

КомпасFlow

Расчёт
гидрогазодинамики в
КОМПАС-3D v18

Вычислительная гидродинамика сегодня

Вычислительная гидродинамика (англ. computational fluid dynamics, CFD) -

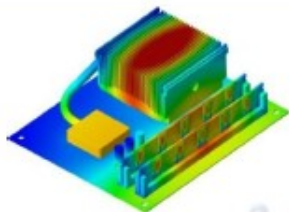
подраздел механики сплошных сред, включающий совокупность физических, математических и численных методов, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов.

Вычислительная гидродинамика сегодня

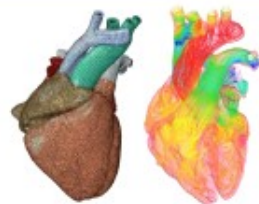
Авиастроение



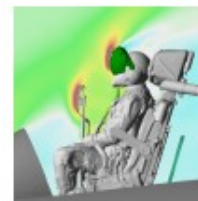
Электроника



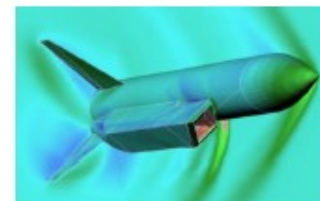
Медицина



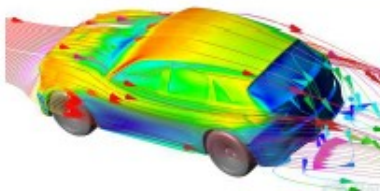
Спец. изделия



Ракетостроение



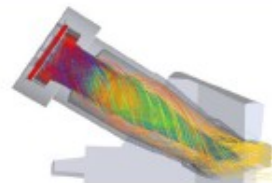
Автомобилестроение



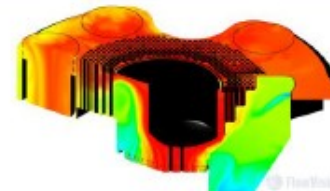
Промтехбезопасность



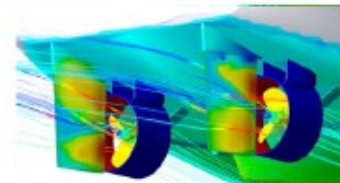
Энергетика



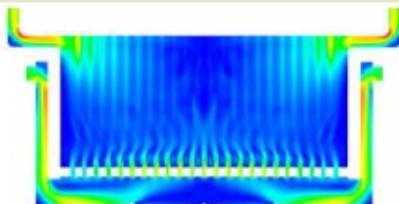
Атомная энергетика



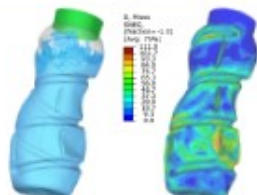
Судостроение



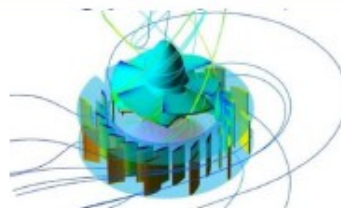
Вентиляция



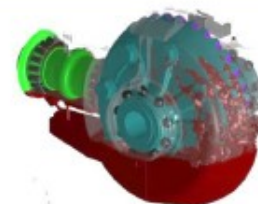
Аэро- и гидроупругость



Турбомашиностроение



Детали машин



Спорт



Аудитория математического моделирования

Конструктор

- Моделирование эксплуатационных режимов на конструкторском представлении геометрии изделия
- Использование готовых промышленных методик расчета
- Конечная нацеленность на определение облика изделия и подтверждение заложенных проектных и конструкторских решений

Технолог

- Моделирование технологических процессов на конструкторском представлении геометрии изделия
- Использование готовых промышленных методик расчета высокого уровня проработки
- Конечная нацеленность на определение режимов выполнения технологических операций и определение облика технологической оснастки

Расчетчик

- Моделирование эксплуатационных технологических процессов на конструкторском представлении геометрии изделия
- Разработка собственных промышленных методик расчета высокого уровня проработки и их верификация
- Конечная нацеленность на разработку методик, определение облика изделия, режимов выполнения технологических операций

Требования к инструменту

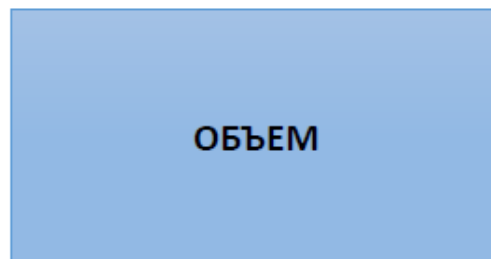
- Использование геометрической модели в ее конструкторском сборочном представлении с минимальным количеством ее упрощений
- Минимальное количество специфичных параметров при задании расчетного проекта или их полное отсутствие
- Отсутствие этапа ручного или автоматизированного этапа построения расчетной сетки
- Использование родной речи в качестве основной и базовой при работе с системой
- Отсутствие необходимости во владении численными методами и методами оптимизации, навыков программирования и глубоких знаний в области математического анализа
- Удобство использования и удобство обработки результатов
- Использование высокопроизводительной вычислительной техники
- Доступ к процессу обучения сотрудников и учебной информации
- Малое время получения ответа на вопрос

Базовые принципы

Закон сохранения массы, энергии, импульса

Несжимаемая среда при постоянной плотности и теплоизолированных стенках

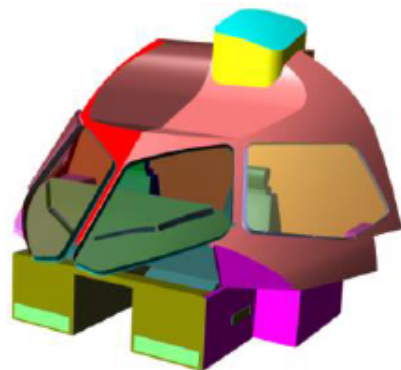
1 кг вещества
вошло



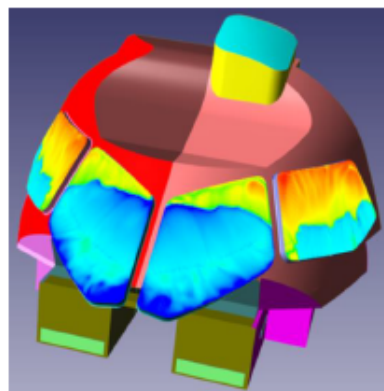
1 кг вещества
вышло



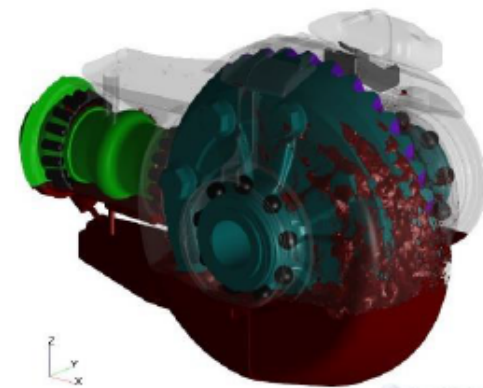
Геометрическая модель пилота в катапультном кресле



