

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сухоцкий Альберт Борисович

Программный комплекс FlowVision

Программный комплекс **FlowVision** предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических устройствах (вычислительная гидродинамика), а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

FlowVision основан на конечно-объемном методе решения уравнений гидродинамики и использует прямоугольную адаптивную сетку с локальным измельчением. Для аппроксимации криволинейной геометрии с повышенной точностью **FlowVision** использует технологию подсеточного разрешения геометрии.

Вычислительная гидродинамика.

Вычислительная гидродинамика — это раздел науки, решающий проблему моделирования тепломассопереноса в различных технических устройствах.

Основной задачей вычислительной гидродинамики является численное решение уравнений Навье-Стокса, описывающих динамику жидкости.

$$\begin{cases} X - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = \frac{du_x}{dt}, \\ Y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = \frac{du_y}{dt}, \\ Z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \nu \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = \frac{du_z}{dt}. \end{cases}$$

и вспомогательных уравнений: закон сохранения энергии, закон сохранения массы и других.

Основные задачи, решаемых методами вычислительной гидродинамики:

Автомобильная промышленность:

- определение коэффициентов сопротивления корпуса автомобиля набегающему воздушному потоку;
- вентиляция подкапотного пространства и салона;
- моделирование горения топлива в камере сгорания;

Аэрокосмическая промышленность:

- моделирование обтекания самолетов и ракет;
- вентиляция и пожаробезопасность салонов самолетов;
- моделирование физико-химических процессов в турбореактивных двигателях и в камерах сгорания ракет;

Технологические процессы производства материалов:

- моделирование литья металлов и пластмасс в форму;
- моделирование физико-химических процессов в химических и биологических реакторах;

Строительство:

- расчет ветровых нагрузок на здания и сооружения;
- вентиляция и пожаробезопасность зданий;
- определение сопротивлений воздухопроводов и водораздаточных устройств;

Энергетика:

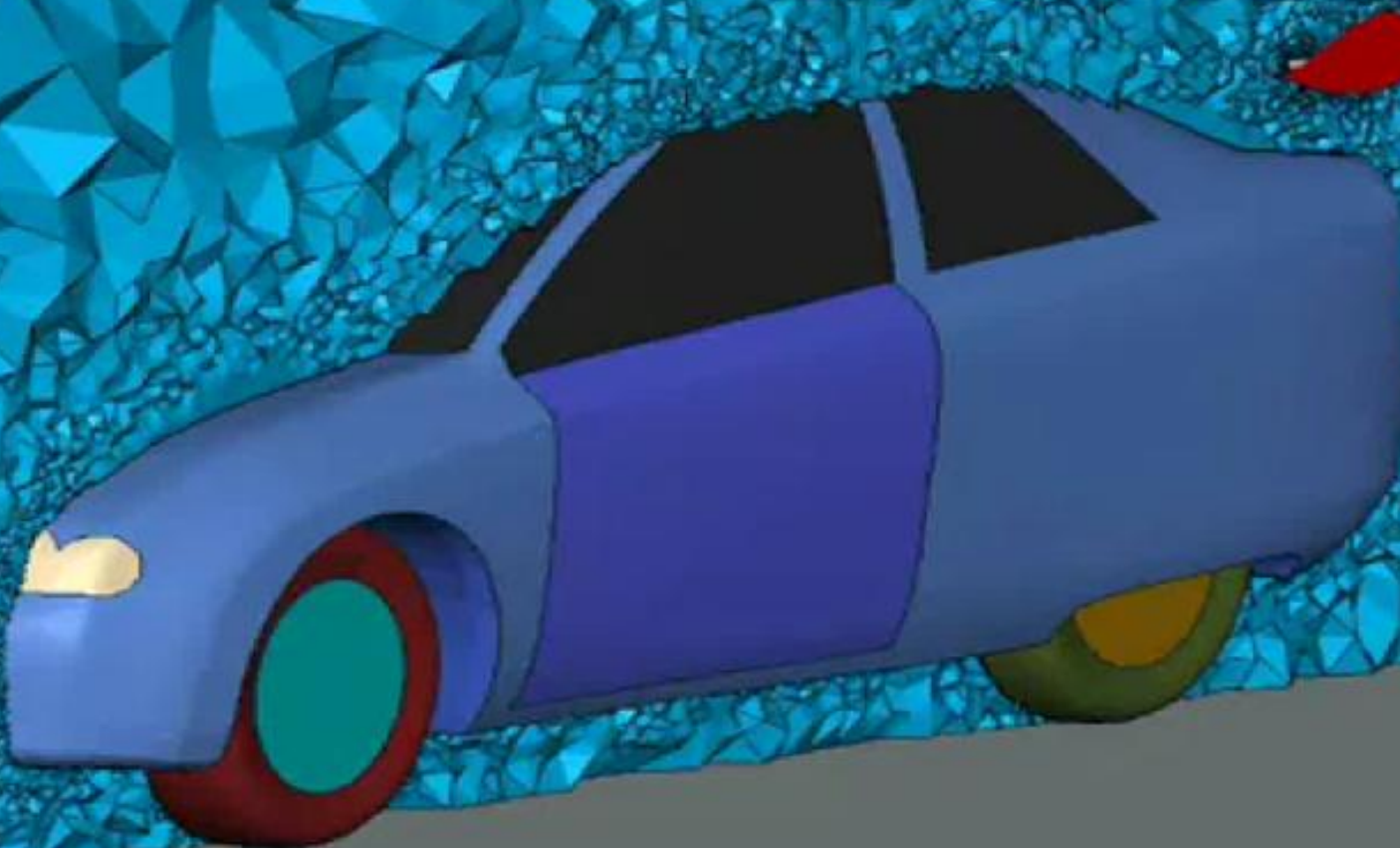
- расчет горелок для сжигания топлива в котлах ТЭЦ;
- расчет выбросов оксидов азота котлами ТЭЦ;
- определение сопротивлений газоходов;

Экология и чрезвычайные ситуации:

- моделирования распространения загрязнений в водовоздушных бассейнах;
- моделирование распространения пожаров в лесах и городах.

