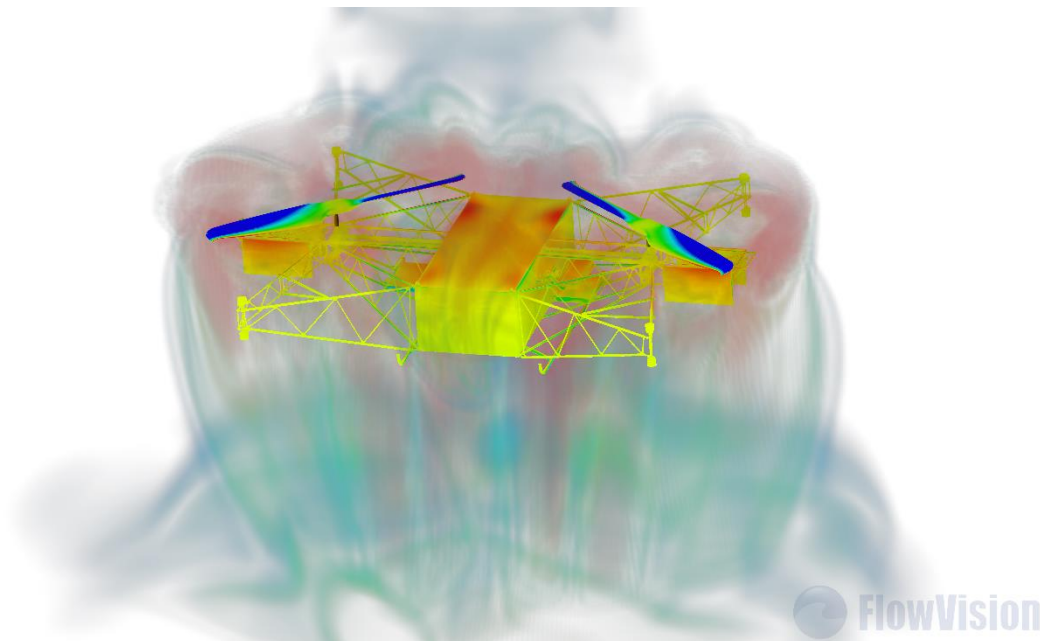


**FlowVision – вижу течение:
что вижу, то понимаю**

Так мы его задумали



FlowVision: Развитие



FlowVision

А.А. Аксенов
к.ф.-м.н., ТЕСИС



FlowVision

Компания ТЕСИС

И может собственных Ансисов
Земля Российская рожать
Акад. М.В. Ломоносов

- Российская инжиниринговая компания – 24 года на рынке поставки и разработки высокотехнологического инженерного матобеспечения
- Разработка и поставка программного комплекса FlowVision для решения задач вычислительной гидродинамики и высокопроизводительных вычислений в промышленности
- FlowVision востребован в России на предприятиях Роскосмоса, ОПК, Росатома и зарубежом – Китай, Индия, США, Евросоюз.
- ТЕСИС разрабатывает FlowVision в тесном сотрудничестве с промышленными предприятиями, Российской академией наук и отраслевыми НИИ (ЦАГИ, ВТИ, ОИВТ РАН)



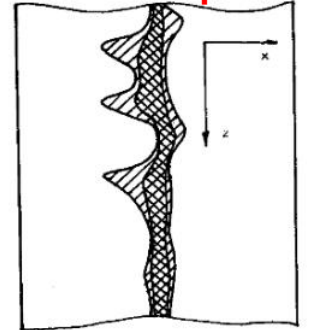
FlowVision – история

- Первые работы (для НПО Энергии, руководитель – космонавт А.А. Серебров) – исследование гидродинамики установок для производства белка в условиях невесомости. ¹⁾
- Начало разработки FlowVision 1.0 – ИАП РАН, 1991г. Новые заказчики – чистые комнаты, очистка дымовых газов, горелки для ТЭЦ.
- 1999 года – коммерциализация разработки в компании ТЕСИС (FlowVision 2.01.01). ²⁾
- 2007 год - выход параллельной версии FlowVision 3.01.01

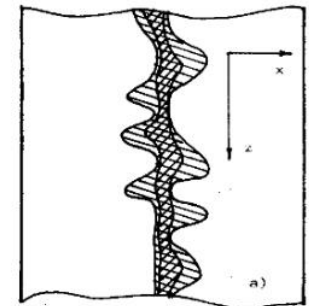
¹⁾ Aksenov A.A., Gudkovsky A.V., Serebrov A.A. Electrohydrodynamic instability of fluid jet in microgravity// Proc. of 5th Int. Symp. on Computational Fluid Dynamics (ISCFD), Aug. 31 - Sept. 3 1993, Sendai, Japan. Japan Society of Computational Fluid Dynamics, Vol. 1, P. 19-24.

²⁾ A. Aksenov, A. Dyadkin, V. Pokhilko. Overcoming of barrier between CAD and CFD by modified finite volume method. Proc. 1998 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, San Diego, ASME PVP-Vol. 377-1

Эксперимент



Расчет



ЭГД неустойчивость
струи биопрепарата



Концепция FlowVision

- Передача и внедрение научных знаний в промышленность: сделать сложные научные знания простыми в использовании.
- Удешевление проведения расчетов за счет автоматизации действий пользователя=> Быстрое получение результатов моделирования
- Гибкое внедрение в существующий процесс разработки изделий

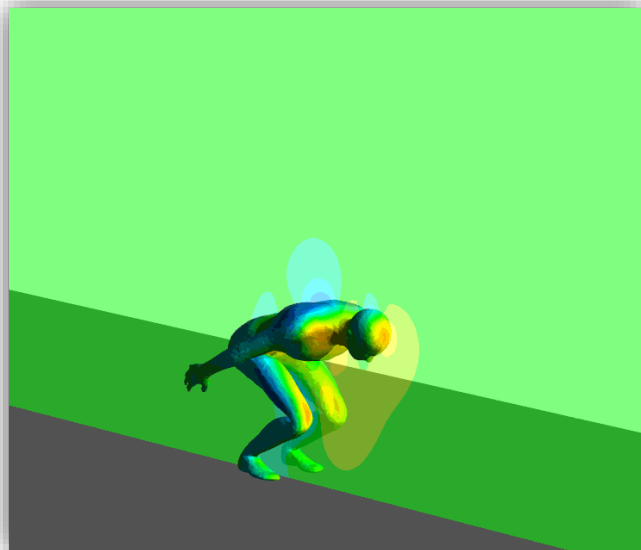


FlowVision

- Смешанная параллельность (MPI+OpenMP)
- C++
- База тестов – более 1000
- Техподдержка
- Инструкция пользователя на 2000 стр
- Учебник – десятки примеров
- Возможность автоматизации методики расчета



FlowVision: отличительные черты



- Полностью автоматическая генерация расчетной сетки с локальной динамической адаптацией
- Разрешение пограничных слоев, сетка типа «химера» - без ограничения на сложность поверхности
- Моделирование взаимодействия жидкости/газа с подвижными и гибкими конструкциями

**Технология Motion Capture и FlowVision.
Для олимпийских игр Сочи 2014**

- Моделирование движения многофазной жидкости с контактными границами
- Широкий спектр физических моделей (турбулентность, массоперенос, химия, горение, дисперсные фазы)
- Проведение расчетов на современных суперкомпьютерах с гетерогенным параллелизмом ($> 10^4$ ядер, $> 1e8$ ячеек)



