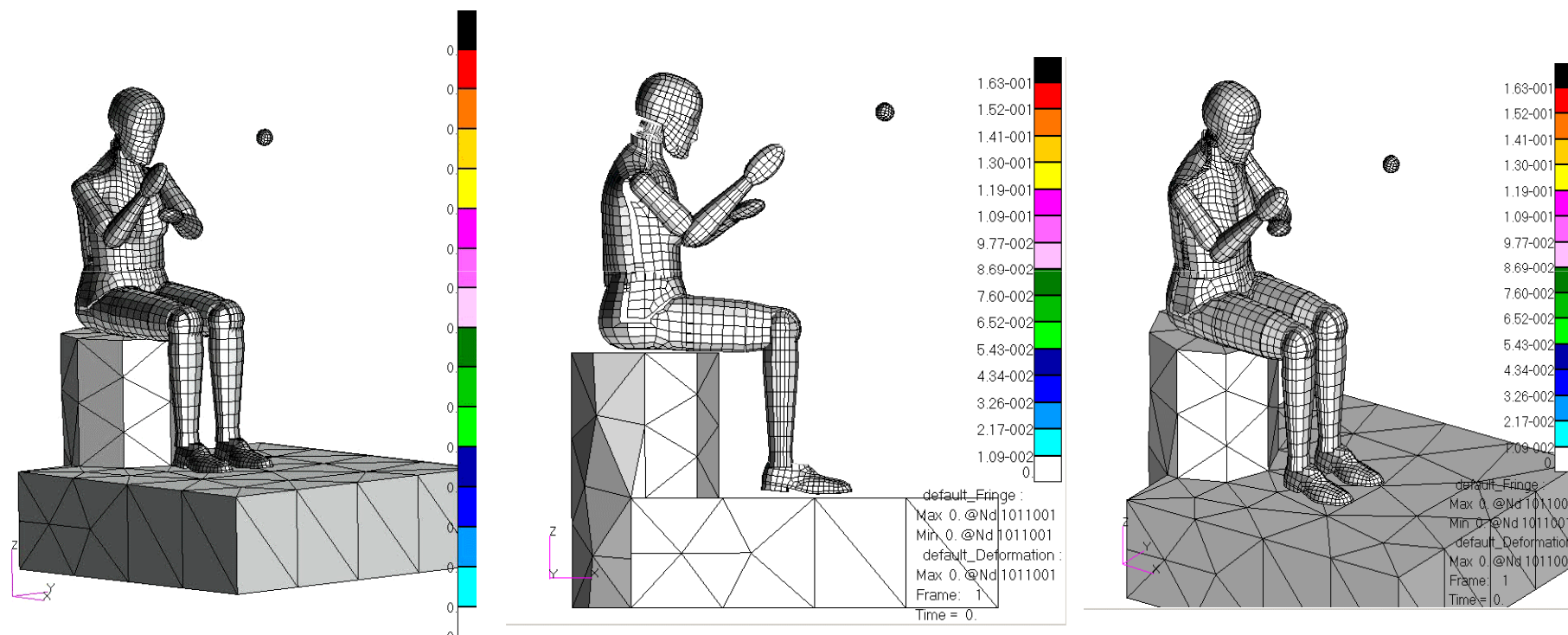


MSC Nastran SOL700



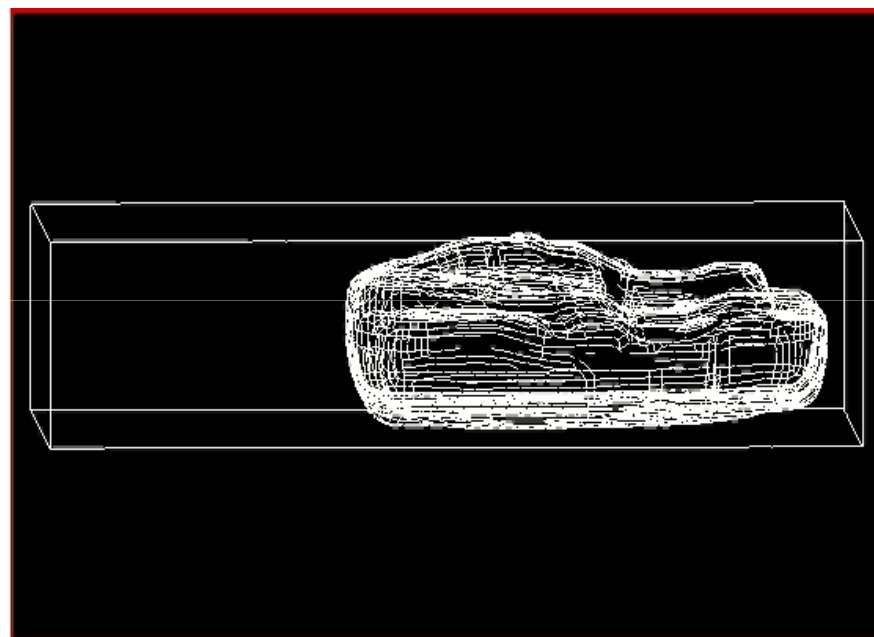
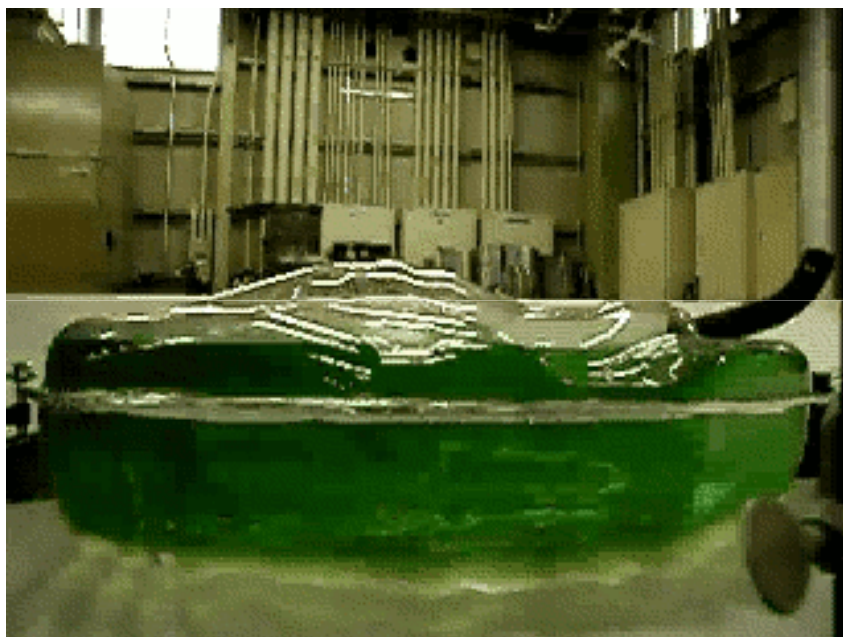
Моделирование поведения манекена Hybrid III