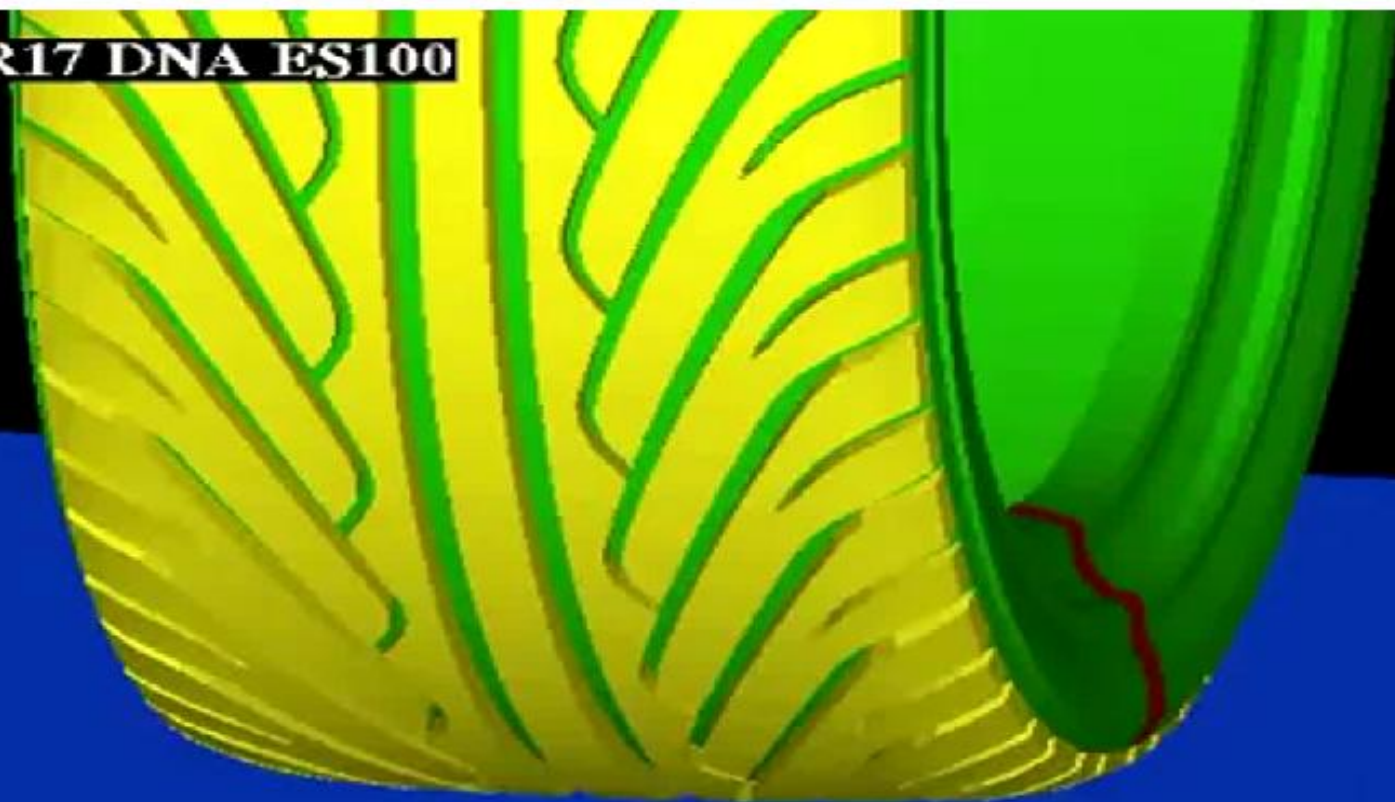
A B S A v12.0.3

Current PART: 1_max_cfront

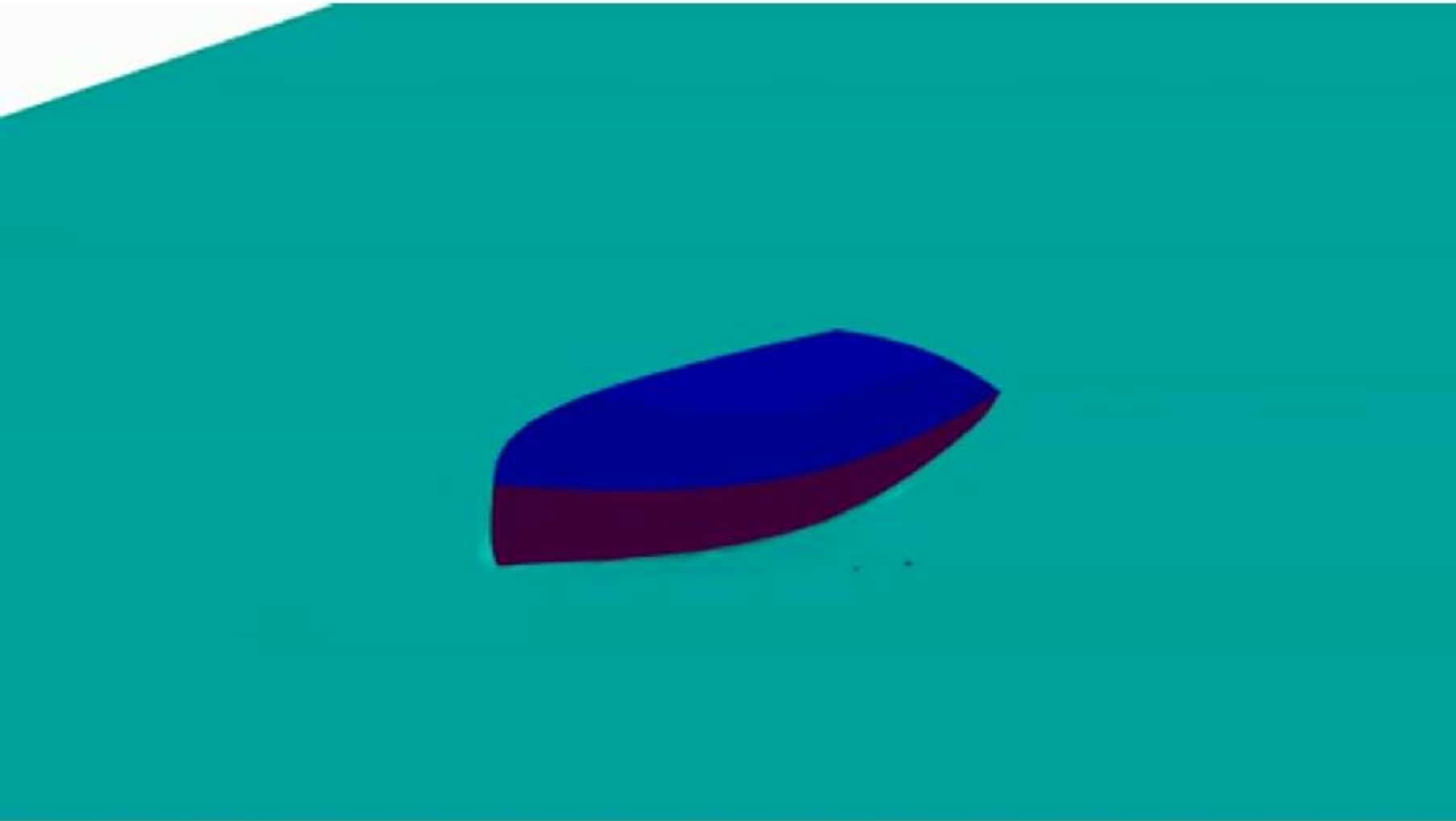


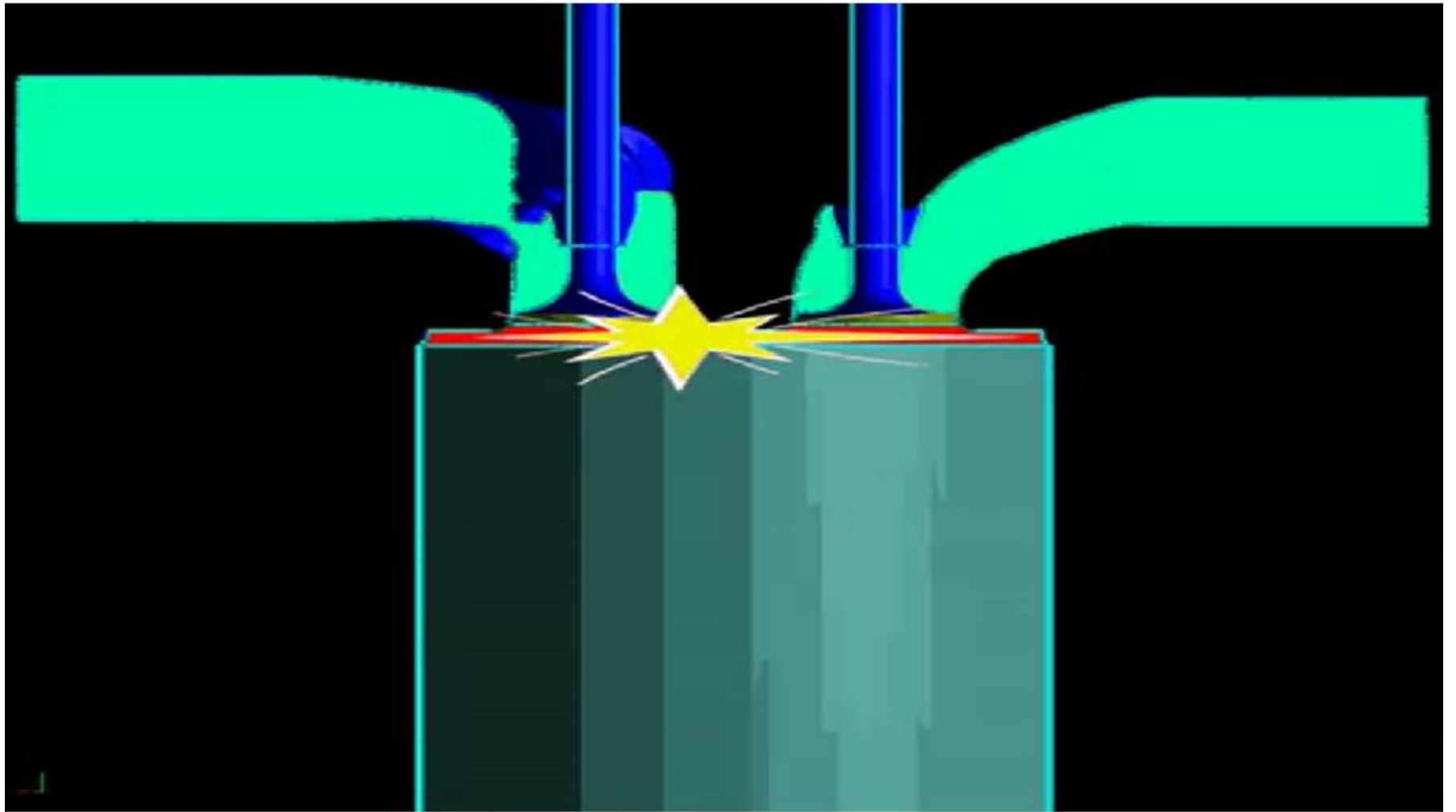
micromats:	
quadts	3963
total	170912
largest	2380x524
smallest	510x40
total	2787502