Геометрическая модель кабины пилотов



Распределение температуры на стеклах кабины пилотов



Распределение масла в объеме узла трансмиссии автомобиля

FlowVision

Дискретное пространство

Теорема Остроградского-Гауса

На основе значений на границах объема рассчитывается средняя величина переменной в объеме

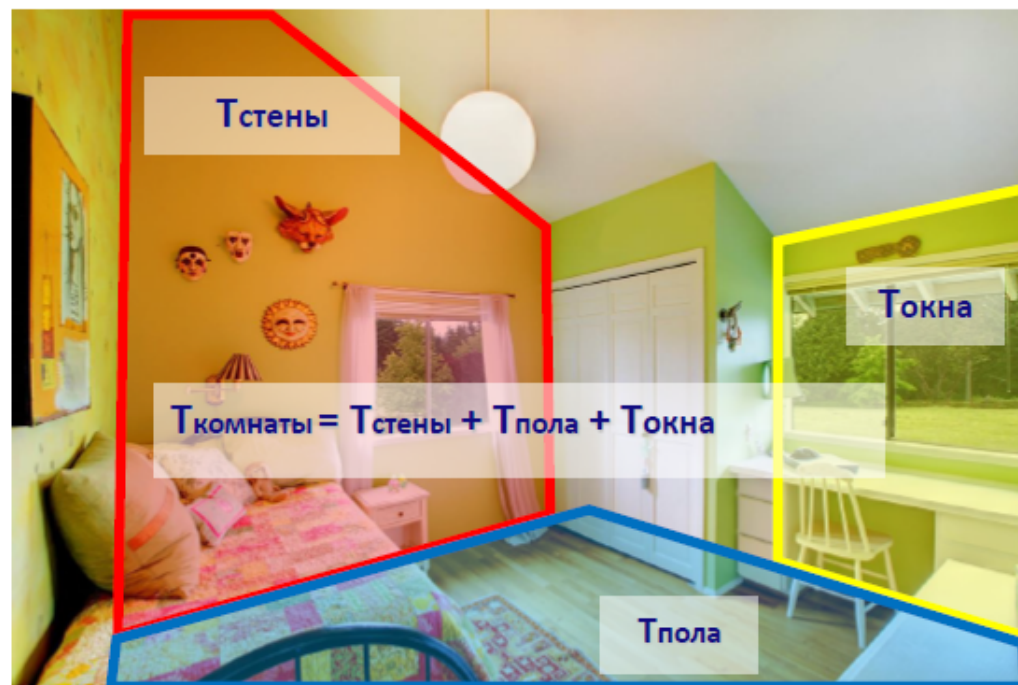
$$\iiint_V \operatorname{div} F dV = \oiint_S F \cdot n dS$$

$$V_{cp} = \sum V_i$$

$V_{\text{ВЫХ}}$



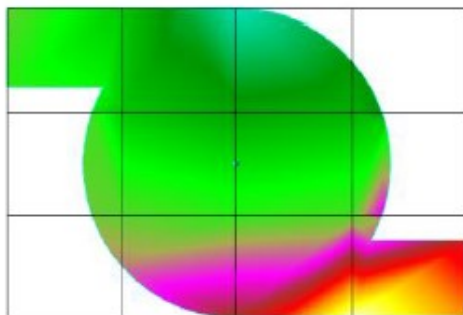
$V_{\text{ВХ}}$



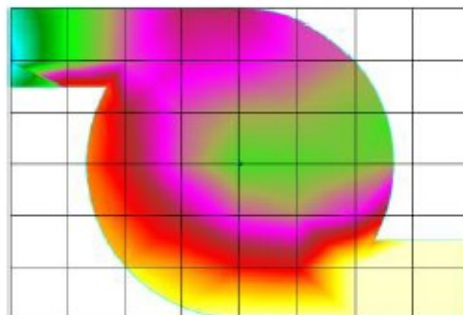
Дискретное пространство: Расчетная сетка

При необходимости получить более точное решение необходимо разбивать объем на необходимое количество подобъемов – ЭЛЕМЕНТОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ

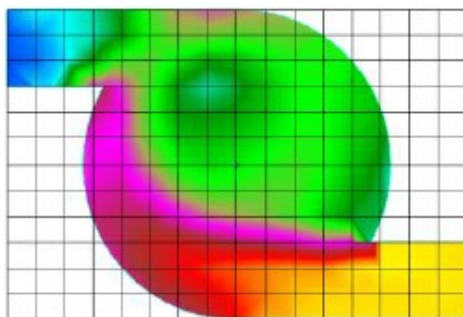
3x4



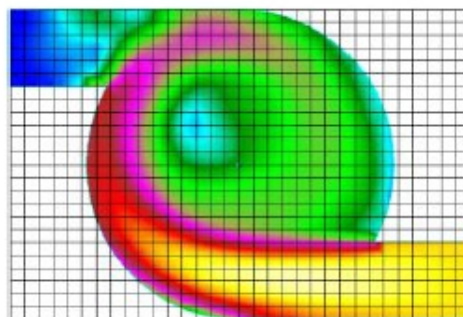
6x8



12x16

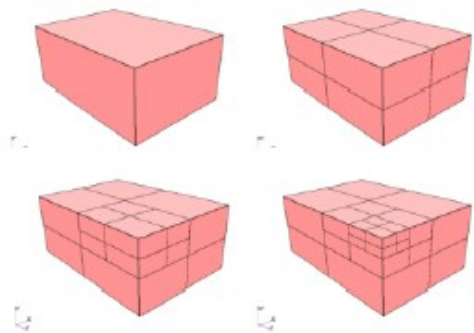


24x32

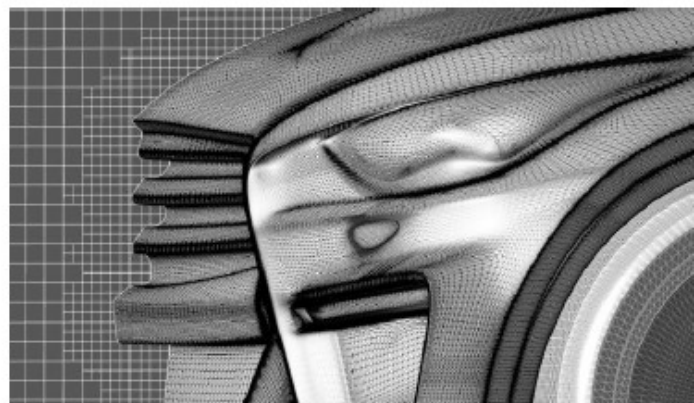
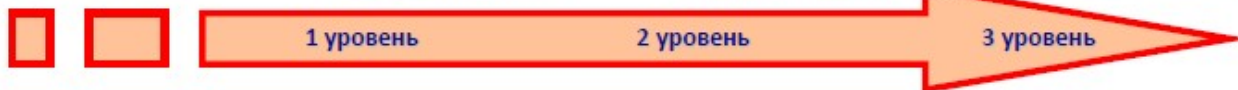
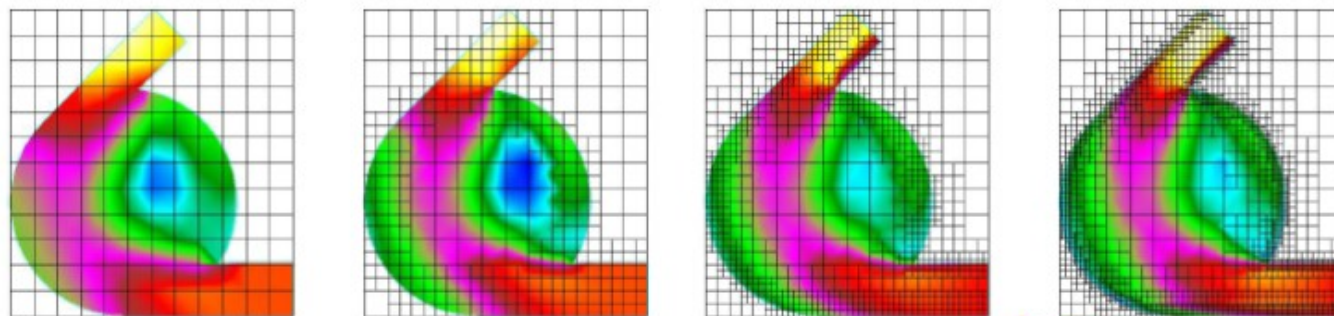


Сходимость по расчетной сетке – влияние степени сгущения сетки на конечный результат

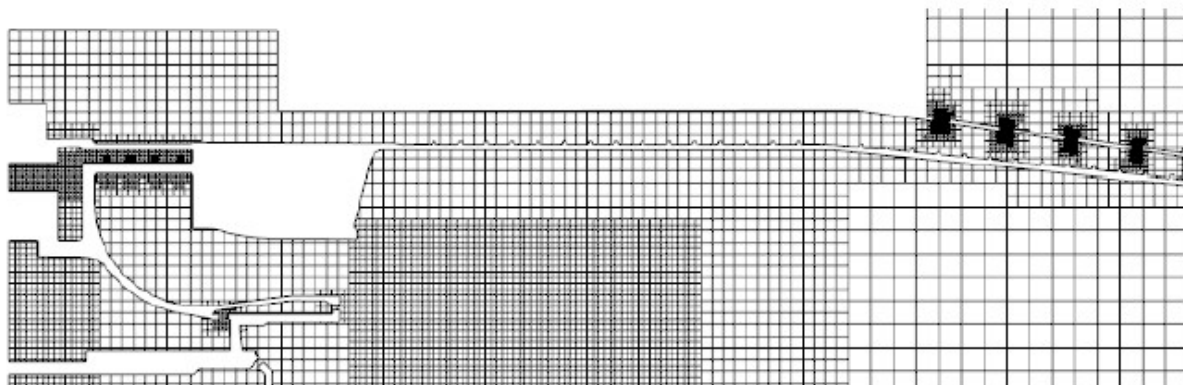
Расчетная сетка: Адаптация сетки



Деление элемента пополам по каждому направлению

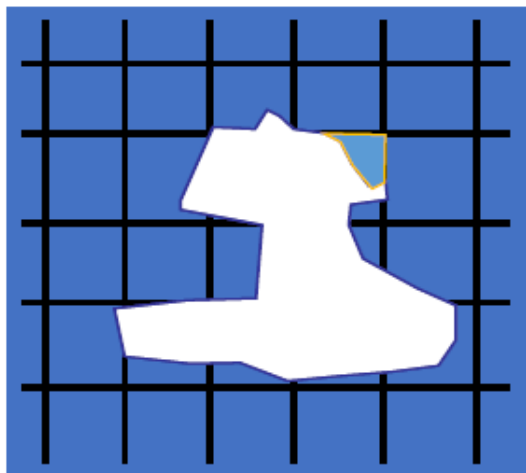


Адаптация сетки по поверхности автомобиля



Адаптация сетки в камере сгорания

Расчетная сетка: Разрешение геометрии



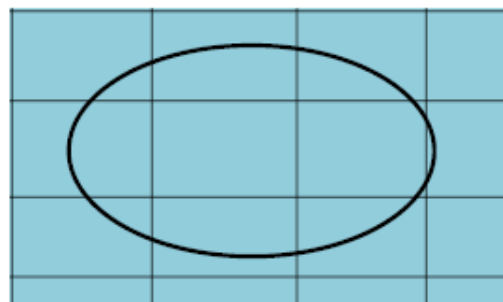
Конечно-объемная
аппроксимация исходных
уравнений



- Прямоугольная неоднородная расчетная сетка
- Поверхность импортируется в виде сеточных форматов (STL, WRL)
- Булево вычитание объема из начальной сетки
- Ячейка – произвольный многогранник

Расчетная сетка: Разрешение геометрии

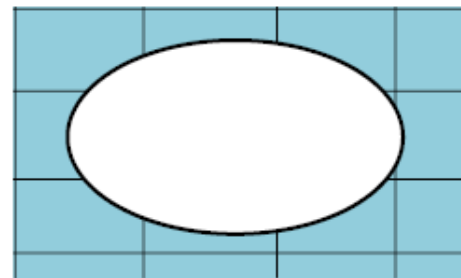
Прямоугольные ячейки и криволинейная граница до генерации сетки



