
Развитие FlowVision за 2021 год.



*«прежде чем что-
построить, надо это
рассчитать»*

Аксенов А.А.
ООО ТЕСИС
19.12.2021

Общая информация о FlowVision

1. Написан на C++ , Qt
2. MPI/OpenMP
3. Начало разработки 3-го поколения – 2004 год
4. Текущая версия – 12, апдейт 4 (3.12.04)
5. Количество девелоперов – 11
6. QA team – 3 чел
7. Отдел расчетов – 4 чел
8. Отдел внедрения – 12 чел
9. Отдел техподдержки 4 чел
10. Средний возраст сотрудников <33 лет
11. alma mater – МФТИ, МГУ, Баумана, МАИ, НГУ
12. 5 – кандидатов наук, 3 аспиранта, 2 соискателя.
13. Документация – около 2000 страниц, включая теорию
14. Есть Учебник – охватывает практически все возможности FlowVision
15. Автоматическая система тестирования, обширный базис валидации – но, в основном, буржуйские тесты.

- ✓ Зарегистрирован в Российском Агентстве по патентам (свидетельство № 990672)
- ✓ Сертифицирован в системе сертификации ГОСТ Р (сертификат № РОСС RU.МЕ20.Н01223)
- ✓ Входит в реестр Российского ПО
- ✓ Аттестован НТЦ ЯРБ для расчетного обеспечения безопасности ядерных реакторов



Решаемые уравнения = математические модели

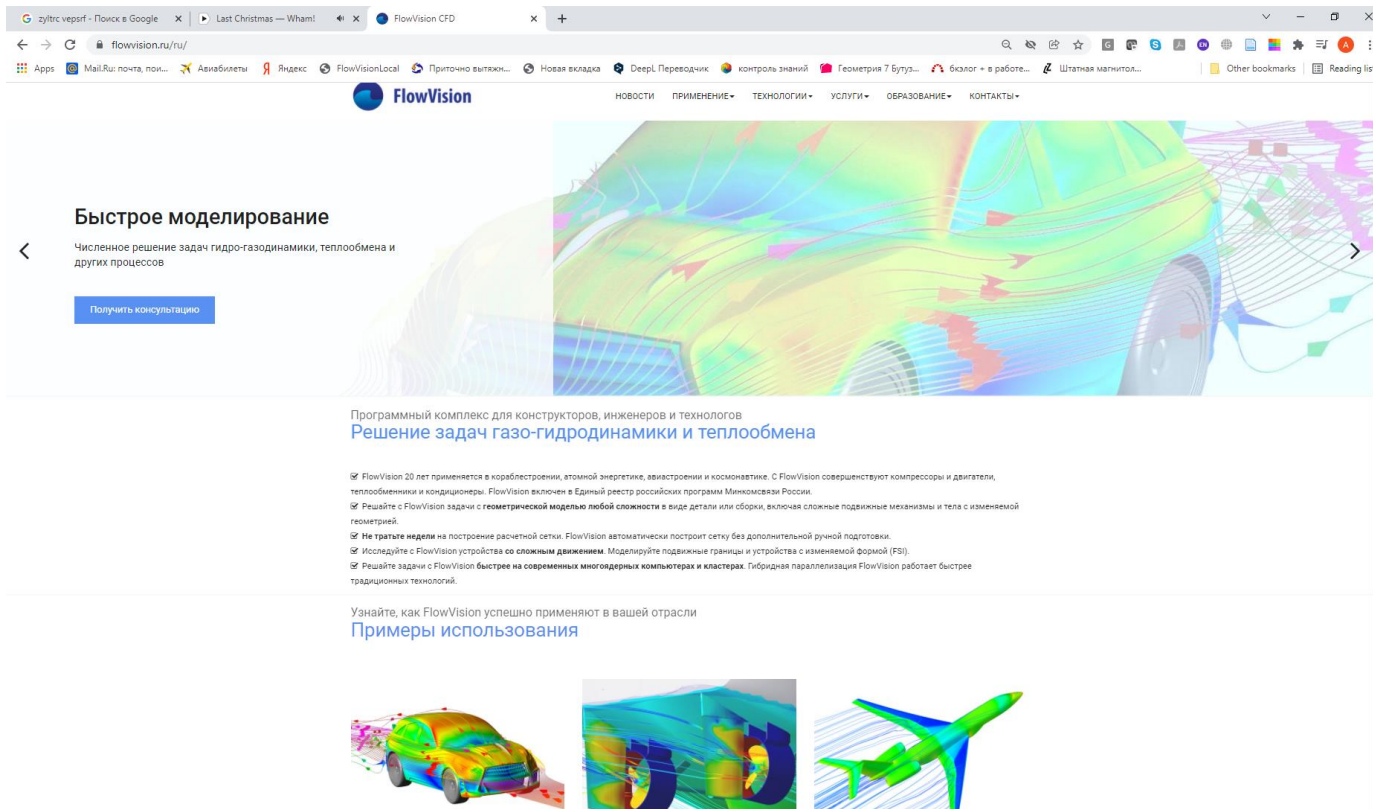
- Уравнения Навье-Стокса
- VOF – движение границы раздела несмешивающихся жидкостей
- Модели турбулентности RANS
 - ✓ SA
 - ✓ K-E высокорейнольдсовая
 - ✓ K-E низкорейнольдсовая
 - ✓ SST
- Уравнения переноса дисперсной фазы (Эйлеров подход)
- Массоперенос + химия
- Массоунос (абляция) с поверхности
- Уравнения Максвелла (стационарные)
- Модель зазора

Методы решения

- Конечно-объемная сетка с локальной адаптацией
- Второй порядок точности, все-маховый метод расщепления по физическим переменным
- Решение алгебраических уравнений методами AMG (селективный и агрегативный) и неполным GMRES
- Подвижные тела – 6 степеней свободы, движение под действием гидродинамических и пользовательских сил
- Скользящие поверхности
 - «честная»
 - Freezing rotor
 - Сектор, нестационарный
- Решение задач взаимодействия жидкости и конструкций в режиме полного совпадения границы КЭ сетки с сеткой FlowVison, либо через CFD-поверхность
 - Явный каплинг (Абакус, АПМ, Фидесис, Настрэн), протоколы CSE и DC
 - Неявный каплинг (Абакус)
- Подключение собственных программ через API FlowVision и через протоколы CSE, DC, MBC

Решаемые задачи (примеры)

- Моделирование обледенения самолета
- Горение
 - жидкого капельного керосина в камере сгорания ПВРД, ТРД и ЖРД
 - газового топлива в котлах и КС газовых турбин
 - Угля в грелках и котлах ТЭЦ
- Аэродинамика самолета, автомобиля, судна
- Гидродинамика судна
- Моделирование теплообмена микроэлектронной аппаратуры
- Моделирование движение крови в
 - кровеносных сосудах
 - сердце с работающими клапанами
- Моделирование обтекания гиперзвуковых аппаратов
- Посадка космического корабля на воду
- Разделение носителя и нагрузки в полете с любыми скоростями (от дозвука до гиперзвука)
- Моделирование движения электрического разряда в газе под действием ударных волн и силы Лоренца



Скриншот веб-сайта FlowVision.ru. В браузере открыта страница с URL flowvision.ru/. В меню сайта перечислены разделы: НОВОСТИ, ПРИМЕНЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, УСЛУГИ, ОБРАЗОВАНИЕ, КОНТАКТЫ.

Быстрое моделирование

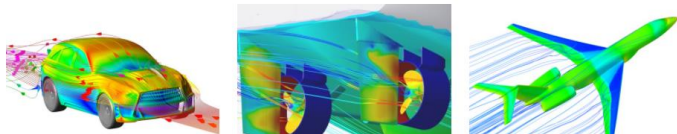
Численное решение задач гидрогазодинамики, теплообмена и других процессов

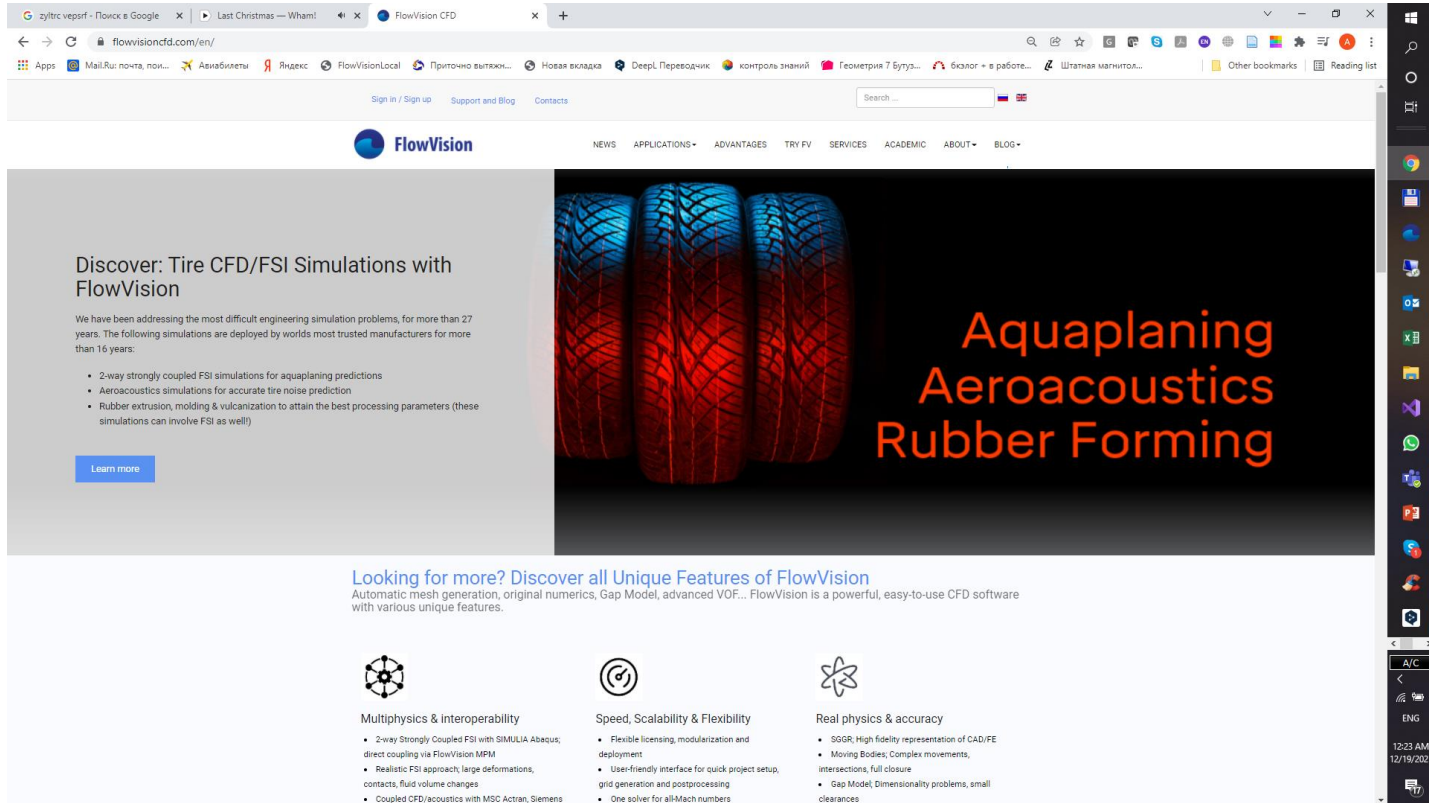
[Получить консультацию](#)

Программный комплекс для конструкторов, инженеров и технологов
Решение задач газодинамики и теплообмена

- ✓ FlowVision 20 лет применяется в кораблестроении, атомной энергетике, авиастроении и космонавтике. С FlowVision совершенствуют компрессоры и двигатели, теплообменники и кондиционеры. FlowVision включен в Единый реестр российских программ Микрософт России.
- ✓ Решайте с FlowVision задачи с **геометрической моделью любой сложности** в виде детали или сборки, включая сложные подвижные механизмы и тела с изменяемой геометрией.
- ✓ **Не тратьте недели** на построение расчетной сетки. FlowVision автоматически построит сетку без дополнительной ручной подготовки.
- ✓ Исследуйте с FlowVision устройства **со сложным движением**. Моделируйте подвижные границы и устройства с изменяемой формой (FSI).
- ✓ Решайте задачи с FlowVision **быстрее на современных многоядерных компьютерах и кластерах**. Гибридная параллелизация FlowVision работает быстрее традиционных технологий.