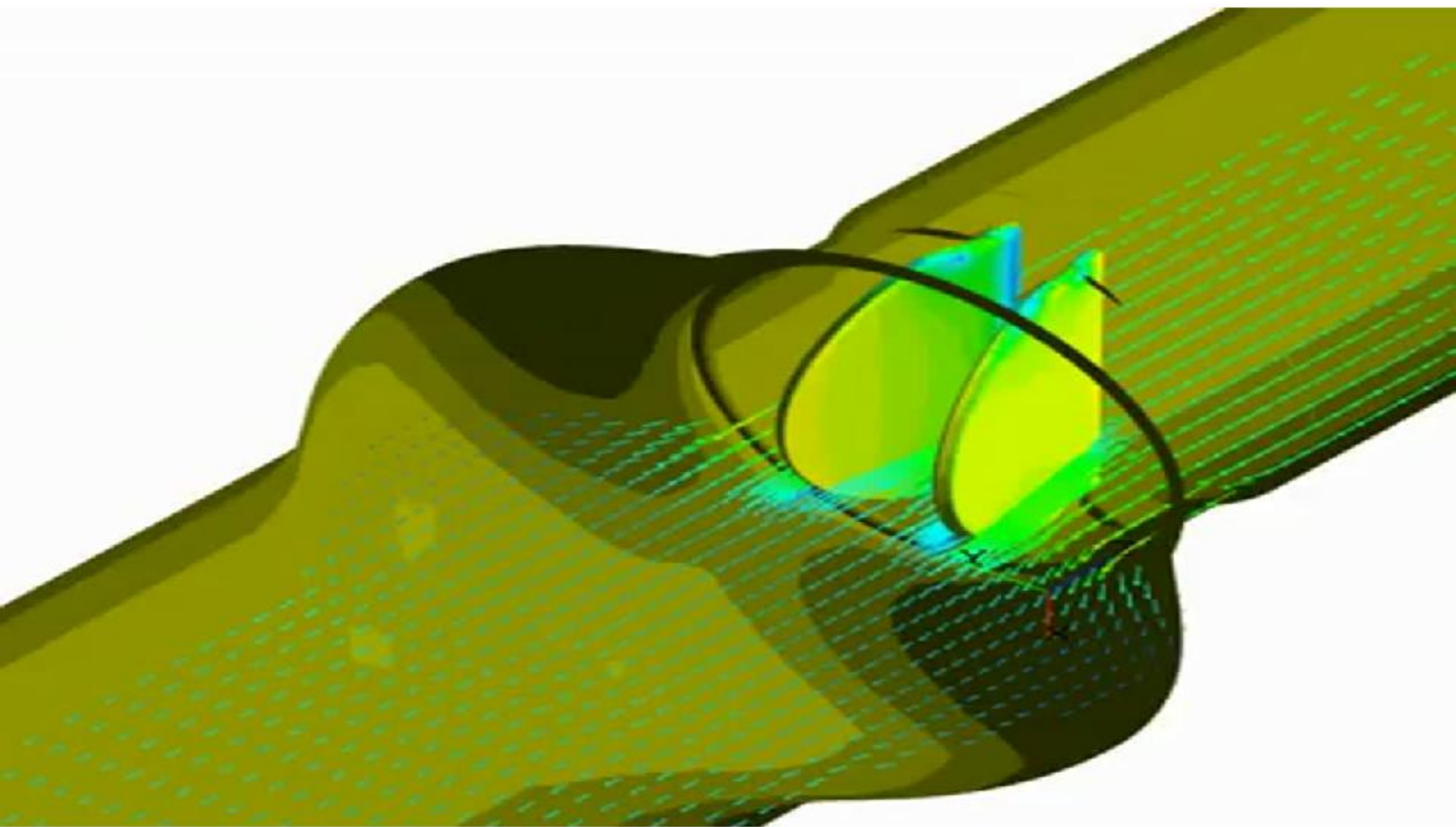
215/45ZR17 DNA ES100

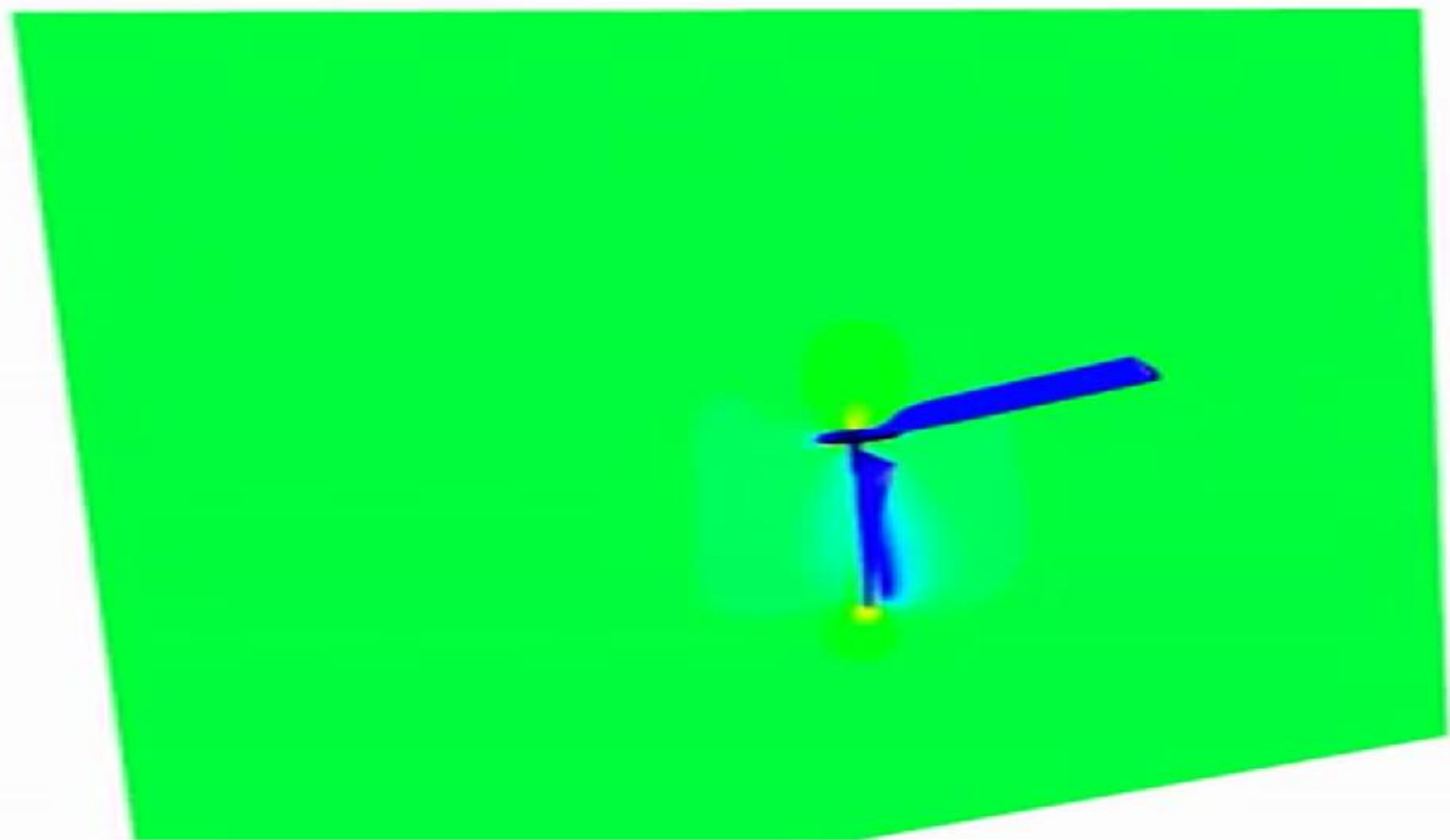


THE YOKOHAMA RUBBER CO.,LTD.







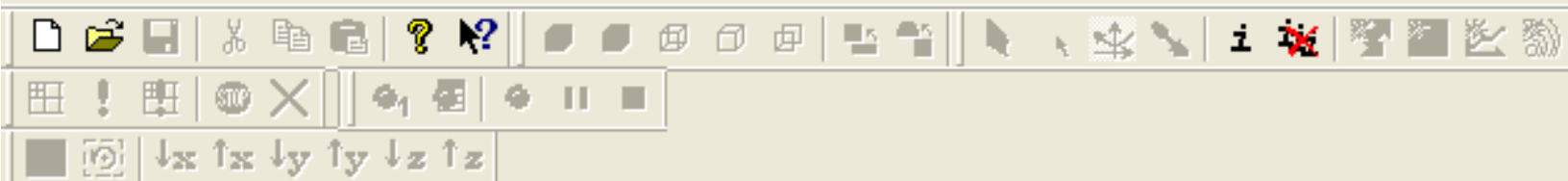


Возможности моделирования FlowVision :

- стационарные и нестационарные;
сжимаемые, слабосжимаемые и несжимаемые
потоки жидкости,
- ламинарные или турбулентные потоки,
- свободные поверхности,
- горение перемешанных и неперемешанных
газовых смесей,
- сопряженный тепло- массоперенос,
- стационарные и нестационарные граничные
условия на стенке,
- периодические и сопряженные граничные
условия.

