

**FlowVision – вижу течение:
что вижу, то понимаю**

Так мы его задумали

Высокопроизводительные вычисления в промышленности (CFD)

А.А. Аксенов
к.ф.-м.н., ТЕСИС



FlowVision

Индустрия 4.0

Основная черта Индустрии 4.0 - производство вещей для конкретного потребителя, автоматизированное производство, цифровые фабрики.

А это значит, что:

- Разработчикам вещей нужен доступ к инженерному ПО и техподдержке как к сервису (концепция SaaS)
- Облачные высокопроизводительные вычисления

На западе проекты использования инженерного ПО в облаках:

- CloudFlow
- UberCloud experiment

Вывод : пока все плохо. Никто не хочет использовать и платить за HPC в облаках.

Главная проблема: легкий доступ к инженерному софту на суперкомпьютере (а не к суперкомпьютеру!), простой и понятный биллинг (как у сотовых операторов)

Светлое будущее настанет и к нему надо быть готовым!



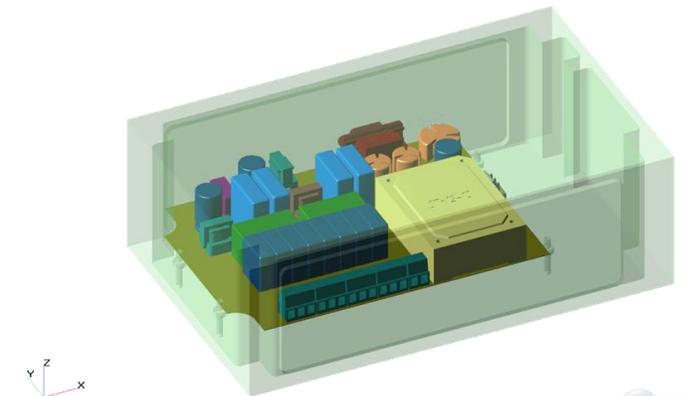
Вызовы промышленности перед инженерным ПО

- **Сложная физика, новые физические эффекты**
- **Необходимость учета сразу нескольких физических явлений (сопряженные мультидисциплинарные расчеты)**
- **Легкая доступность инженерного ПО на высокопроизводительных вычислительных ресурсах**
- **Автоматический поиск наилучшего конструкторского решения (оптимизация)**
- **Валидация и тестирование расчетных модулей и программ, единая доверенная база расчетных модулей**
- **Техническая поддержка и обучение промышленных пользователей**
- **Создание сертифицированных методик расчетов, позволяющих гарантированно получать достоверные результаты моделирования**

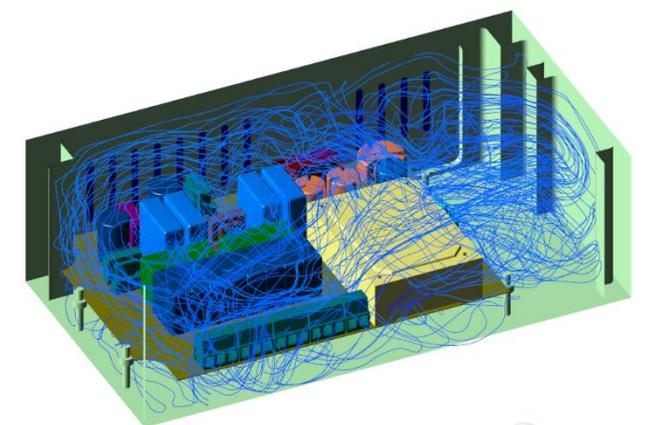


Пример: приборостроение, микроэлектроника

- теплообмен
- излучение (радиационный теплообмен)
- электромагнетизм (электромагнитный нагрев, электромагнитная совместимость),
- изменение характеристик полупроводниковых приборов из-за нагрева
- влияние ионизирующего излучения на работу микроэлектронных приборов
- прочностные и противоударные свойства приборов
- электрохимия (корродирование контактов)
- гидродинамика (покрытие подложек фоторезистом)
- акустическое засорение



FlowVision



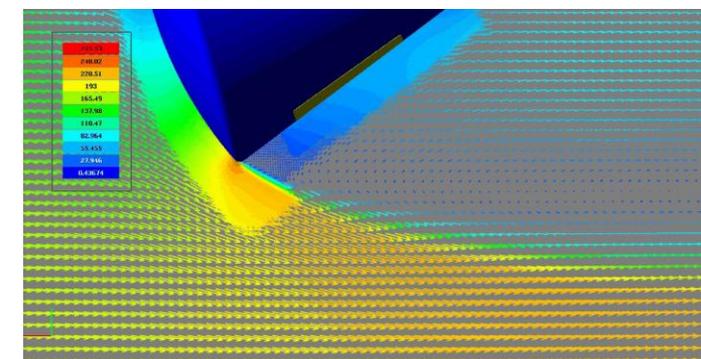
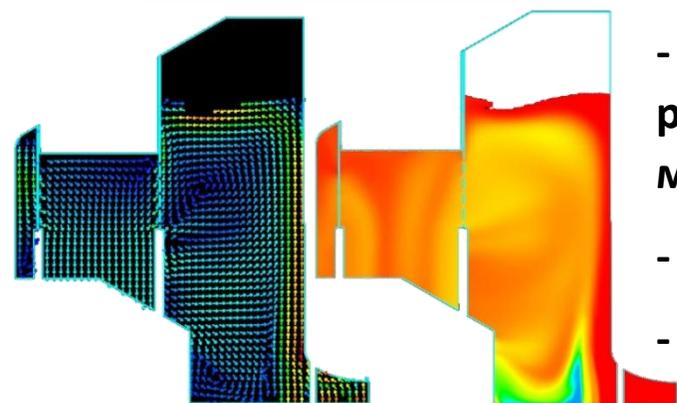
FlowVision



Пример: Машиностроение (Ракето- авиастроение, ядерная и тепловая энергетика)

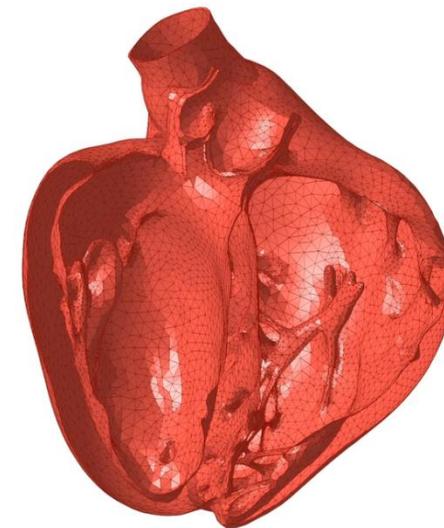


- гидрогазодинамика, аэродинамика
- аэродинамика разреженных газов
- радиационный теплообмен
- физико-химические превращения и горение
- нейтронная физика (ядерные двигатели, реакторы, биологическая защита реактора, экипажа обитаемых космических аппаратов)
- электромагнетизм (ионные двигатели, распространение радиоволн через плазму вокруг спускаемого аппарата, магнитная тепловая защита)
- прочность, расчет вибраций
- теплообмен