Dytran



Моделирование колебаний жидкости в баке при наличии свободной поверхности

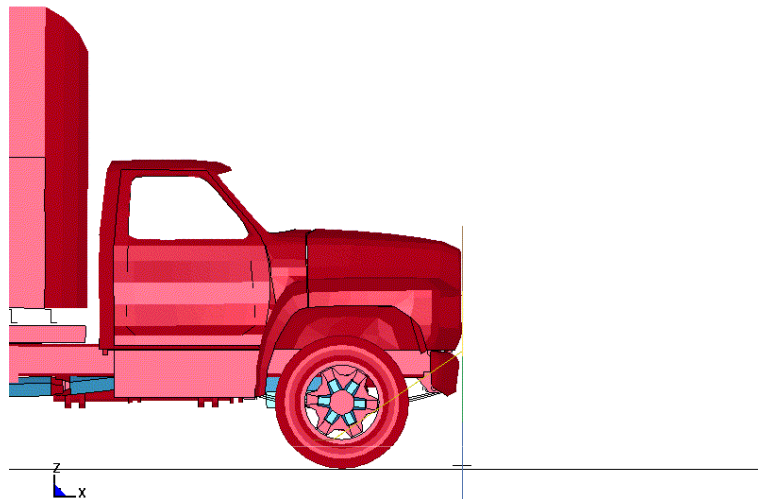
Dytran



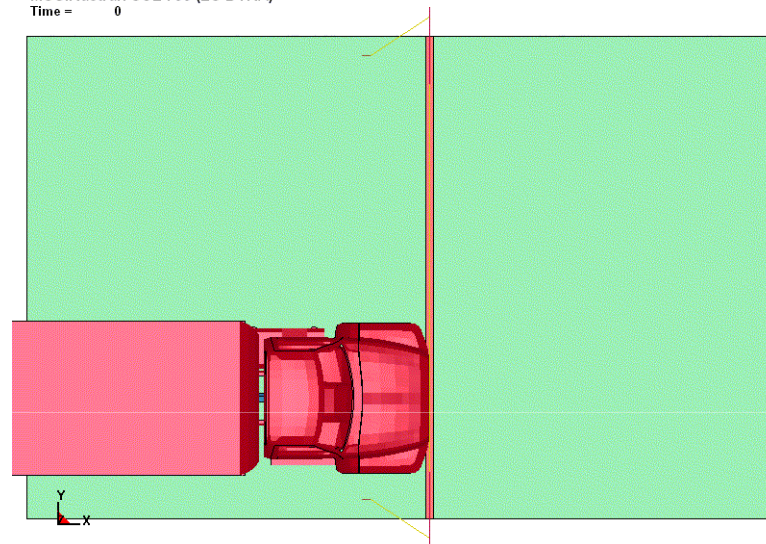
Столкновение с преградой

MD Nastran SOL700

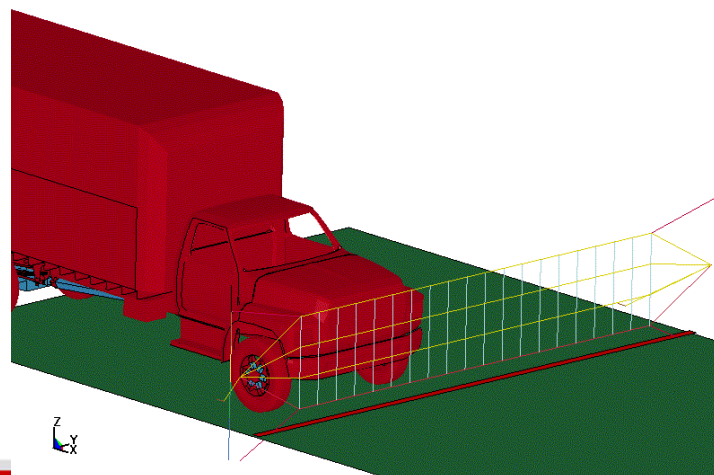
MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0



MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0

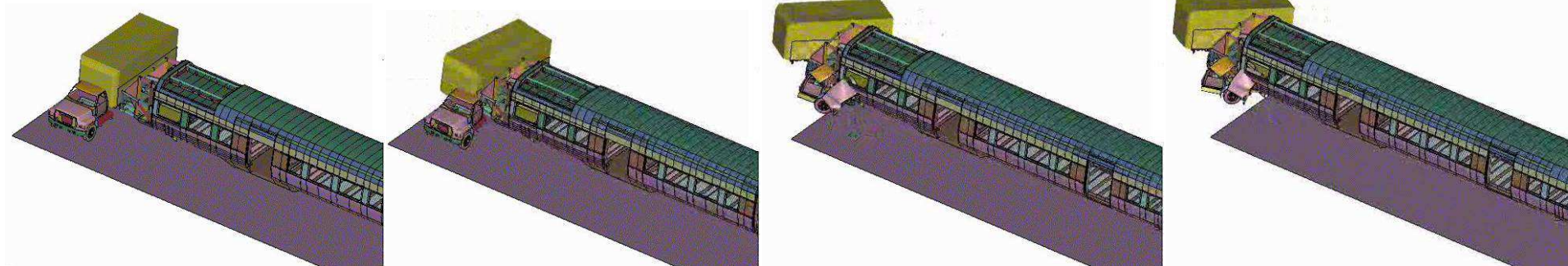


MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0

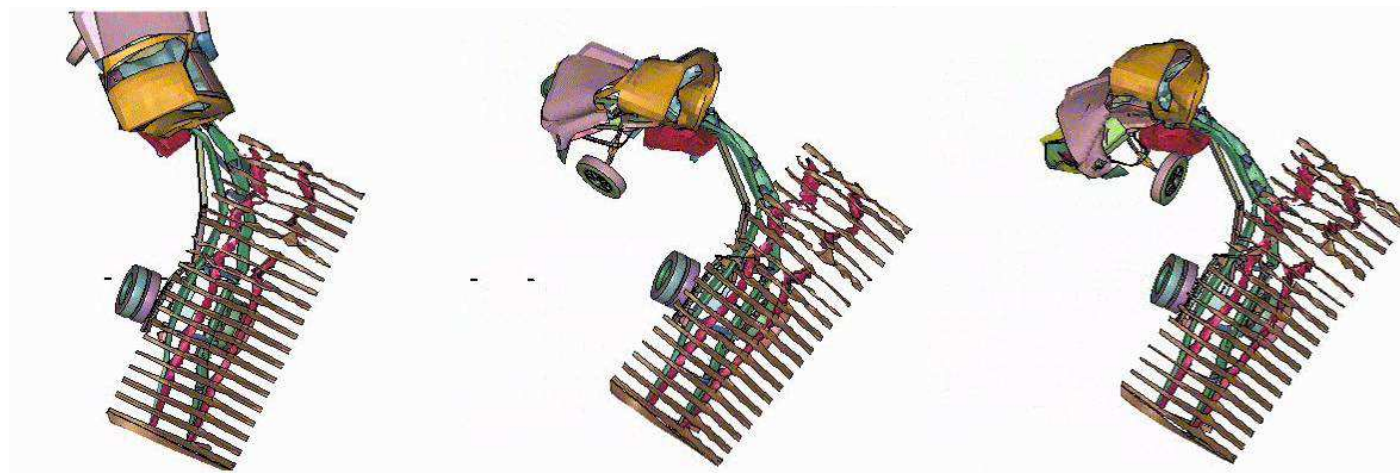
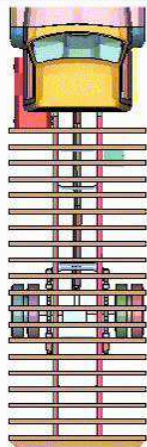