Пакет Flow Vision формально делится на 3 модуля, называемые

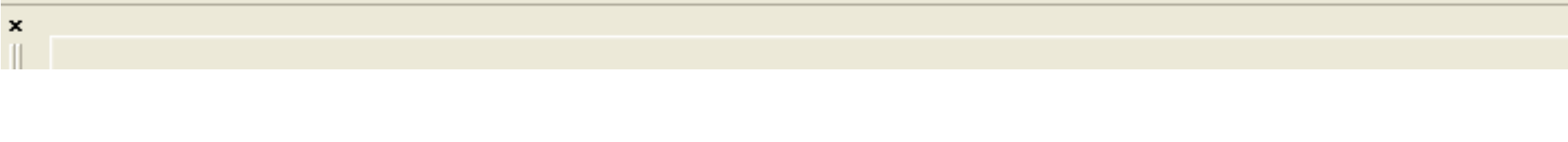
- препроцессором,
- солвером,
- постпроцессором.



Preproc | Postproc

----- Задачи

This panel contains a list of tasks. The first task is labeled 'Задачи' (Tasks) and is preceded by a small icon of a grid with colored squares. The rest of the panel is empty.



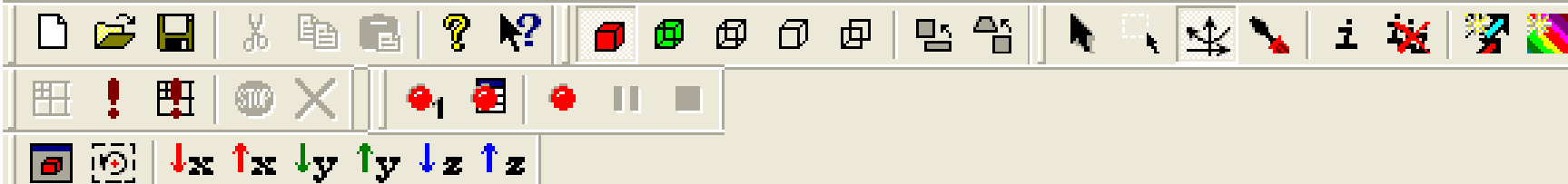
Препроцессор

выполняет следующие основные функции:

- *Физико-математическая постановка* задачи: выбор *модели* для внутренних точек расчетной области (задание конкретного вида уравнений, значений коэффициентов), а также задание на границах расчетной области *граничных условий*, а для нестационарных задач — *начальных условий*.
- Ввод параметров расчетной сетки и численного метода для *численного* решения задачи.

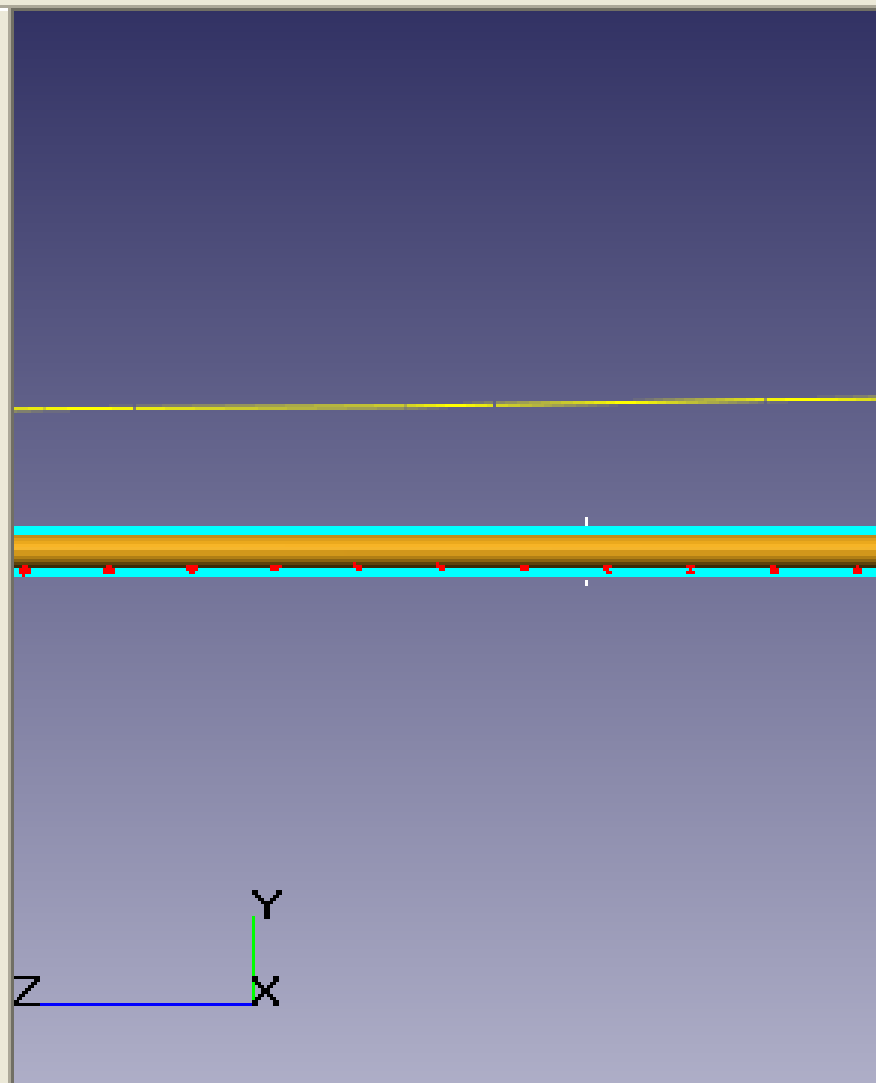
FlowVision - [Tube_lam.FVT]

Файл Правка Вид Вставить Команда Инструменты Помощь



Препроц Постпроц

- Задачи
 - Tube_lam.FVT
 - Подобласть#1
 - Связать гр. условия
 - Начальная сетка
 - Общие параметры



Дерево препроцессора содержит узлы:

- **«Подобласть#1»** - служит для физико-математическая постановка задачи
- **«Начальная сетка»** - ввод параметров расчетной сетки
- **«Общие параметры»** - служат для ввода параметров *численного* расчета.

Солвер

Солвер обеспечивает численное решение поставленной задачи и как таковой «невидим» для пользователя. Работа с солвером в Flow Vision сводится к выбору пунктов меню «Команда» («Начать вычисление», «Сетка & Вычисление», «Остановить вычисление») или к нажатиям соответствующих кнопок панели инструментов.



- Построить сетку
- Начать вычисление
- Сетка & Вычисление
- Остановить вычисление
- Прервать вычисление
- Перерисовать