Пример: Человек, медицина

- Гидродинамика крови, лимфы, течение воздуха в легких
- Распространение аэрозолей в носовых пазухах, лекарств, вирусов и наноботов в крови
- Моделирование движения мягких и твердых органов (мышцы, скелет)
- Теплообмен излучением, испарением, конвекцией
- Моделирование лекарств (квантовая механика)
- Влияние ионизирующего излучения (космические полеты, работа вблизи источников радиационного заражения)
- моделирование искусственных органов (протезы, сердце, слуховые аппараты)

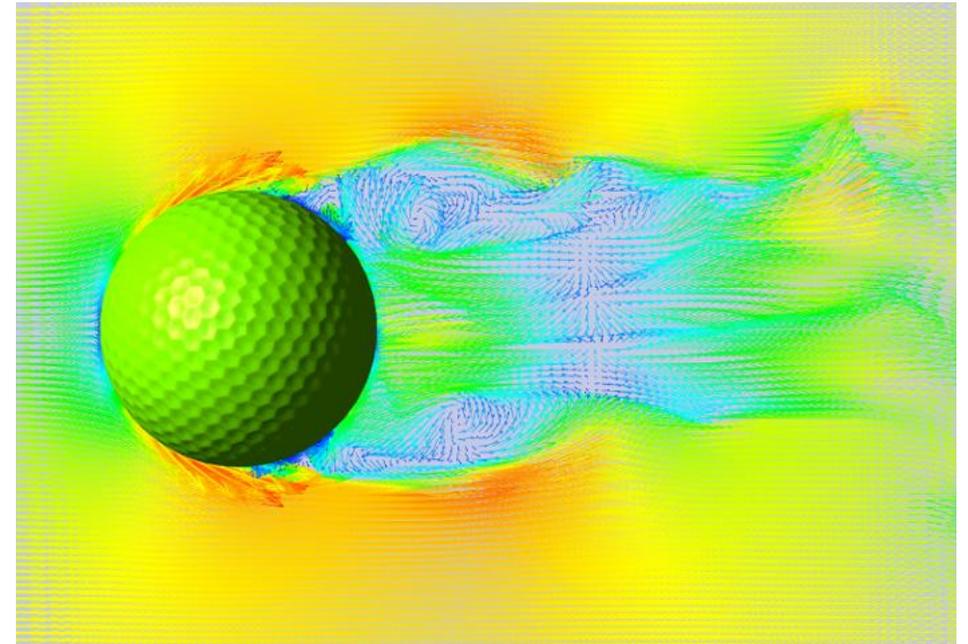


Зачем нужны суперкомпьютеры для вычислительной гидродинамики?

- Решение сложных задач с большим количеством важных и мелких деталей
- Решение большого количества сложных задач
- Решение численной задачи оптимизации
- Моделирование турбулентного движения жидкости «напрямую» (DNS)

Однако...

- Время суперкомпьютера дорого, поэтому эксперимент может быть дешевле моделирования (!), но...
- Расчет нужен– чтобы понять эксперимент

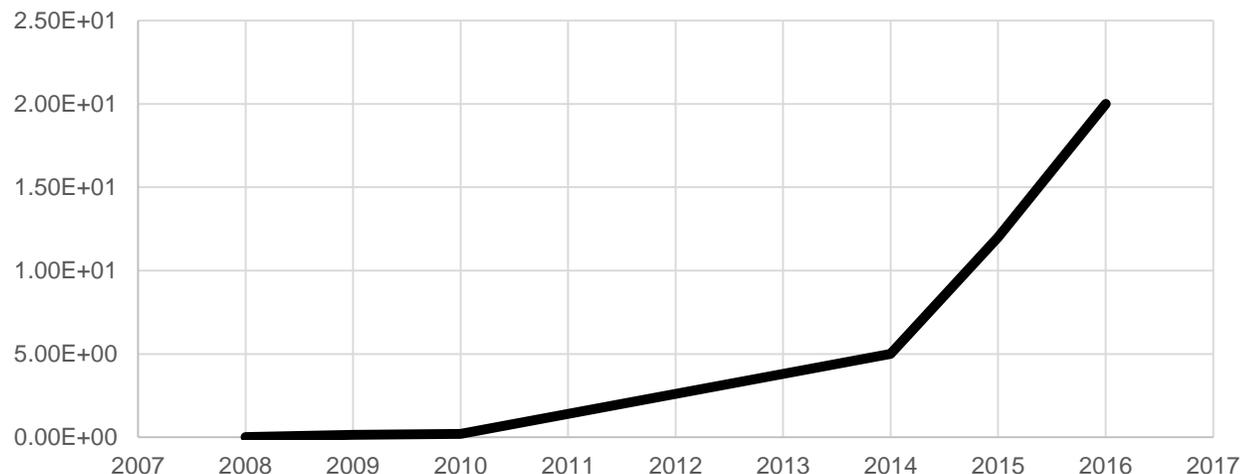


Наш опыт CFD-расчетов за 25 лет: рост расчетной сетки



Пример: Потребление компьютерных ресурсов

Млн ядро-часов



**Распределение по заказчикам ТЕСИС
(только проведение заказных работ)**

Роскосмос	- 35%
Росатом	- 40%
Остальные	- 25%

Последние классы решаемых задач, требующие суперкомпьютерных ресурсов

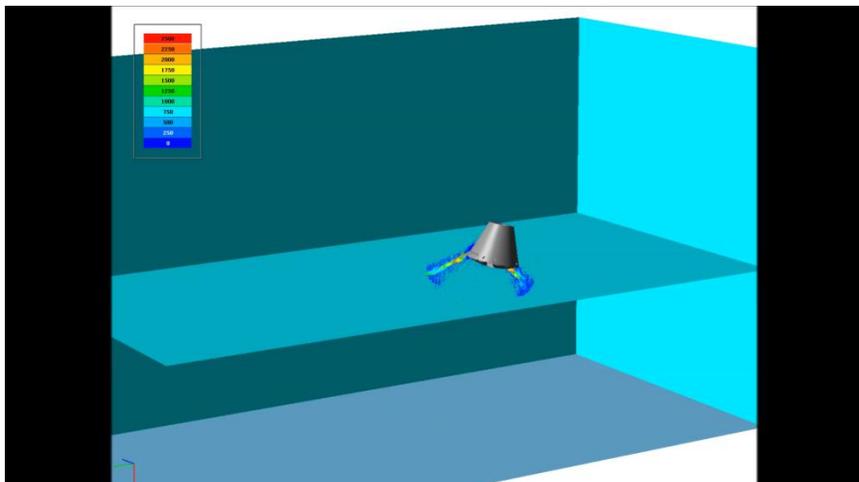
- **Нестационарные задачи газо-гидродинамики со сложной физикой**
(много шагов по времени)
- **Вихреразрешающие расчеты (пульсации давления, акустика, вибрация)**
(большие сетки, много шагов по времени)
- **Моделирование аэрогидродинамического сопротивления хорошо обтекаемых тел с учетом отрыва пограничного слоя (самолет, ракета, судно)**
(сильное разбиение расчетной сетки вблизи отрывов)