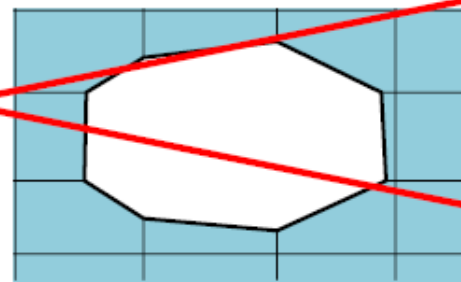
Генерация сетки



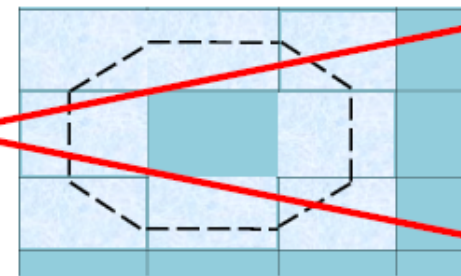
Подсеточное разрешение – сохраняет криволинейность границы внутри ячейки
(*FlowVision*)



~~Cut Cell метод – упрощенная плоская граница внутри ячейки
(*Star-CCM+, Flo.EFD*)~~



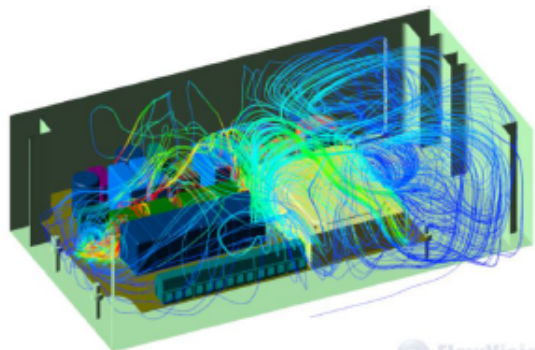
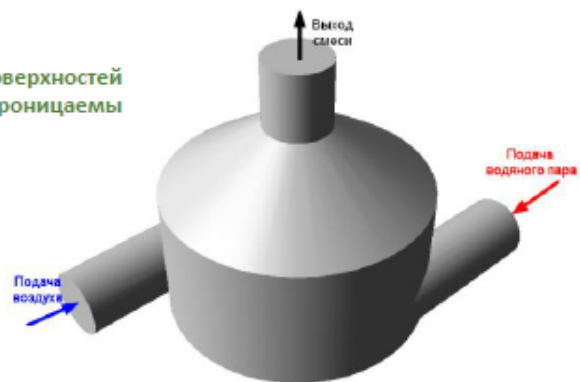
~~Метод погруженных границ
(*Fluent*)~~



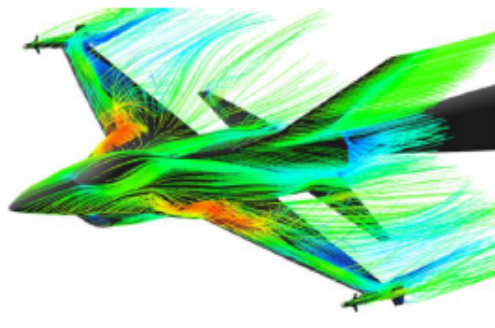
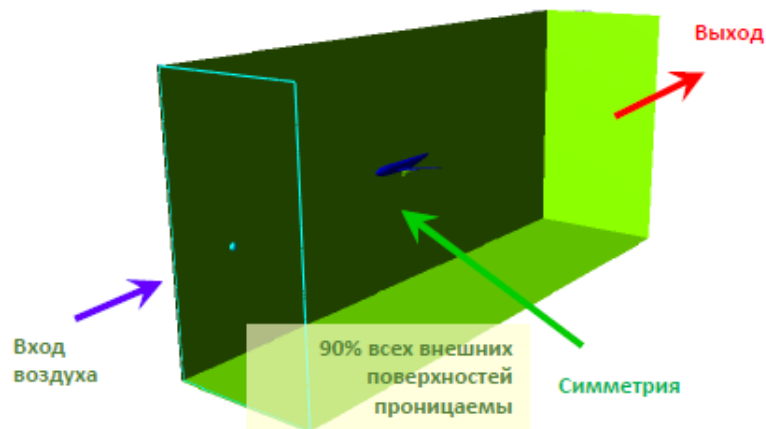
Расчетная область