Препроц Постпроц

Задачи

Tube_lam.FVT

Подобласть#1

Связать гр. условия

Начальная сетка

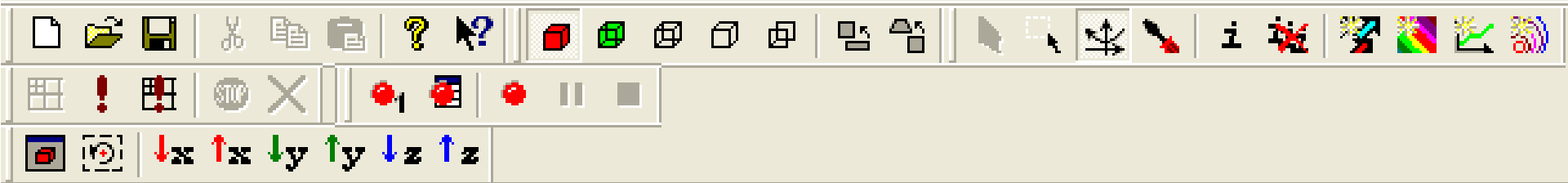
Общие параметры
 $x=0$
 $y=z$ 

Таблица График

Время Шаг по времени Ячейки на Число ячеек Число параметров Итерации

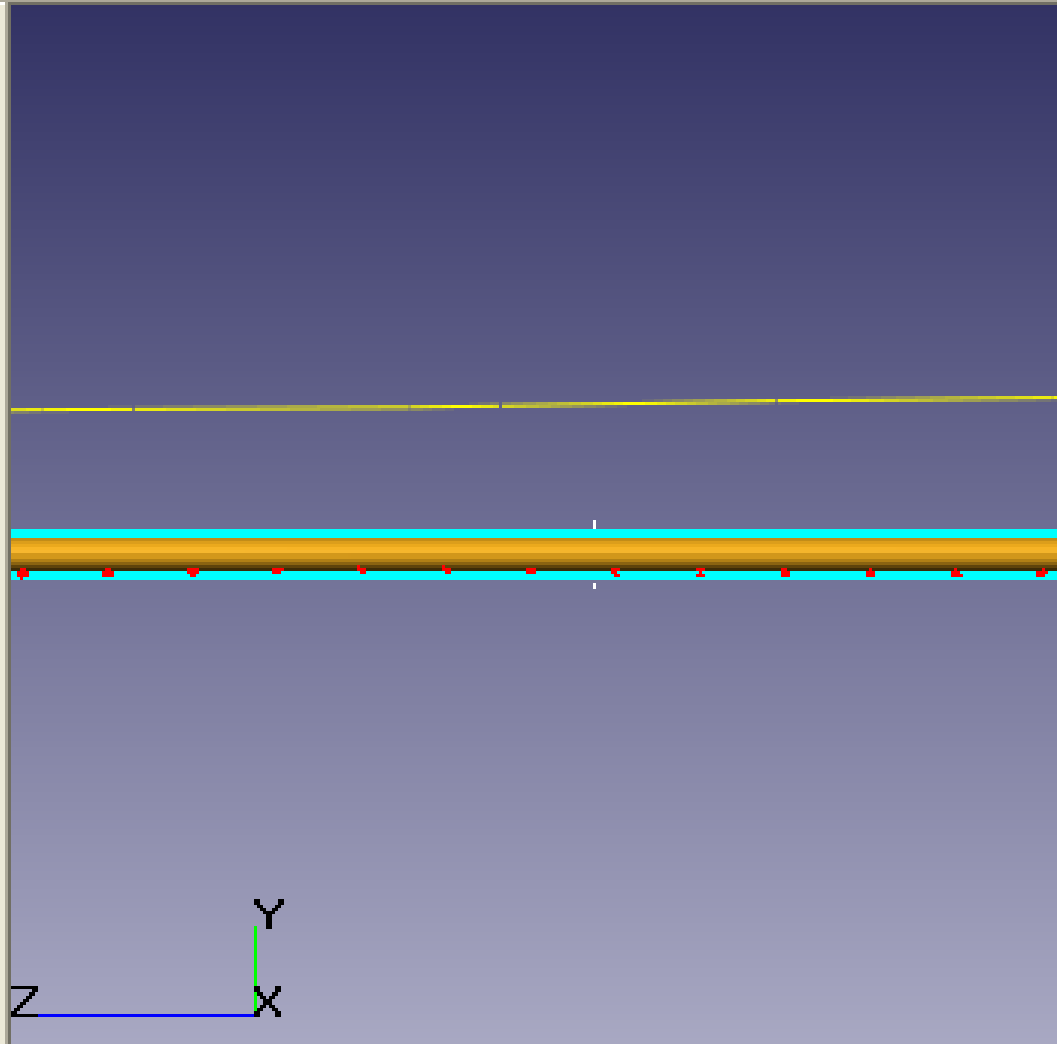
Постпроцессор

Постпроцессор служит для *вывода* и представления, прежде всего *визуализации* полученных в результате расчетов данных.



Препроц Постпроц

- 3D сцены
 - Tube_lam.FVT
 - Виды
 - Объекты
 - Переменные
 - Слой



Дерево построителя содержит следующие

узлы:

- **«Виды»** — для изменения точки зрения на трехмерное тело (проекции тела на плоскость экрана);
- **«Переменные»** — содержит узлы, соответствующие переменным модели (их перечень зависит от модели).
- **«Слои»** — для управления всеми графическими элементами (так называемыми «слоями визуализации»).
- **«Объекты»** — для редактирования объектов (линий, плоскостей, параллелепипедов), служащих геометрической основой слоев.

Шаги пользователя при работе с FlowVision:

1. Создание области расчета ("геометрии" устройства) и импортирование ее через **FlowVision**.
2. Задание математической модели.
3. Задание граничных условий.
4. Задание исходной расчетной сетки и критериев её адаптации по решению и по граничным условиям.
5. Задание параметров методов расчета.
6. Проведение расчета (без участия пользователя).

7. Просмотр результатов расчета в графической форме ("визуализация" результатов расчетов) и сохранение данных в файлы.
8. Оценка точности расчетов методом сходимости по сетке.

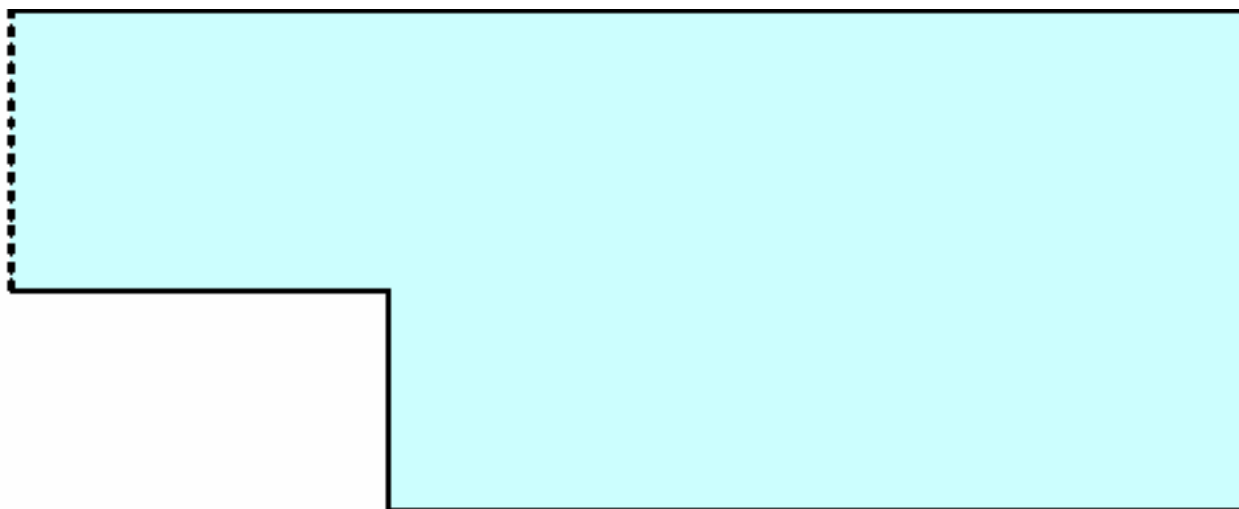
Шаг 1. Задание области расчета

Под областью расчета понимается объем, в котором определены уравнения математической модели, и граница объема, на которой определены граничные условия.

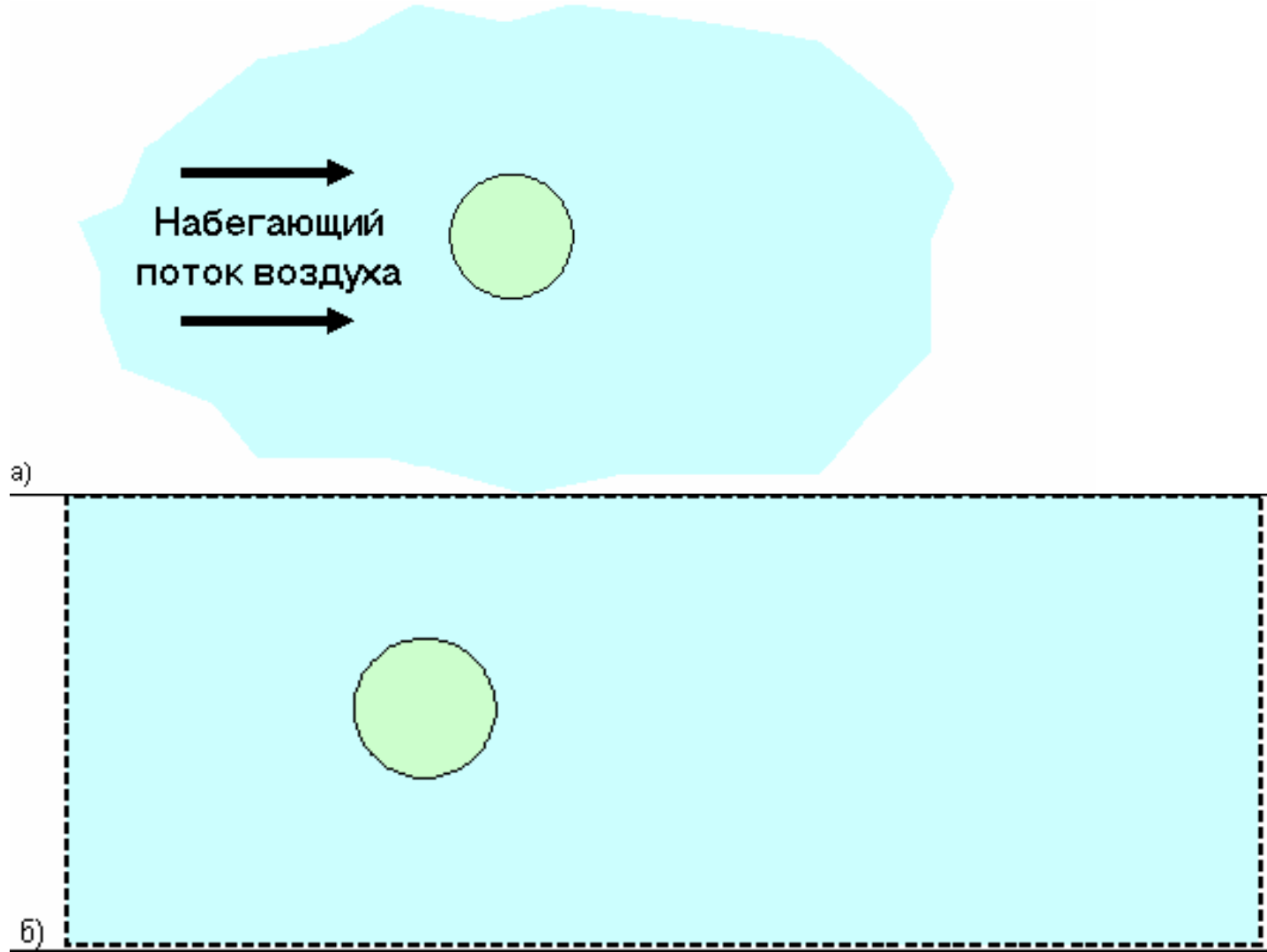
Задачи моделирования движения жидкости подразделяются на задачи **внешнего обтекания** (обтекание самолетов, автомобилей и кораблей) и **внутренних течений** (ограниченные твердыми стенками).