Промышленный CFD код FlowVision



FlowVision: численное моделирование задач газогидродинамики в промышленности и науке



- Полностью автоматическая генерация расчетной сетки с локальной динамической адаптацией
 - Разрешение пограничных слоев - без ограничения на сложность поверхности
 - Моделирование взаимодействия жидкости/газа с подвижными и гибкими конструкциями
-
- Моделирование движения многофазной жидкости с контактными границами
 - Широкий спектр физических моделей (турбулентность, массоперенос, химия, горение, дисперсные фазы)
 - Моделирование задач турбомашиностроения, секторная постановка
 - Проведение расчетов на современных суперкомпьютерах с гетерогенным параллелизмом (> 10⁴ ядер, > 1e8 ячеек)



Отличительные характеристики FlowVision

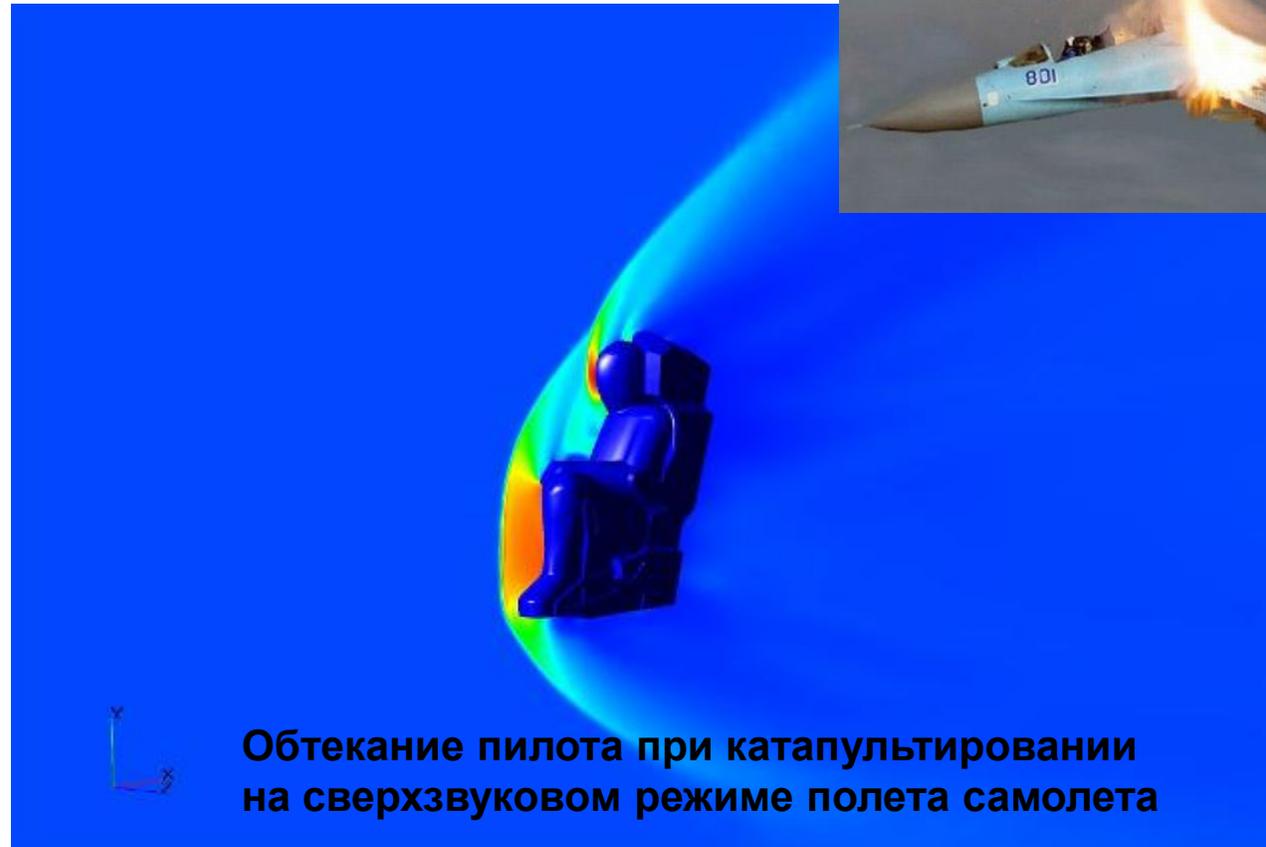


- **Быстрое получение результатов моделирования за счет:**
 - Полностью автоматической генерации расчетной сетки, реализация концепции «расчетная сетка есть решение»
 - Возможностью уточнять решение по мере необходимости, чтобы реализовать концепцию «исследования сходимости по расчетной сетке»
 - Простой пользовательский интерфейс, реализующий создание расчетного проекта на базе концепции «геометрия->математическая модель->решение»
- **Сильная обратная связь Пользователь->Разработчик FlowVision**
 - «I am confident that FlowVision team will give us the best support there is. As a matter of fact, that was one of the key reasons we decided to get the program. A good program requires good support”
Pedro Bastias, Trelleborg, USA.
- **FlowVision не боится тяжелых задач...** все простые уже разобраны нашими конкурентами



FlowVision – сделано в России

- Разрабатывается в компании ТЕСИС (г.Москва)
- Ядро команды - научная школа академика О.М.Белоцерковского
- Начало разработки FlowVision – 1991г.
- Основные разработчики
- выпускники
МФТИ, МГУ, МАИ,
МГТУ им. Баумана