Моделирование бокового удара

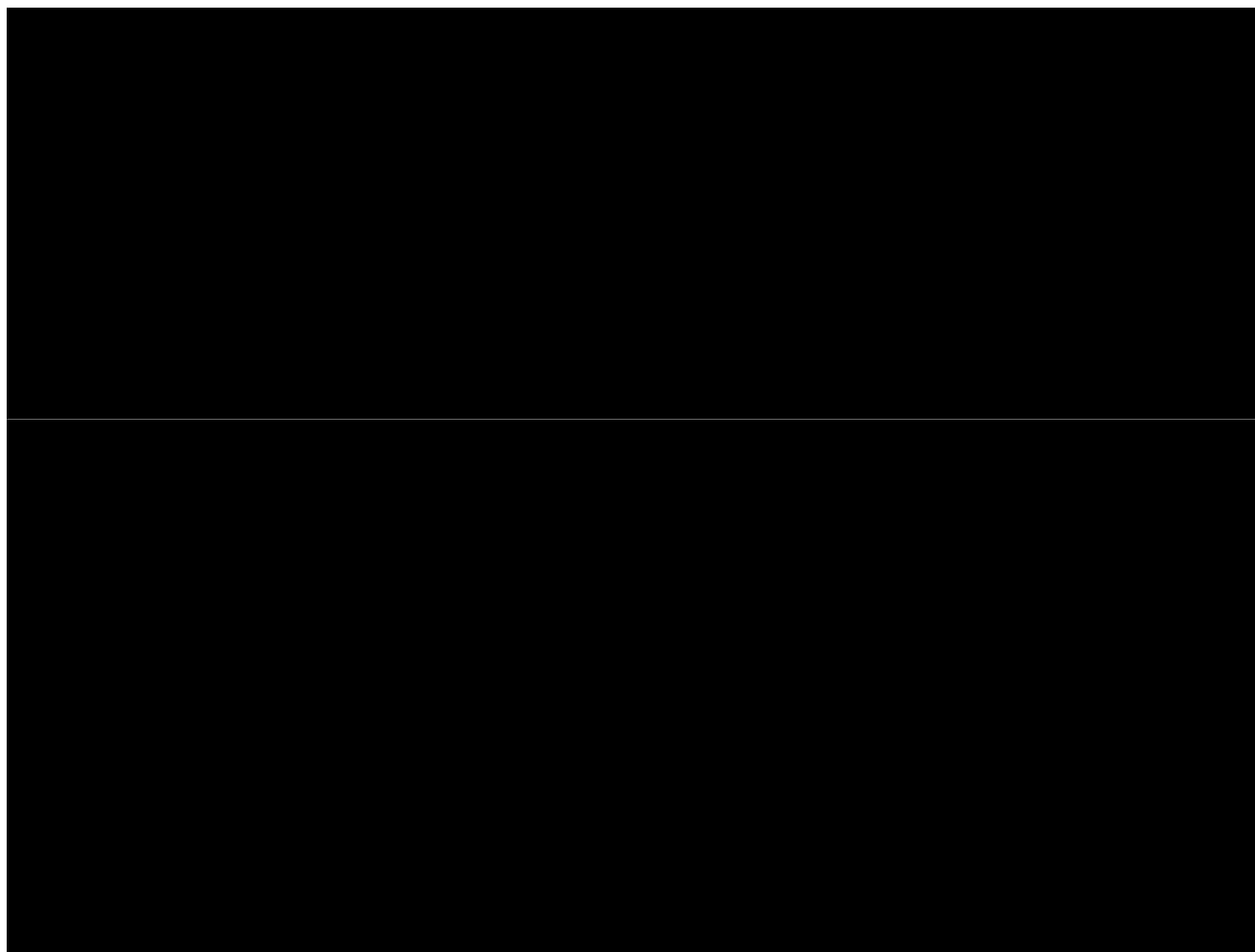
MSC Nastran SOL700



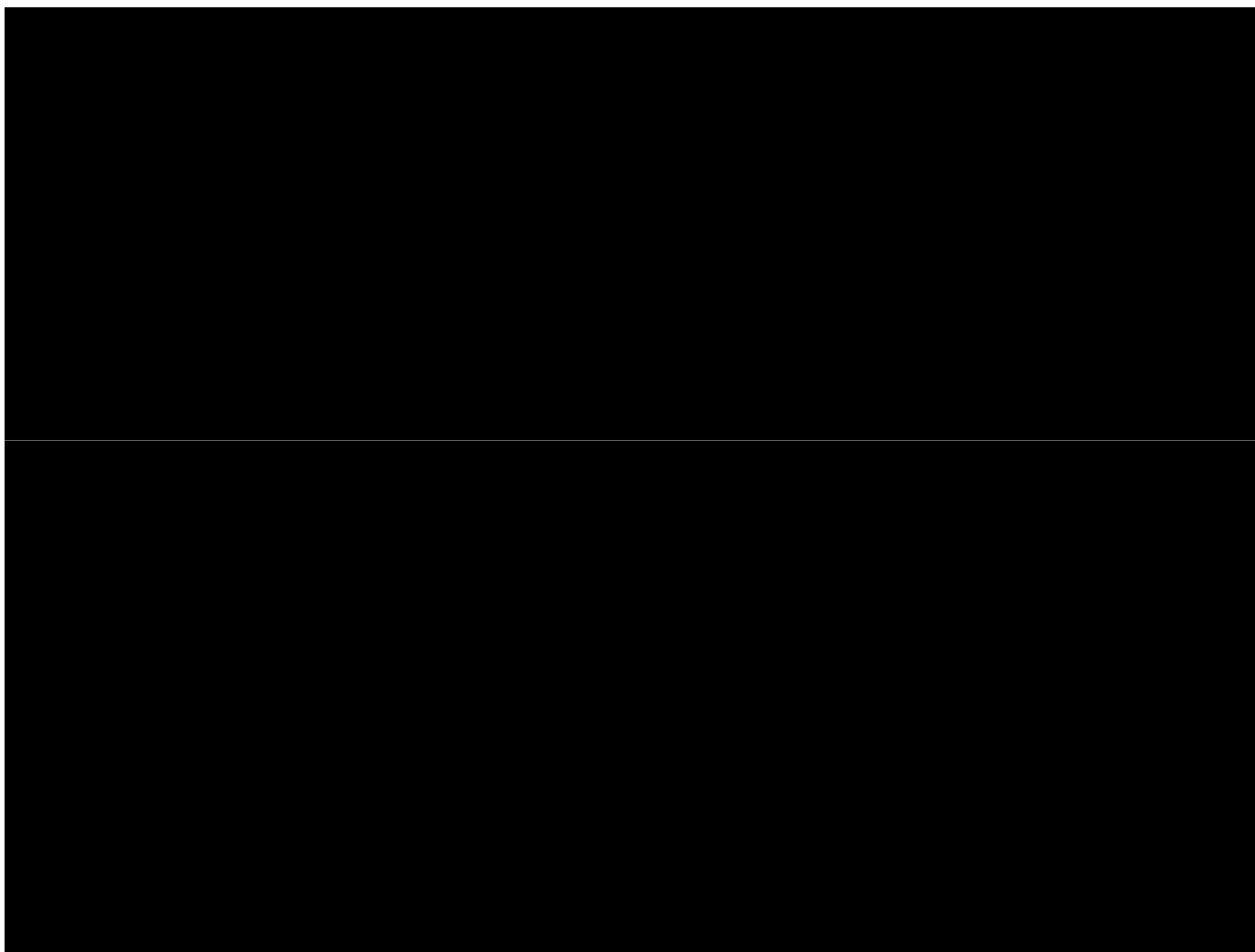
MSC.Nastran SOL 700