FlowVision: формальности

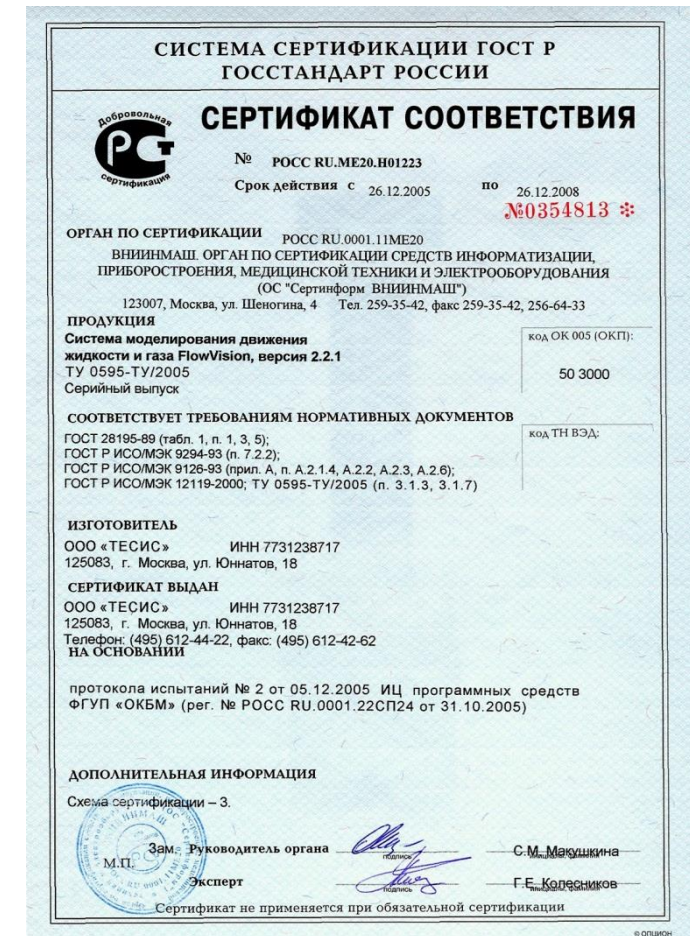


✓ Зарегистрирован в Российском
Агентстве по патентам
(свидетельство
№ 990672)

✓ Зарегистрирован в реестре
русских программ

✓ Сертифицирован в системе
сертификации ГОСТ Р
(сертификат № РОСС
RU.ME20.H01223) на
соответствие требованиям:

- *ГОСТ 28195-89,*
- *ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 9294-93,*
- *ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93,*
- *ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000,*
- *ТУ 0595-ТУ/2005*



Партнеры FlowVision

Наука и университеты

- ОИВТ РАН
(совместная лаборатория)
- ЦАГИ
- ЦИАМ
- МФТИ
- МГУ
- ЮуРГУ
- САФУ
- Free University of Brussels

Суперкомпьютеры

- НИВЦ МГУ
- ЮУрГУ
- НИЦЭВТ
- НИЦ Курчатовский институт
- ОИВТ РАН

CAD, PLM, междисциплинарные задачи

- Аскон
- Топ Системы
- Сигма Технология
- АПМ
- Фидесис
- РФЯЦ-ВНИЭФ



Интеграция и Междисциплинарные задачи

Взаимодействие жидкости (газа) и конструкций
1 и 2-стороннее связывание,
решения сильных задач FSI

ABAQUS (Dassault), АПМ,
NASTRAN (MSC), ФИДЕСИС

Акустика

LMS Virtual.Lab:

Биологическая защита атомных
реакторов

TORT (нейтронная физика):

Поиск наилучших конструкторских
решений (оптимизация)

IOSO (оптимизатор и интегратор)

Визуализация

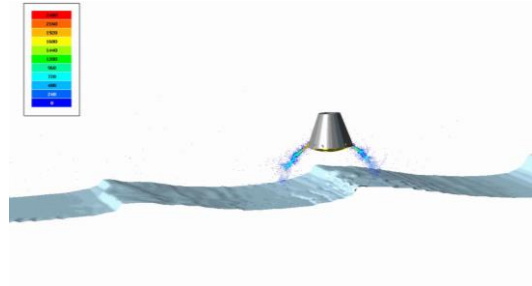
EnSight (CEI)



Участие в проектах

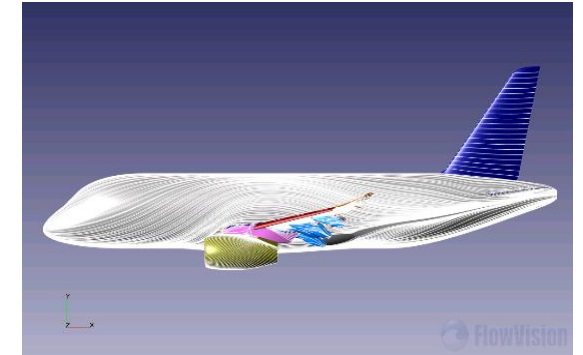
От Космоса...

Космический корабль «Федерация»



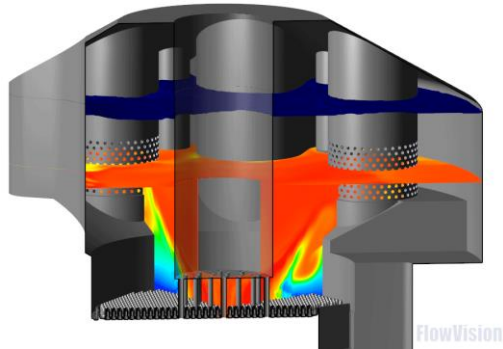
Авиации...

Самолет SSJ

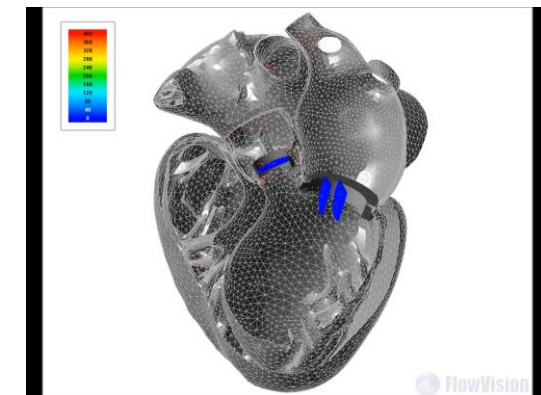


Ядерных реакторов...

Автомобильных
шин...