Узнайте, как FlowVision успешно применяют в вашей отрасли
Примеры использования





Discover: Tire CFD/FSI Simulations with FlowVision

We have been addressing the most difficult engineering simulation problems, for more than 27 years. The following simulations are deployed by worlds most trusted manufacturers for more than 16 years:




- 2-way strongly coupled FSI simulations for aquaplaning predictions
- Aeroacoustics simulations for accurate tire noise prediction
- Rubber extrusion, molding & vulcanization to attain the best processing parameters (these simulations can involve FSI as well)

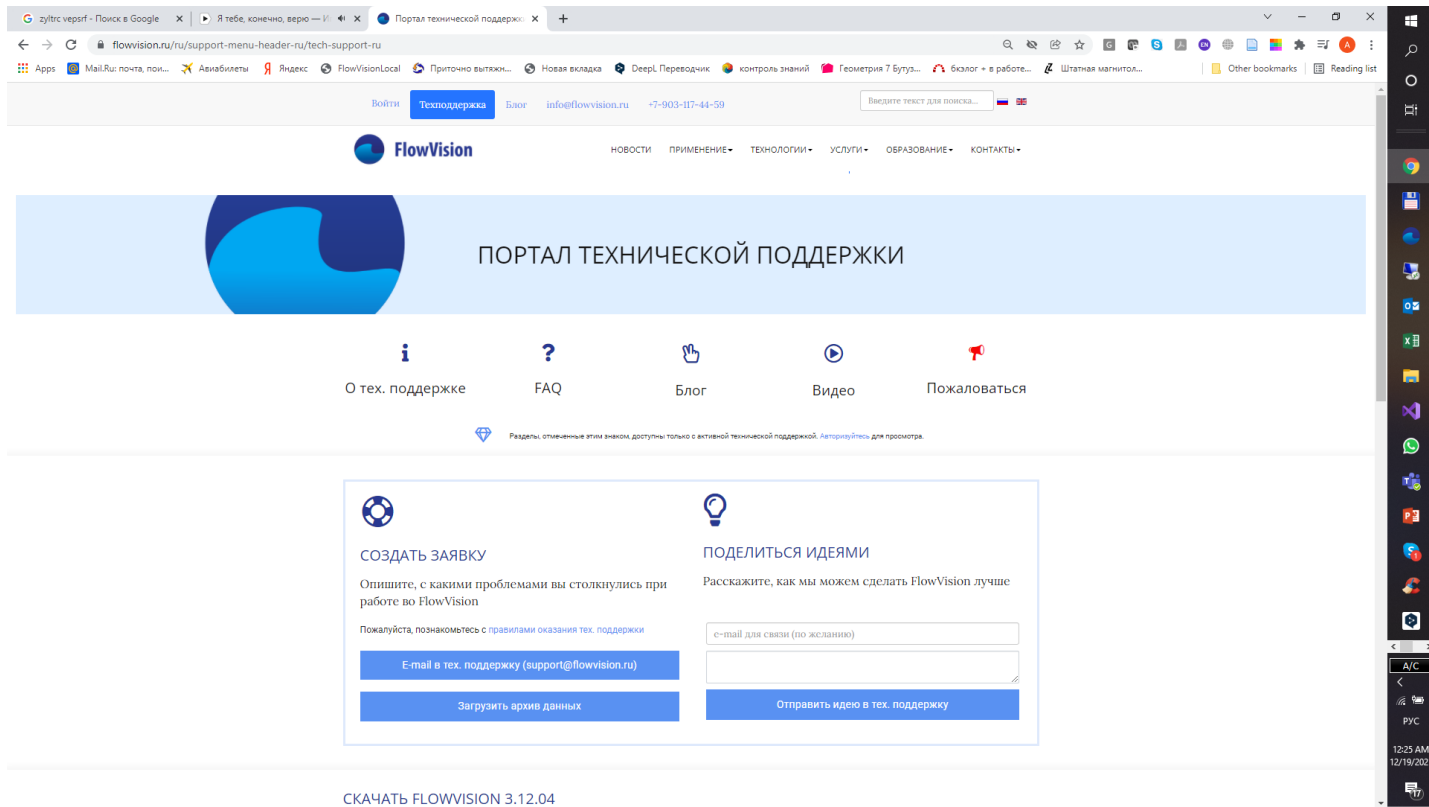
[Learn more](#)

Aquaplaning Aeroacoustics Rubber Forming

Looking for more? Discover all Unique Features of FlowVision

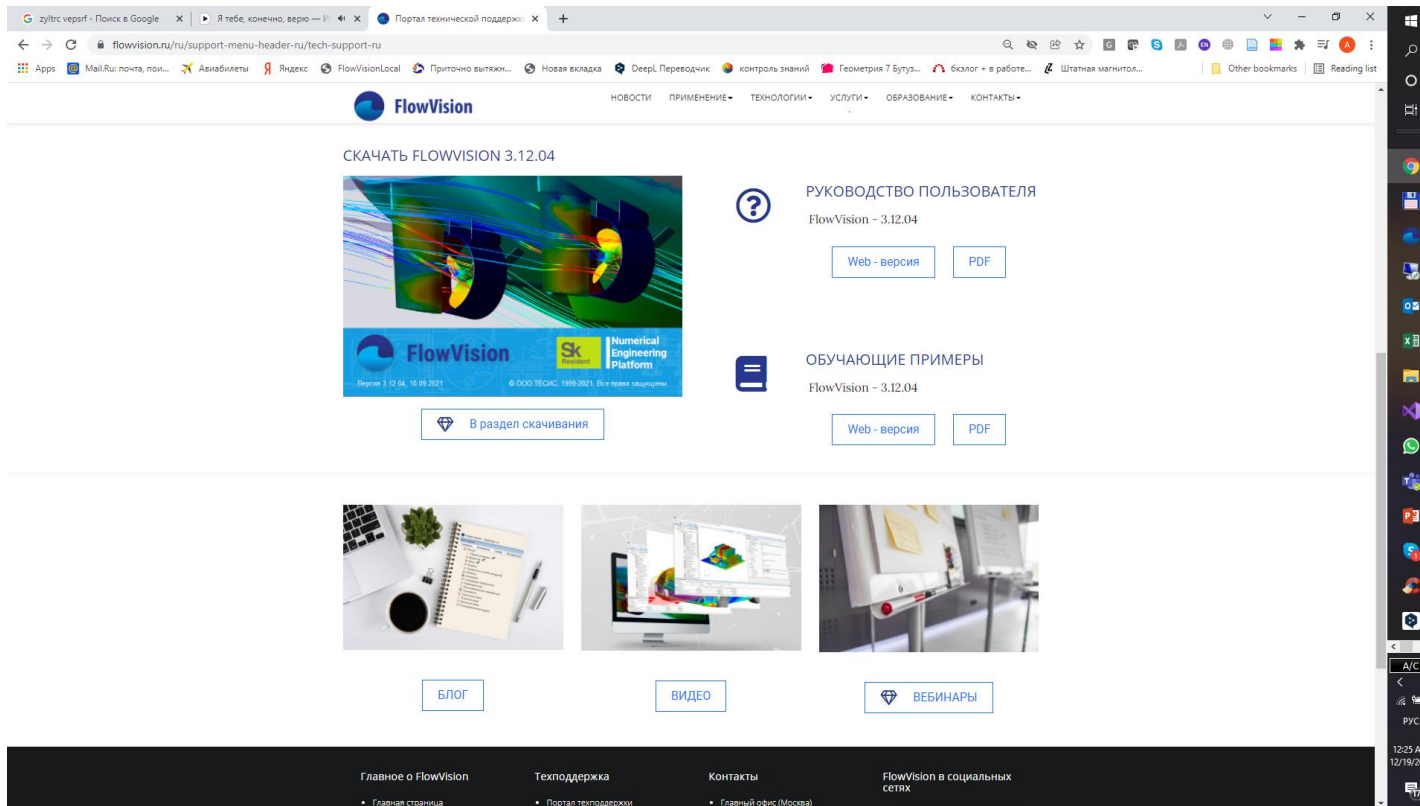
Automatic mesh generation, original numerics, Gap Model, advanced VOF... FlowVision is a powerful, easy-to-use CFD software with various unique features.

 <h3>Multiphysics & interoperability</h3> <ul style="list-style-type: none">• 2-way Strongly Coupled FSI with SIMULIA Abaqus, direct coupling via FlowVision MPM• Realistic FSI approach, large deformations, contacts, fluid volume changes• Coupled CFD/acoustics with MSC Actran, Siemens	 <h3>Speed, Scalability & Flexibility</h3> <ul style="list-style-type: none">• Flexible licensing, modularization and deployment• User-friendly interface for quick project setup, grid generation and postprocessing• One solver for all-Mach numbers	 <h3>Real physics & accuracy</h3> <ul style="list-style-type: none">• SGR, High fidelity representation of CAD/FE• Moving Bodies; Complex movements, intersections, full closure• Gap Model; Dimensionality problems, small clearances
---	---	---



The screenshot shows a web browser window displaying the FlowVision technical support portal. The browser's address bar shows the URL `flowvision.ru/support-menu-header-ru/tech-support-ru`. The page header includes the FlowVision logo, navigation links for "НОВОСТИ", "ПРИМЕНЕНИЕ", "ТЕХНОЛОГИИ", "УСЛУГИ", "ОБРАЗОВАНИЕ", and "КОНТАКТЫ", and a search bar. The main content area features a large blue banner with the text "ПОРТАЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ". Below the banner are five navigation buttons: "О тех. поддержке", "FAQ", "Блог", "Видео", and "Пожаловаться". A small note indicates that some icons are only visible when technical support is active. The lower section of the page contains two main interactive areas: "СОЗДАТЬ ЗАЯВКУ" (Create Request) and "ПОДЕЛИТЬСЯ ИДЕЯМИ" (Share Ideas). The "СОЗДАТЬ ЗАЯВКУ" section includes a text input field for describing the problem, a link to the support rules, a button for "E-mail в тех. поддержку (support@flowvision.ru)", and a button for "Загрузить архив данных". The "ПОДЕЛИТЬСЯ ИДЕЯМИ" section includes a text input field for the idea, a button for "e-mail для связи (по желанию)", and a button for "Отправить идею в тех. поддержку". At the bottom of the page, there is a link to "СКАЧАТЬ FLOWVISION 3.12.04". The browser's taskbar on the right shows various application icons and the system tray with the date and time "12:25 AM 12/19/2021".

СКАЧАТЬ FLOWVISION 3.12.04



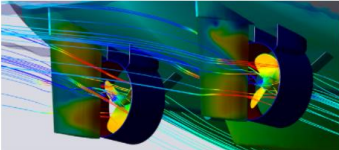
Portal technical support: x

flowvision.ru/support-menu-header-ru/tech-support-ru

FlowVision

НОВОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСЛУГИ ОБРАЗОВАНИЕ КОНТАКТЫ

СКАЧАТЬ FLOWVISION 3.12.04



FlowVision

Sk Numerical Engineering Platform

Версия 3.12.04, 16.09.2021

© ООО ТЕСИС, 1998-2021. Все права защищены.

В раздел скачивания

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

FlowVision - 3.12.04

Web - версия PDF

ОБУЧАЮЩИЕ ПРИМЕРЫ

FlowVision - 3.12.04

Web - версия PDF

БЛОГ

ВИДЕО

ВЕБИНАРЫ

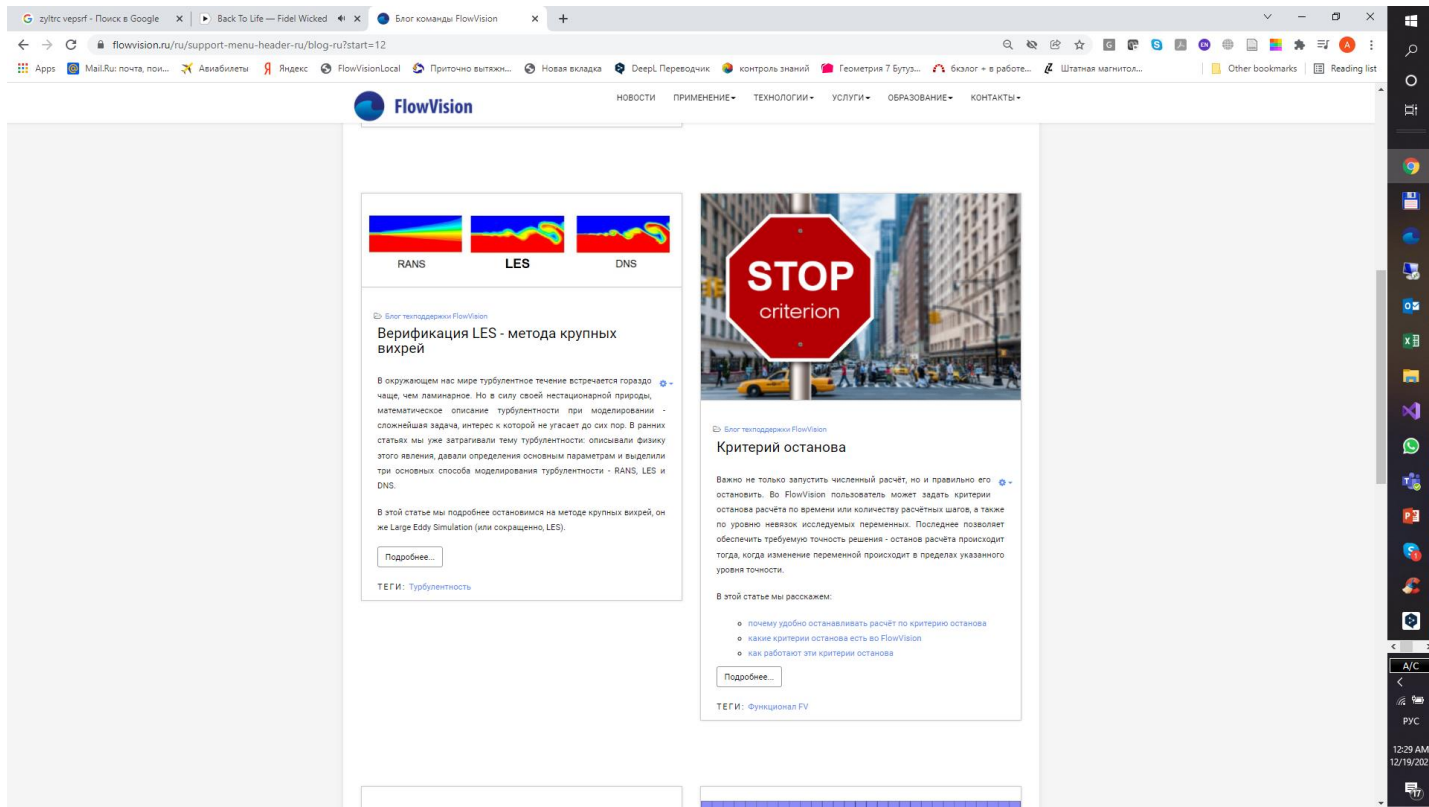
Главное о FlowVision

Техподдержка

Контакты

FlowVision в социальных сетях

- Главная страница
- Портал техподдержки
- Главный офис (Москва)



zyltrc vepstf - Поиск в Google x | Back To Life — Fidel Wicked x | Блог команды FlowVision x +

← → ↻ flowvision.ru/support-menu-header-ru/blog-ru?start=12

Apps Mail.Ru: почта, поч... Авиабилеты Яндекс FlowVisionLocal Прилично вытжжк... Новая вкладка DeepL: Переводчик контроль знаний Геометрия 7 Булу... блог - в работе... Штатная магнитол... Other bookmarks Reading list

FlowVision НОВОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСЛУГИ ОБРАЗОВАНИЕ КОНТАКТЫ

RANS LES DNS

Блог техподдержки FlowVision

Верификация LES - метода крупных вихрей

В окружающем нас мире турбулентное течение встречается гораздо чаще, чем ламинарное. Но в силу своей нестационарной природы, математическое описание турбулентности при моделировании - сложнейшая задача, интерес к которой не угасает до сих пор. В ранних статьях мы уже затрагивали тему турбулентности: описывали физику этого явления, давали определения основным параметрам и выделяли три основных способа моделирования турбулентности - RANS, LES и DNS.

