

# **KompasFlow**

**Система гидродинамического и термодинамического  
экспресс-анализа для КОМПАС-3D**

**Версия программы 18.x.x.  
Версия документации 07.09.2018.**



# Оглавление

<b>1 Назначение и возможности KompasFlow</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Перед началом использования</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Основные элементы интерфейса KompasFlow</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Пошаговый пример - смешивание горячей и холодной воды</b> .....	<b>10</b>
4.1 Создание проекта KompasFlow .....	11
4.2 Глобальные параметры проекта.....	15
4.3 Представление геометрии расчетной области в дереве проекта.....	17
4.4 Вещество и его параметры .....	19
4.5 Набор решаемых уравнений.....	21
4.6 Граничные условия.....	22
4.7 Начальные условия.....	30
4.8 Расчетная сетка .....	31
4.8.1 Начальная расчетная сетка.....	31
4.8.2 Адаптация.....	32
4.9 Параметры управления расчетом.....	35
4.10 Отображение результатов расчета.....	36
4.10.1 Создание Слоев.....	36
4.10.2 Создание Результатов.....	42
4.10.3 Создание Характеристики.....	47
4.10.4 Запуск проекта на расчет.....	49
4.10.5 Визуальное наблюдение слоев в ходе расчета.....	50
4.10.6 Просмотр данных в окне "Мониторинг".....	51
4.10.7 Просмотр информации из Характеристики.....	53
<b>5 Справочник по интерфейсу KompasFlow</b> .....	<b>54</b>
5.1 Инструментальная панель KompasFlow.....	55
5.2 Интерфейс элементов дерева проекта.....	59
5.2.1 Регион .....	60
5.2.2 Глобальные параметры.....	60
5.2.3 Геометрия расчетной области.....	62
5.2.4 Вещество.....	64
5.2.5 Набор решаемых уравнений.....	66
5.2.6 Граничные условия.....	67

---

---

5.2.6.1 Симметрия.....	71
5.2.6.2 Стенка .....	71
5.2.6.3 Вход/Выход.....	72
5.2.6.4 Свободный выход.....	78
5.2.6.5 Неотражающее .....	79
5.2.7 Начальные условия.....	80
5.2.8 Расчетная сетка и ее Адаптации.....	81
5.2.9 Параметры солвера и Ограничители.....	85
5.2.10 Визуализационные слои.....	87
5.2.11 Результаты.....	96
5.2.12 Характеристики.....	99
5.3 Окно мониторинга.....	107
5.4 Изменение проекта в процессе счета .....	115
<b>6 Возможные проблемы.....</b>	<b>117</b>
<b>7 Решение проблем.....</b>	<b>118</b>
7.1 Сообщения об ошибках и предупреждения.....	118
7.2 Техническая поддержка.....	119

---

# 1 Назначение и возможности KompasFlow

Приложение *KompasFlow* представляет собой интегрированный в *КОМПАС-3D* инструмент экспресс-анализа аэро-гидродинамики проектируемого устройства.

*KompasFlow* обладает простым интерфейсом для экспресс-анализа устройства на ранних этапах его проектирования и позволяет сделать первичную оценку влияния вносимых изменений в геометрию устройства на его эффективность.

*KompasFlow* позволяет моделировать:

- Течение однокомпонентного газа (сверхзвуковое и дозвуковое течение, сжимаемые и несжимаемые среды). *Примеры задач:*
  - Расчет аэродинамического сопротивления автомобиля, подъемной силы крыла
  - Течение в вентиляционных каналах и сквозь вентиляционные решетки, расчет потерь
  - Циркуляция воздуха в помещениях, кабинах
  - Расчет ветровой нагрузки на конструкции и постройки
- Течение жидкости. *Примеры задач:*
  - Расчет гидродинамических потерь в трубах и запорной арматуре
  - Расчет гидравлических потерь в жидкостных теплообменниках
- Теплопроводность и естественную конвекцию. *Примеры задач:*
  - Моделирование отвода тепла в теплообменниках
  - Моделирование вентиляции, охлаждение и прогрев помещений и кабин
  - Анализ эффективности охлаждения электротехники.

*KompasFlow* поддерживает параллельные вычисления в рамках одного многоядерного процессора.

Простой интерфейс накладывает ограничения на круг решаемых задач:

- моделируется течение и теплообмен только в одном замкнутом объеме
- расчетный объем может быть занят только одним веществом
- в первых версиях программы не предусмотрено моделирование подвижных объектов

*KompasFlow* будет развиваться с каждой версией, позволяя решать все более широкий спектр задач.

---

## Интеграция с универсальным пакетом вычислительной аэро-гидродинамики *FlowVision*

Модуль гидродинамического экспресс-анализа *KompasFlow* использует солвер от универсального гидродинамического пакета *FlowVision*. Если Вас интересует решение сложных задач, с многокомпонентными веществами, химическими реакциями и сложными движениями, необходимо использовать **Пре-Постпроцессор** *FlowVision*.