До человека!
Живое Сердце (LHR)



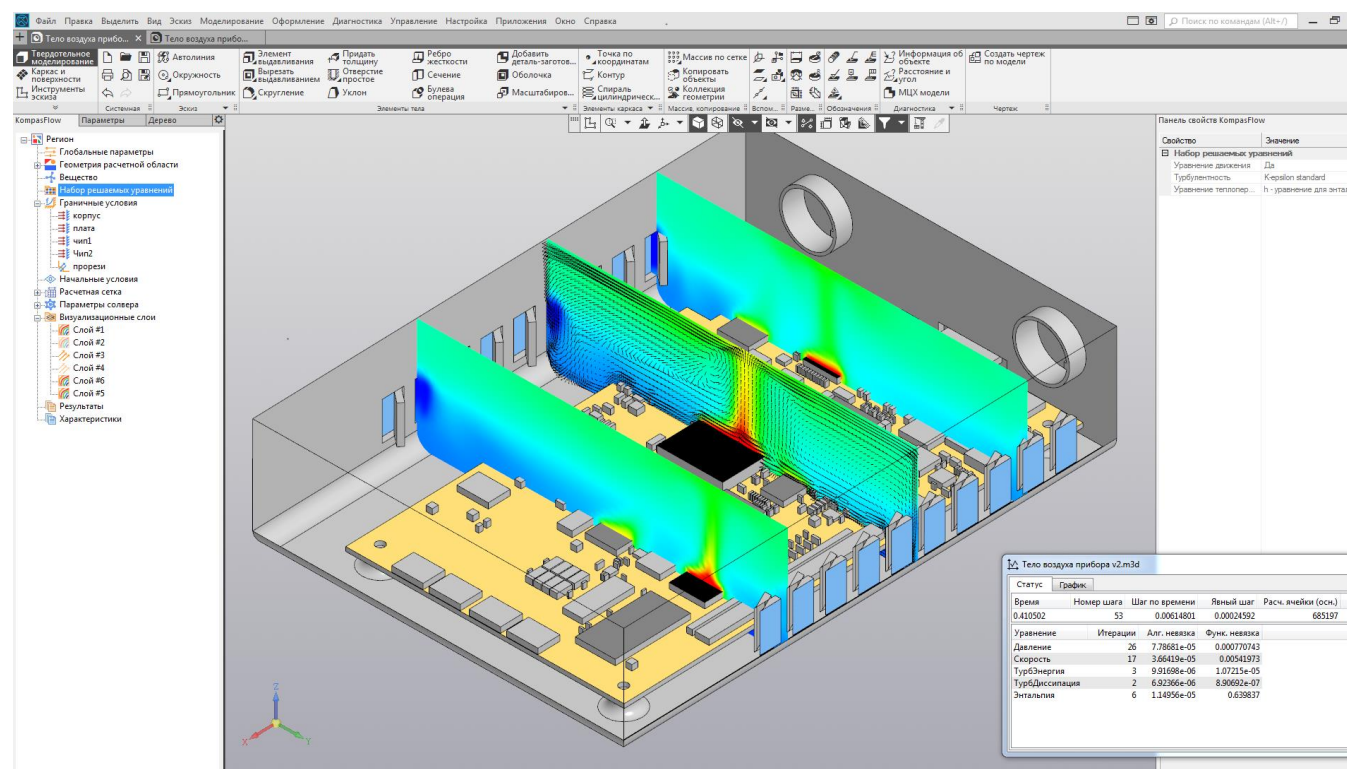
Консорциум РазвИТие

- Задача консорциума – создание тяжелой отечественной PLM системы на уровне лучших западных образцов
- Участники
 - Аскон – 3D моделирование и PLM-система
 - Тесис – FlowVision, 3DTransVidia
 - АПМ – WinMachine, расчет прочности
 - Адем – технологическая подготовка, производство
 - Эремекс – DeltaDesign – проектирование электронных устройств



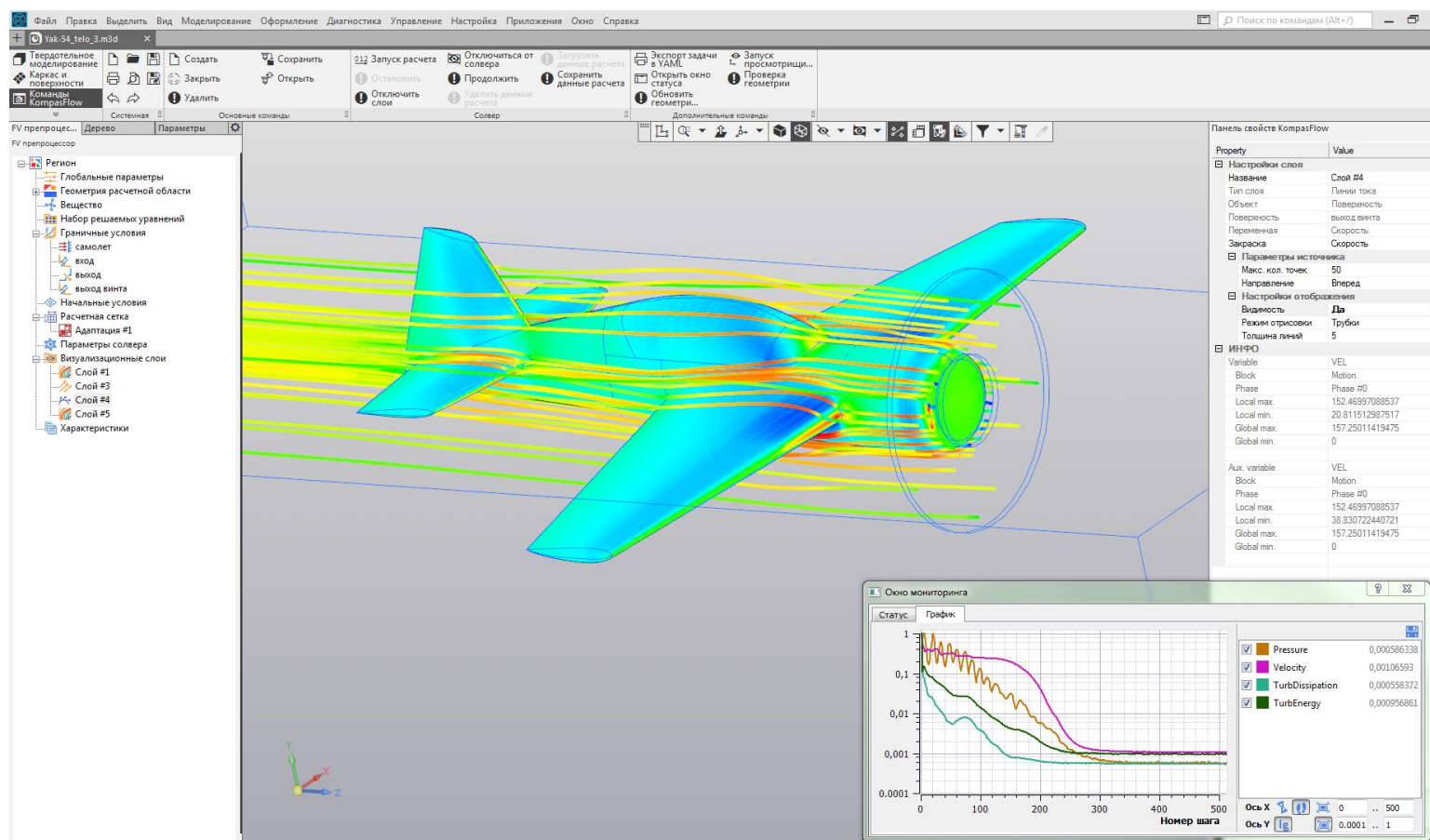
FlowVision – участник консорциума Аскона

- Усиление САЕ-решений Консорциума – функционал для расчета движения жидкости, газа и плазмы для виртуальных испытаний изделий в течение всего ЖЦ
- Интеграция с другими программами для решения задач
 - Взаимодействие жидкости и конструкций (с WinMachine)
 - Охлаждения микроэлектронной аппаратуры (с DeltaDesign)