Когезионная расчетная модель взаимодействия конструкции с грунтом

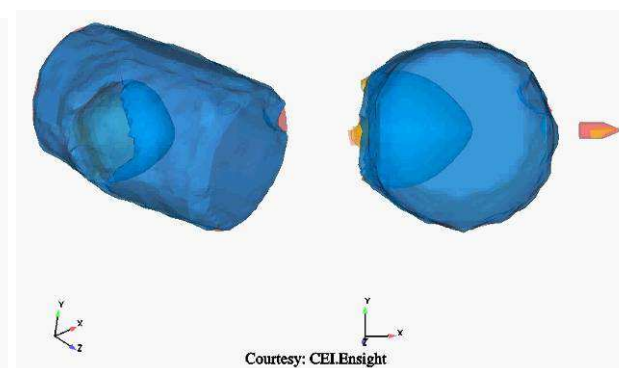
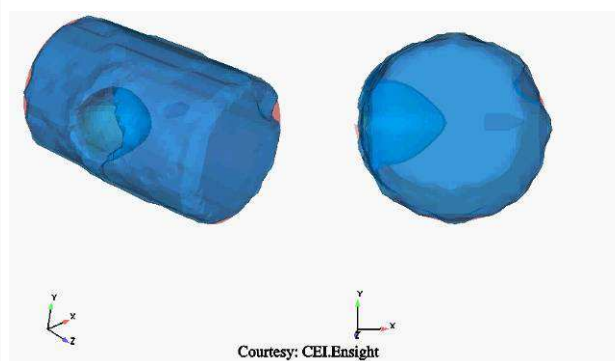
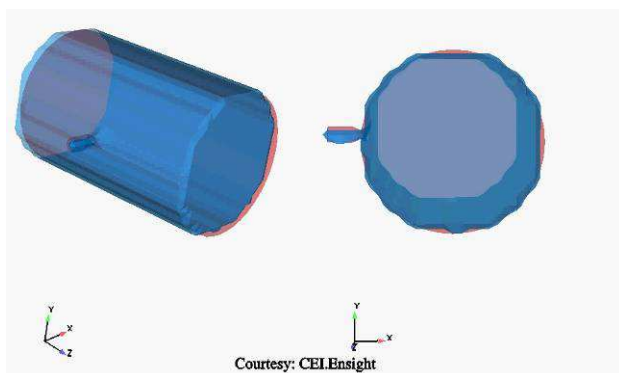