В этой статье мы подробнее остановимся на методе крупных вихрей, он же Large Eddy Simulation (или сокращенно, LES).

[Подробнее...](#)

ТЕГИ: Турбулентность

STOP criterion

Блог техподдержки FlowVision

Критерий останова

Важно не только запустить численный расчёт, но и правильно его остановить. Во FlowVision пользователь может задать критерий останова расчёта по времени или количеству расчётных шагов, а также по уровню невязок исследуемых переменных. Последнее позволяет обеспечить требуемую точность решения - останов расчёта происходит тогда, когда изменение переменной происходит в пределах указанного уровня точности.

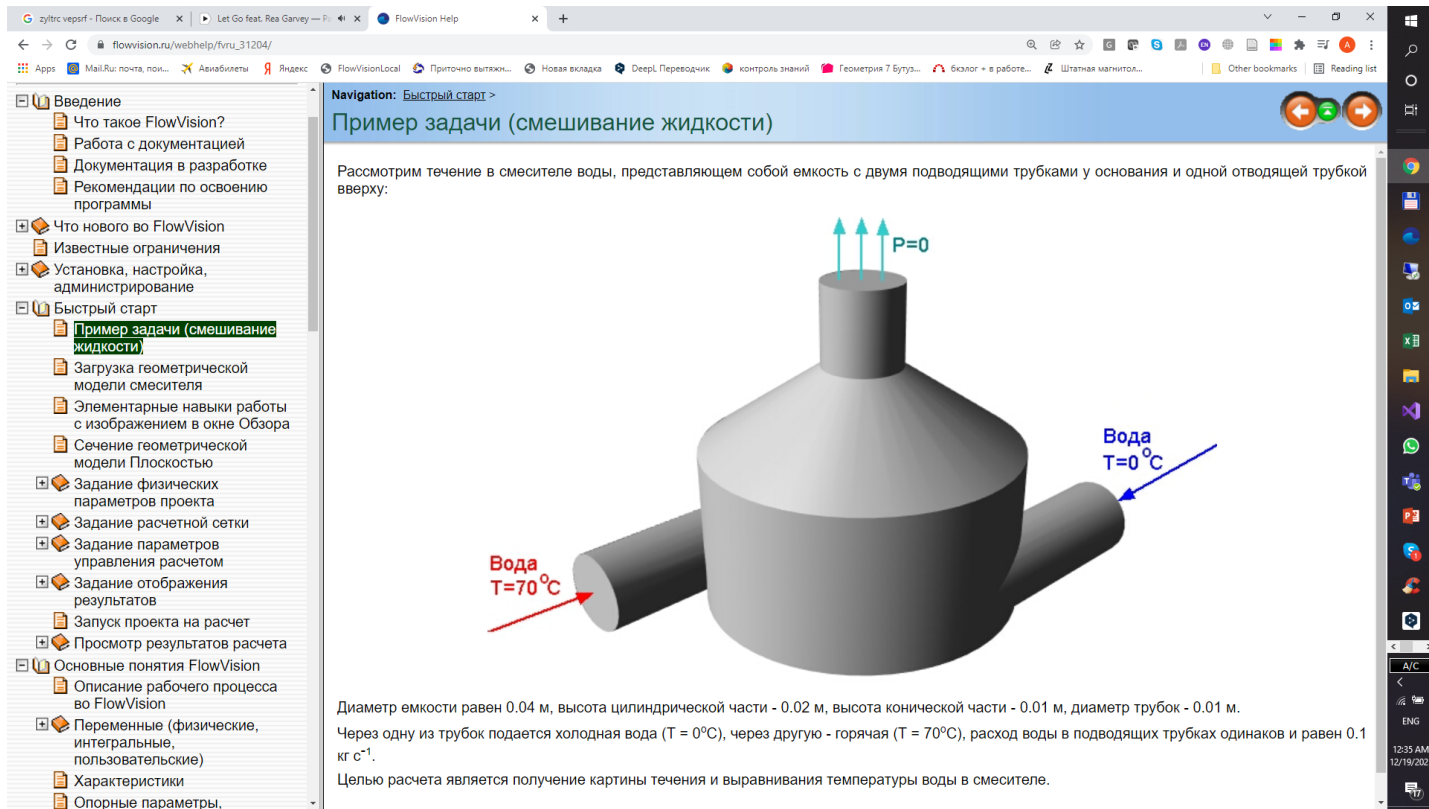
В этой статье мы расскажем:

- почему удобно останавливать расчёт по критерию останова
- какие критерии останова есть во FlowVision
- как работают эти критерии останова

[Подробнее...](#)

ТЕГИ: Функционал FV

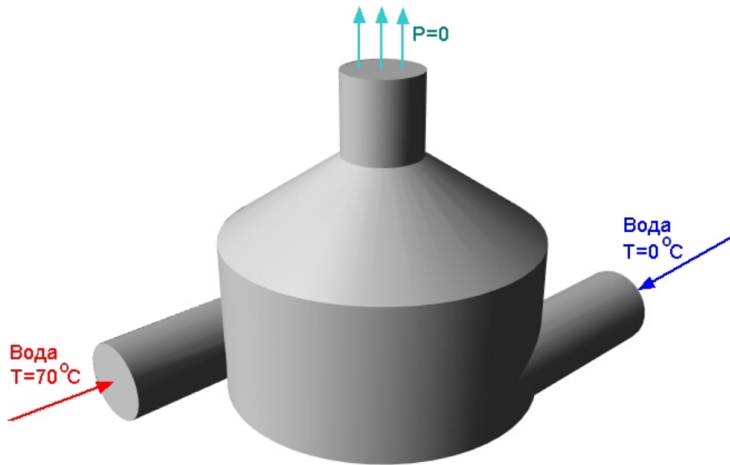
12:29 AM 12/19/2021



The screenshot shows a web browser window displaying the FlowVision help page. The page title is "Пример задачи (смешивание жидкости)". The left sidebar contains a navigation menu with categories like "Введение", "Быстрый старт", and "Основные понятия FlowVision". The main content area features a 3D diagram of a mixing tank with two inlet pipes at the bottom and one outlet pipe at the top. The left inlet is labeled "Вода T=70°C" with a red arrow. The right inlet is labeled "Вода T=0°C" with a blue arrow. The top outlet is labeled "P=0" with three upward-pointing arrows. Below the diagram, the text provides the tank dimensions and flow conditions.

Пример задачи (смешивание жидкости)

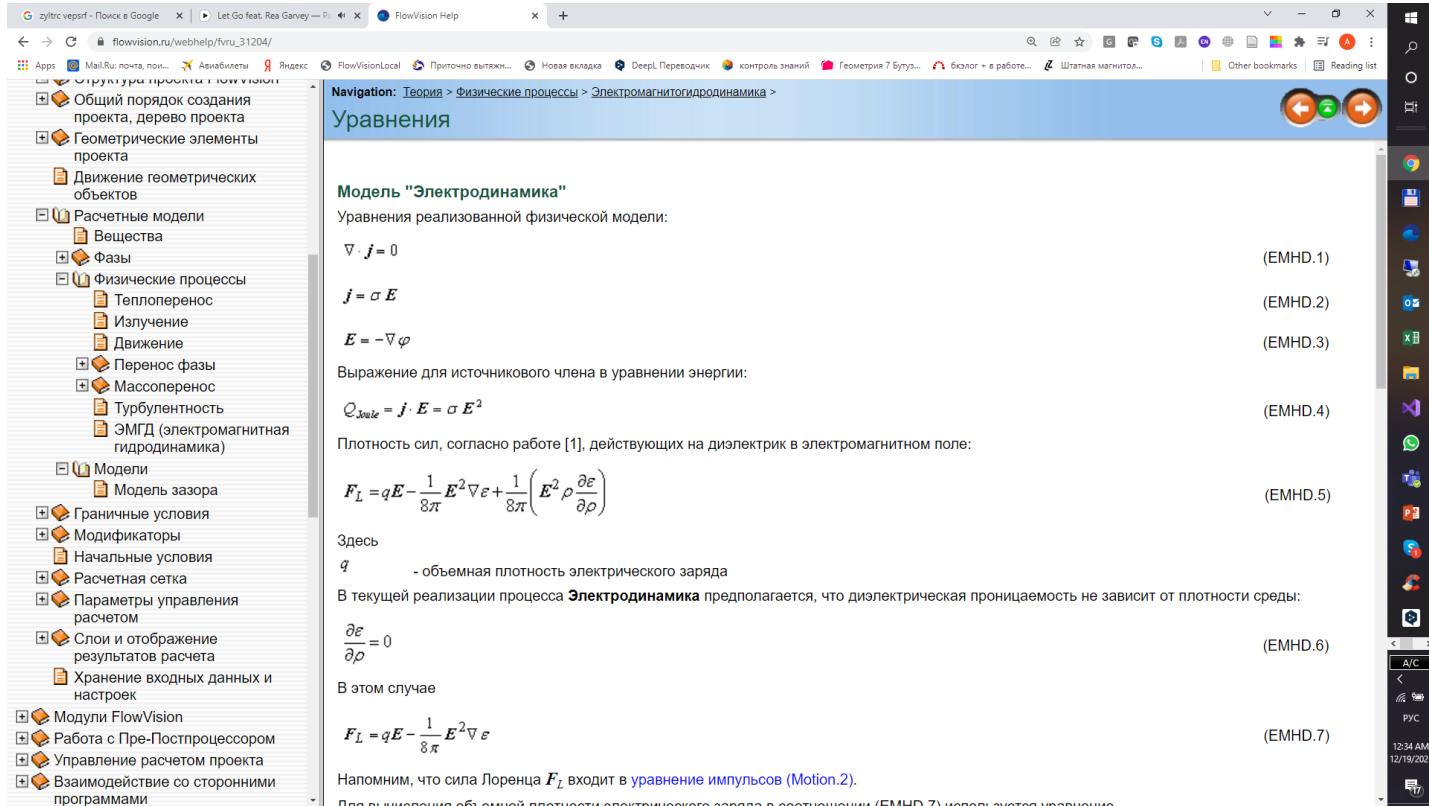
Рассмотрим течение в смесителе воды, представляющем собой емкость с двумя подводящими трубками у основания и одной отводящей трубкой сверху:



Диаметр емкости равен 0.04 м, высота цилиндрической части - 0.02 м, высота конической части - 0.01 м, диаметр трубок - 0.01 м.

Через одну из трубок подается холодная вода ($T = 0^{\circ}\text{C}$), через другую - горячая ($T = 70^{\circ}\text{C}$), расход воды в подводящих трубках одинаков и равен 0.1 кг с^{-1} .

Целью расчета является получение картины течения и выравнивания температуры воды в смесителе.



The screenshot shows a web browser window displaying the FlowVision Help page. The left sidebar contains a navigation tree with categories like 'Общий порядок создания проекта', 'Геометрические элементы проекта', 'Расчетные модели', 'Физические процессы', and 'Модели'. The main content area is titled 'Уравнения' and contains the following text:

Модель "Электродинамика"
Уравнения реализованной физической модели:

$$\nabla \cdot \mathbf{j} = 0 \quad (\text{EMHD.1})$$
$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \quad (\text{EMHD.2})$$
$$\mathbf{E} = -\nabla \varphi \quad (\text{EMHD.3})$$

Выражение для источникового члена в уравнении энергии:

$$Q_{\text{source}} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} = \sigma E^2 \quad (\text{EMHD.4})$$

Плотность сил, согласно работе [1], действующих на диэлектрик в электромагнитном поле:

$$\mathbf{F}_L = q\mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} E^2 \nabla \varepsilon + \frac{1}{8\pi} \left(E^2 \rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right) \quad (\text{EMHD.5})$$

Здесь q - объемная плотность электрического заряда

В текущей реализации процесса **Электродинамика** предполагается, что диэлектрическая проницаемость не зависит от плотности среды:

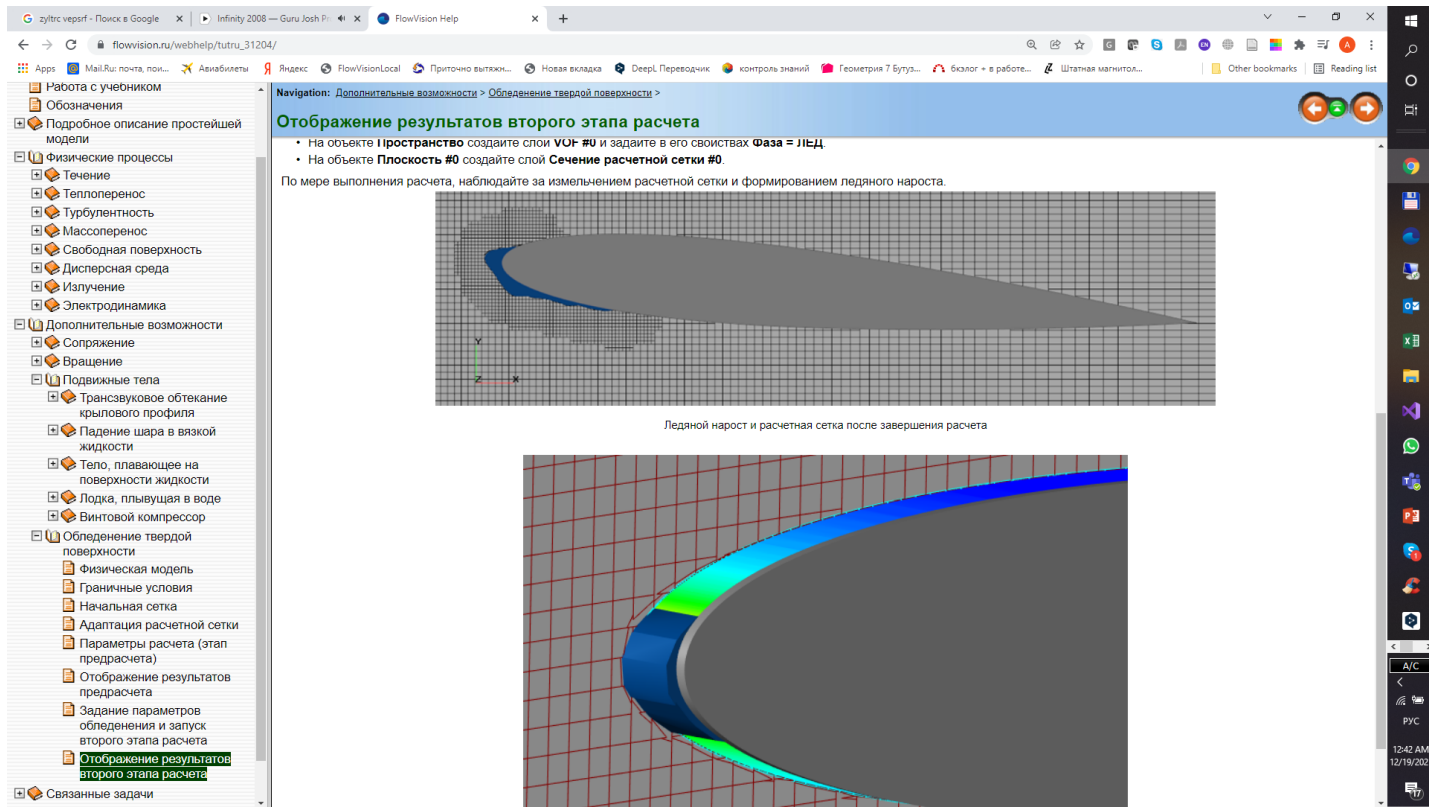
$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} = 0 \quad (\text{EMHD.6})$$

В этом случае

$$\mathbf{F}_L = q\mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} E^2 \nabla \varepsilon \quad (\text{EMHD.7})$$

Напомним, что сила Лоренца \mathbf{F}_L входит в [уравнение импульсов \(Motion.2\)](#).

