

**Использование систем автоматизированного
инженерного анализа на многопроцессорных
вычислительных системах**

Коньшин В.Н.

Компания «ТЕСИС»

**Системы автоматизированного инженерного
анализа:**

FlowVision – аэро- и гидродинамика

ANSYS CFX - аэро- и гидродинамика

ABAQUS – прочность

LMS Virtual Lab – акустика

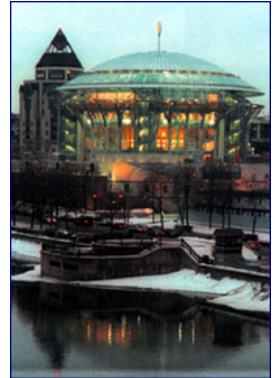
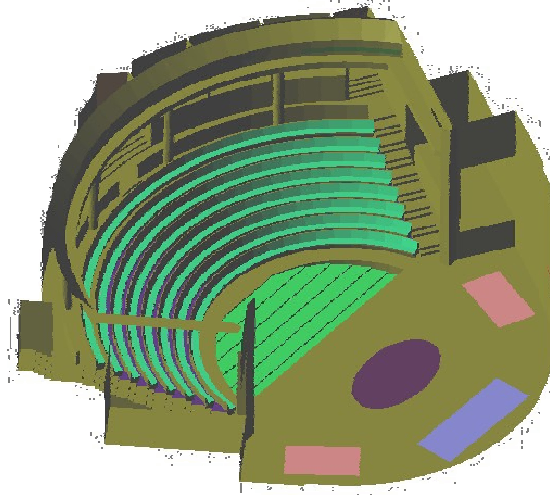
DEFORM – обработка металлов давлением

FlowVision

Вентиляция помещений

Распределение температуры

- Распределение загрязненного воздуха
- Скорость воздуха

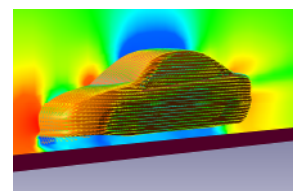
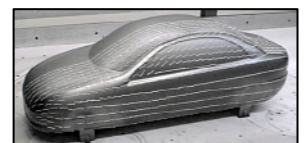


Проект: ENKA,
Московский Дом
Музыки

FlowVision

Автомобильная промышленность

- Обтекание автомобиля
- Вентиляция и кондиционирование салона
- Охлаждение двигателя



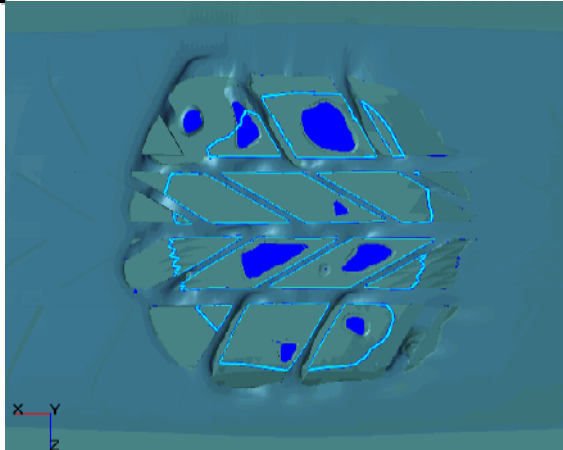
Проектируемый
ВАЗ 31xx

FlowVision

Автомобильная промышленность

Аквапланирование автомобильной шины (Совместно с системой ABAQUS)

- Течение воды в канавках протектора
- Течение воды около деформируемой шины

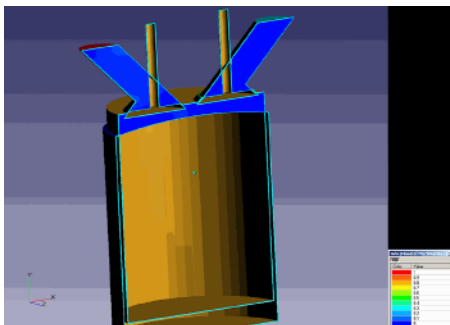


Проект:
моделирование
деформации шины
вследствие
взаимодействия с
лужей
(Goodyear)