а)



а) физическая постановка задачи, б) область расчета.

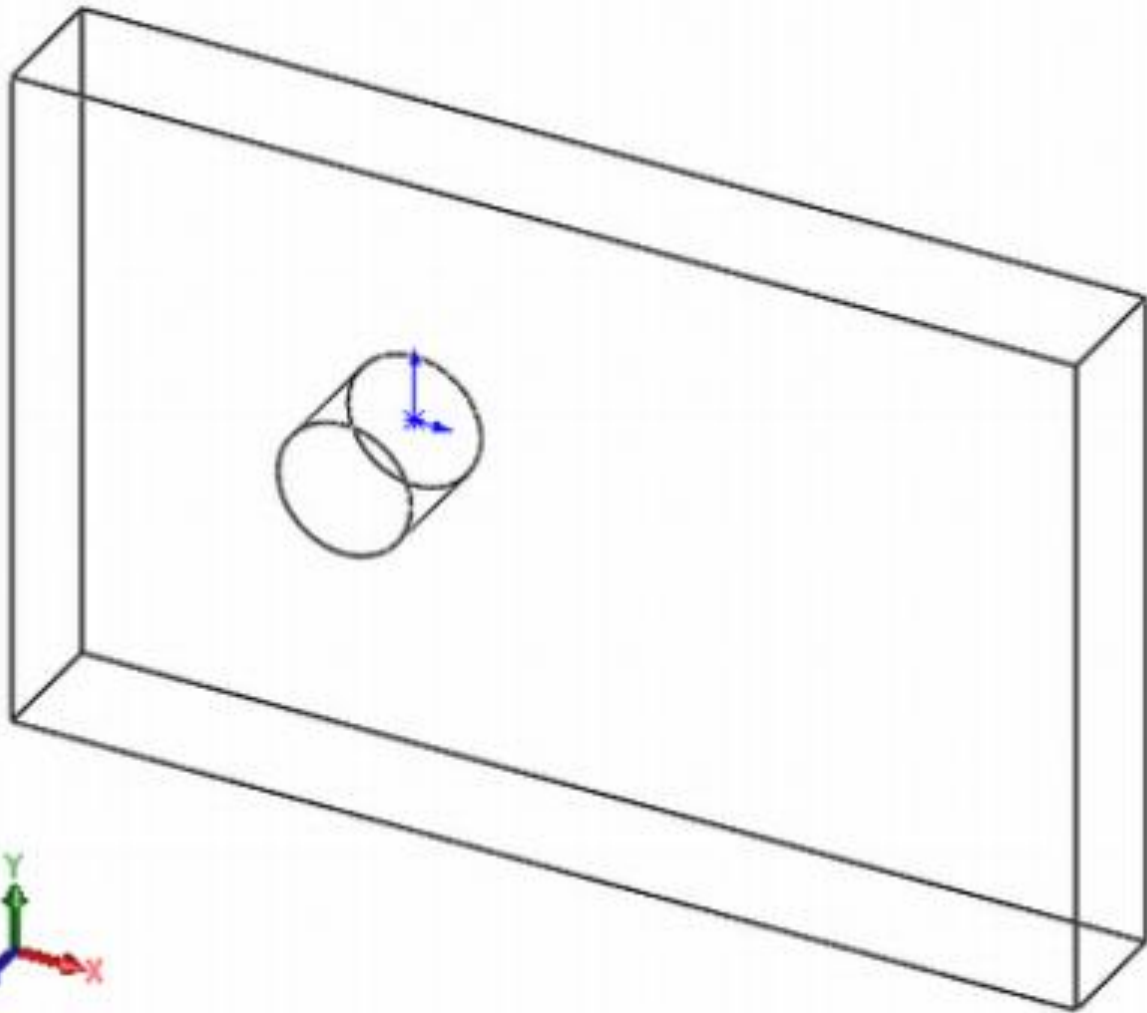


а) физическая постановка задачи, б) область расчета.

Область расчета создается вне программного комплекса **FlowVision** в системах САПР.

Рекомендуемые системы: **SolidWorks, T-Flex, Unigraphics, Autocad Mechanical Desktop, ProEngineer, Catia.**

Поверхности расчетной области которые импортируются во **FlowVision** должны представлять собой совокупность плоских многоугольников – фасеток. Многоугольники объединены в замкнутые поверхности, которые вложены друг в друга и не пересекаются.



Импорт геометрии в Flow Vision

- Запустить программу Flow Vision.
- Выбрать в меню кнопку **«Файл»**, затем **«Создать»**.
- Указать путь к файлу *.WRL.
- После этого в правой части окна Flow Vision должно появиться изображение трехмерного тела.

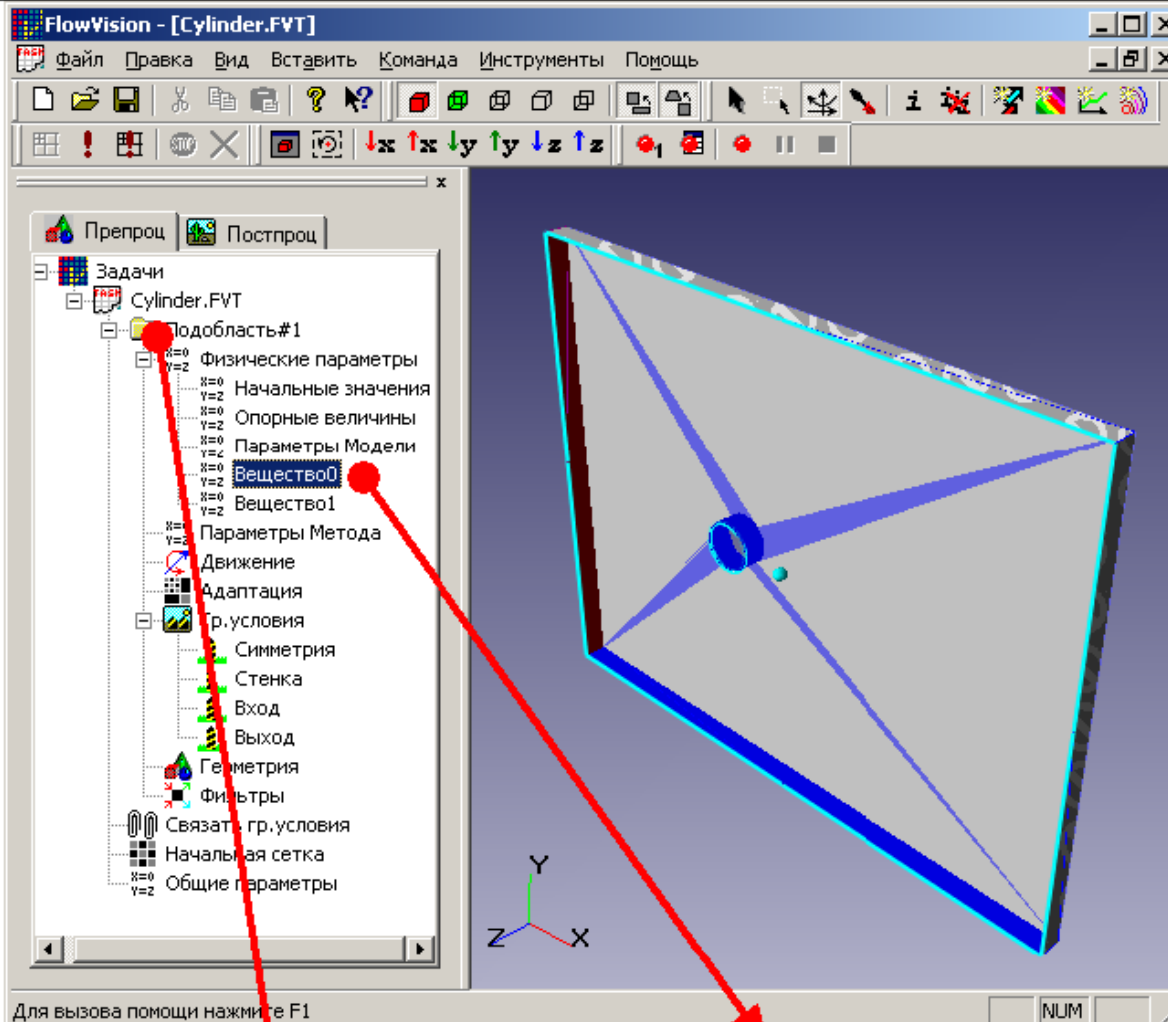
Следует заметить, что Flow Vision работает только с трехмерной геометрией, поэтому двумерные модели необходимо рассматривать как частный случай трехмерных.