Для вычисления объемной плотности электрического заряда в соотношении (EMHD.7) необходимо использовать уравнение

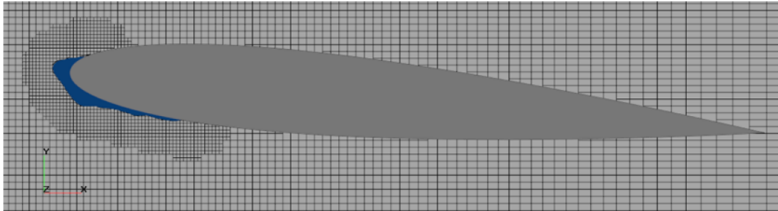


Navigation: [Дополнительные возможности](#) > [Обледенение твердой поверхности](#) >

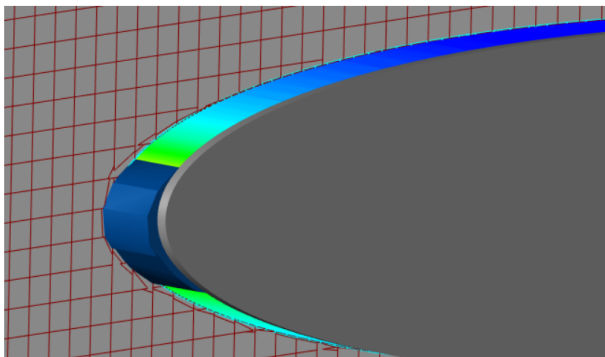
Отображение результатов второго этапа расчета

- На объекте **Пространство** создайте слой **VOF #0** и задайте в его свойствах **Фаза = ЛЕД**
- На объекте **Плоскость #0** создайте слой **Сечение расчетной сетки #0**.

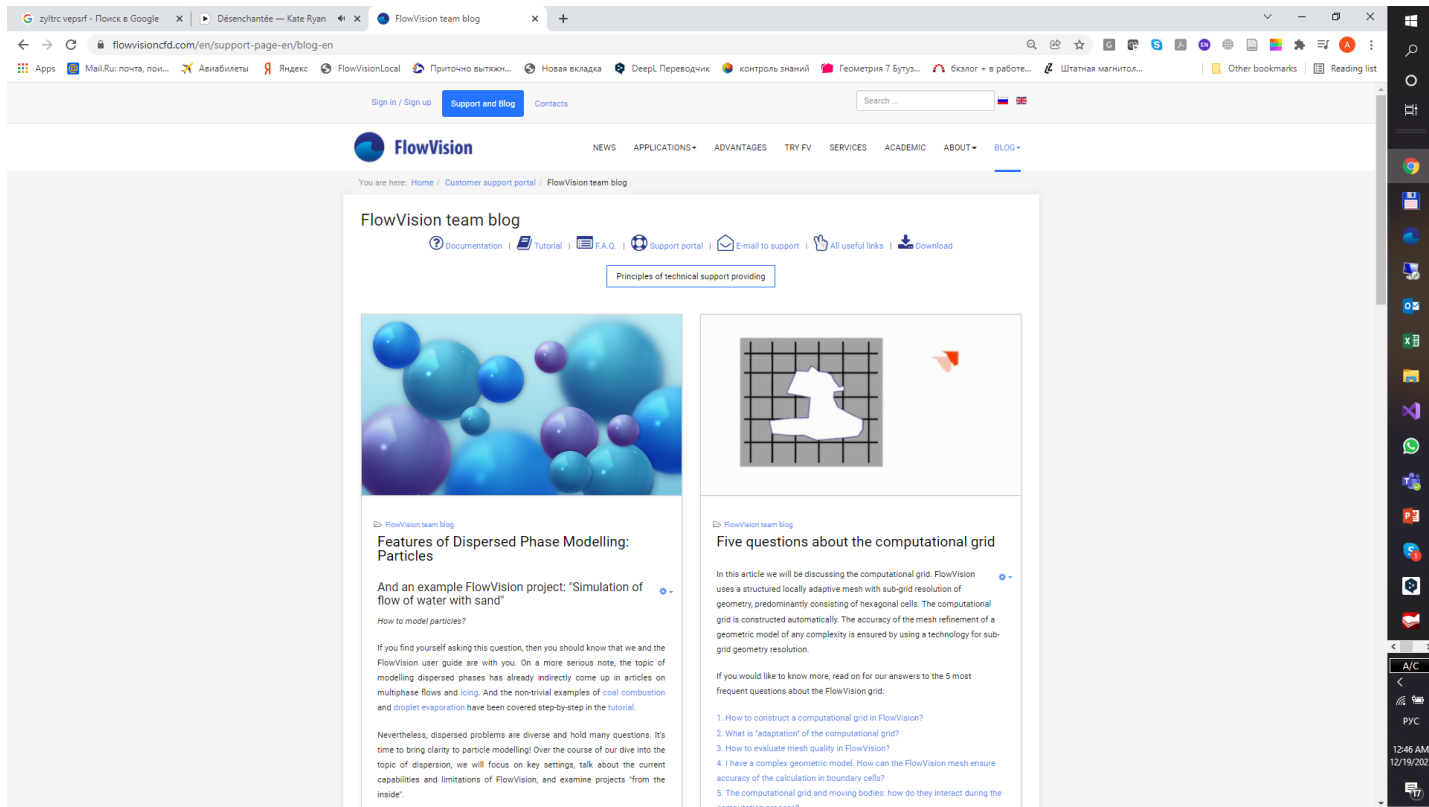
По мере выполнения расчета, наблюдайте за изменением расчетной сетки и формированием ледяного нароста.



Ледяной нарост и расчетная сетка после завершения расчета



И все это не только на русском, но и английском языке



The screenshot shows a web browser window displaying the FlowVision team blog. The browser's address bar shows the URL `flowvisioncfd.com/en/support-page-en/blog-en`. The page features a navigation menu with links for NEWS, APPLICATIONS, ADVANTAGES, TRY FV, SERVICES, ACADEMIC, ABOUT, and BLOG. Below the navigation, there is a search bar and a language selector. The main content area is titled "FlowVision team blog" and includes a sub-header "Principles of technical support providing". Two article previews are visible: "Features of Dispersed Phase Modelling: Particles" and "Five questions about the computational grid". The first article preview includes a sub-header "And an example FlowVision project: 'Simulation of flow of water with sand'" and a paragraph of text. The second article preview includes a sub-header "Five questions about the computational grid" and a list of five questions.

FlowVision team blog

Documentation | Tutorial | F.A.Q. | Support portal | E-mail to support | All useful links | Download

Principles of technical support providing

FlowVision team blog

Features of Dispersed Phase Modelling: Particles

And an example FlowVision project: "Simulation of flow of water with sand"

How to model particles?

If you find yourself asking this question, then you should know that we and the FlowVision user guide are with you. On a more serious note, the topic of modelling dispersed phases has already indirectly come up in articles on multiphase flows and icing. And the non-trivial examples of coal combustion and droplet evaporation have been covered step-by-step in the tutorial.

Nevertheless, dispersed problems are diverse and hold many questions. It's time to bring clarity to particle modelling! Over the course of our dive into the topic of dispersion, we will focus on key settings, talk about the current capabilities and limitations of FlowVision, and examine projects "from the inside".

FlowVision team blog

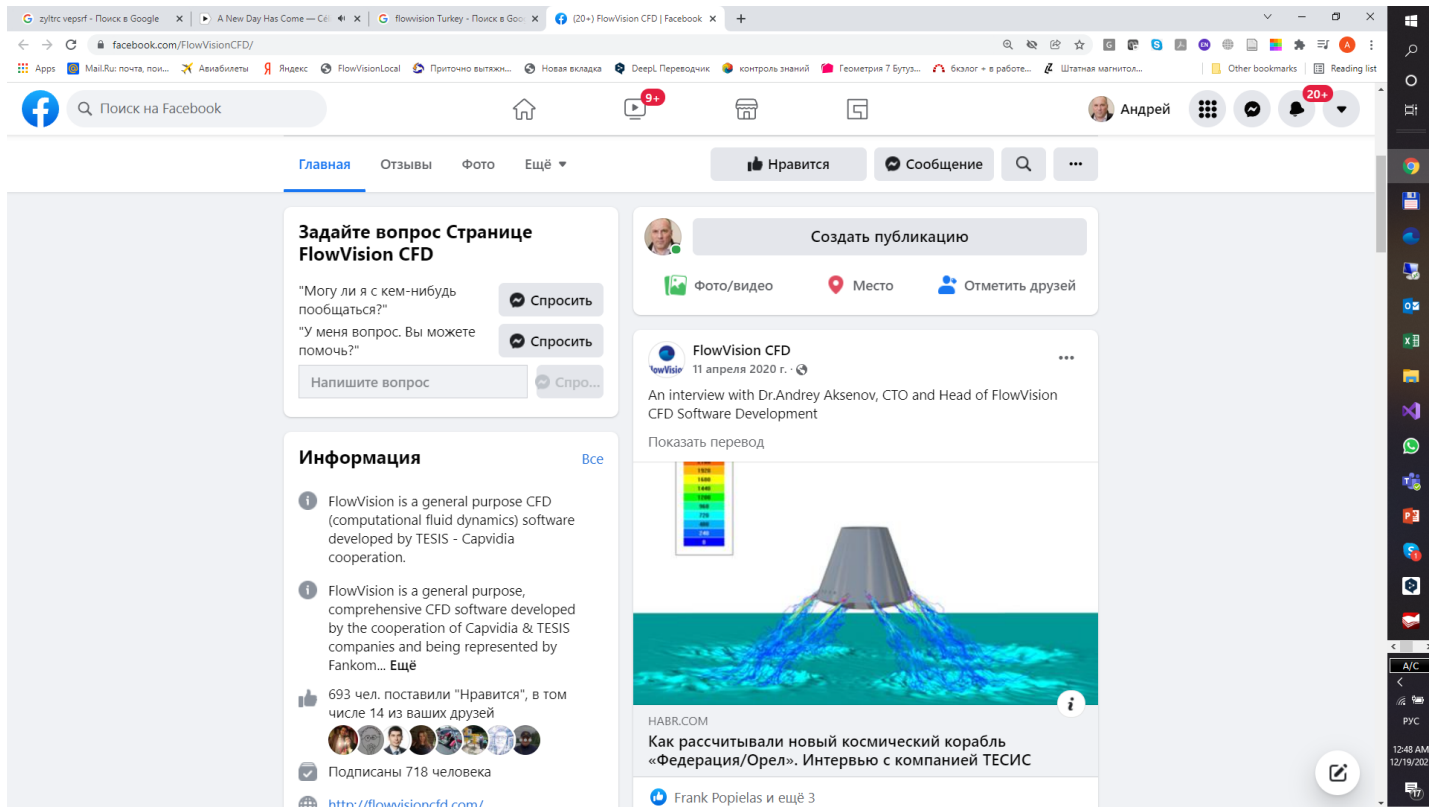
Five questions about the computational grid

In this article we will be discussing the computational grid. FlowVision uses a structured locally adaptive mesh with sub-grid resolution of geometry, predominantly consisting of hexagonal cells. The computational grid is constructed automatically. The accuracy of the mesh refinement of a geometric model of any complexity is ensured by using a technology for sub-grid geometry resolution.

If you would like to know more, read on for our answers to the 5 most frequent questions about the FlowVision grid:

1. How to construct a computational grid in FlowVision?
2. What is "adaptation" of the computational grid?
3. How to evaluate mesh quality in FlowVision?
4. I have a complex geometric model. How can the FlowVision mesh ensure accuracy of the calculation in boundary cells?
5. The computational grid and moving bodies: how do they interact during the computation process?

FlowVision в соцсетях – Facebook, Twitter, LinkedIn



zlytrc vespri - Поиск в Google x | A New Day Has Come — Ce... | flowvision Turkey - Поиск в Google x | (20+) FlowVision CFD | Facebook x +

facebook.com/FlowVisionCFD/

Поиск на Facebook

Главная Отзывы Фото Ещё

Нравится Сообщения

Задайте вопрос Странице FlowVision CFD

"Могу ли я с кем-нибудь пообщаться?"