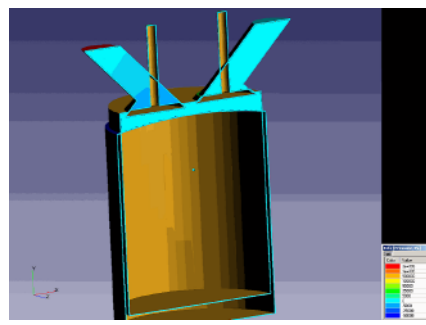
FlowVision

Автомобильная промышленность

- Смешение горючего и окислителя
- Течение газа в цилиндрах и коллекторах



Число Маха



Давление

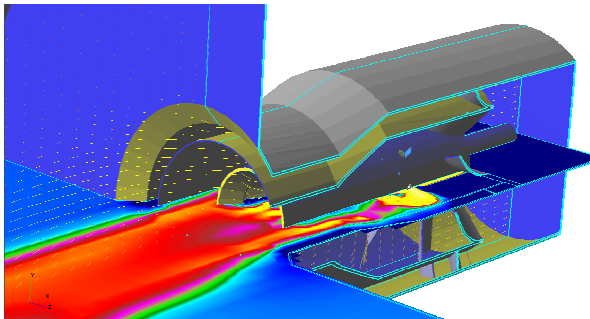
Моделирование
4-цилиндрового
двигателя

FlowVision

Энергетика

Моделирование горения газообразного горючего в промышленных горелках

- Учёт турбулентного перемешивания горючего и окислителя
- Расчёт перепадов давления в подводящих системах и коллекторах



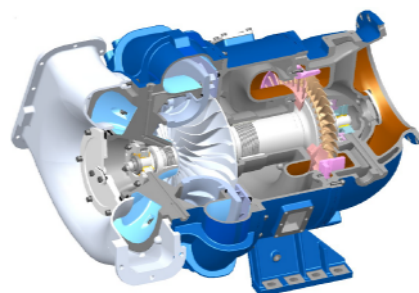
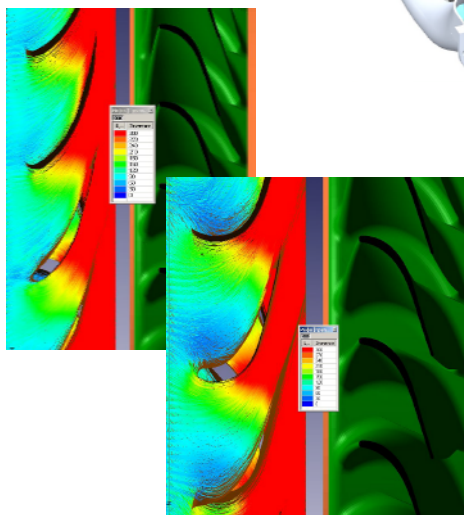
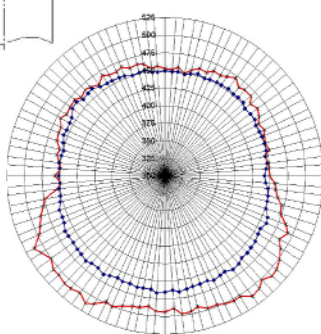
**Проект: Eagle Dynamics LTD,
проектирование горелки
с низким уровнем NOx**

FlowVision

Турбوماшиностроение

Турбوماшины

- Расчёт проточной части
- Оптимизация профиля лопатки



Проект:
ОАО «Специальное
конструкторское
бюро
турбонагнетателей
»
расчёт проточной
части
турбокомпрессор
а

FlowVision

Авиация

Моделирование внешнего обтекания летательного аппарата

- **Моделирование мотогондолы:**
 - вход в воздухозаборник
 - истечение из сопла
 - влияние струи



Проект: RRJ, «Гражданские самолеты Сухого»
моделирование обтекания нового пассажирского самолёта