Внутренняя задача

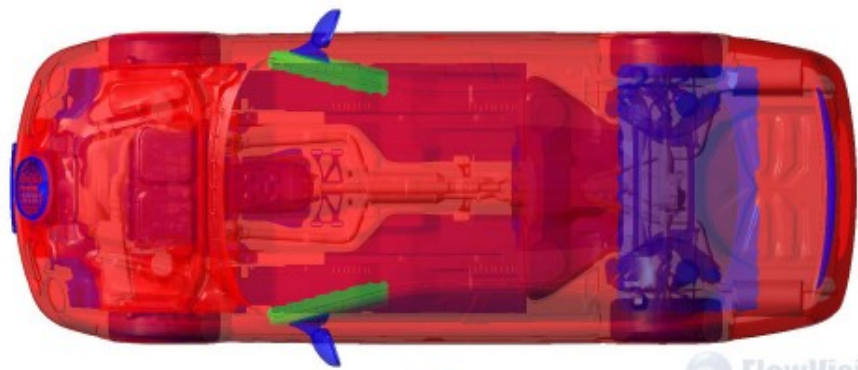
80% всех поверхностей непроницаемы



Внешняя задача



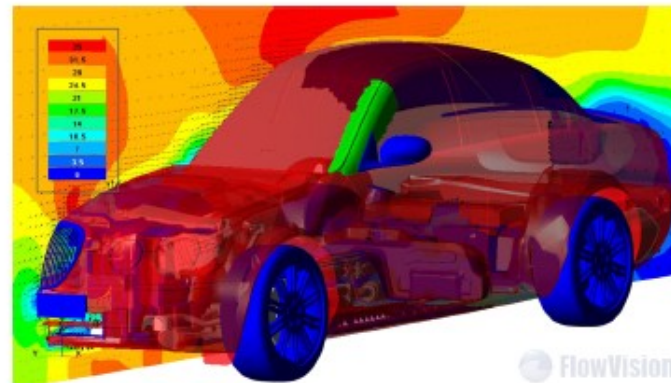
Работа с САD-геометрией



FlowVision



FlowVision

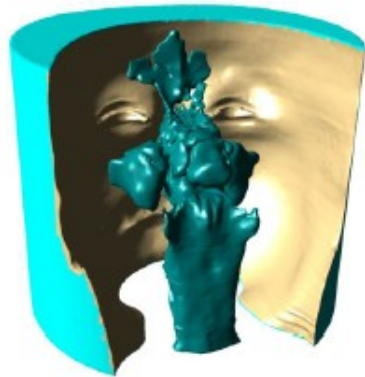


FlowVision

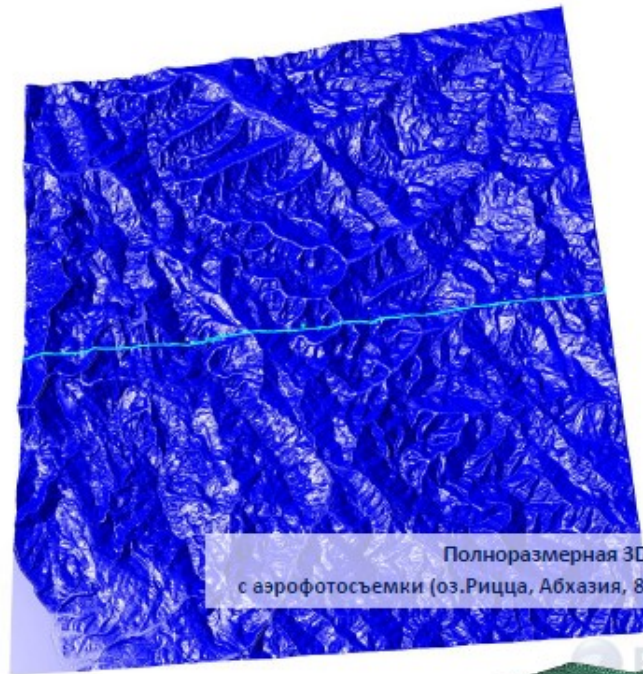
Работа с CAD-геометрией



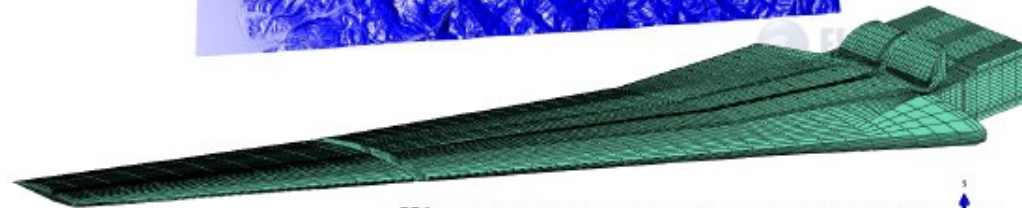
CAD-сборка, более 100 деталей:
зазоры, радиуса, фаски, малоразмерные
элементы, контактные поверхности



Облако точек скана MPT



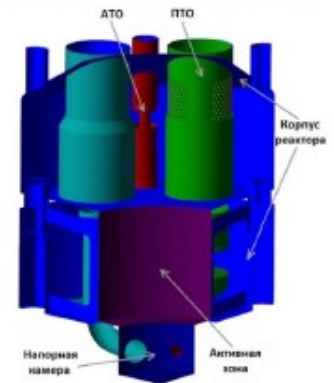
Полноразмерная 3D модель
с аэрофотосъемки (оз. Рицца, Абхазия, 81x74 км)



FEA-сетка с учетом зазора и контакта между телами

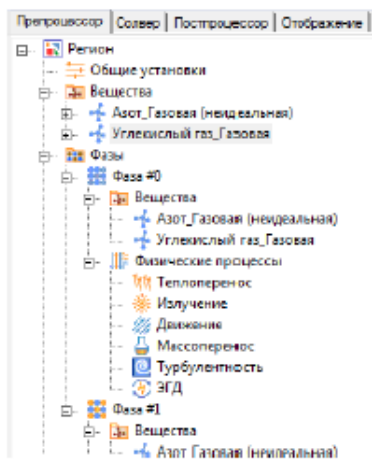


Массив данных с Motion Capture

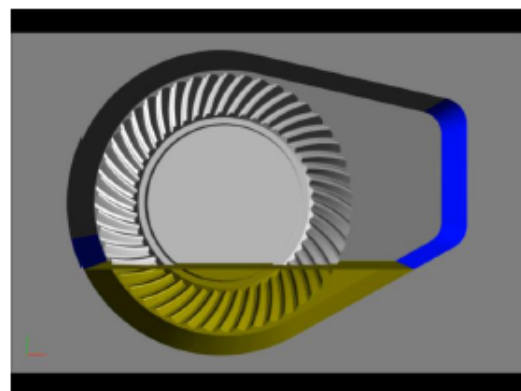


Крупногабаритная CAD-сборка с учетом
всех малоразмерных конструкторских
элементов