КомпасFlow – новый продукт

- КомпасFlow – это FlowVision, встроенный в КОМПАС-3D
- Функционал для CFD расчета с целью оптимизации конструкции, не выходя из окна Компас-3D
- Функционал как «экспресс-анализа», так и «тяжелых расчетов»



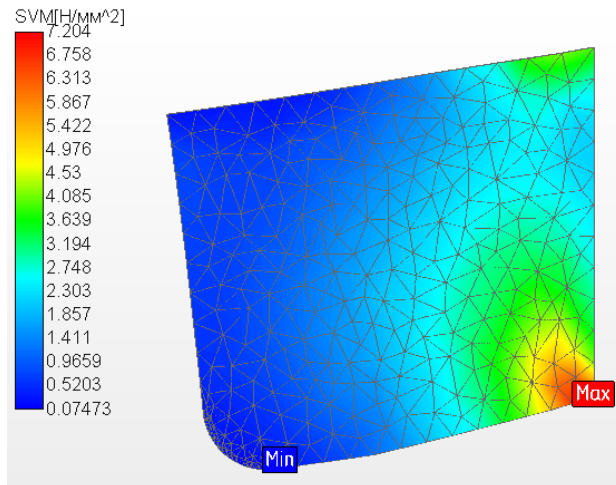
Связь с WinMachine

- Проведение расчетов взаимодействия деформируемых структур с жидкостью/газом (FSI-задачи)
- Некоторые возможности WinMachine позволяют моделировать FSI-задачи лучше, чем с западными аналогами.

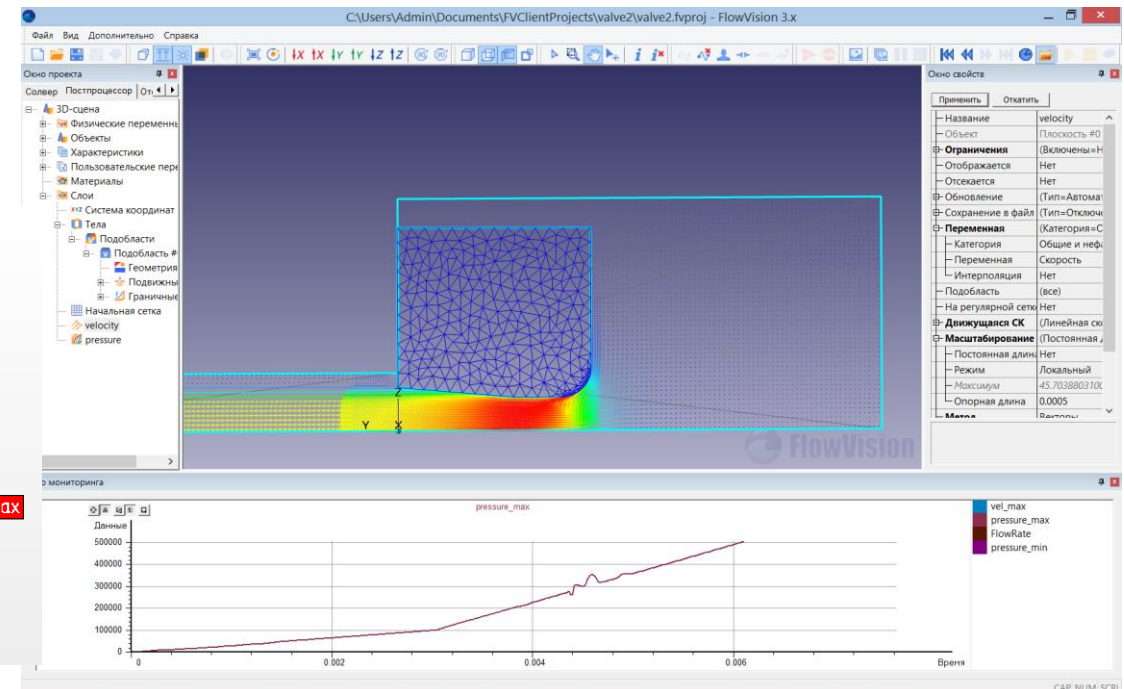
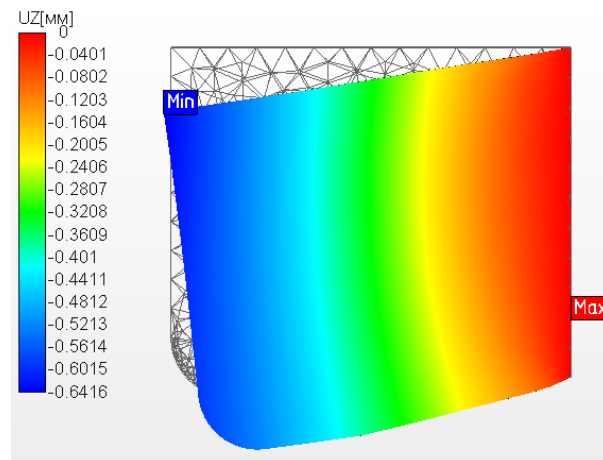
Клапан постоянного расхода