Обтекание пилота при катапультировании на сверхзвуковом режиме полета самолета

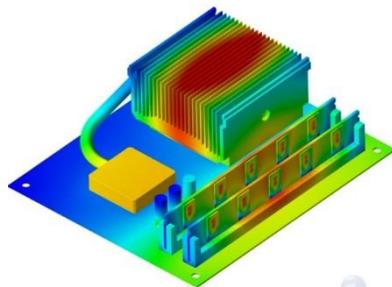


Решаемые задачи - промышленность, медицина, спорт

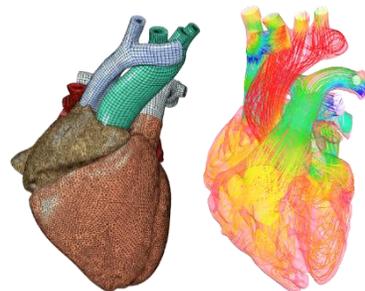
Авиастроение



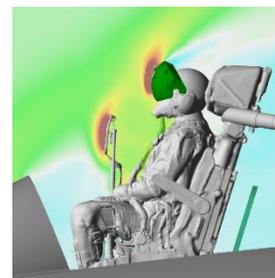
Электроника



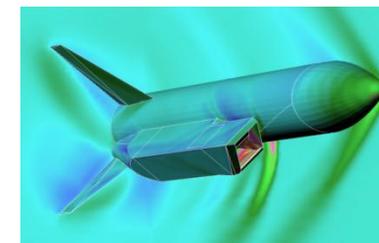
Медицина



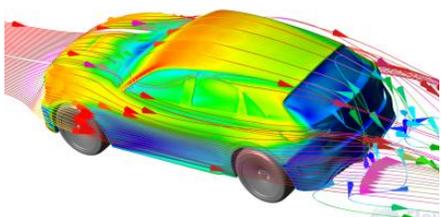
Спец.изделия



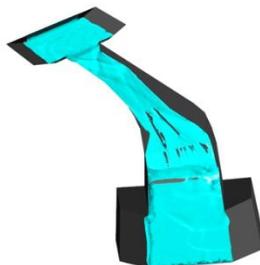
Ракетостроение



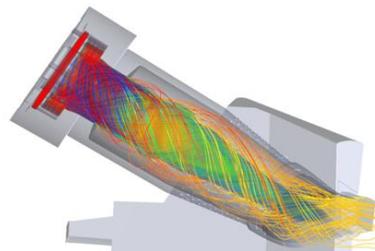
Автомобилестроение



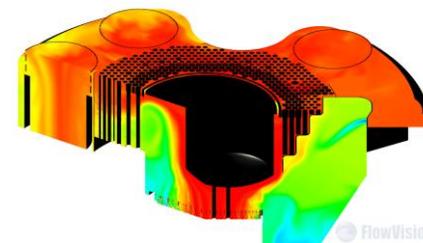
Промтехбезопасность



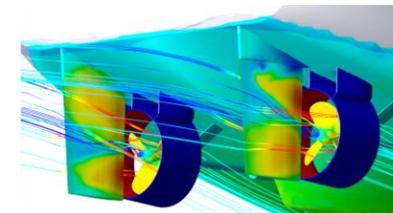
Энергетика



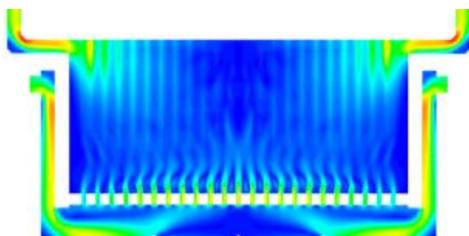
Атомная энергетика



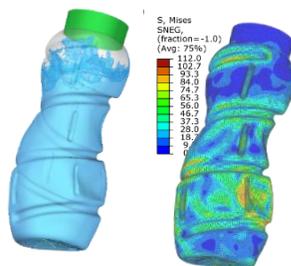
Судостроение



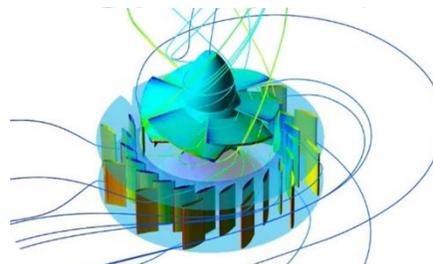
Вентиляция



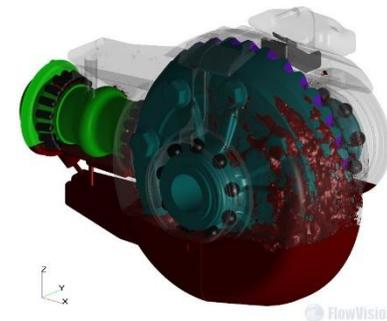
FSI



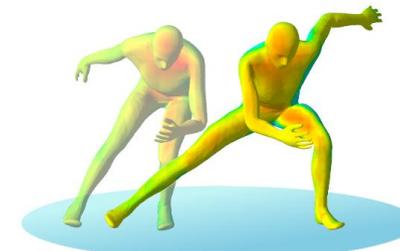
Турбомашиностроение



Детали машин



Спорт



FlowVision-3 проектировался сразу под параллельные вычисления

- Клиент-серверная архитектура
- Пользователь Windows может легко работать на Linux кластере без каких-либо знаний Linux
- Несколько пользователей могут одновременно работать с одним проектом FlowVision



Управление проектом

Передача графических метаданных

Графические метаданные это «сырье» для изображения объектов в постпроцессоре (набор треугольников, линий и точек)

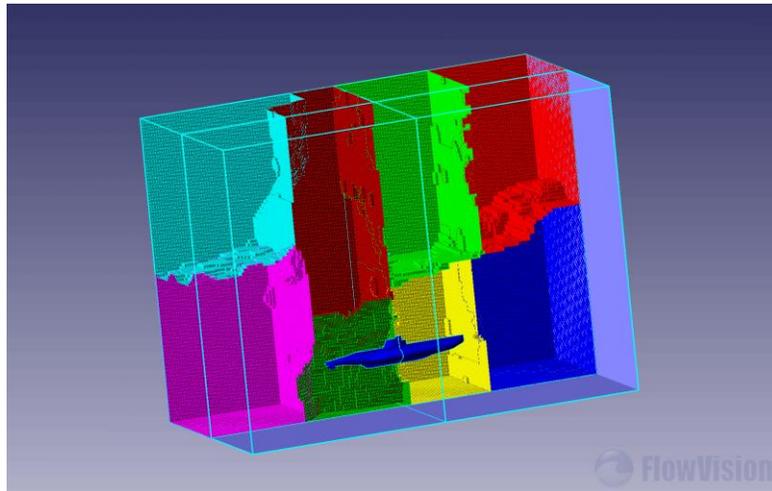


Воспроизведение метаданных

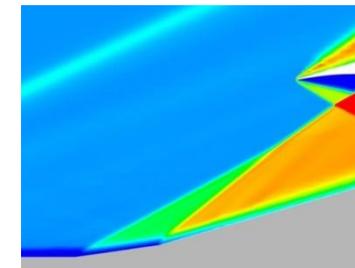
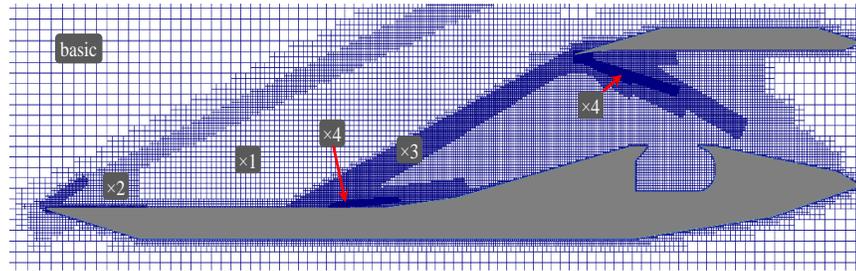
- Быстрая визуализация CFD результатов, полученных на кластере
- Возможность визуализации больших проектов FlowVision для нескольких потребителей