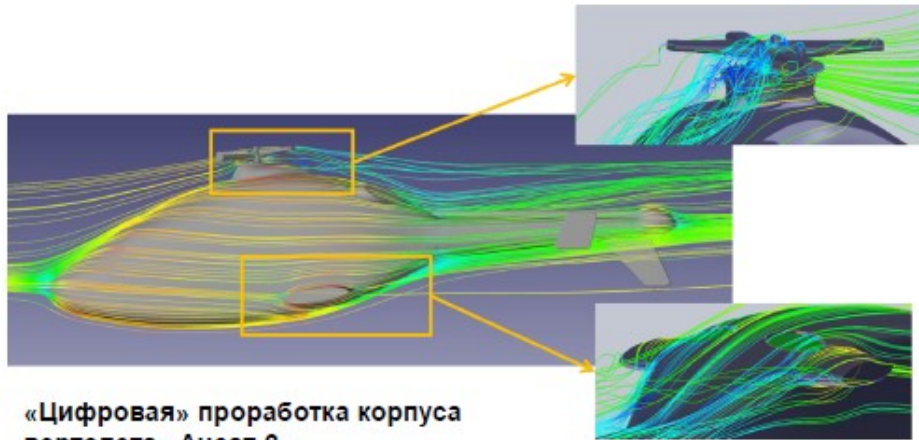
Простота задания проекта на расчет



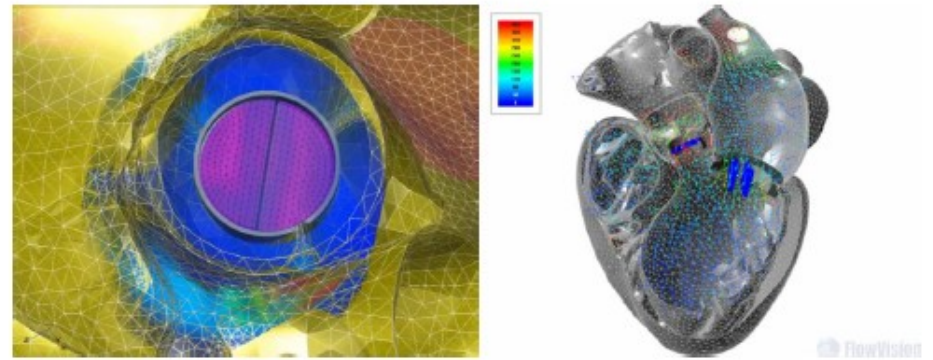
- Течение среды в широком диапазоне чисел Рейнольдса и Маха
- Кондуктивный, конвективный, сопряженный и лучистый виды теплообмена
- Многофазность, многокомпонентность, дисперсная среда, пористость
- Фазовые переходы, Химические реакции, Горение, Электродинамика
- Взаимодействие ротор-статор, в том числе авторотация
- Подвижные тела с учетом кинематических связей, взаимодействие течения и конструкции
- Аналитические модели – течение в зазоре, сопротивление, объемное тепловыделение
- Взаимодействие в другими пакетами (SIMULIA Abaqus, MSC Nastran, IOSO, pSEVEN, TORT...)



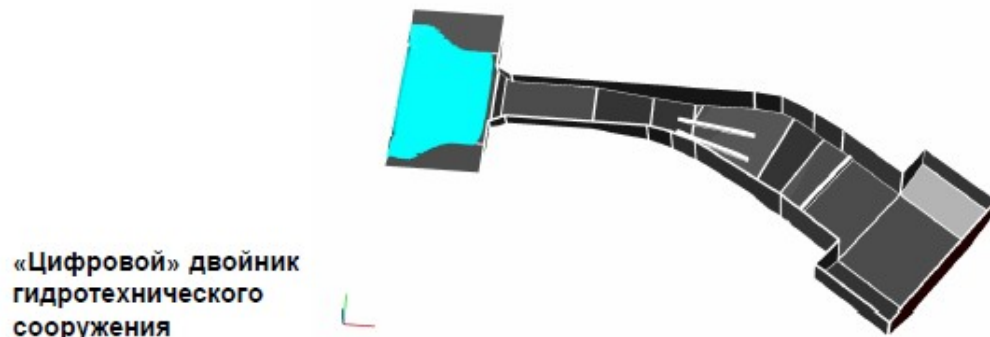
Российское CFD в промышленности



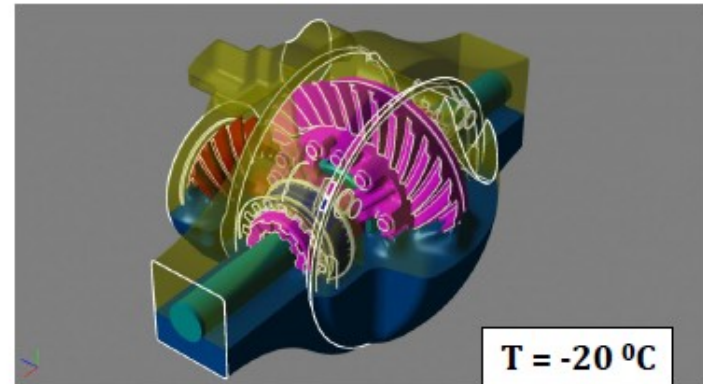
«Цифровая» проработка корпуса вертолета «Ансат-2»



«Цифровое» сердце человека с искусственным клапаном



«Цифровой» двойник гидротехнического сооружения



«Цифровой» двойник раздаточного узла трансмиссии грузовика

Разработка начата в 2004 г.

- явная параллельность на всех уровнях кода
- модульная, адаптивная к изменению и расширению, структура
- Windows, Linux

2006 г. - Официальный релиз

2007 г. - Терафлопные вычисления (совместно с НИВЦ МГУ)

2008 г. - Официальный партнер Dassault Systemes по FSI

2009 г. - Технология оптимизации для задач аэродинамики (НИВЦ МГУ, ЦАГИ);
- Петафлопные вычисления

2010 г. - Интеграция решателя FlowVision в Autodesk Inventor Simulation (ex CFDDesign от BlueRidge Numerics)
- Интеграция технологий FlowVision в ВНИИЭФ (ЛОГОС-Адаптивность)

2011 г. - Проект по аэродинамике спортсменов под эгидой Олимпиады в Сочи 2014

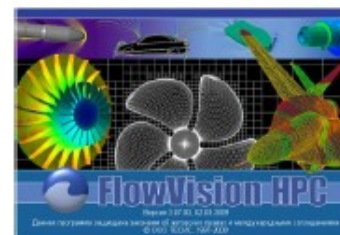
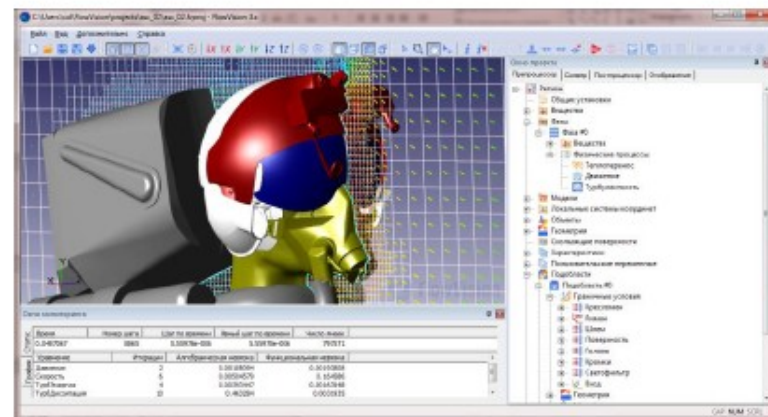
2013 г. - Разработка виртуального опытного бассейна (с Курчатовским институтом)

2016 г. - Участие в международном проекте Living Heart
- Создание версии под платформу Эльбрус/Ангара
- Включение в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Рег.№ 2504 на основании Приказа Минкомсвязи России от 23.12.2016 №682

2018 г. - Участие в научно-исследовательской программе ОАЭ по организации атмосферных осадков