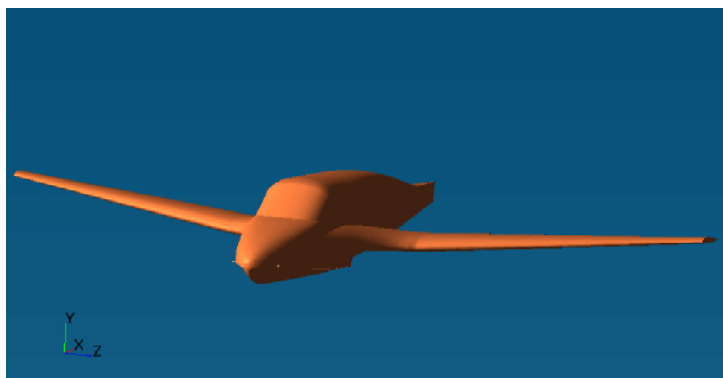


FlowVision

Гидроавиация

Течение воздуха и воды около

- фюзеляжа
- крыла
- **Моделирование взлёта и посадки**



Проект: Конструкторское бюро им. Бериева,
самолёт BE-103

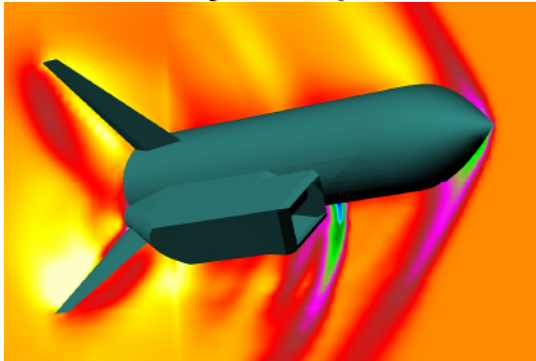
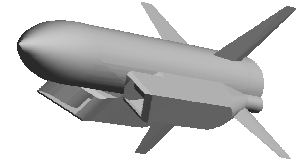


FlowVision

Аэрокосмическая промышленность

Сверхзвуковые летательные аппараты

- Внешнее обтекание, скачки уплотнения
 - ракетоносители
 - гипер/зв летающие лаборатории
 - снаряды
- Течение в воздухозаборнике



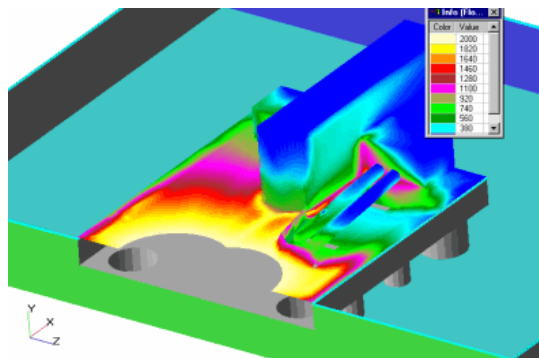
Обтекание ракеты
с прямоточным
двигателем

FlowVision

Аэрокосмическая

Ракетно-космическая промышленность

- Сверхзвуковое течение воздуха около ракеты
- Течение газа в ракетном двигателе
- Моделирование воздействия реактивной струи на стартовый комплекс

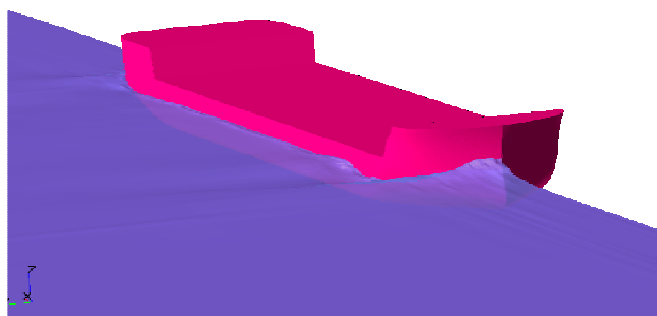


Проект: НПО Энергия,
моделирование
тепловой нагрузки на
сооружения при
морском старте

FlowVision

Судостроение

- Обтекание корпуса судна
- Моделирование глиссирования скоростных судов
- Определение характеристик гребного винта