Расчет гидродинамики клапана

Давление в клапане



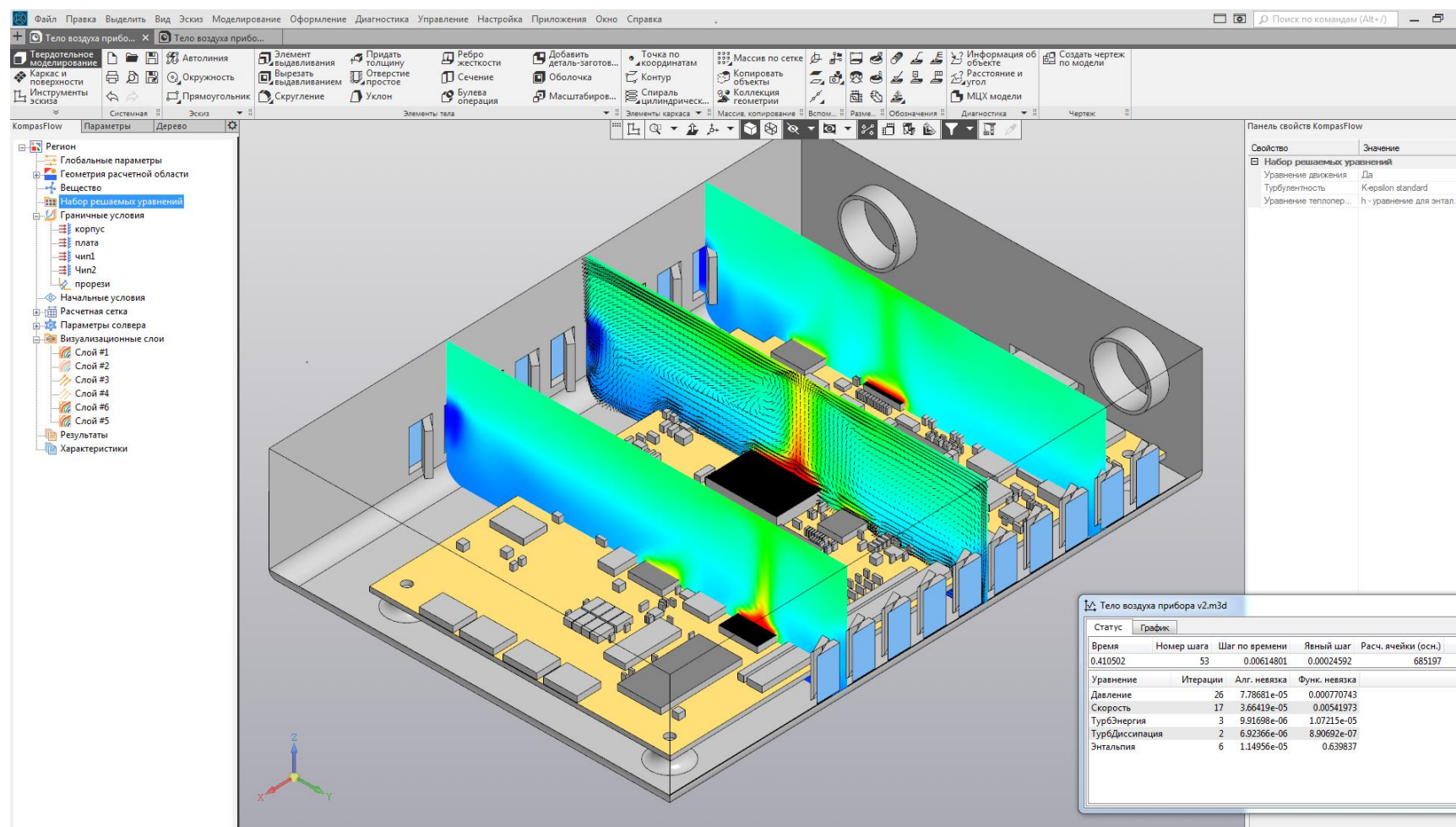
Перемещение клапана



Связь с Delta-Design

Проведение расчетов теплообмена печатных плат:

- Импорт геометрии платы в Компас-3D
- Задание конструкции корпуса с системами охлаждения (вентилятор, тепловые трубки и т.д.)
- Экспресс-анализ в KompasFlow или детальный расчет в FlowVision



Новая версия FlowVision 3.11.01



Перевод GUI FVPPP на Linux

**FlowVision 3.11.01 FVPPP GUI - 50%
переведен на Linux
В следующем 2019 году ждем, что FV
полностью будет работать под линуксом**



Новые маленькие, но важные черты

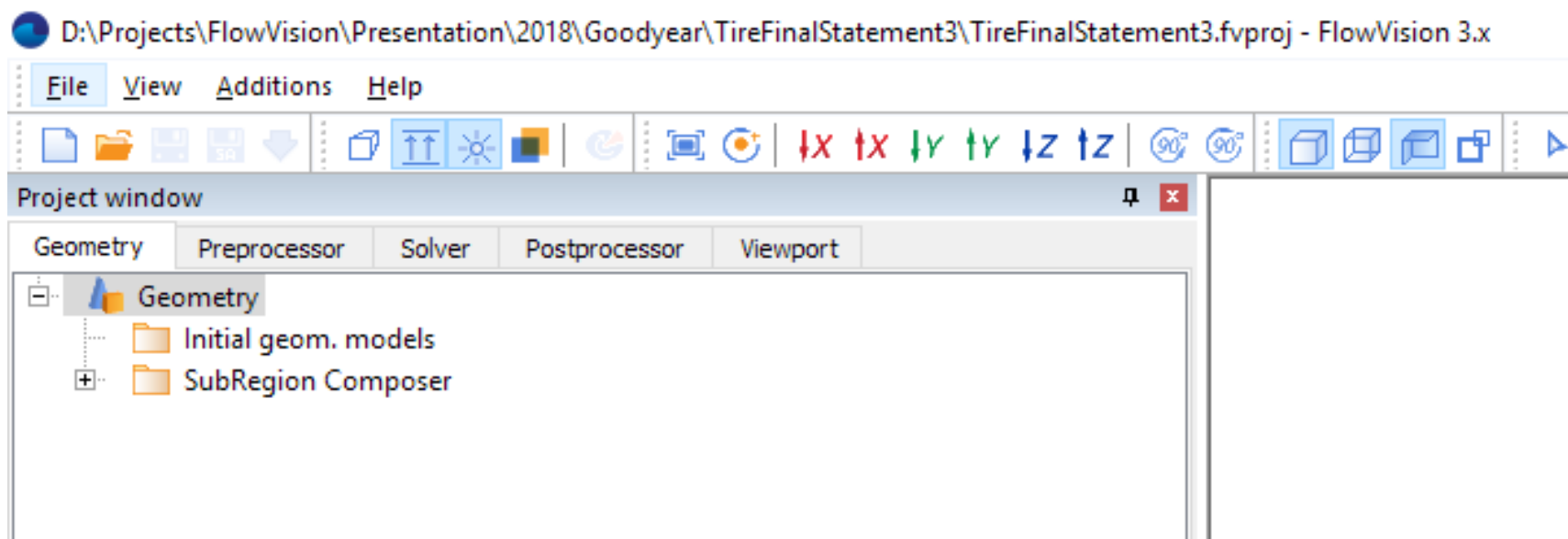
FlowVision 3.11.01 имеет много мелких изменений в GUI и в решателе

Среди них

- Адаптация сетки по кривизне геометрии
- 2-ой порядок интерполяции в проадаптированных ячейках
- Определение центра давления аэродинамической конструкции
- Расширение DC интерфейса для связи с другими кодами для решения задач акустики