Шаг 2. Выбор математической модели движения жидкости и газа

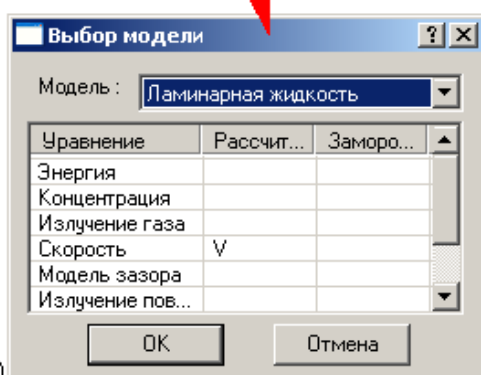
Математическая модель движения жидкости или газа — это система уравнений в частных производных, определяющих законы сохранения (энергии, массы, импульса) и уравнений состояния жидкости (газа).

Задание математической модели:

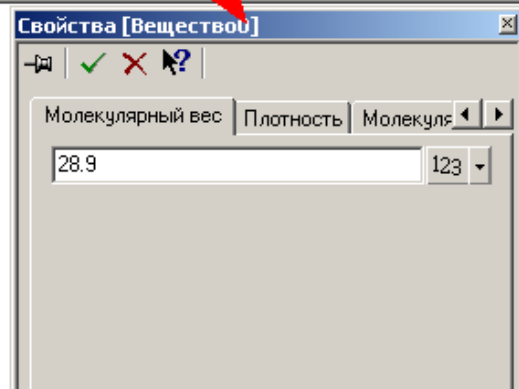
1. Мышью в дереве препроцессора выбирается **Подобласть#1**.
2. Затем с помощью нажатия правой клавиши мыши открывается окно **Изменить модель...**, в котором выбирается модель из предложенного списка.
3. В этом же окне выбираются параметры, которые будут определяться в процессе расчета.



а) Для вызова помощи нажмите F1



б)



в)

Математическая модель выбирается из списка **Модель** в диалоговом окне.

В колонке **Уравнение** показаны имена уравнений (или систем уравнений), которые составляют эту модель.

В колонке **Рассчитывать** отмечаются уравнения, по которым будет проводиться данный вариант расчета (если галочки нет, то уравнение и переменная исключаются из расчетов).

Колонка **Заморозить** означает что уравнение, для которой установлена заморозка, не будет рассчитываться, то есть эта переменная будет зафиксирована.

«Заморозка» возможна только для тех уравнений, для которых указано что они рассчитываются.

выбор модели



Модель : Ламинарная жидкость

Уравнение	Рассчит...	Заморо...
Энергия		
Концентрация		
Излучение газа		
Скорость	v	
Модель зазора		
Излучение пов...		

OK

Отмена

Основные уравнения

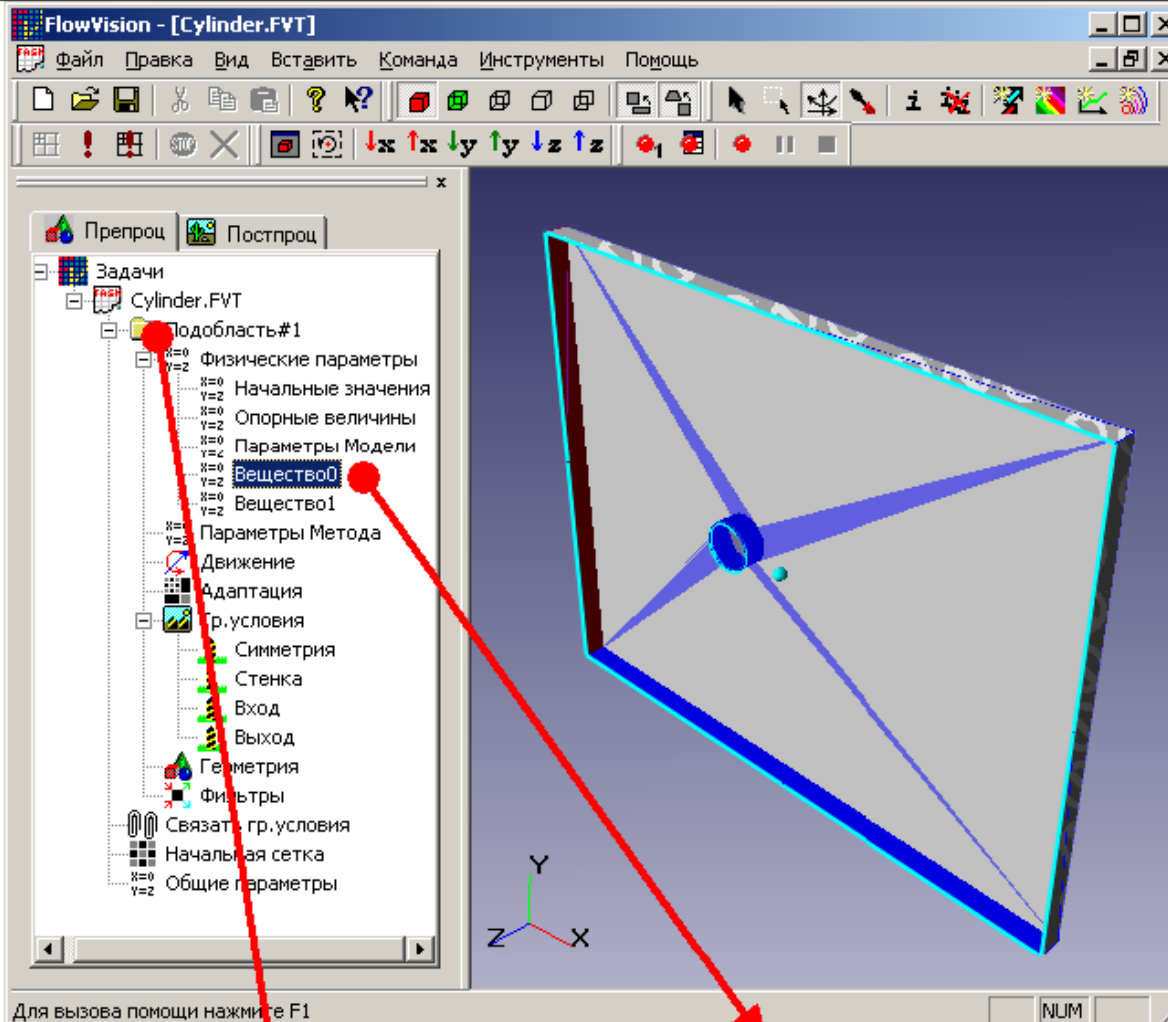
Имя уравнения	Независимая переменная	Общепринятое название
Энергия	Температура	Закон сохранения энергии
Концентрация	Концентрация	Уравнение диффузионного переноса скалярной величины (закон сохранения массы)
Скорость	Скорость, давление	Уравнения Навье-Стокса (закон сохранения импульса). Уравнение неразрывности (закон сохранения массы жидкости)
Турбулентность	Турбулентная энергия.	модель турбулентности