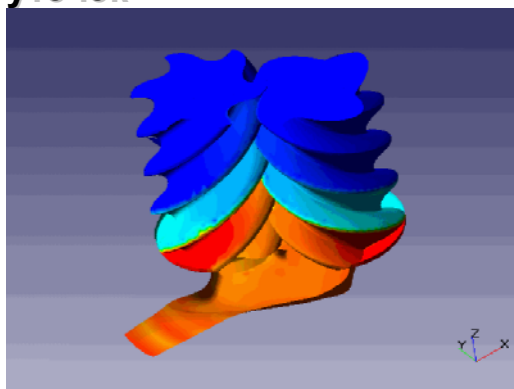
Проект: КБ Вымпел,
расчёт силы
сопротивления на
движущийся корабль

FlowVision

Гидравлические системы

Проектирование шестеренчатых насосов

- Определение температуры на выходе
- Расчёт расхода
- Учёт утечек



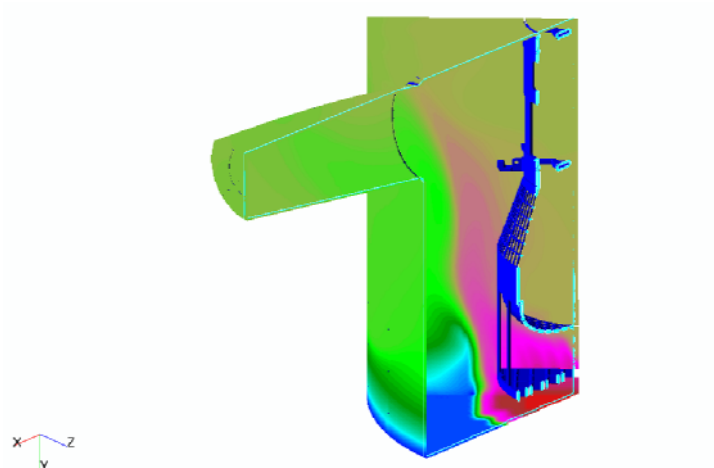
Проект:
моделирование
винтового насоса
компании Атлас-Копко

FlowVision

Атомная энергетика

Тепло-массоперенос в блоке ядерного реактора

- Циркуляция теплоносителя



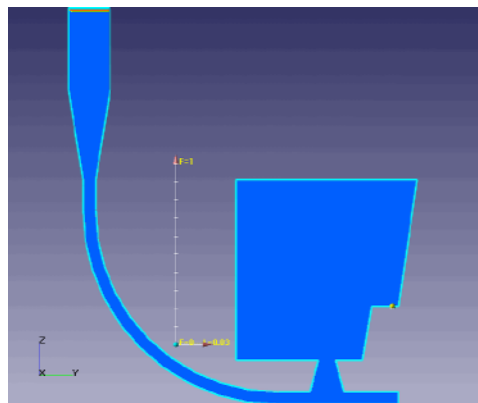
Распределение температуры в блоке ядерного реактора

FlowVision

Металлургия

Литье в форму

- Заполнение формы жидким металлом
- Процесс затвердевание металла



Заполнение формы (моделирование)

Использование в ВУЗах

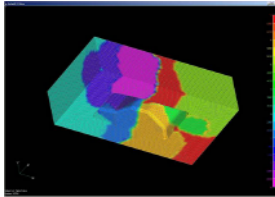
Обучение студентов

- **физические принципы аэро-гидродинамики (как наглядное пособие)**
- **Вычислительная гидродинамика**
- **Инженерные дисциплины**

Архитектура FlowVision

Декомпозиция расчетной

- Декомпозиция области проводится по графу задачи на основе программного комплекса MeTiS (ParMeTiS)
- Каждый процессор хранит только свои ячейки и дубликаты ячеек с других процессоров, которые являются соседними по грани/узлу