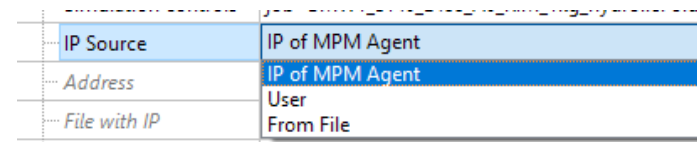
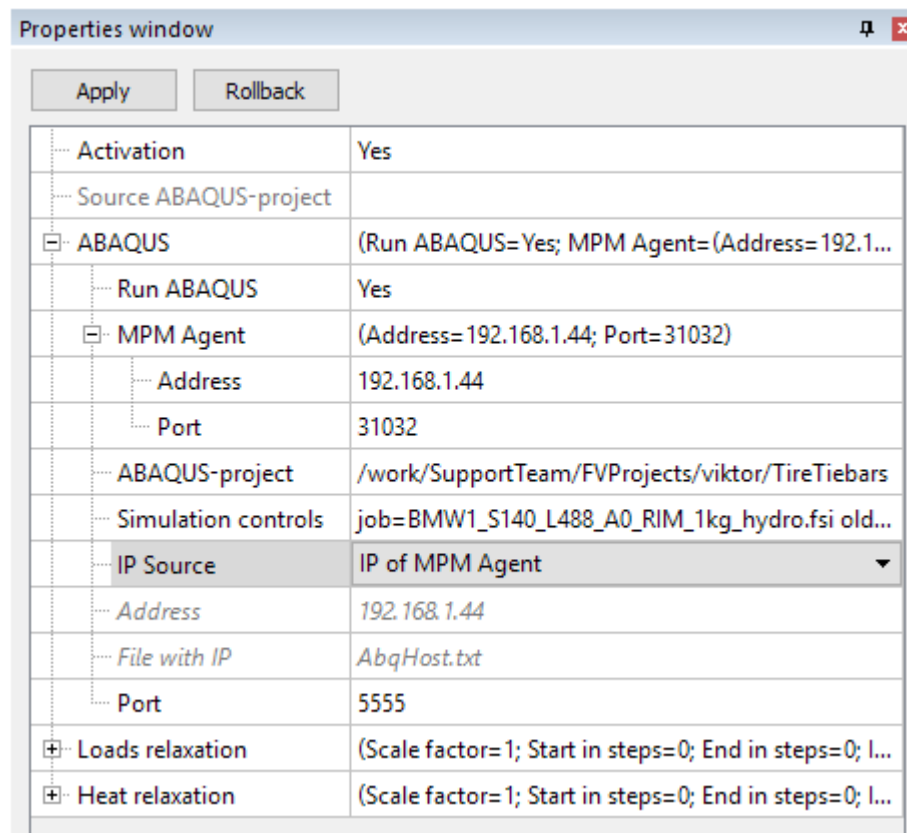
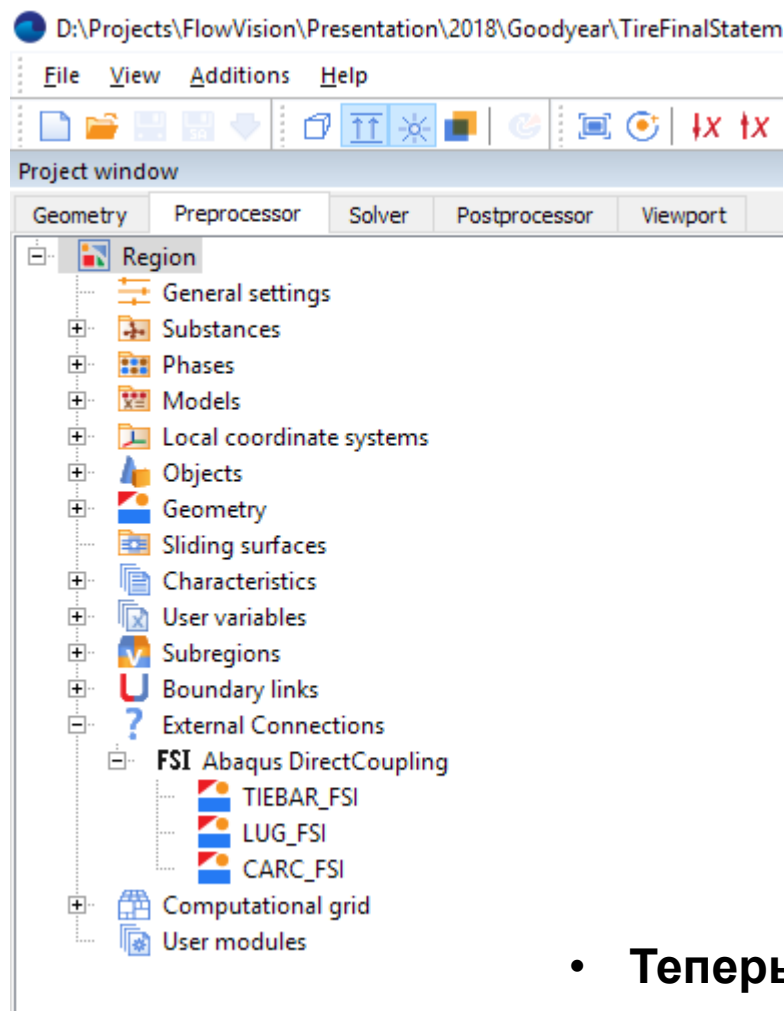
Добавление закладки “Геометрия” в FVPPP



1. **Импорт и редактирование геометрии перед посылкой ее в закладку «прпроцессор»**
2. **Вызов 3DTransVidia для лечения геометрии: 3DtransVidia интегрирована в FVPPP**
3. **Импорт геометрических моделей в любых CAD форматах, не только в STL/VRML**



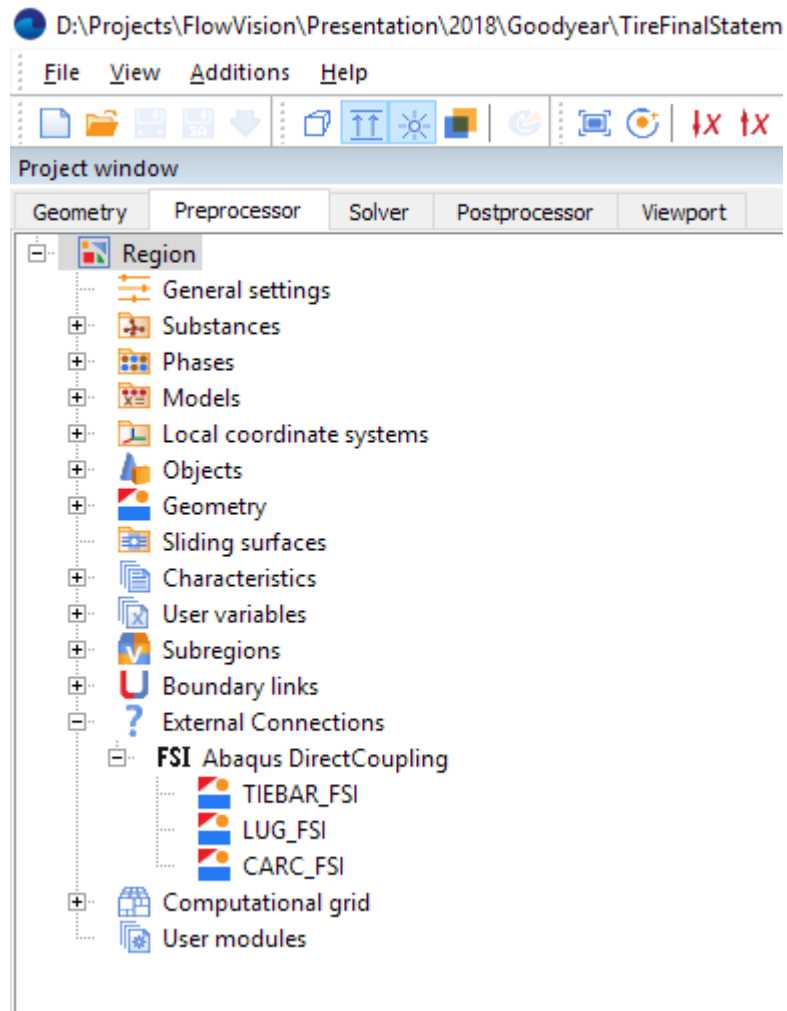
Новый FSI интерфейс



- Теперь связать FlowVision с другой КЭ программой можно из FVPPR,
- запустить расчет и следить за решением не выходя из FVPPR
- Использовать удаленный суперкомпьютер с системой очередей



Новый FSI интерфейс позволяет:

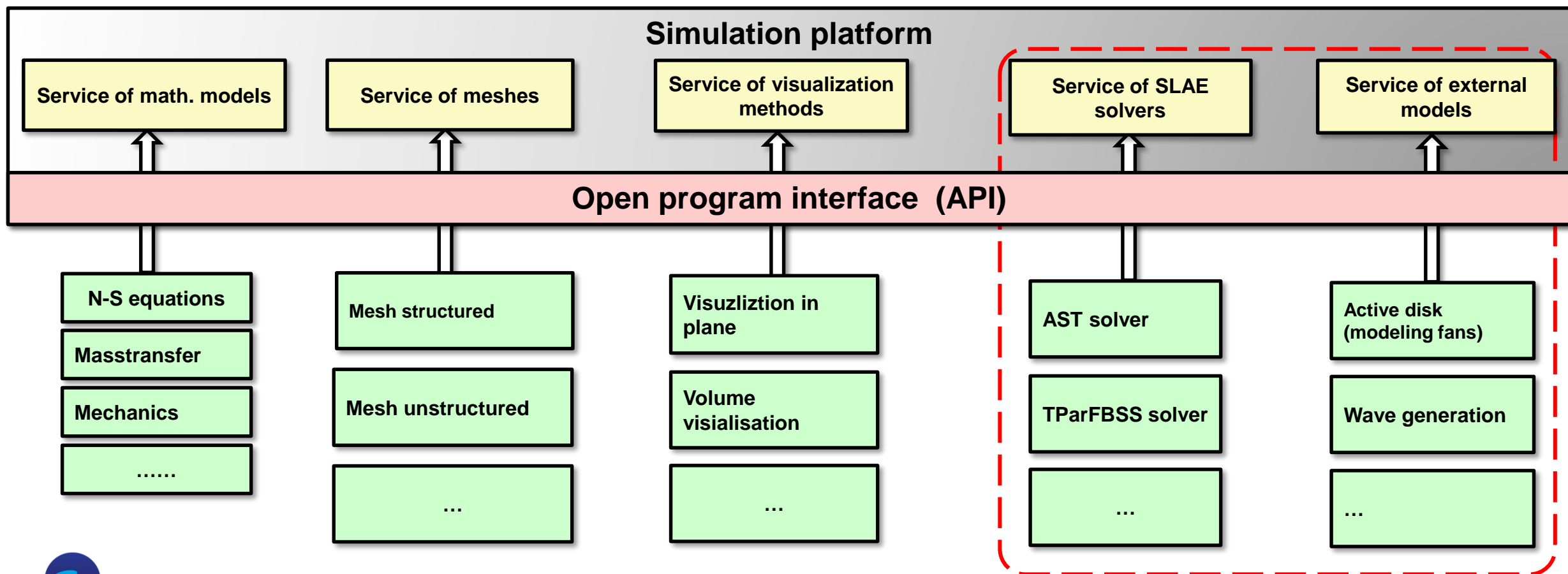


1. Управлять (стоп-продолжить-записать) FSI расчеты из FVPPP
2. Видеть on-line результаты FSI моделирования
3. Соединить несколько FEA с одним FlowVision
4. Различные коннекторы:
 - Стандартный Abaqus DC
 - Расширенный Abaqus DC
 - CSE by pass
 - OpenFSI Nastran
5. В случае соединения с Abaqus – чтение необходимой для соединения информации прямо из INP файла Abaqus
6. Возможность запускать FSI на удаленном кластере
 - Без использования FVPPP (запуск скриптом)
 - Через FVPPP
7. Использовать промежуточную CFD-поверхность – между FE сеткой и CFD сеткой



FlowVision как инженерная платформа

Сейчас пользователь почти все параметры в FVPPP может определить через свои DLL-программы

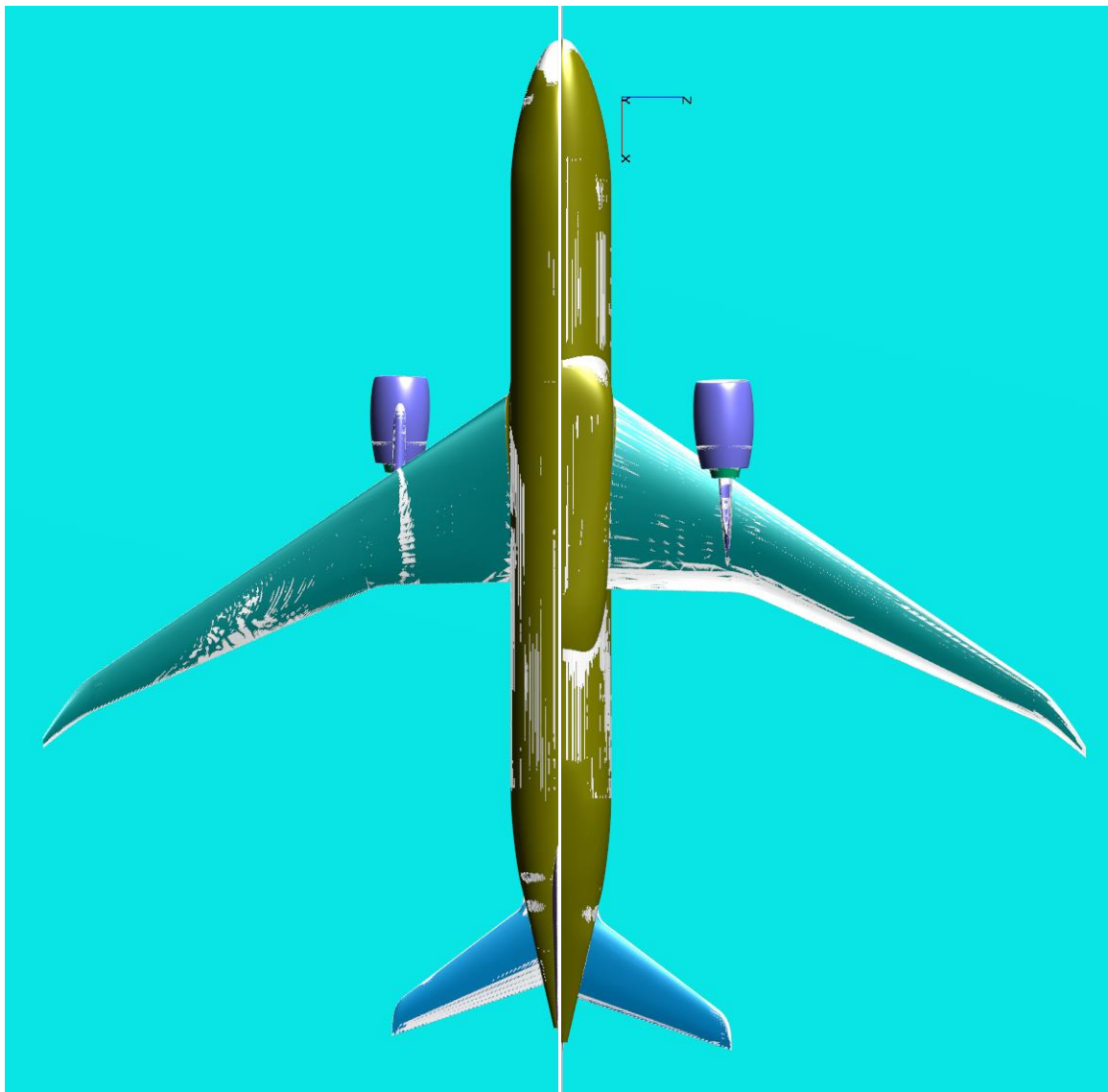


Будущие планы - FlowVision 3.11.02 (2019 год)

- **Электрогидродинамическая модель (движение магнитных жидкостей)**
- **Метод дискретных ординат для радиационного теплообмена (спасибо Литвинцеву Кириллу за литературу и консультации!)**
- **Новая наложенная пристенная сетка OBL для разрешения погранслоев, основанная на quad-покрытии поверхности и адаптируемая согласно адаптации основной сетки**
- **Многоспектральная дисперсионная фаза**
- **Движение пленки по поверхности**
- **Модель обледенения**