Основные модели движения жидкости и газа

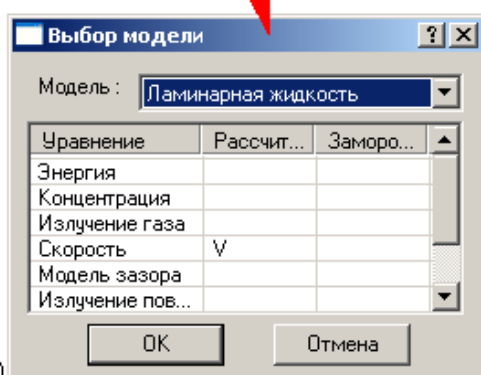
Модель	Имя уравнения
Тепломассоперенос в твердой фазе	Энергия
	Концентрация
Ламинарное несжимаемое течение	Скорость
	Энергия
	Концентрация
Турбулентное течение	Скорость
	Энергия
	Концентрация
	Турбулентность

Чтобы изменить свойства параметров математической модели, таких, как молекулярный вес, вязкость, плотность жидкости и др., необходимо

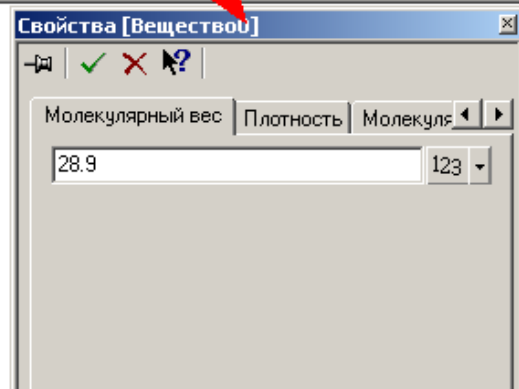
- раскрыть папку **Подобласть #1**,
- раскрыть папку **Физические параметры** и вызвать свойства нужного пункта, например, **Вещество0**.



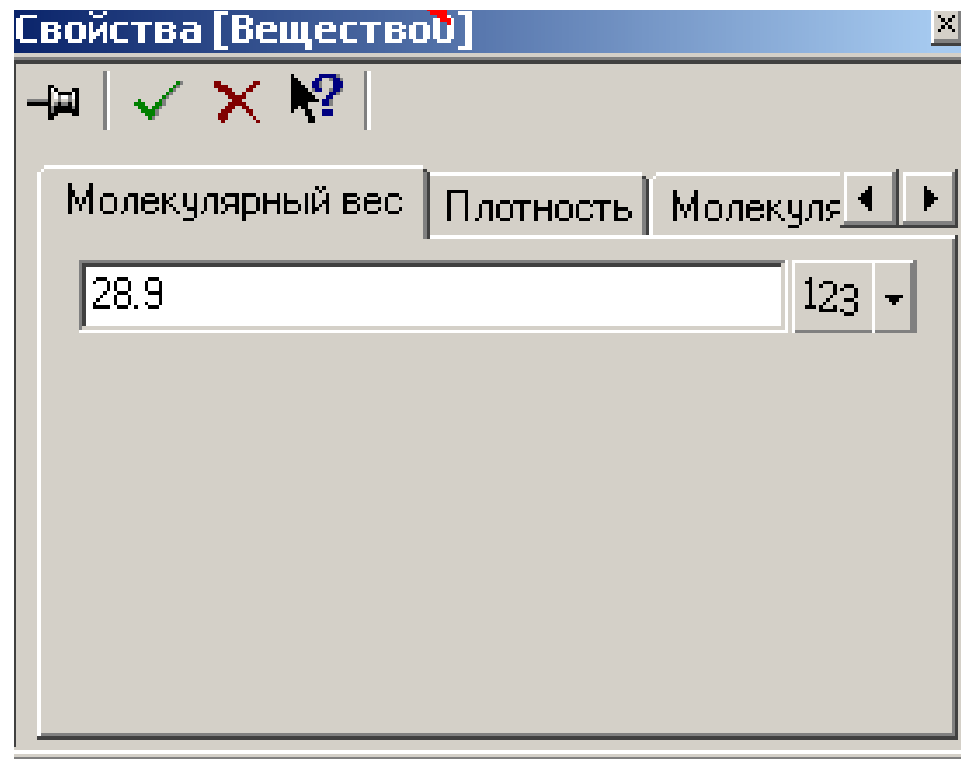
а) Для вызова помощи нажмите F1




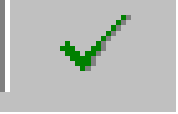
б)




в)



Для того чтобы исключить необходимость каждый раз закрывать и открывать снова окно «Свойства», рекомендуется «прикрепить» это окно к экрану (нажав в нем кнопку ).

После ввода любой информации для ее сохранения следует нажимать кнопку .

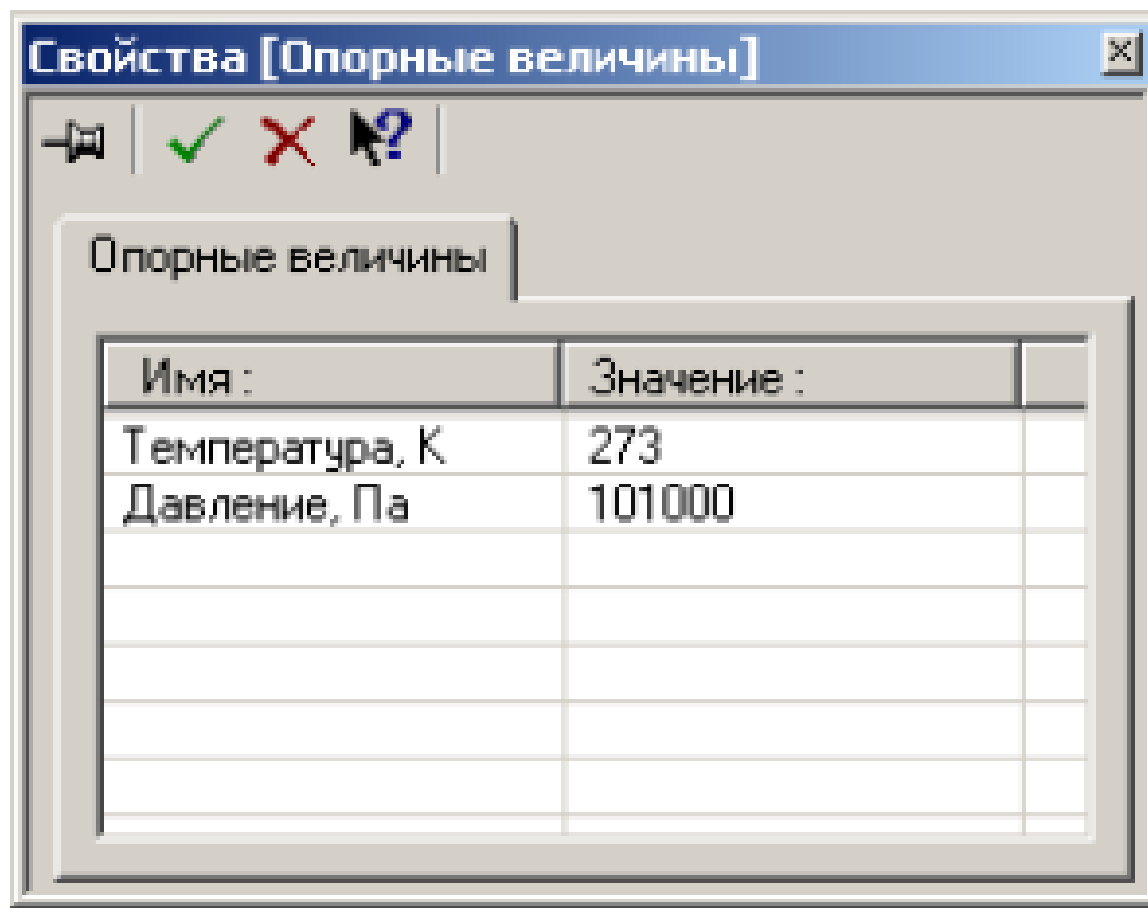
Окно свойств, возникающее для создания какого-либо узла дерева, после сохранения введенных данных следует закрывать (нажатием на кнопку  в углу окна).

Для повышения точности при вычислении переменных, слабо меняющихся на фоне большого среднего уровня некоторые переменные представлены относительными значениями, абсолютные значения которых вычисляются по формуле

$$f_a = f + f_{ref}$$

где f_a – абсолютное значение переменной,
 f – рассчитываемое относительное значение переменной,
 f_{ref} – опорная величина.

Опорные величины задаются в пункте
Опорные величины папки физических параметров.



Опорные величины задаются для двух целей:

- использовать значения переменных в привычных размерностях,
- введение относительных значений позволяет решить проблему потери точности при вычислении переменных, слабо меняющихся на фоне большого среднего уровня.