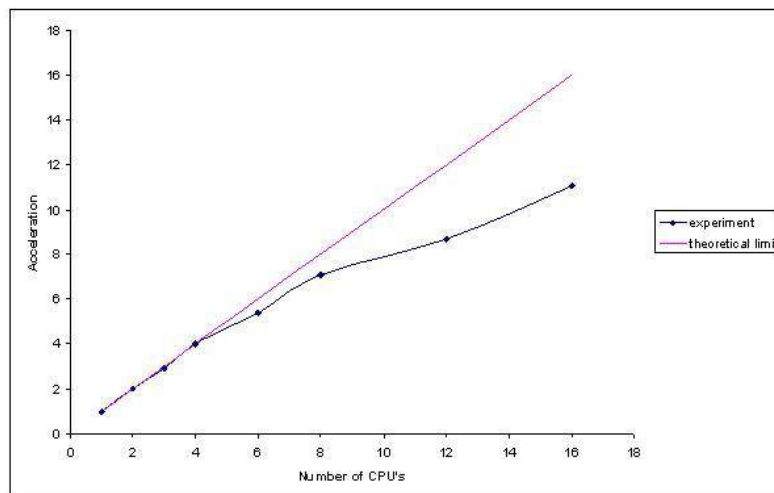
Пример: декомпозиция на 8 частей области вокруг автомобиля

Решение систем линейных

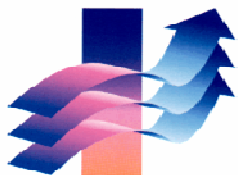
Математический алгоритм

- Перенумерация ячеек. На одном процессоре – для оптимизации профиля матрицы используется алгоритм RCM (Reversed Cuthill-McKee)
- Масштабирование системы уравнений
- Неполное треугольное разложение второго порядка точности, ILU2:
- $$A+E = L*U + L*R + W*U$$
- Итерационная схема Крыловского типа: алгоритм Ланцоша или GMRES.

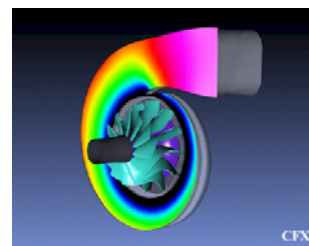
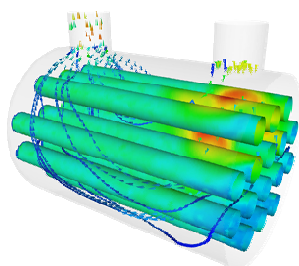
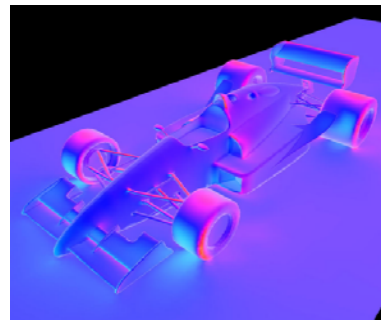
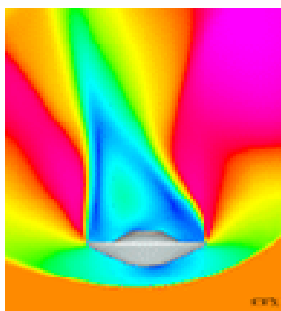
Решение систем линейных уравнений в FlowVision