Проекты, подготовленные в *KompasFlow* могут быть открыты с помощью *FlowVision*, в котором можно продолжить расчет с более сложной и точной постановкой задачи.

*KompasFlow* и *FlowVision* разработаны в инженеринговой компании *ТЕСИС* (<http://tesis.com.ru/>).

## 2 Перед началом использования

Перед началом использования *KompasFlow* нужно выполнить описанные ниже действия.

### Организация связи с солвером

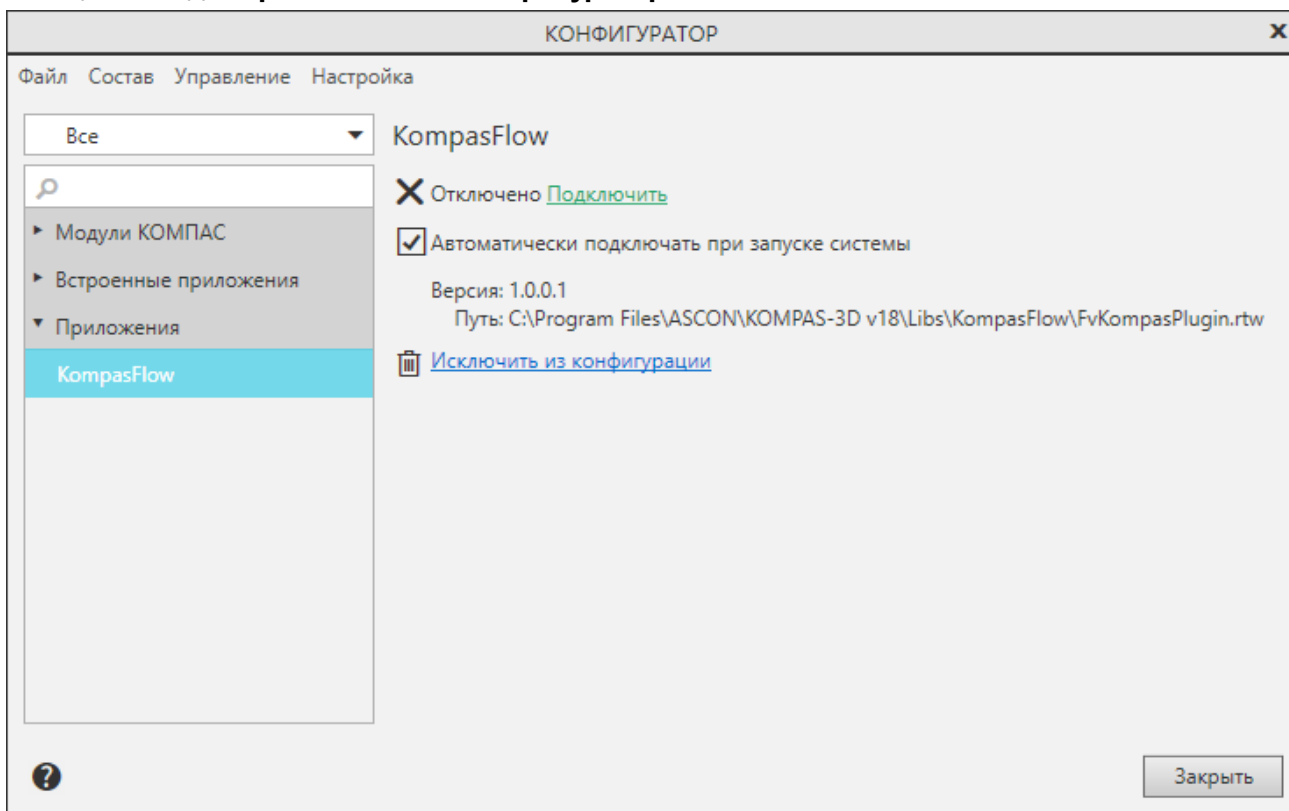
Солвер (`fvsolver.exe` или `fvsolver64.exe`) создает TCP-сервер для сокетного соединения с *KompasFlow*. При запуске солвера, *KompasFlow* сообщает ему, на каком порту нужно создать TCP-сервер и слушать подключение.

Используются порты 39900-39999. Начиная с порта 39900 производится поиск свободных портов, что необходимо ввиду того, что могут быть запущены несколько солверов для разных задач.

Соединение солвера и *KompasFlow* является внутренним, при этом не происходит обращений наружу ни в локальную ни в глобальную сеть. Даже если антивирус и/или брандмауэр *Windows* выдают сообщение о попытке доступа к закрытым портам из указанного диапазона, это не будет препятствовать обмену данными между солвером и *KompasFlow*. Указанное сообщение не будет появляться, если открыть доступ к портам в диапазоне 39900-39999.