Течение жидкости в трубопроводах, учет гидравлических потерь, расчет НДС конструкций, моделирование гидроударов



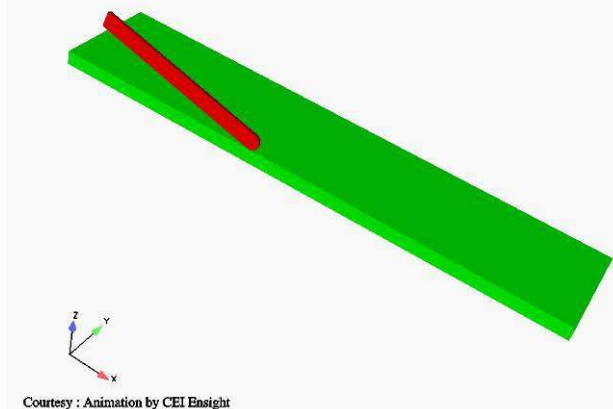
Пробивание преграды

MSC Nastran SOL700



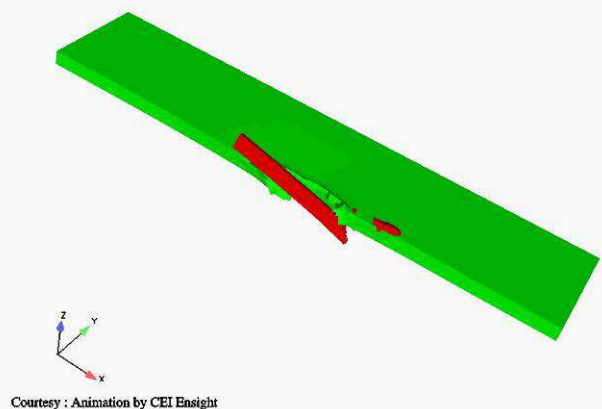
Analysis Time : 0.00E-6 sec

MSC.Nastran : SOL 700



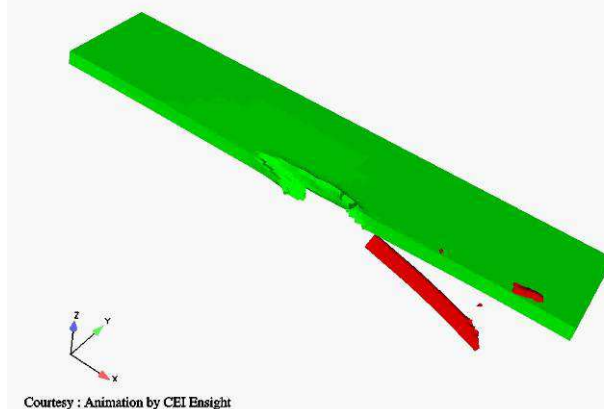
Analysis Time : 59.94E-6 sec

MSC.Nastran : SOL 700



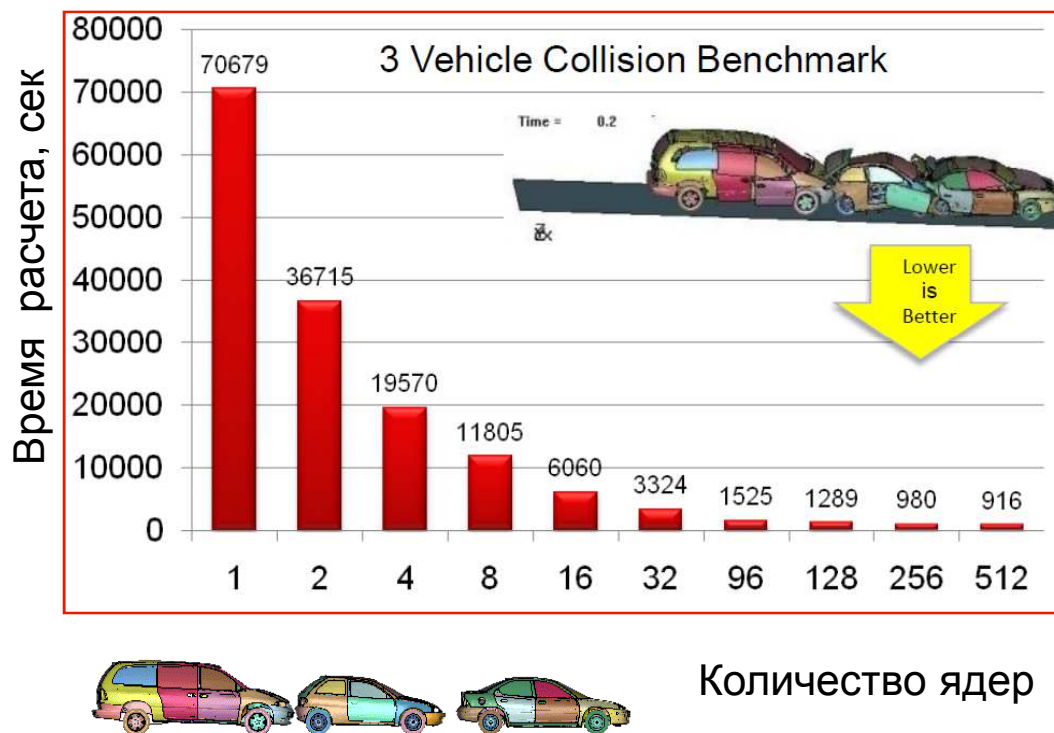
Analysis Time : 110.01E-6 sec

MSC.Nastran : SOL 700



Эффективность решения задачи в DMP режиме при использовании Nastran SOL700

Расчет столкновения трех транспортных средств



Система	SGI Altix ICE 8400
ЦПУ	Xeon X5690 3.46GHz
Память	24GB/node