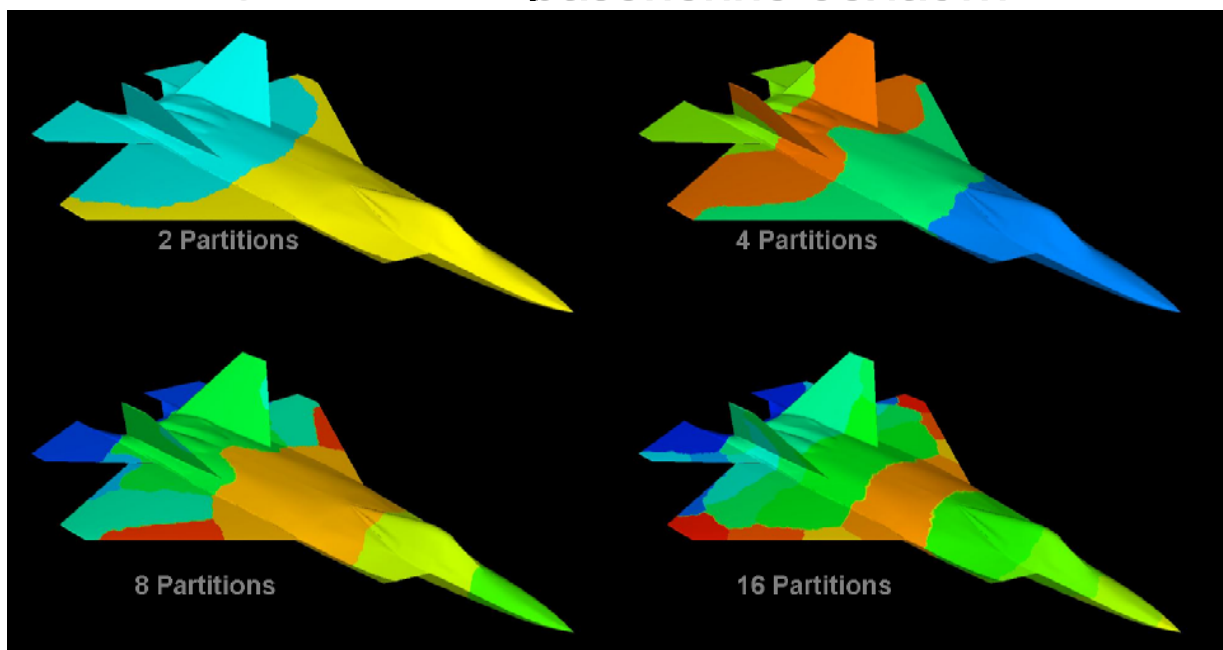
МФТИ (ФАЛТ). Кластер МВС-1000/16. FlowVision:
Масштабируемость для тестовой задачи