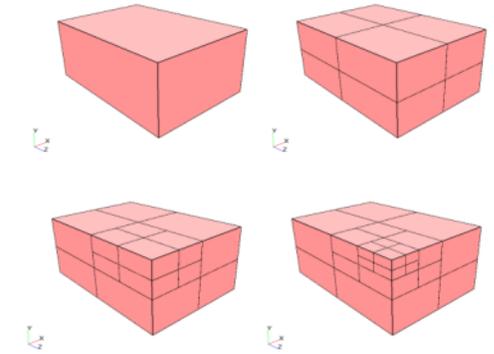
Автоматическая генерация расчетной сетки



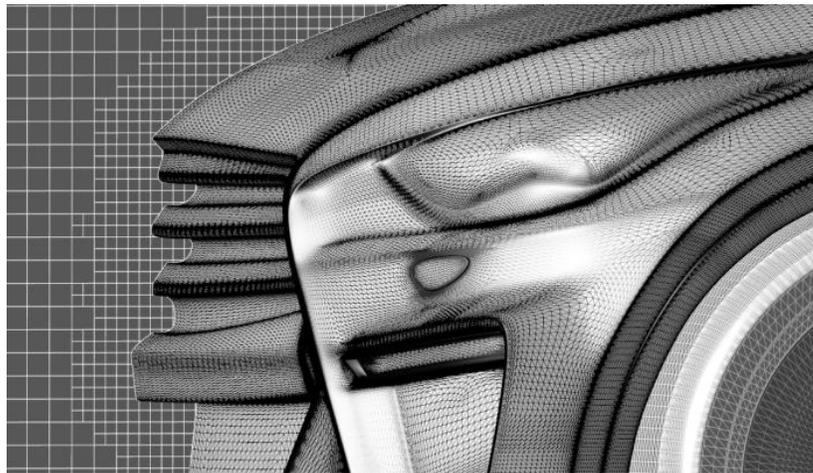
Распараллеливание процесса построения расчетной сетки: цветом отображена расчетная зона для каждого ЦП компьютера



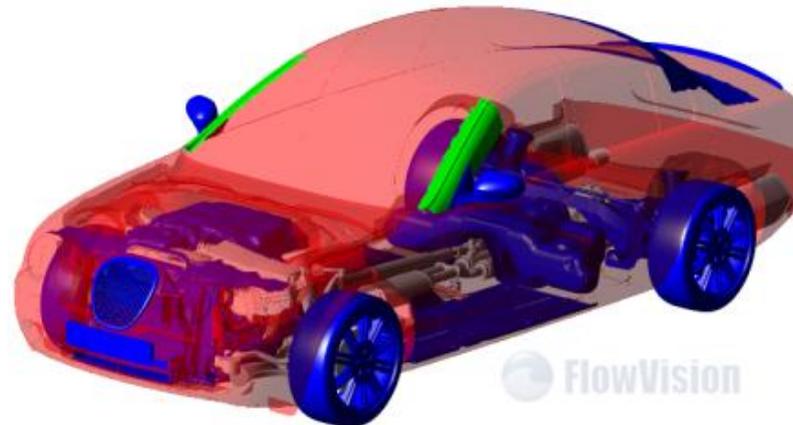
Автоматическая адаптация сетки: по границе, в объеме, по переменной или ее градиенту



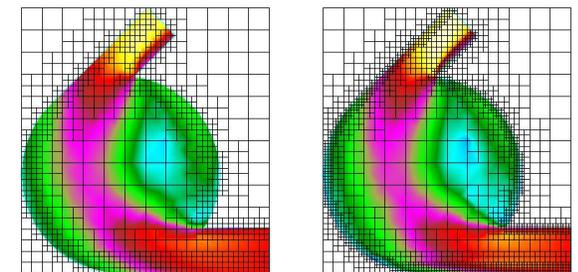
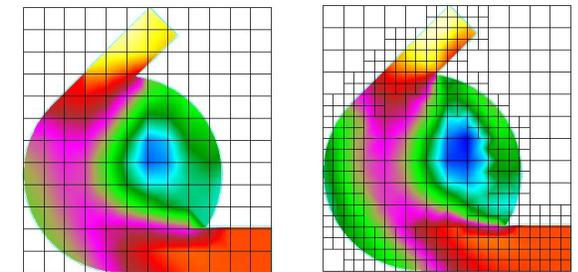
Подсеточное разрешение геометрии, автоматическая локальная адаптация сетки

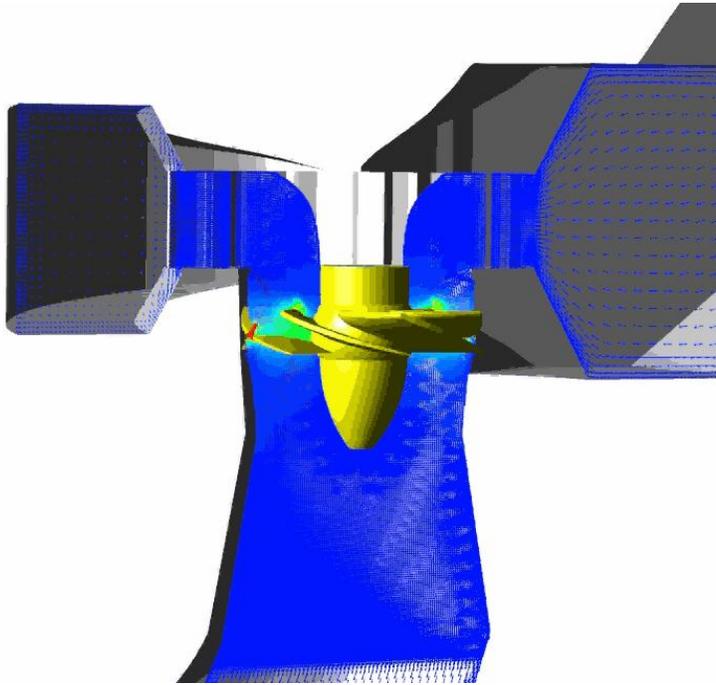


Детализация представления геометрической модели и расчетной сетки не связаны



Учет особенностей сборок: обработка зазоров, пересечений, совпадающих поверхностей, Т-образных соединений, кривизны