"У меня вопрос. Вы можете помочь?"

Напишите вопрос

Информация

FlowVision is a general purpose CFD (computational fluid dynamics) software developed by TESIS - Capvidia cooperation.

FlowVision is a general purpose, comprehensive CFD software developed by the cooperation of Capvidia & TESIS companies and being represented by Fankom... [Ещё](#)

693 чел. поставили "Нравится", в том числе 14 из ваших друзей

Подписаны 718 человека

<http://flowvisioncfd.com/>

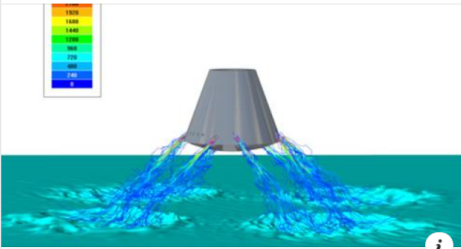
Создать публикацию

Фото/видео Место Отметить друзей

FlowVision CFD
11 апреля 2020 г. · · ·

An interview with Dr.Andrey Aksenov, CTO and Head of FlowVision CFD Software Development

Показать перевод



HABR.COM

Как рассчитывали новый космический корабль «Федерация/Орел». Интервью с компанией ТЕСИС

Frank Popielas и ещё 3

Кто использует FlowVision

В России – наш главный рынок

- Предприятия ОПК
- Предприятия Росатома (несмотря на попытки Сарова выдавить нас)
- Роскосмос – наша родина
- Академия наук
- Университеты – МФТИ, Бауманка, МАИ, Университет Ельцина, Нижегородский Политех...

За рубежом

- Китай & Тайвань – Шинная промышленность, ОПК, Атомная энергетика, Тепловая энергетика
- США – шинная промышленность, машиностроение
- Европа – медицина, шинная промышленность (акустика & аквапланирование)
- Индия - ОПК

Наши конкуренты

1. Fluent
2. StarCCM+

Где мы сильны

1. Задачи FSI
2. Обледенение
3. Двухфазное течение (свободная поверхность)
4. Аэродинамика и гидродинамика сложных поверхностей

Что нужно сделать, чтобы их опередить

1. FlowVision как платформа – масштабируемое развитие программы - не только силами 11 девелоперов
2. Интеграция FlowVision с другими программами. Интеграция через поверхность или в объеме – возможна уже сейчас!
3. Помощь со стороны CFD – общественности – советы, литература, люди

Помощь со стороны CFD – общественности

Особая благодарность А.А. Дектереву и его команде SigmaFlow, которая помогла литературой и советами реализовать модель радиационного теплообмена MDO и помогает развить модель кавитации



Также слова благодарности А.А. Приходько и С.В. Алексеенко (Днепровский университет) За помощь в реализации модели обледенения



Вектор развития FlowVision

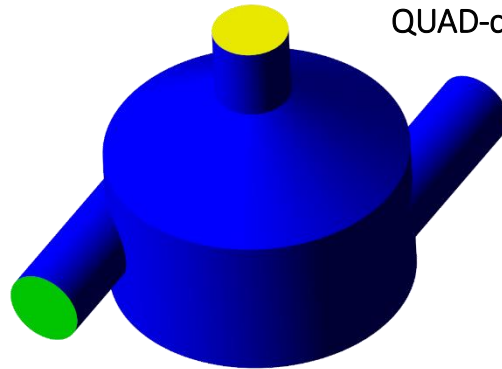
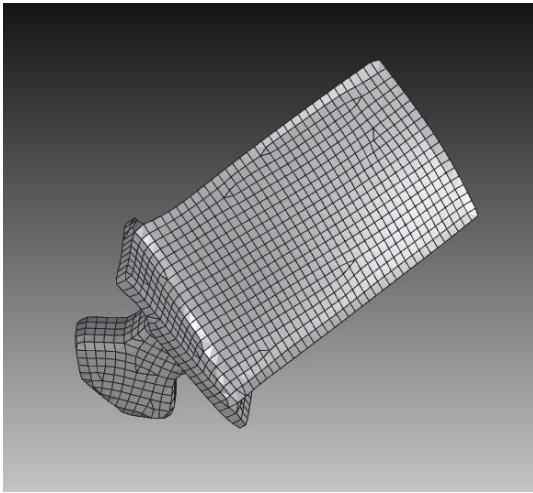
1. Задачи аэродинамики – от несжимайки до гиперзвука
2. Междисциплинарные задачи – задачи FSI, горение, химия, электромагнитогидродинамика, а скоро – акустика и прочность.
3. Течения со свободной поверхностью
4. Импортзамещение – слово запретное для ТЕСИС. Только честная конкуренция.
5. Обращаемся к пользователю. Пытаемся сделать FV удобным инструментом с низким уровнем «входа» для пользователя.
6. Развиваем сервисы вокруг FlowVision – API, протоколы взаимодействия с другими программами, шаблоны задач. Информационная поддержка, соцсети и так далее.

Итоги 2021 года

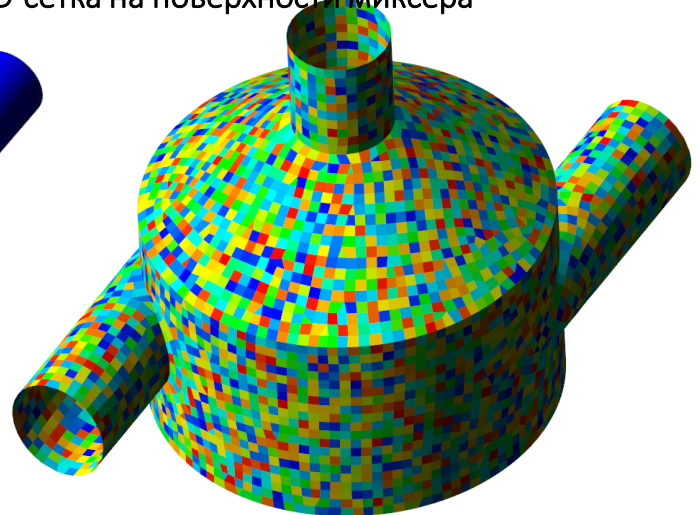
1. Дорабатываем модель обледенения
2. Дорабатываем криволинейную, адаптируемую пристенную сетку
3. Создали модель переноса акустических колебаний
4. FlowVision полностью под Linux!!!

Новый OBL

- OBL – генерация полноценной сетки около поверхности
- Создается на базе QUAD-сетки, генерируемой 3DTransvidia
- Сетка OBL полностью автоматически подстраивается под основную сетку:
 - Адаптация QUAD-сетки в местах адаптации основной так, чтобы вдоль поверхности размеры обеих сеток были примерно равны
 - OBL меняет высоту, подстраиваясь под основную сетку

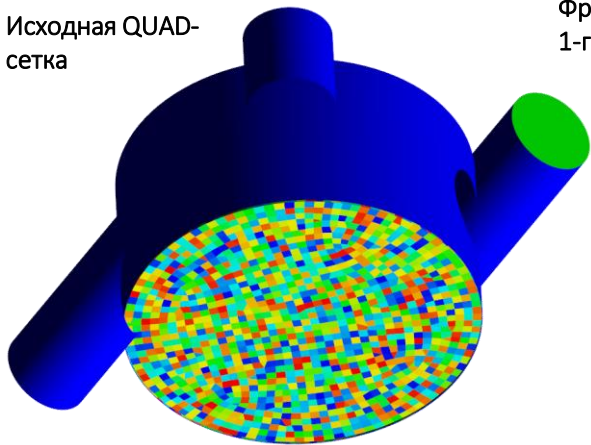


QUAD-сетка на поверхности миксера

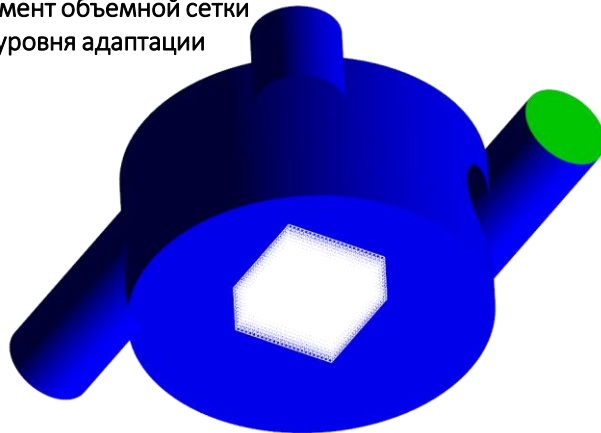


Адаптация OBL и изменение высоты

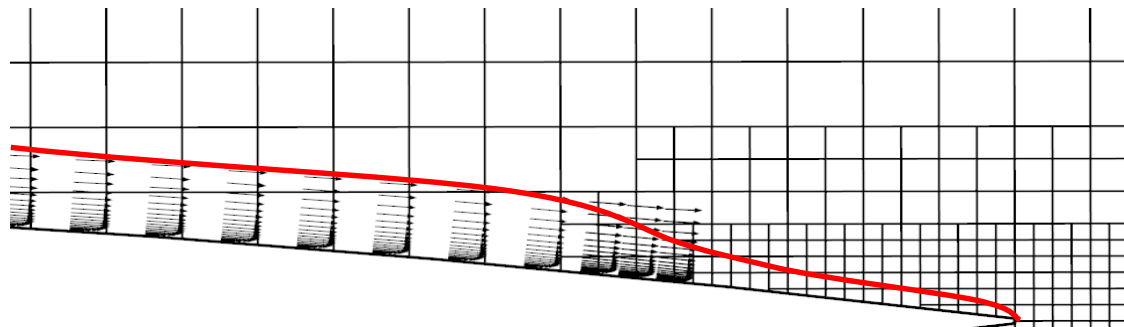
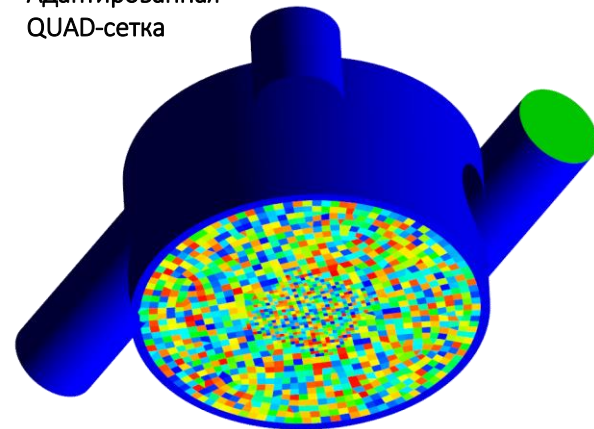
Исходная QUAD-сетка