Промышленные и научные партнеры

РКК «Энергия им.С.П.Королева», ГРЦ Макеева, КБМ, ЦКБ Титан-Баррикады, ЦНИИМАШ, КБ Южное, НИЦ АСК, ТМКБ Союз, МКБ Искра, НИКИЭТ, ОКБМ, НИАЭП, Русэлпром, АК им.С.В.Ильюшина, ТАНТК им. Г.М.Бериева, ЦАГИ, Волга-Днепр, ВТИ, Taiwan Power Company, GoodYear, KENDA Atlas Copco, Trelleborg, НИВЦ МГУ, НИЦЭВТ, МЦСТ, ЮУрГУ, Минспорта РФ, РФЯЦ ВНИИЭФ, BlueRidge Numerics, ИММЕРС и прочие



История развития

«Каждая система сильна своими пользователями»

(с) Резниченко Д.В.
кафедра «Проектирование самолетов», МАИ

FlowVision код общего назначения, функционал которого создается под требования его пользователей

За более чем 20летнюю историю существования FlowVision привлек финансовые и интеллектуальные инвестиции различных отраслей промышленности в России и за ее пределами

Наиболее эффективная схема развития FlowVision это включение команды разработчиков в цепочку кооперации выполнения отраслевого проекта

Апробация FlowVision происходит как на предприятиях, так и в научных учреждениях

Эффективность процесса разработки и внедрения ПО FlowVision рассматривается через финансовую отдачу в заданные временные рамки, что делает невозможным данное построение процесса на основе бюджетного научного учреждения

Все мировые достижения в области создания и внедрения инженерного ПО получены в среде частных инновационных компаний



FlowVision 1 (1991-1995)

- РКК «Энергия»
- проект «Морской старт»
- газодинамическое воздействие на стартовую площадку
- электрофорез
- Eagle Dynamics
- оптимизация характеристик котельного оборудования ТЭЦ



FlowVision 2 (1994-2010)

- GoodYear, DANA Corp.
- интеграция с FEA ABAQUS
- AtlasCopco
- создание и развитие модели зазора, подвижное тело
- РКК «Энергия»
- VoF, св/зв течение
- ТАНТК им.Бериева, DMT
- VoF, подвижное тело
- НИКИЭТ
- излучение, переменное Pr_турб
- Eagle Dynamics, ВТИ
- горение газового топлива
- горение угля
- Салют, СКБТ, Турбокомпрессор
- ротор-статор, Скользящее ГУ
- ЦАГИ
- гиперзвук



FlowVision 3 (2000-н.в.)

- GoodYear, AtlasCopco, ИПС РАН, НИВЦ МГУ, ЮУрГУ
- параллельные вычисления
- РКК «Энергия», НПП Звезда
- многофазность, кинематические связи
- FireBridge
- многосредное горение
- ОКБМ, НИКИЭТ
- турбулентность в жидких Me, переменное Pr_турб
- ГосНИИАС, ЦАГИ, ОАК, Волга-Днепр, БАНС, Ил
- пристеночная сетка
- модель турбулентности с ламинарно-турбулентным переходом
- GoodYear, TetraPack, Вахтер, ОАК, КТРВ
- аэро- и гидроупругость
- интеграция с FEA ABAQUS, Nastran
- ВНИИЭФ, ГРЦ Макеева, ЦКБ Титан, Буревестник
- св/зв, гиперзвук, абляция, баллистика
- ЦНИИМАШ, Криогенмаш, Транснефть, Toyota, Honda
- фазовые переходы, многофазность
- Минспорта РФ
- обтекание подвижных спортсменов
- ЦАГИ, Буревестник
- Оптимизация
- ОДК, Русэлпром, ТМХ, НПО им.Фрунзе, МЗКТ
- ротор-статор, авторотация,
- скользящее ГУ, периодака
- НОКА
- теплообмен в мобильном устройстве

Российские CFD для промышленности

FlowVision

- Stand-alone приложение полного цикла процесса математического моделирования движения жидкости и газа, а также тепло- и массообмена
- Инструменты управления постановкой задачи, в том числе с доступом к параметрам математической модели физических процессов и феноменов, а также к глубоким параметрам расчетной сетки
- Гибридная технология параллельных вычислений
- Инструменты для работы со сложными геометрическими постановками, включая подвижные обтекаемые и деформируемые объекты
- Чтение широкого перечня CAD-форматов
- Многофазность и многокомпонентность

KompasFlow

- Встроенный в Компас3D инструмент экспресс-анализа
- Простой функциональный набор для быстрого и оперативного решения широкого спектра задач
- Многопоточные вычисления на локальном рабочем месте
- Работа с моделью на уровне детали, в том числе многотельной
- Работа только с геометрией, созданной в Компас3D
- Однокомпонентное течение
- Минимальный набор функций

Российские CFD для промышленности

FlowVision	KompasFlow
Полный диапазон чисел Маха и Рейнольдса	Полный диапазон чисел Маха и Рейнольдса
Чтение форматов STL, VRML, MESH, ABAQUS, ANSYS, NASTRAN, Star CD cel, VTK, CEDRE NGEOM, CATIA V4, CATIA V5, UG NX, SolidEdge, SolidWorks, Inventor, ProE, Creo, JT, Parasolid, IGES, STEP	Работа с CAD-моделью Компас3D, запись в проект Компас3D
Многопроцессорные и многоядерные параллельные вычисления	Многоядерные параллельные вычисления
Модели турбулентности (k-ε, k-ε квадратичная, k-ε низкорейнольдсовая, k-ε FV, SST, SA, LES, пристеночные функции)	k-ε FV модель турбулентности
Многофазное, многокомпонентное течение	Однофазное однокомпонентное течение
Перенос дисперсной фазы (включая Пористость)	Только сплошная фаза
Подвижные тела (6 степеней свободы)	-
Модель зазора	Модель зазора
Сопряжение подобластей (сопряженный теплообмен, полное сопряжение по всем переменным)	-
Скользкая граница (ротор-статор, нестационарное, замороженный ротор, периодика, авторотация)	-
Лучистый теплообмен (Диффузионная P1 модель)	-
Горение углеводородного газового топлива	-
Химическая кинетика	-
Абляция	-
МГД	-
Взаимодействие с системой многокритериальной оптимизации IOSO и прочностными пакетами SIMULIA Abaqus, MSC Nastran, НТЦ АПМ Win Machine, Ansys	-