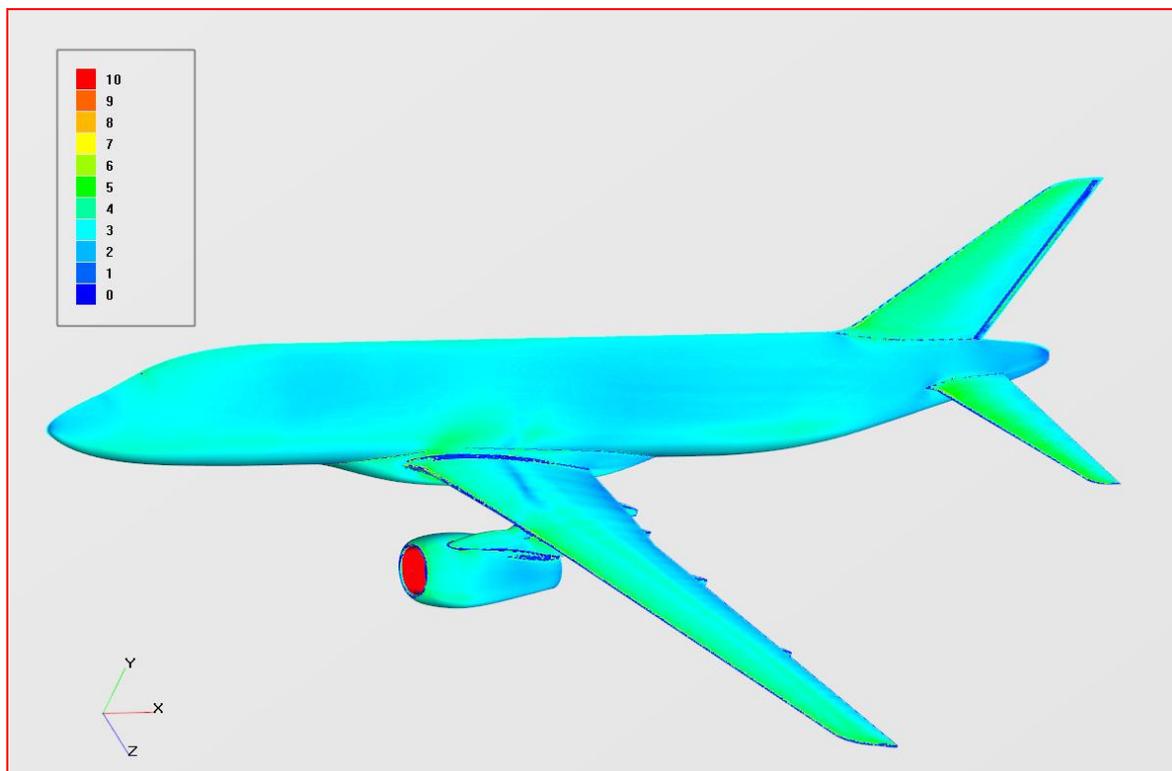




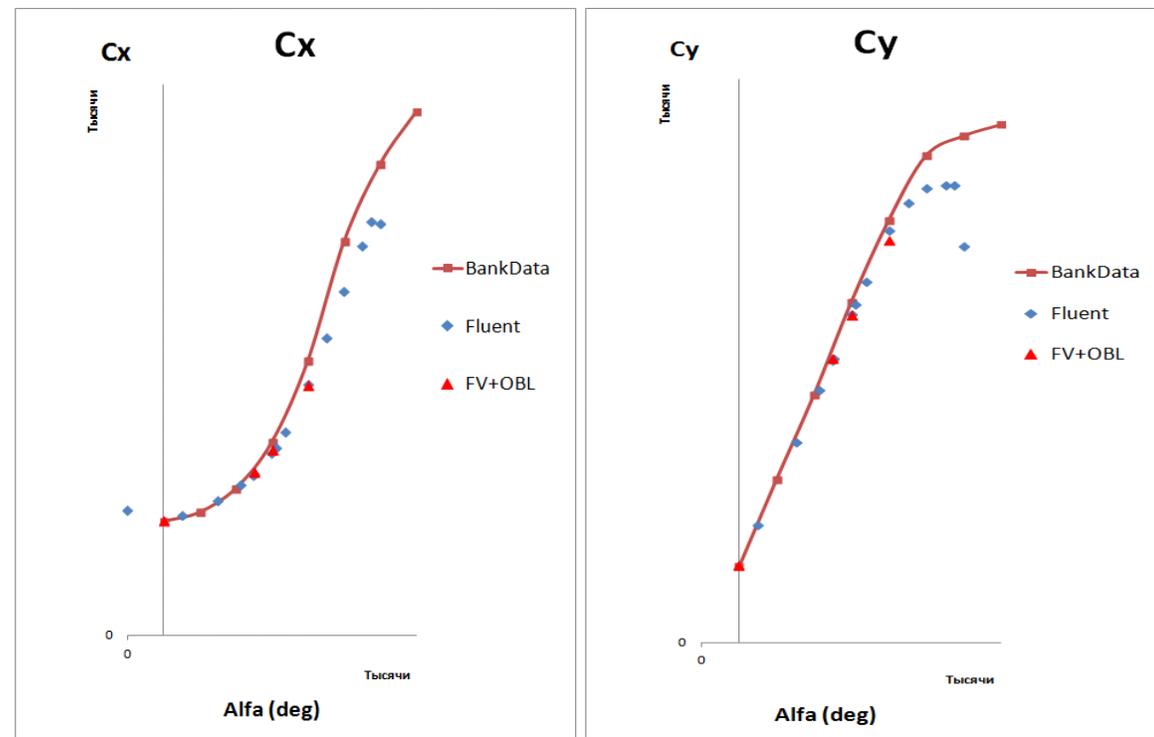
Примеры применения CFD кода FlowVision в промышленности



Моделирование обтекания пассажирского самолета SSJ



Значение по поверхности $Y^+=2-4$ (при использовании OBL)