Интер коннект	InfiniBand 40Gb/sec(4xQDR)
ОС	SUSE Linux Enterprise Server
Приложение	MD Nastran 2011

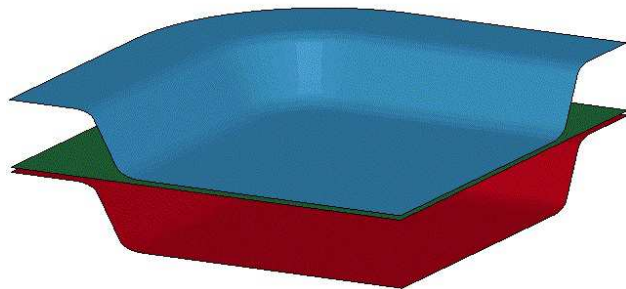


Время расчета удалось сократить до нескольких минут!

Штамповка детали

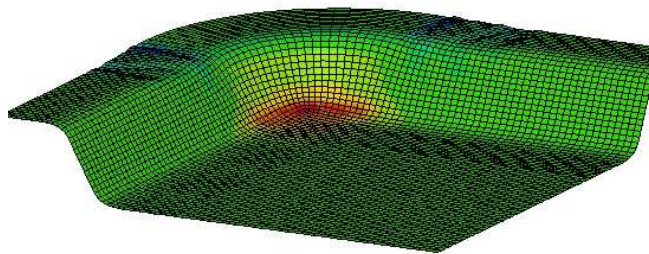
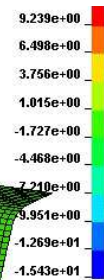
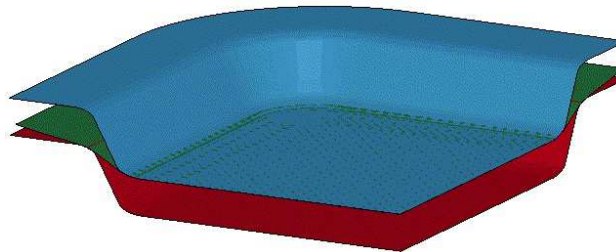
MSC Nastran SOL700

MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0

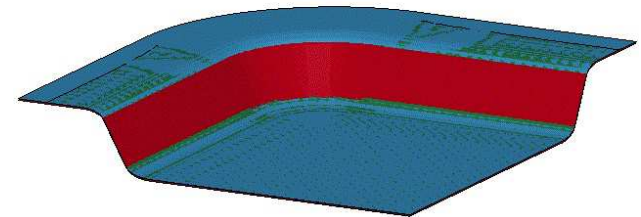


max=11.9808, at elem# 2293

MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0.0034236



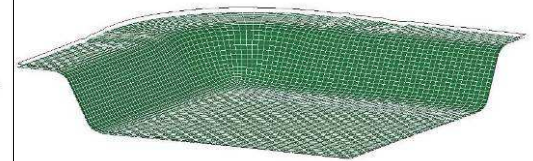
MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 0.0068483



MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 6.1
max displacement factor=2.5

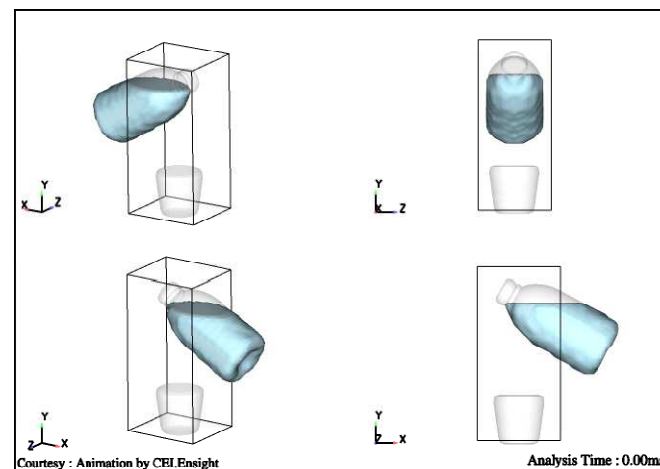
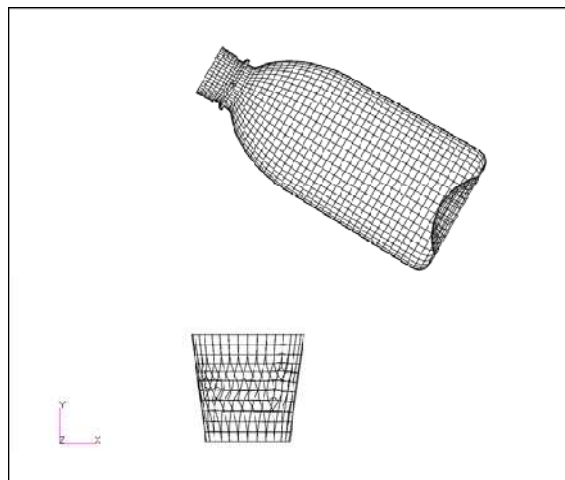


MSC.Nastran SOL 700 (LS-DYNA)
Time = 6.1
max displacement factor=2.5

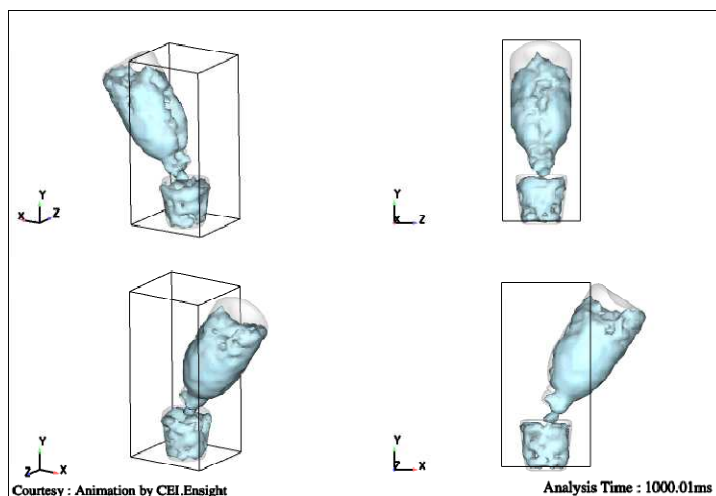


Наполнение Стакана

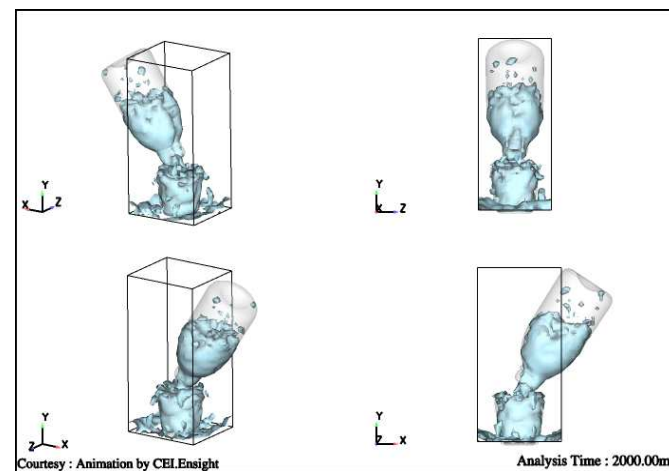
Dytran 2007 r1, Example Problem Manual



0 сек.



1 сек.



2 сек.

Спасибо за внимание!

Эдуард Юрьевич Князев
Руководитель технического отдела

eduard.knjazev@mscsoftware.com