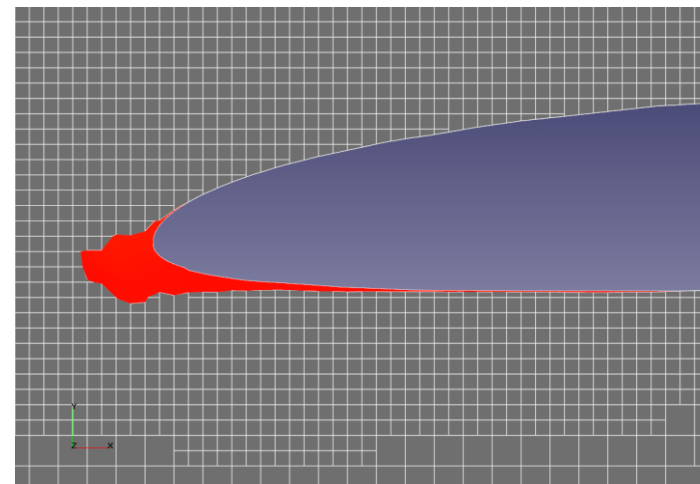


Модель обледенения самолета

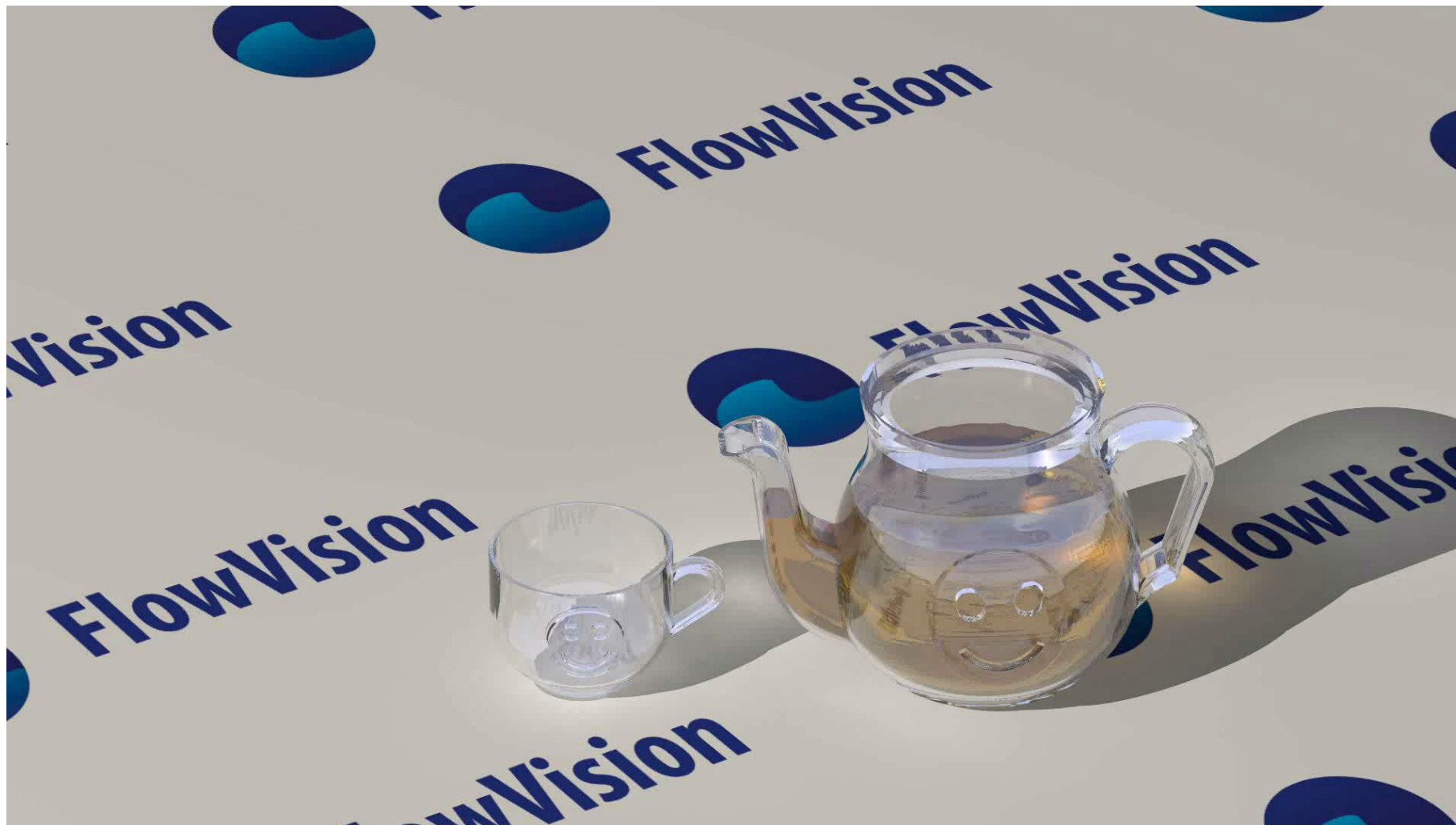


- Модель «сухой лед» и модель «лед + пленка воды»
- Лед учитывается с помощью модели VOF (расширение модели FlowVision)
- Перенос тепла во льду, учет нагрева аэродинамических поверхностей самолета
- Испарение пленки воды и возгонка льда

Время полета 22 мин



Вместо заключения



Математические модели

- **Уравнения Навье-Стокса (ньютонова и неньютонова жидкость)**
- **Модели турбулентности:**
 - k - ϵ “стандартная” (Лаундер-Сполдинг),
 - k - ϵ низкорейнольдсовая AKN,
 - k - ϵ квадратичная;
 - SST k - ω модель;
 - Спаларта-Аллмараса (Spalart-Allmaras);
 - $\gamma - Re_\theta$ Ментера
- **движение многофазной несмешивающейся жидкости со свободными поверхностями с учетом поверхностного натяжения (true VOF)**
- **сопряженный теплообмен;**



Математические модели-2

- горение;
- химическая кинетика (кол-во веществ неограниченно);
- алгебраическая модель зазора;
- лучистый теплообмен (простая модель P1);
- многокомпонентное течение (кол-во веществ неограниченно);
- пользовательские переменные: тригонометрические, статистические, логические, интегральные, локальные, гиперболические;
- Перенос дисперсной фазы (эйлеров подход)
- Пористость (анизотропная сила Дарси в уравнении Н-С)



Математические модели-3

- **Механика подвижных недеформируемых тел:**
 - 6 степеней свободы;
 - Учет сопротивления среды на положение тела;
 - Учет массо-инерционных характеристик;
- **Сильное взаимодействие жидкости и конструкций: Решение сопряженных задач с FEA-пакетом SIMULIA Abaqus/Fidesys/WinMachine/Логос-прочность;**
 - связь по давлению
 - связь по температуре;
 - связь по перемещению поверхности конструкции
- **Скользкая сетка**
 - «честный» интерфейс
 - Freezing rotor
 - Сектор (причем при некратных лопатках на роторе и статоре)
- **Периодические границы**



Архитектура FlowVision

- 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



Что такое инновации



Обновление/улучшение



Инновация –
существенное улучшение



Изобретение