Фрагмент объемной сетки
1-го уровня адаптации



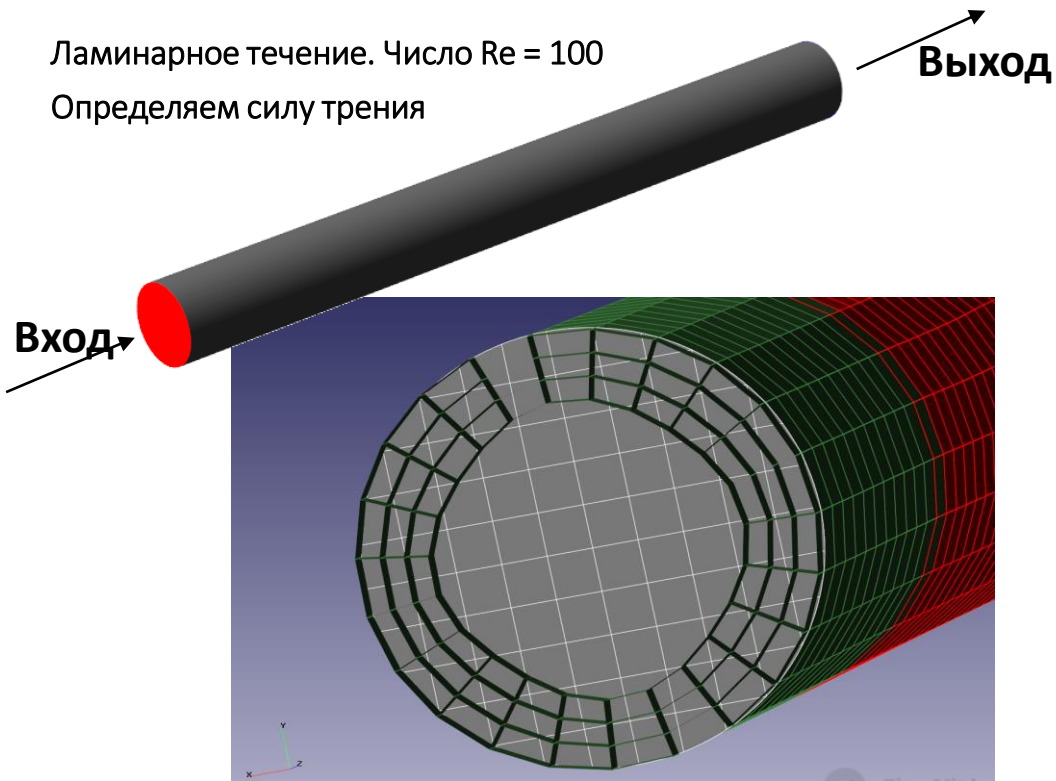
Адаптированная QUAD-сетка



Изменение высоты сетки
из-за изменения размеров
основной сетки

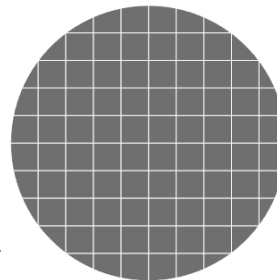
Течение в трубе

Ламинарное течение. Число $Re = 100$
Определяем силу трения

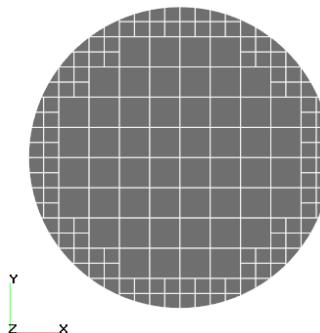


Сечение расчетной сетки

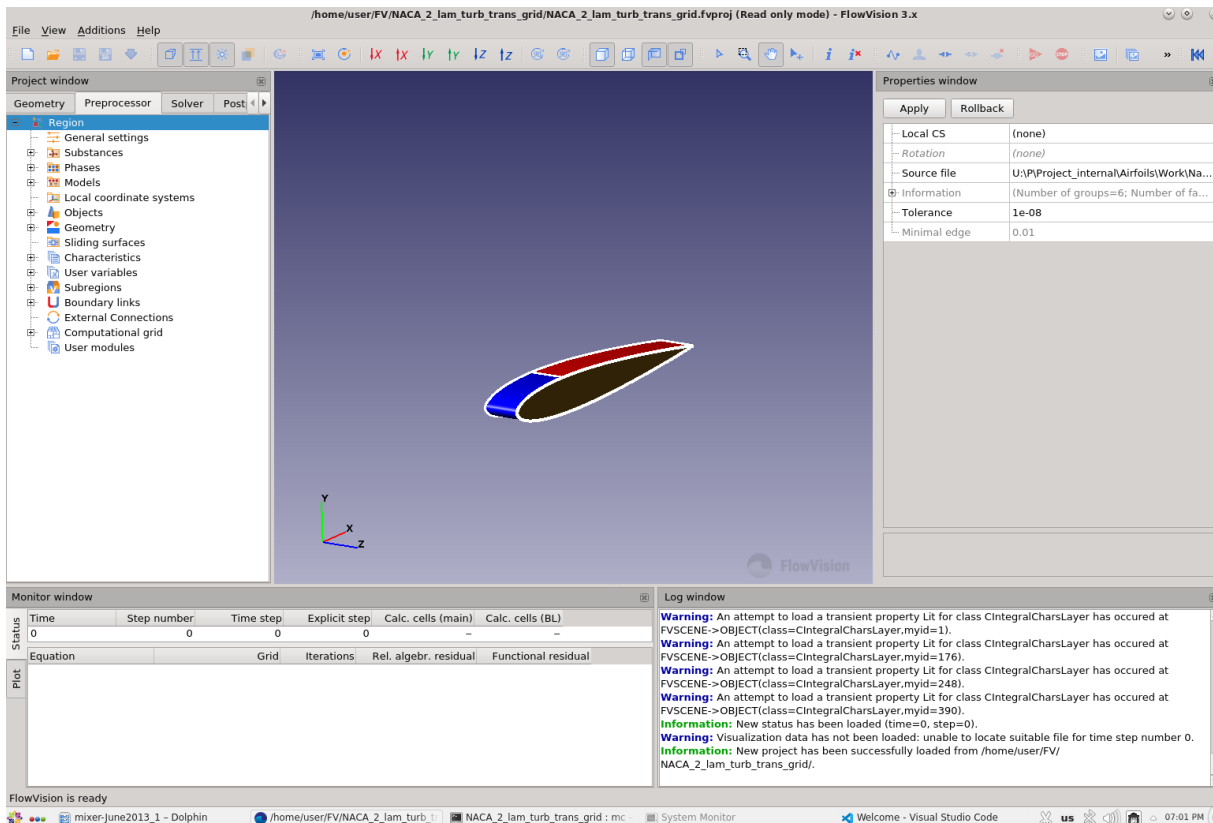
Погрешность - без ПС 5.6%, с ПС 1.8%.



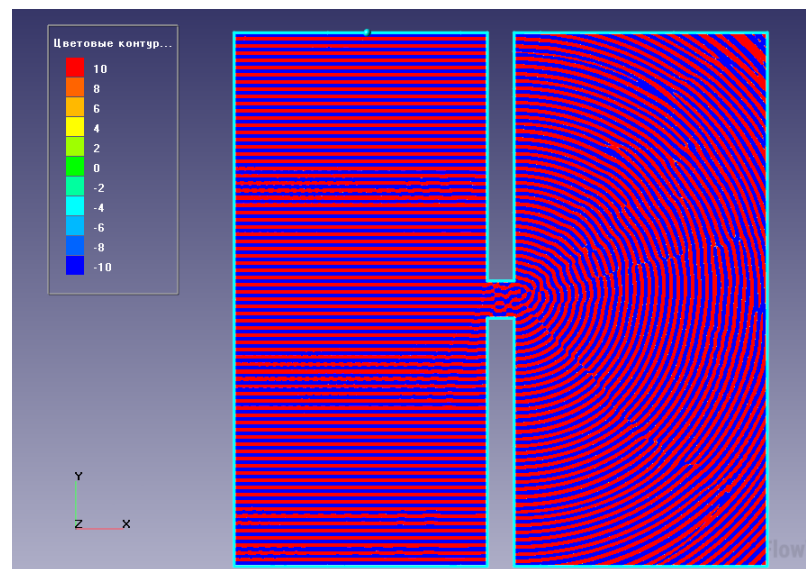
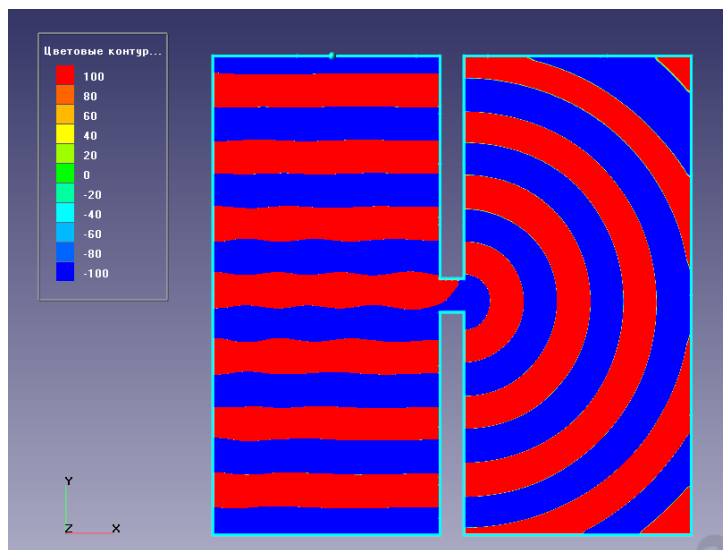
Сечение расчетной сетки с адаптацией
Погрешность- без ПС 3%, с ПС 0.2%.

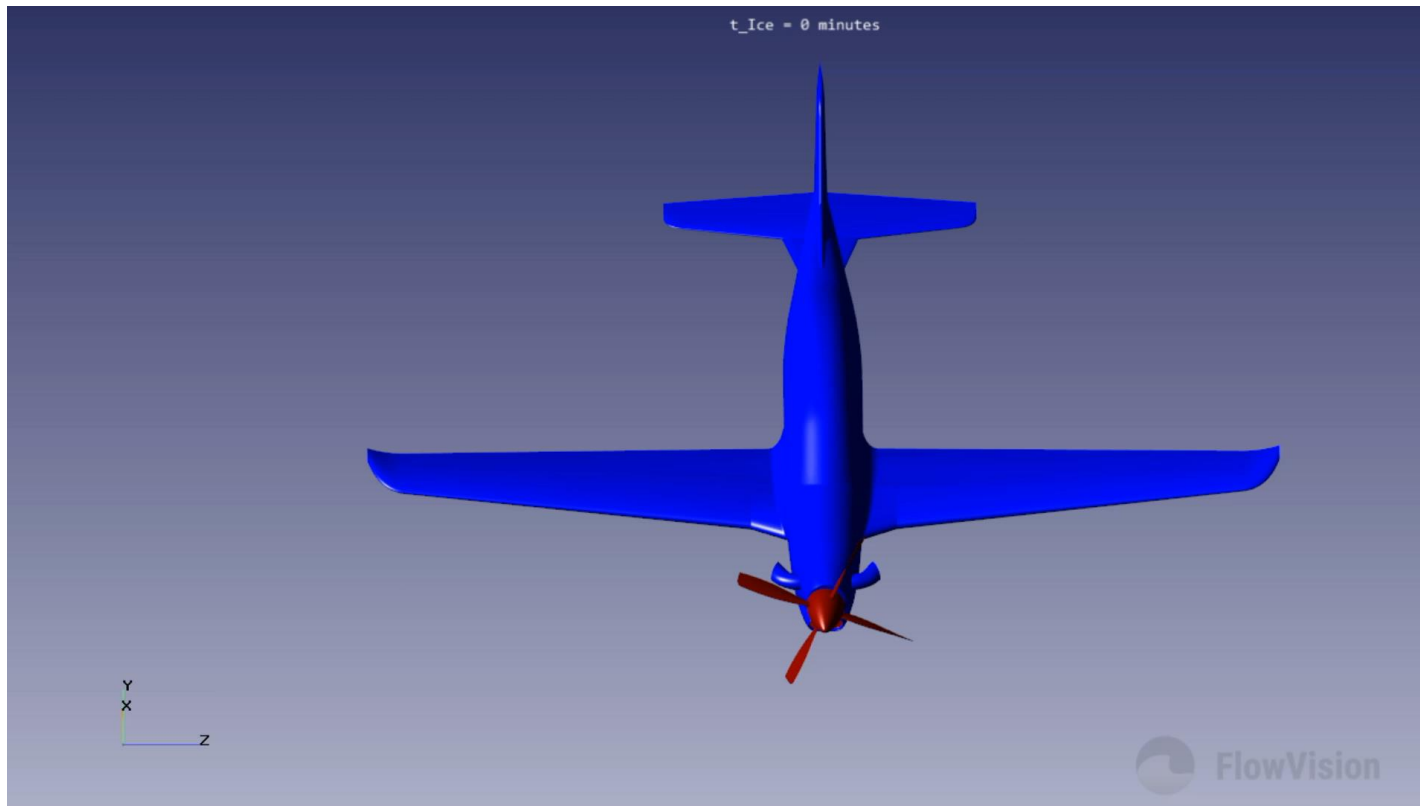


препроцессор теперь под Linux



Прохождение плоской волны через отверстие (дифракция)

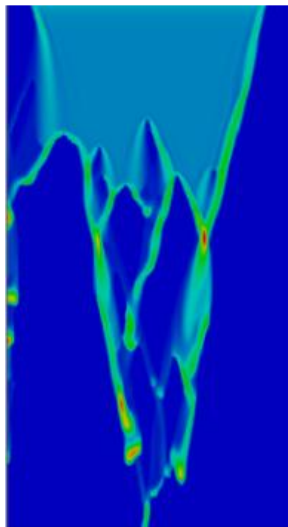




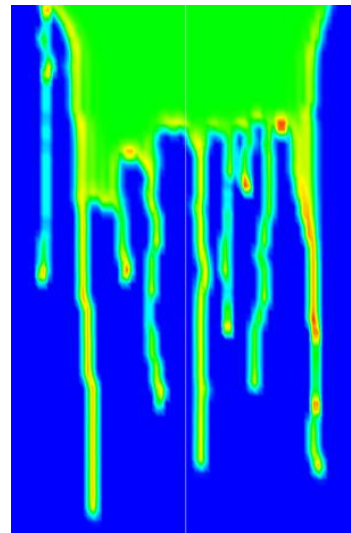
Пленочное течение



Experiment,
Meredith et. Al (**)



Gosset (*)



FlowVision

Модель линии
контакта FV

- $\beta = 0.25$
- $\theta_{\text{mean}} = 75^\circ$
- $\theta_{\text{var}} = 10^\circ$



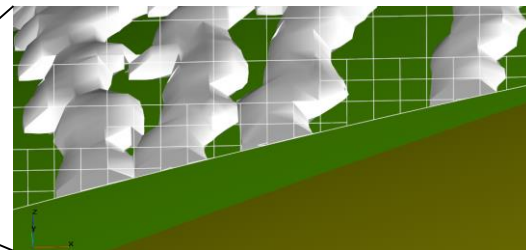
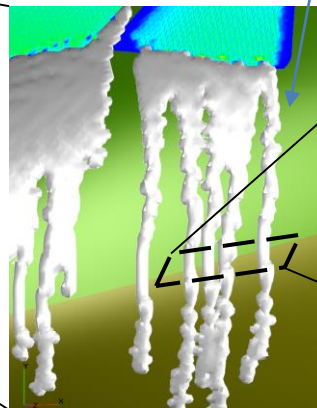
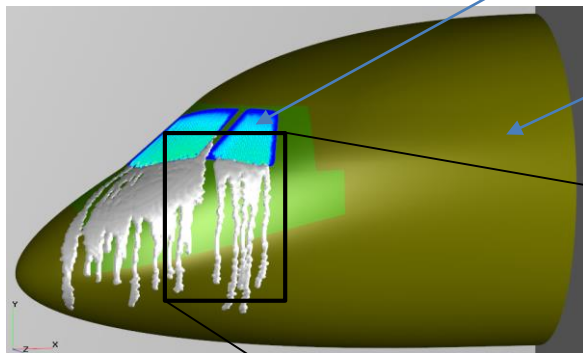
Носовая часть фюзеляжа, снег: Результаты

Осадки 7.7 [мм/час]