CFX

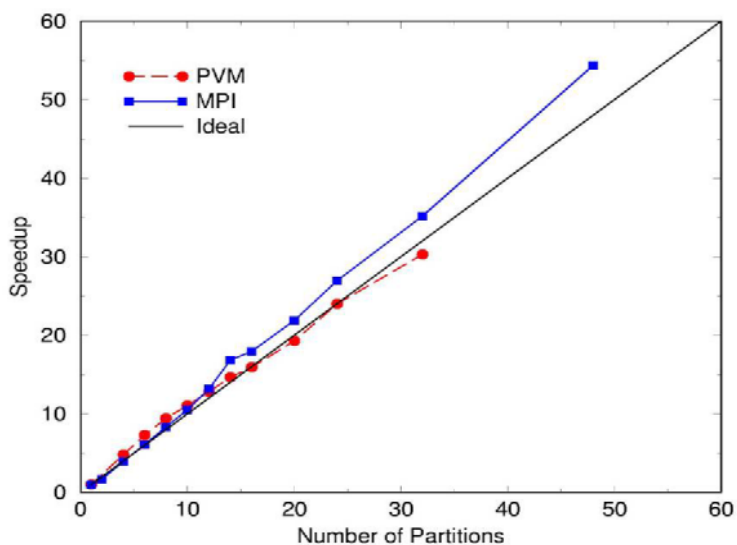


CFX: F22 – разбиение области



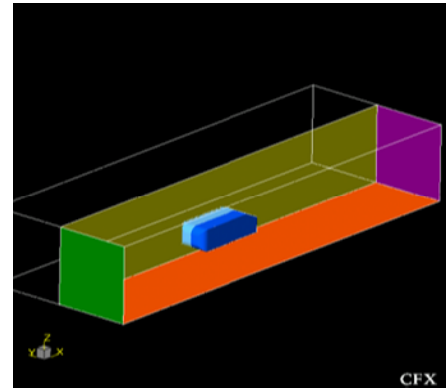
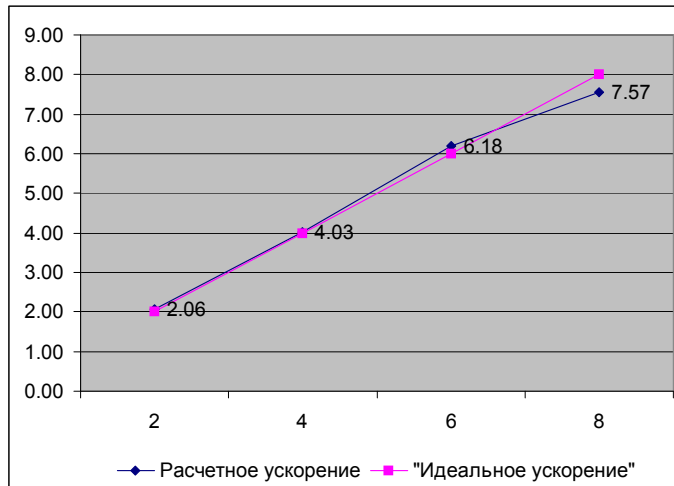
Тетрагональная сетка: 429.000 узлов, 2.600.000 элементов

CFX: F22 – параллельный расчет



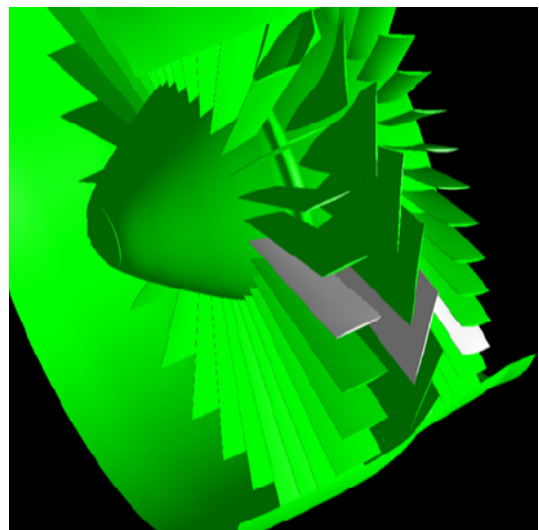
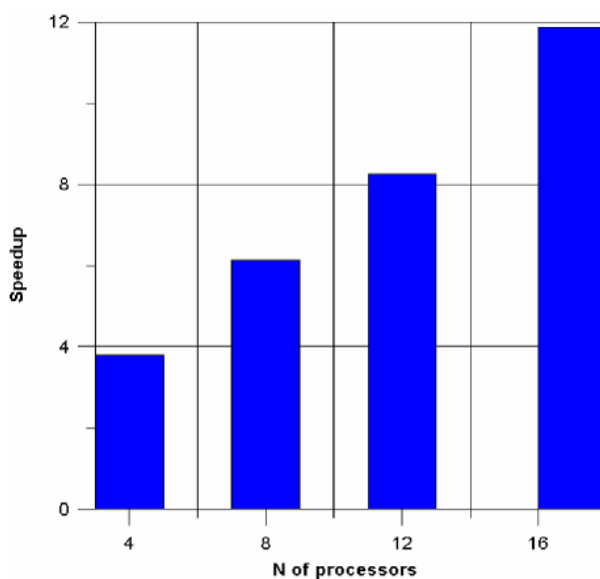
Анализ для 10 шагов по времени на 1 процессоре: 22.600 с
Параллельные вычисления на 48 процессорах: 420 с

Кластер 8 CPUs Intel Xeon 2.8 GHz



CFX: Модельная задача. Обтекание фургона.
426121 узел (2.212.288 элементов – тетраэдров и призм)

МВС-1000/16 (на основе Pentium 4)



МФТИ (ФАЛТ). CFX: расчет авиационного компрессора.
Сетка 1.900.000 ячеек

Выводы

- Рекомендуемая загрузка оперативной памяти – 80% - 90%
- Дополнительная память на перекрытие подобластей – до 20%
- Близкие результаты для коммуникационной сети Gigabit Ethernet и 100 Mb/s
- Лучшее ускорение для однопроцессорных узлов, чем для двухпроцессорных – до 20 %
- Ускорение больше для подробной расчетной сетки