Российские CFD для промышленности

Возможности	FLOWVISION	KompasFlow
Подвижные тела	✓	
Работа со сборками. Пакетный импорт файлов геометрий	✓	В рамках многотельной детали
Модель «Зазора»	✓	✓
Физически процессы:		
ДВИЖЕНИЕ	✓	✓
ТЕПЛОПЕРЕНОС	✓	✓
ТУРБУЛЕНТНОСТЬ	✓ 7 моделей	✓ 1 модель
ИЗЛУЧЕНИЕ	✓	
МАССОПЕРЕНОС+Химия	✓	
Электродинамика	✓	
VOF	✓	
Дисперсная среда	✓	
Сопряженный теплообмен	✓	
Объемные модификаторы (тепла, силы, сопротивления)	✓	
Приповерхностная сетка	✓	
Скользящие сетки	✓	
Редактор формул	✓	
База веществ	✓	
и др.	✓	

Основные возможности KompasFlow

- входит в состав дистрибутива Компас3D
- доступен в режиме бесплатной 30 дневной версии Компас3D
- работает на уровне детали Компас3D и поддерживает наличие нескольких тел в документе
- позволяет считать задачи трубопроводов, запорной арматуры, вентиляции и кондиционирования аппаратуры и помещений, воздухопроводов сложной формы, теплопередачи в твердом теле, внешнего обтекания транспортных объектов
- визуализирует результаты
- способен использовать все ядра на вашей рабочей станции
- позволяет передать расчетный проект в большой FlowVision и продолжить расчет в нем собственными силами или с привлечением команды компании ТЕСИС
- стоит существенно ниже профессионального инструмента FlowVision
- охватывает более 80% задач в области динамики жидкости и газа в машиностроении
- не требует специальных навыков в области вычислительных методов и высшей математики

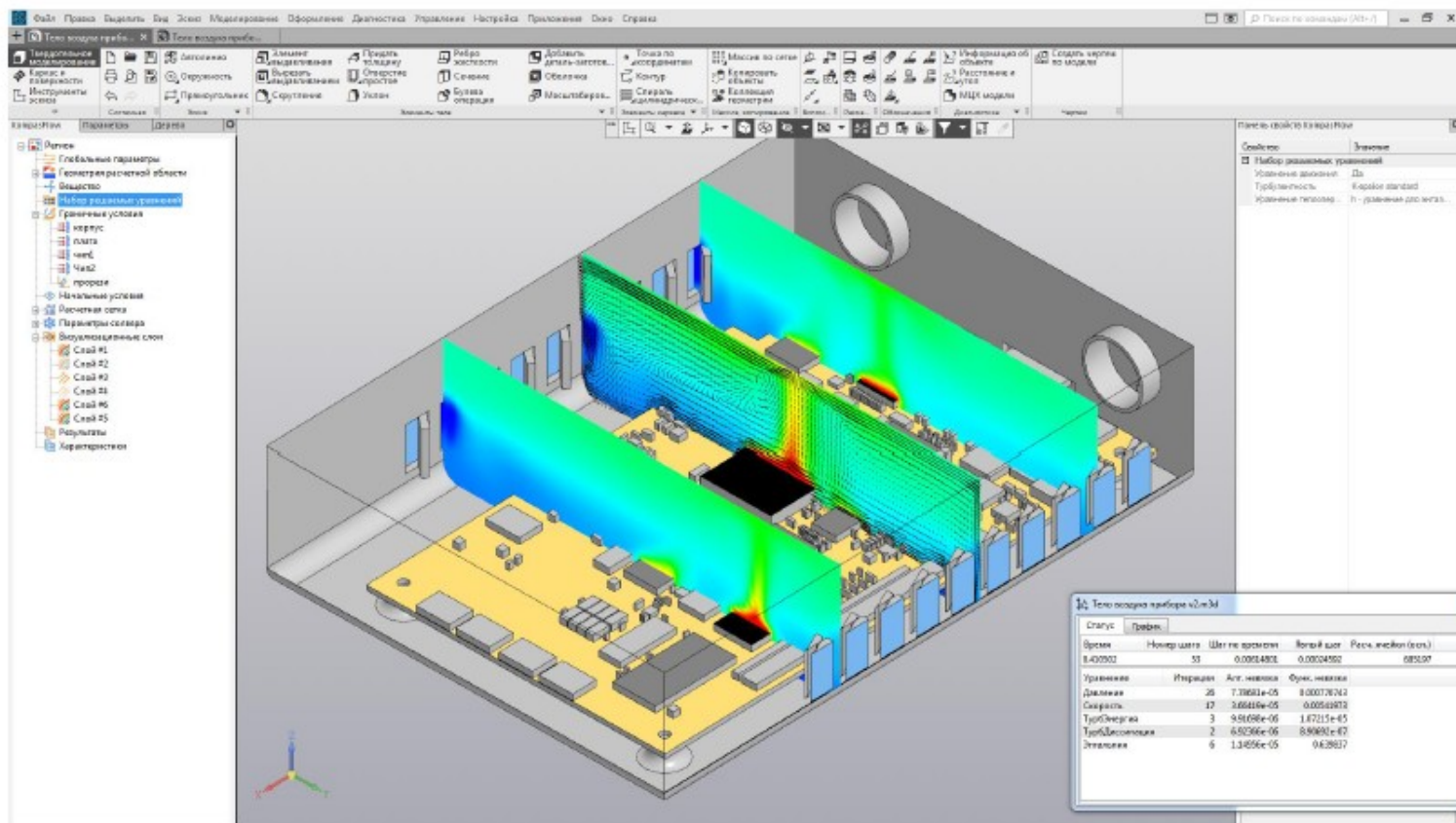
KompasFlow

The screenshot displays the KompasFlow software interface. The main window shows a 3D model of a turbine with a color-coded flow field. The color scale ranges from blue (low velocity) to red (high velocity). The flow field is concentrated in the turbine's inlet and outlet regions. The software interface includes a menu bar at the top, a toolbar on the left, and a central 3D view area. A data table is visible in the bottom right corner, showing the status of the simulation.

Параметр	Значение
Модель	PTC5
Имя	Robot
Роль	Роль 20
Локал. кат.	14056.88814616
Локал. шаг	4131.14904217
Глобал. шаг	10205.382214616
Глобал. шаг	-38144.822532178

Статус	Турбина			
Прямой	Мощность шага	Шаг по времени	Время шаг	Риск вылета (сек)
0.0574932	122	0.800462875	4.82270e-05	802133
Усреднение	Усреднение	Алг. начисла	Функция начисла	
Длина	16	7.22056e-35	0.800462875	
Скорость	35	5.49623e-35	1.0201444	
Турб. мощность	2	7.07228e-35	0.800462875	
Турб. дистанция	30	9.13051e-35	0.800462875	

KompasFlow





**Есть вопросы?
Свяжитесь с нами.**

8-800-700-00-78

info@ascon.ru

ascon.ru