Обогреваемая поверхность

«Холодная» поверхность

Ледяные наросты

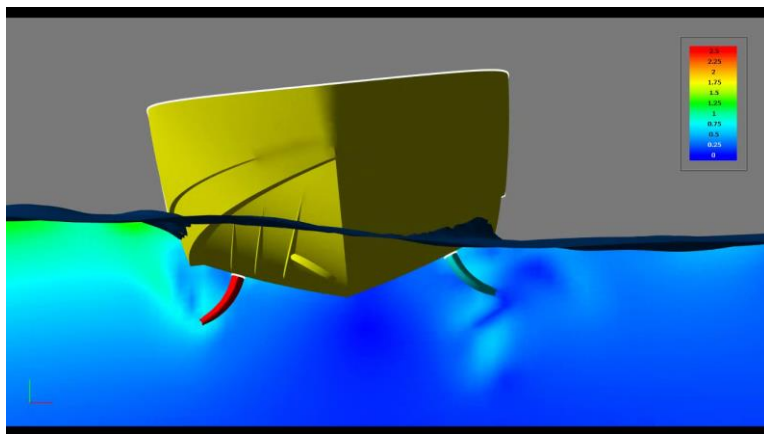


Модель
линии
контакта FV

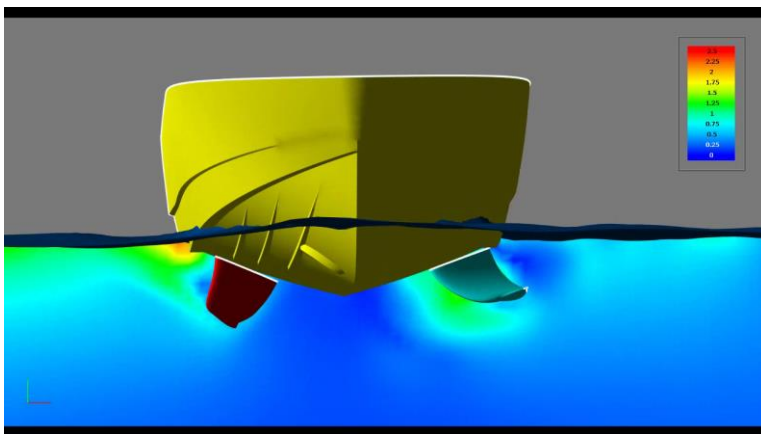
- $\beta = 0.2$
- $\theta_{\text{mean}} = 75^\circ$
- $\theta_{\text{var}} = 10^\circ$

Подключение сторонних программ через сокет

Активная стабилизация бортовой качки
использование внешней пользовательской программы и протокола MVC для
решения задачи



Рули неподвижны



Рули активны

Моделирование теплового факела в атмосфере на высотах до 10 км

Плотность воздуха – функция от высоты (задается в свойствах вещества):

$$\rho_0(Y) = \frac{P_0(Y)}{RT_0(Y)},$$

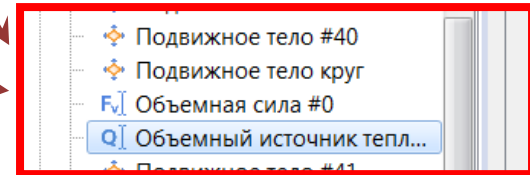
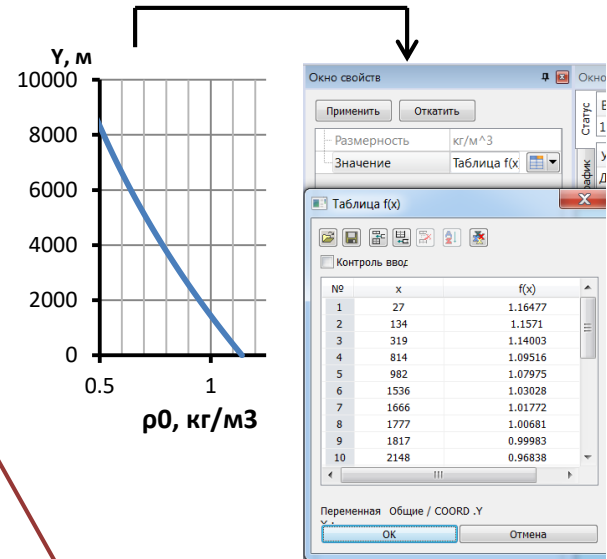
Уравнение Навье–Стокса модифицируется заданием дополнительной силы плавучести:

$$Fv = -\rho_0(Y) \frac{T'}{T_0(Y)} g,$$

Уравнение энергии решается для термодинамической энтальпии:

$$\frac{\partial \rho_0 h'}{\partial t} + \nabla \rho_0 h' v = \rho_0 V_y \left(c_p \frac{\partial T_0}{\partial y} \left(\frac{T'}{T_0} - 1 \right) - g \right) + \nabla (\lambda_t \nabla (T' + T_0))$$

Работа против сил тяжести учитывается дополнительным членом через интерфейс



Скорость абсорбирования водяного пара из воздуха (в расчете на объём d^3 , приходящийся на одну частицу):

$$Q_{a_water} = f(m_0 - m) \frac{DC}{d^2},$$

где m_0 - максимальная масса частицы, кг.

При достижении $m_0 = m$ $Q_{a_water} = 0$;

m – текущая масса частицы (с учетом абсорбции воды при ее наличии), кг;

f – концентрация частиц, $1/m^3$;

D – коэффициент диффузии, m^2/c ;

C - массовая доля паров воды;

d - среднее расстояние между частицами, $1/m^3$

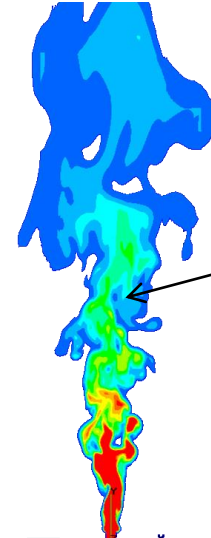
$$d = \frac{1}{f^{1/3}}$$

Уравнение для концентрации влаги в воздухе:

$$\frac{\partial \rho_0 C'}{\partial t} + \nabla(\rho_0 V C') = \nabla(D \nabla C') - V_y \frac{\partial \rho_0 C_0}{\partial y} - Q_a$$

Уравнение энергии примет вид:

$$\frac{\partial \rho_0 h'}{\partial t} + \nabla \rho_0 h' V = -\rho_0 V_y C_p \left(\frac{\partial T_0}{\partial y} - \frac{\rho'}{\rho_0} \frac{\partial T_0}{\partial y} + g \right) + \nabla(\lambda_t \nabla(T' + T_0)) + Q + Q_a E, \quad E - \text{энергия фазового перехода}$$

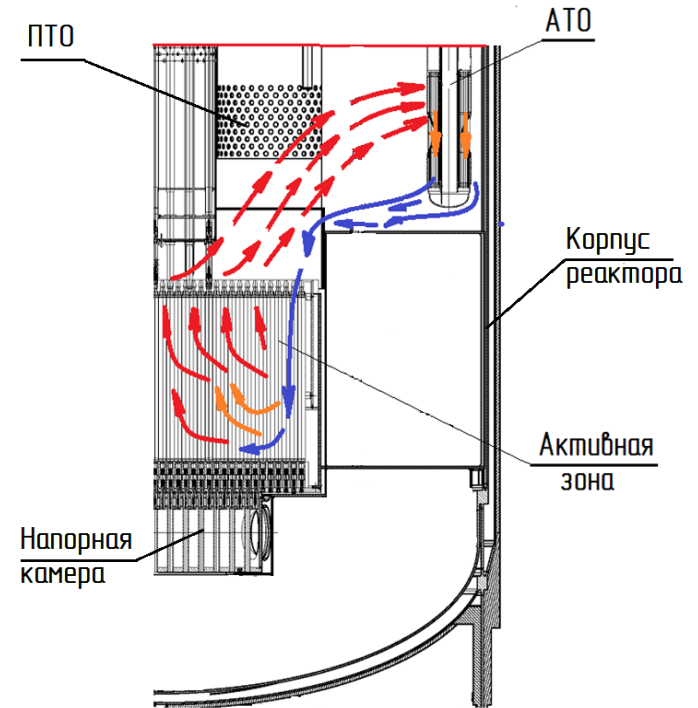
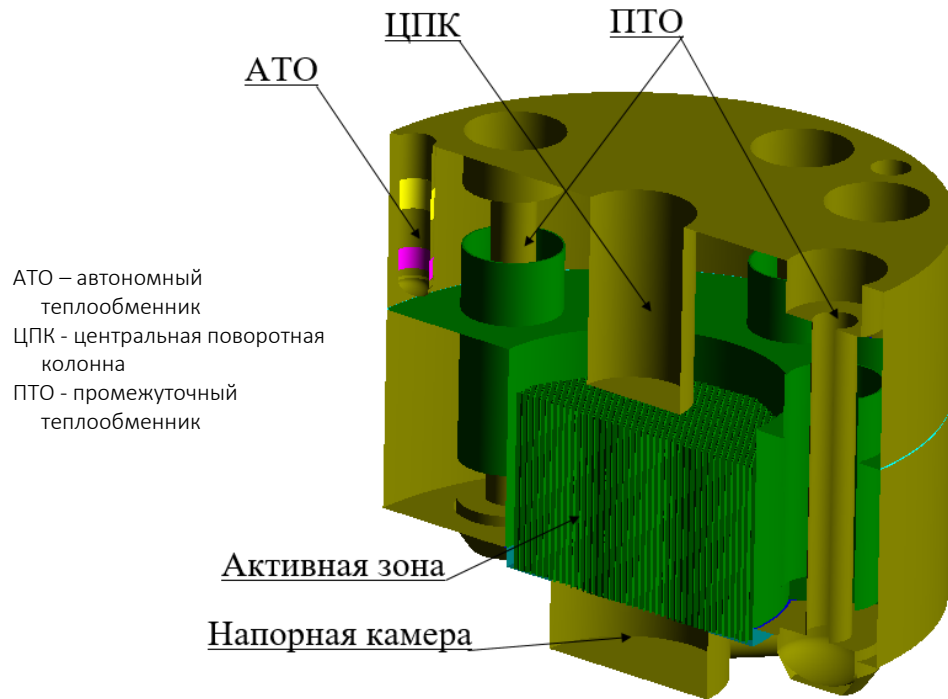


Струя с гигроскопическим аэрозолем, инициирующая конденсацию



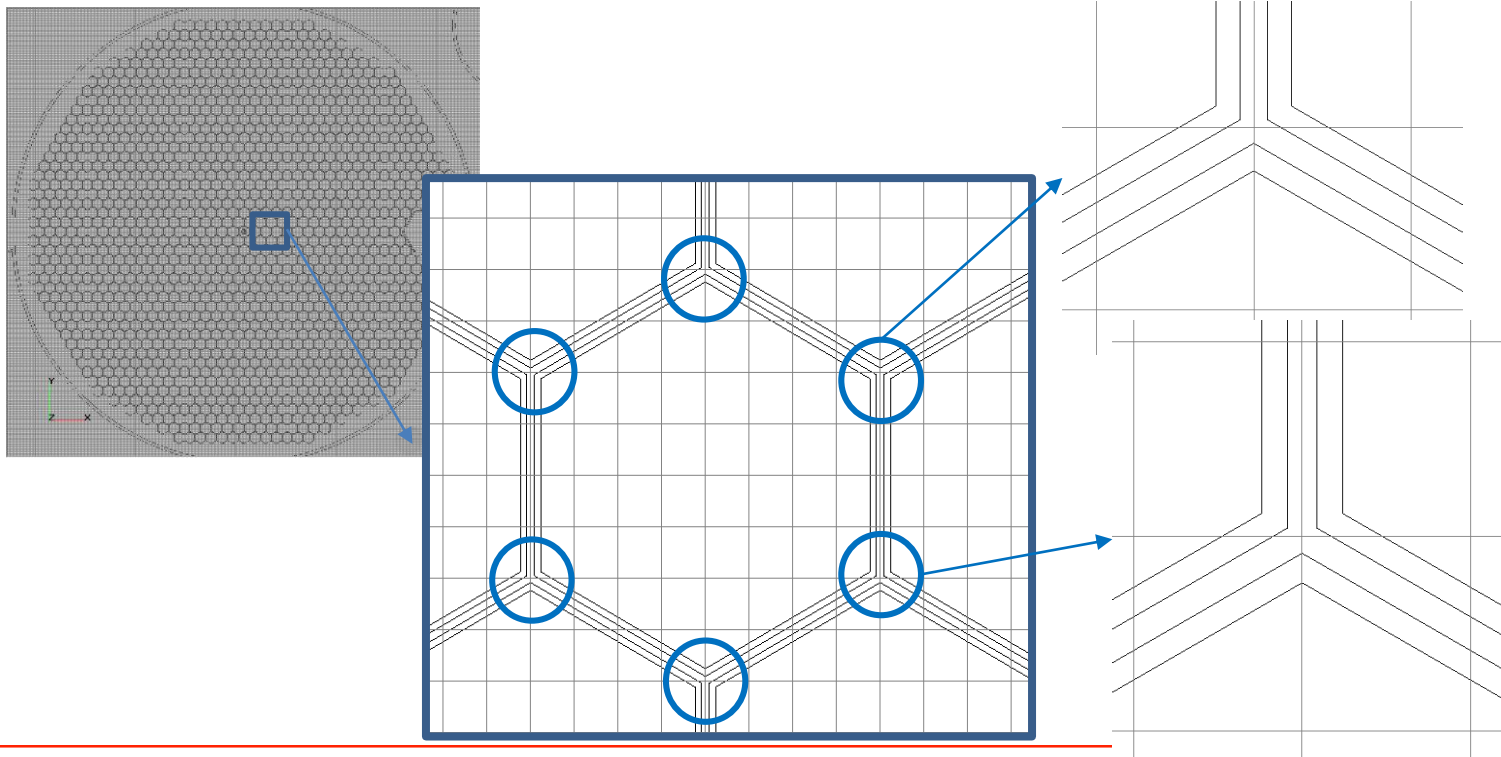
Сопло двигателя

Расхолаживание (остановка) реактора на быстрых нейтронах



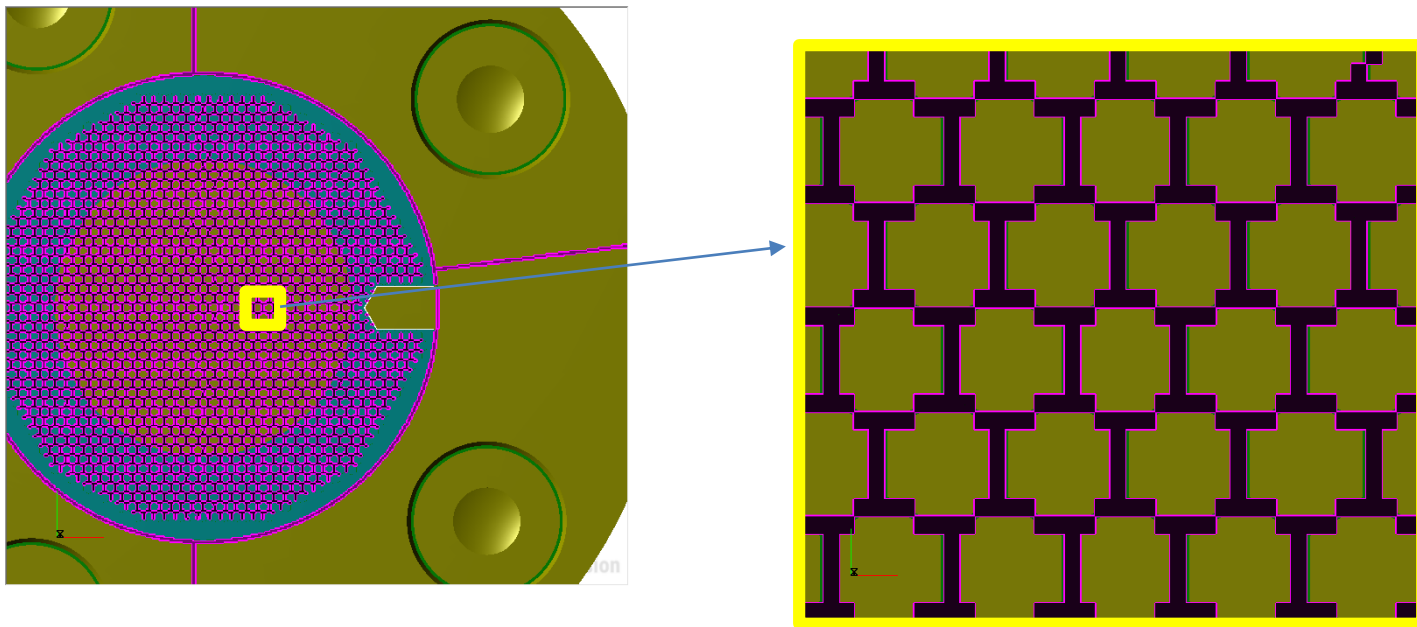
Построение расчетной сетки

- Сетка строится специальным образом, чтобы получить правильные зазорные ячейки в области АЗ