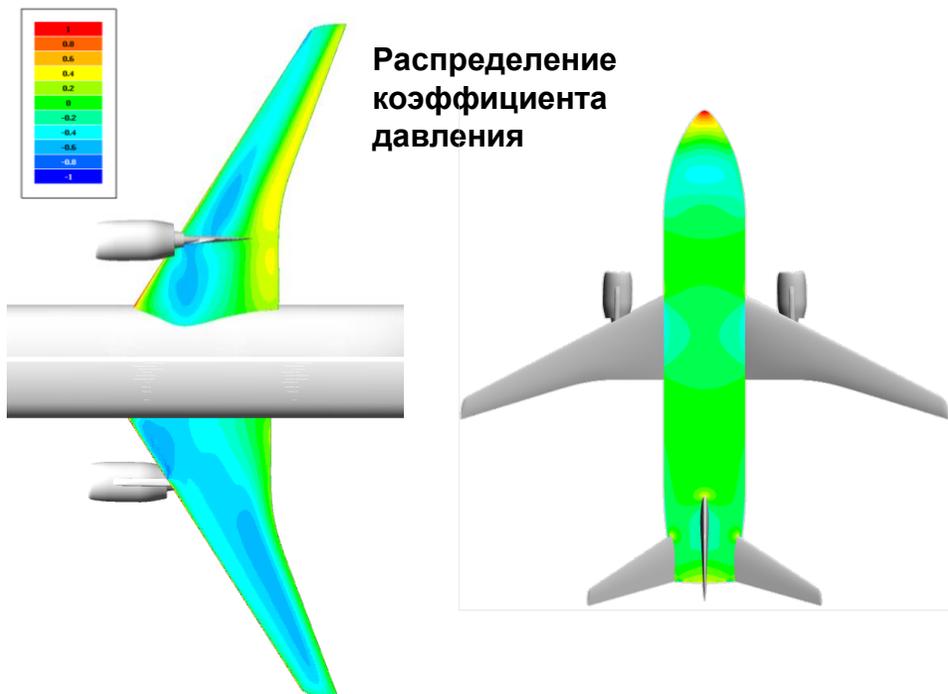
C_x и C_y как функции угла атаки



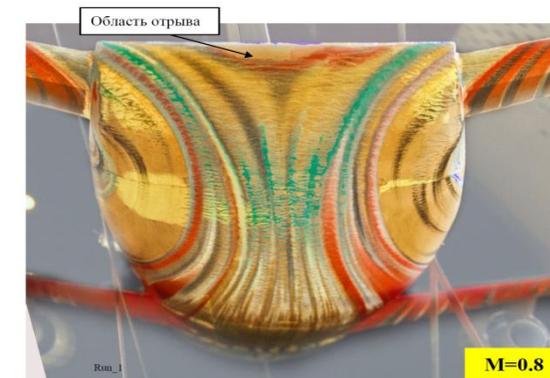
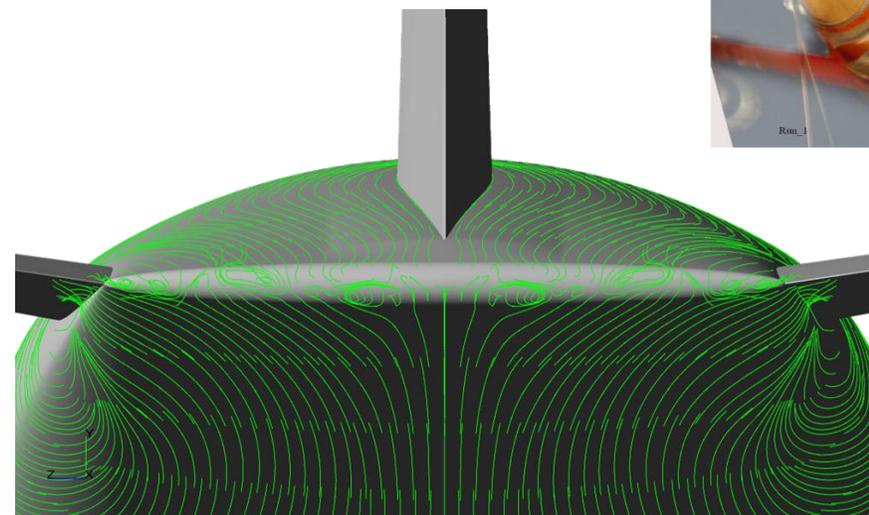
Расчет обтекания самолета Frigate Ecojet



- Первый самолет с эллиптическим фюзеляжем
- Расчет с учетом работы двигателей



Линии тока вдоль фюзеляжа

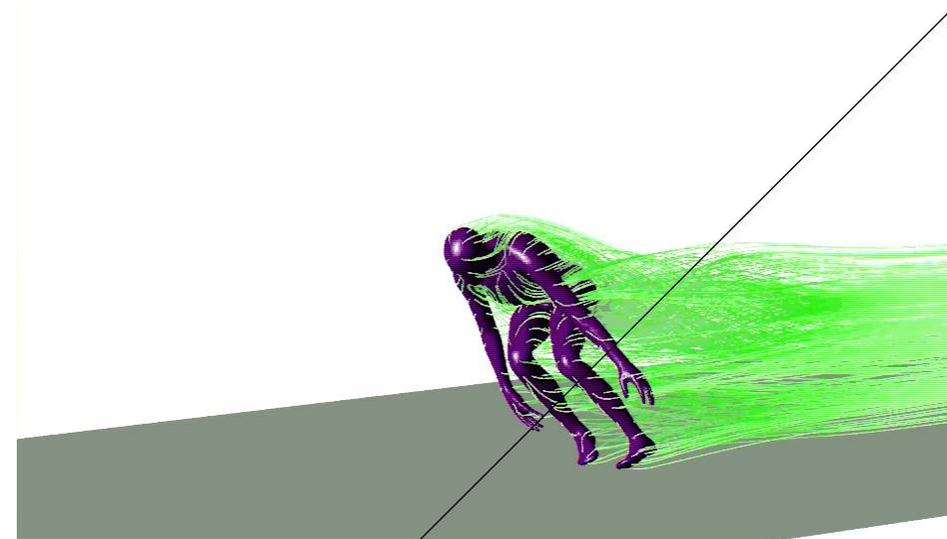
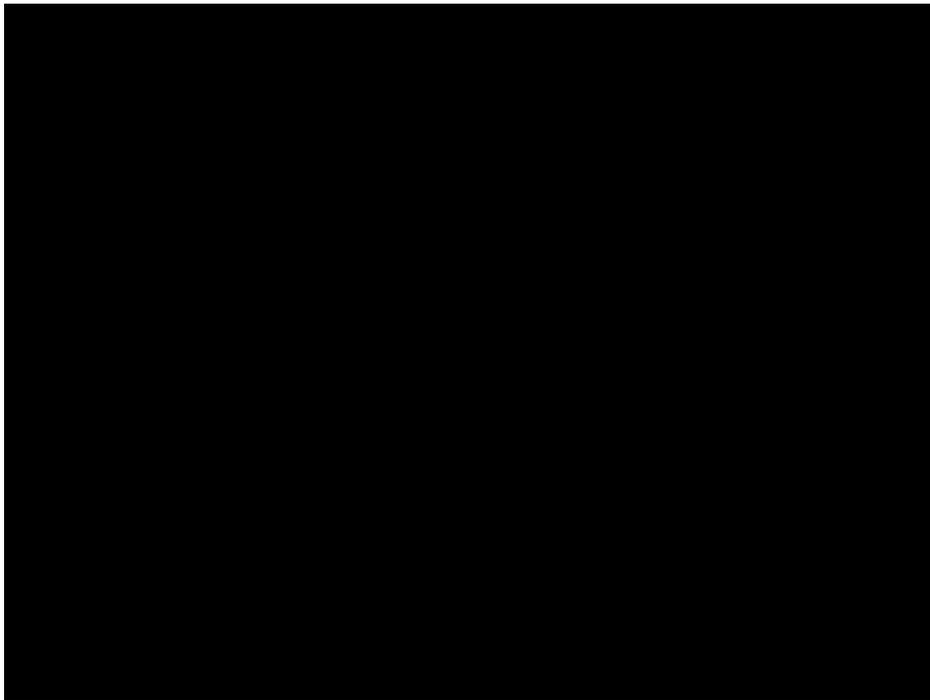


- Количество расчетных ячеек – 25 млн
- Количество используемых ядер - 256
- Время расчета – до 1-х суток



Обтекание конькобежца

- Motion capture
- Подмена деформируемой модели человека на каждой итерации по времени

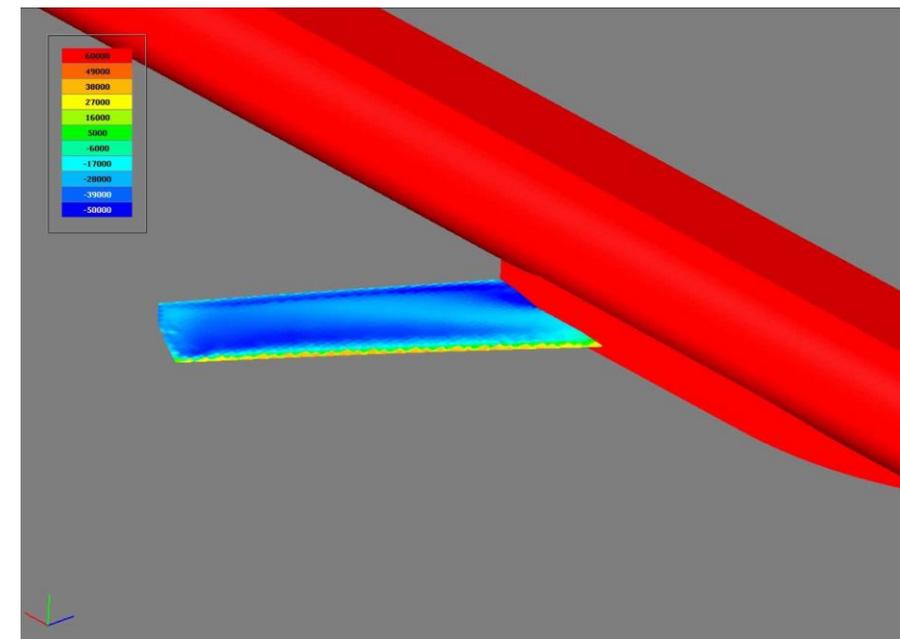
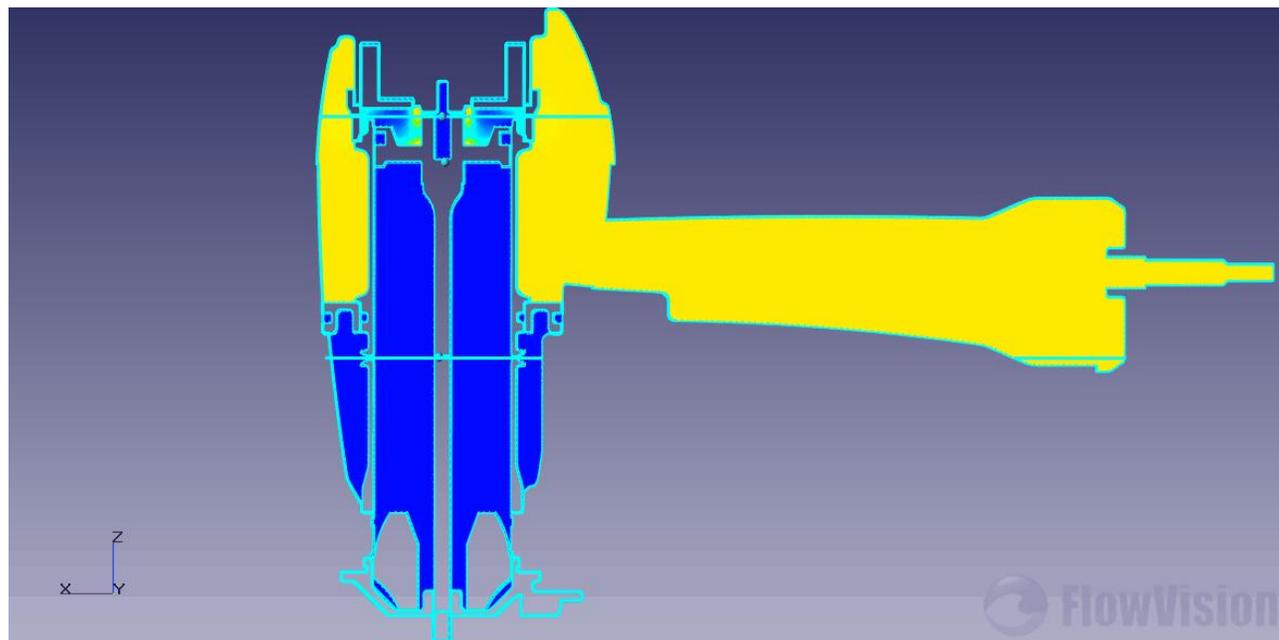


Решение задач взаимодействия жидкости и конструкции

Пневмомолоток



Флаттер крыла ракеты



Заключения

1. Суперкомпьютеры – ключ в получении преимуществ в конкуренции технологий между странами.
2. Несмотря на неграмотных банкиров, обвиняющих Россию в технологическом отставании, в кризисном 2015 году мы видим скачок к использованию суперкомпьютерных ресурсов.
3. Что необходимо делать сейчас:
 - a. Создание суперкомпьютерных облаков (на западе: CloudFlow, UberCloud – пока убогие проекты, но они есть!)
 - b. Создание инфраструктуры доступа к суперкомпьютерным облакам через виртуальные организации, провайдеры доступа
 - c. Оснащение ЦОД-ов лицензиями необходимых программ – желательно отечественных
 - d. Создание рабочей группы/комиссии/альянса для лоббирования создания такой инфраструктуры доступа в правительстве (ФЦП)