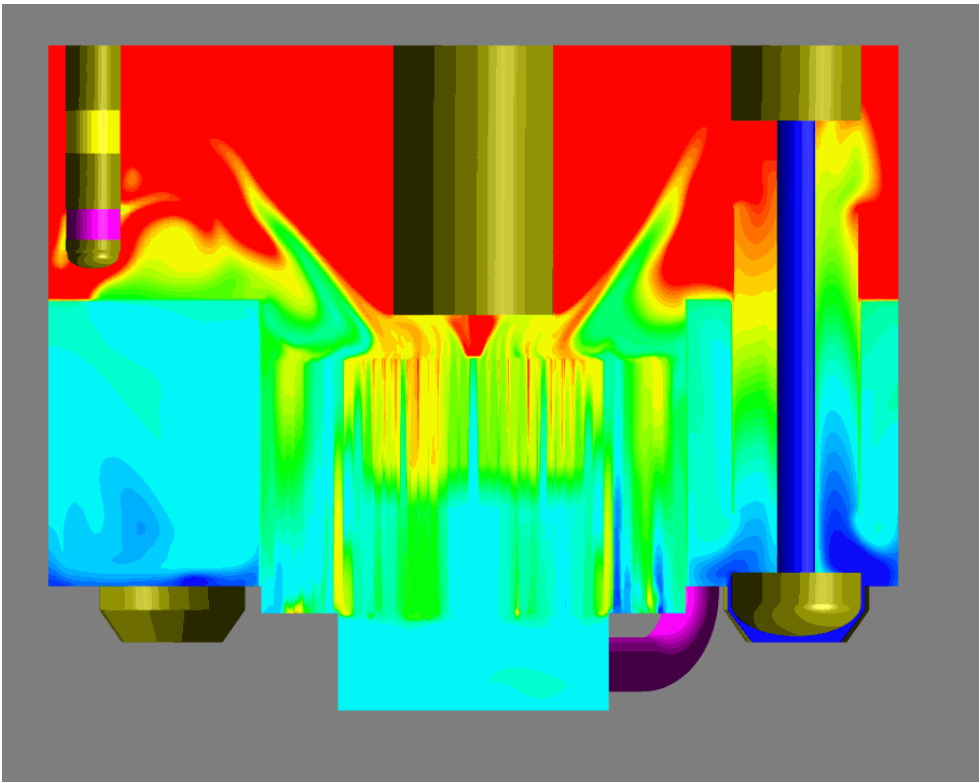
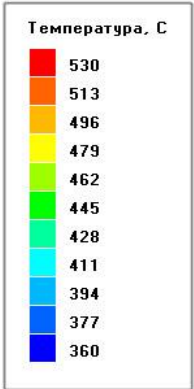


Построение расчетной сетки

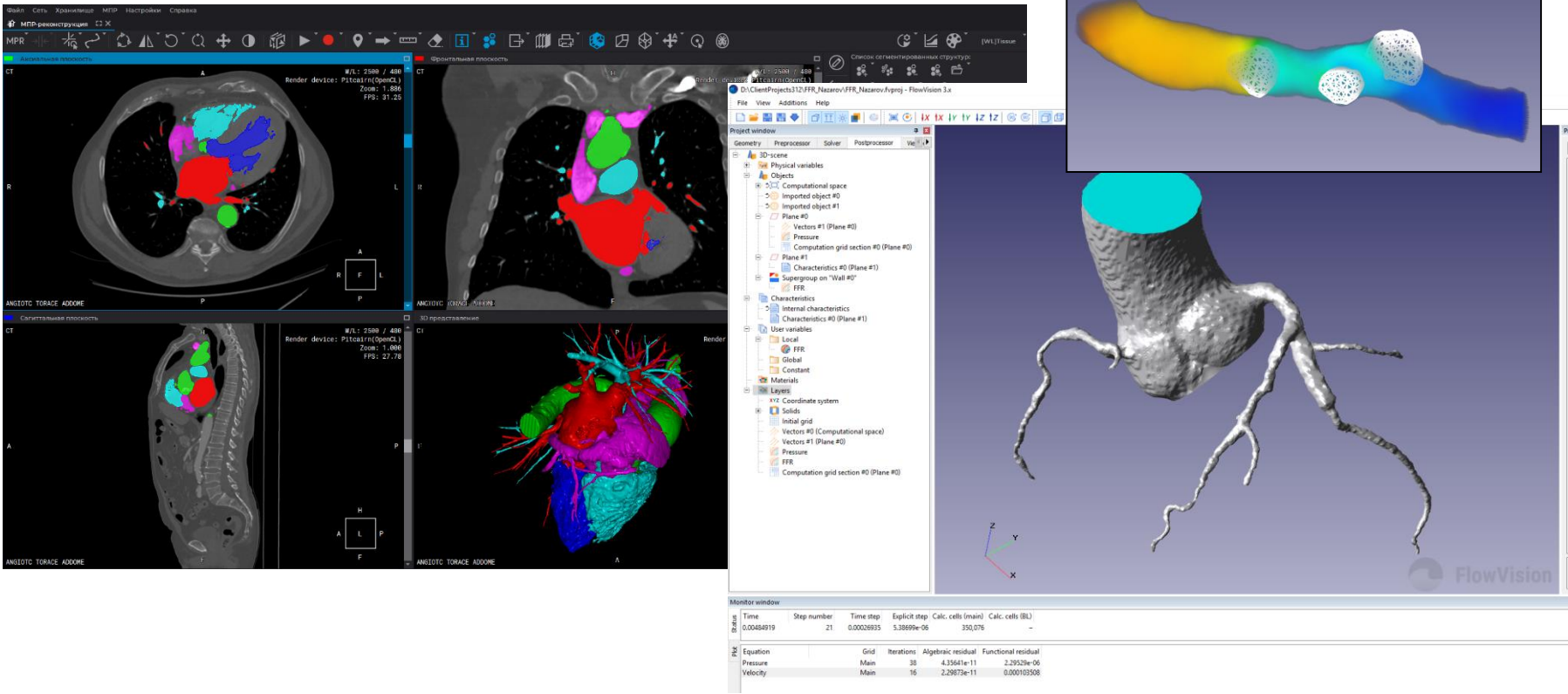
- Распределение зазорных ячеек



Режим аварийного расхолаживания



Неинвазивное определение фракционного резерва кровотока



The screenshot displays the FlowVision software interface for non-invasive determination of fractional flow reserve (FFR). The interface is divided into several panels:

- Top Left:** A 3D reconstruction of a CT scan showing a cross-section of the chest with colored vessels (red, green, blue, cyan).
- Top Right:** Another 3D reconstruction of a CT scan, showing a different view of the chest vessels.
- Bottom Left:** A 3D reconstruction of a CT scan showing a sagittal view of the chest vessels.
- Bottom Right:** A 3D reconstruction of a CT scan showing a detailed view of the heart and major vessels.
- Right Panel:** A 3D model of a vessel with a color-coded flow simulation. The flow is represented by a gradient from yellow (high velocity) to blue (low velocity). Three white circular markers are placed along the vessel to indicate measurement points.
- Project Window:** A tree view showing the simulation setup, including:
 - 3D-scene
 - Physical variables
 - Objects
 - Computational space
 - Imported object #0
 - Imported object #1
 - Plane #0
 - Vectors #1 (Plane #0)
 - Pressure
 - Computation grid section #0 (Plane #0)
 - Plane #1
 - Characteristics #0 (Plane #1)
 - Supergroup on "Wall #0"
 - FFR
 - Characteristics
 - Internal-characteristics
 - Characteristics #0 (Plane #1)
 - User-variables
 - Local
 - Global
 - Constant
 - Materials
 - Layers
 - xyz Coordinate system
 - Solids
 - Initial grid
 - Vectors #0 (Computational space)
 - Vectors #1 (Plane #0)
 - Pressure
 - FFR
 - Computation grid section #0 (Plane #0)
- Monitor Window:** A table showing simulation progress and convergence data.

Time	Step number	Time step	Explicit step	Calc. cells (main)	Calc. cells (BL)
0.00484919	21	0.00026935	5.38699e-06	350,076	-

PK	Equation	Grid	Iterations	Algebraic residual	Functional residual
Pressure	Main	Main	38	4.3561e-11	2.29529e-06
			16	2.29673e-11	0.000103508

Расчет давления (ФРК)

ClientProjects312\FFR_Nazarov\FFR_Nazarov.vproj - FlowVision 3.x

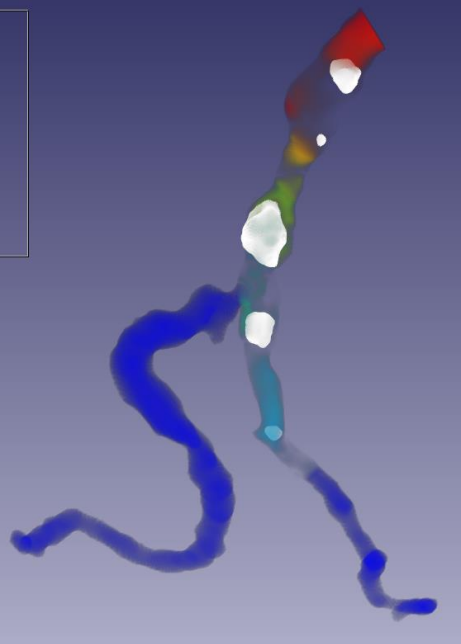
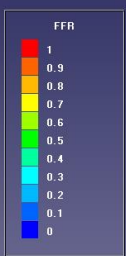
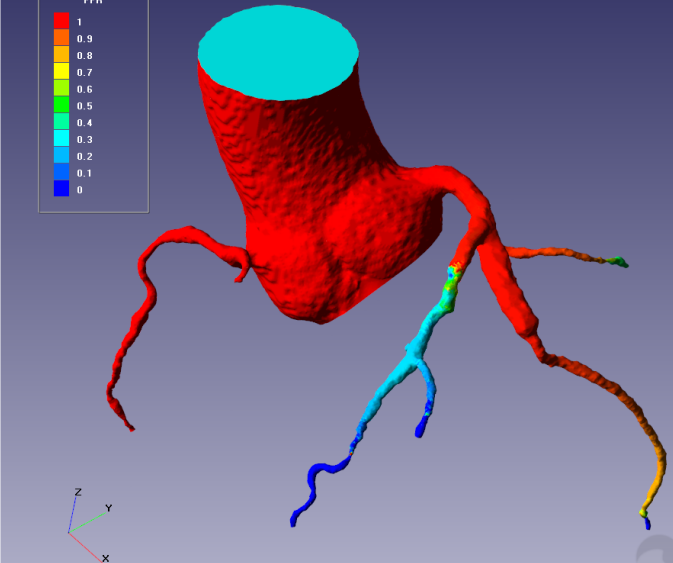
File View Additions Help

Project window

Geometry Preprocessor Solver Postprocessor View

3D-scene

- Physical variables
- Objects
 - Computational space
 - Imported object #0
 - Imported object #1
 - Plane #0
 - Vectors #1 (Plane #0)
 - Pressure
 - Computation grid section #0 (Plane #0)
 - Plane #1
 - Characteristics #0 (Plane #1)
 - Supergroup on "Wall #0"
 - FFR
- Characteristics
 - Internal characteristics
 - Characteristics #0 (Plane #1)
- User variables
 - Local
 - FFR
 - Global
 - Constant
- Materials
- Layers
- Coordinate system
 - Solids
 - Initial grid
 - Vectors #0 (Computational space)
 - Vectors #1 (Plane #0)
 - Pressure
 - FFR
 - Computation grid section #0 (Plane #0)



Monitor window

Status	Time	Step number	Time step	Explicit step	Calc. cells (main)	Calc. cells (BL)
	0.00484919	21	0.00026935	5.38699e-06	350,076	-

File	Equation	Grid	Iterations	Algebraic residual	Functional residual
	Pressure	Main	38	4.35641e-11	2.29529e-06
	Velocity	Main	16	2.29073e-11	0.000103508

В заключении

Ищем членов нашей дружной команды

1. Разработка интегрируемого приложения KompasFlow - FlowVision под управление CAD-системы Компас
2. Программист-физик для решения задач, связанных с гемодинамикой
3. Тестировщик, знакомый с элементами DevOps

Если интересно – пишите мне

andrey@tesis.com.ru