## Подключение *KompasFlow* к КОМПАС-3D

Приложение *KompasFlow* входит в состав стандартного дистрибутива КОМПАС-3D (начиная с версии 18), но не подключено. Для его подключения откройте **Конфигуратор КОМПАС-3D** при помощи команды **Приложения > Конфигуратор** главного меню:



Если желаете, чтобы *KompasFlow* автоматически подключался при каждом запуске КОМПАС-3D, установите флажок **Автоматически подключать при запуске системы**. Затем нажмите на слово "**Подключить**".

В случае, если по каким-то причинам приложение *KompasFlow* было исключено из конфигурации, его можно снова добавить в конфигурацию при помощи команды **Состав > Добавить приложения** меню **Конфигуратора** либо команды **Приложения > Добавить приложения** из главного меню КОМПАС-3D. В открывшейся форме нужно будет выбрать файл `FvKompasPlugin.rtw` (для 18 версии КОМПАС-3D этот файл по умолчанию лежит в папке `C:\Program Files\ASCON\КОМПАС-3D v18\Libs\KompasFlow`).

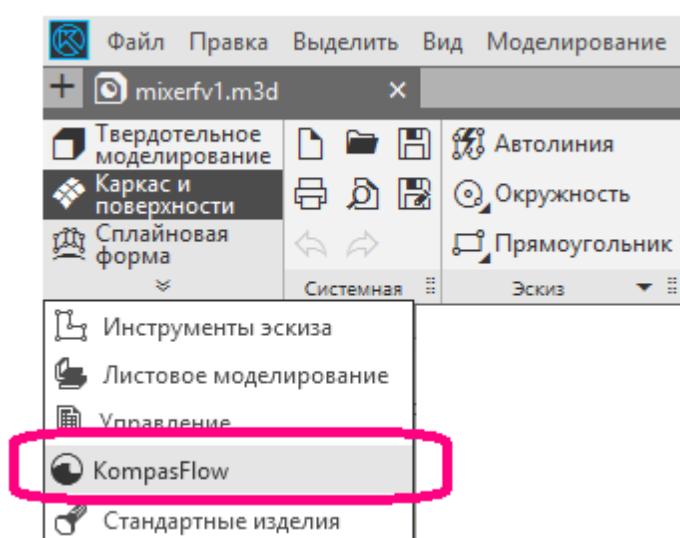


### 3 Основные элементы интерфейса KompasFlow

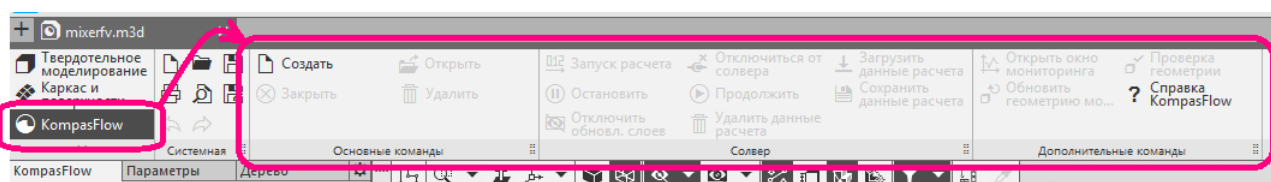
*KompasFlow* является библиотекой системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D и использует её пользовательский интерфейс (графическую область, панель управления, инструментальную панель свойств, экранные подсказки, информационные сообщения. См. подробности в разделе [Справочник по интерфейсу KompasFlow](#).

#### Инструментальная панель KompasFlow

После подключения *KompasFlow* откройте инструментальную панель **KompasFlow**, выбрав её из списка доступных инструментальных панелей:

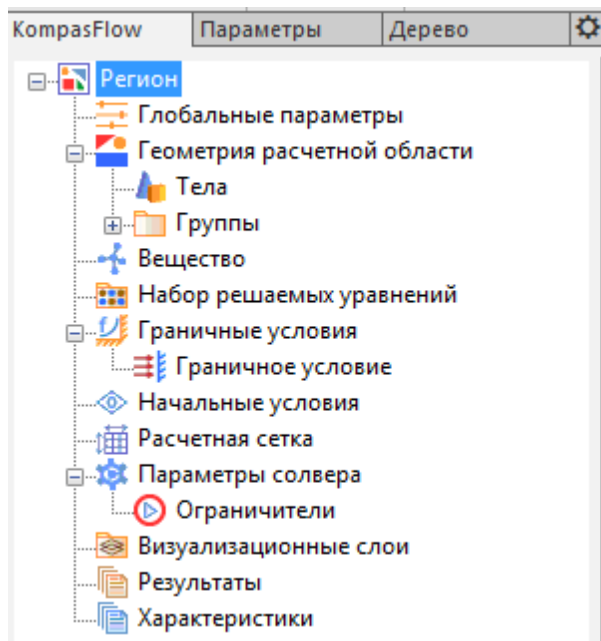


Инструментальная панель **KompasFlow** откроется в верхней части окна КОМПАС-3D:



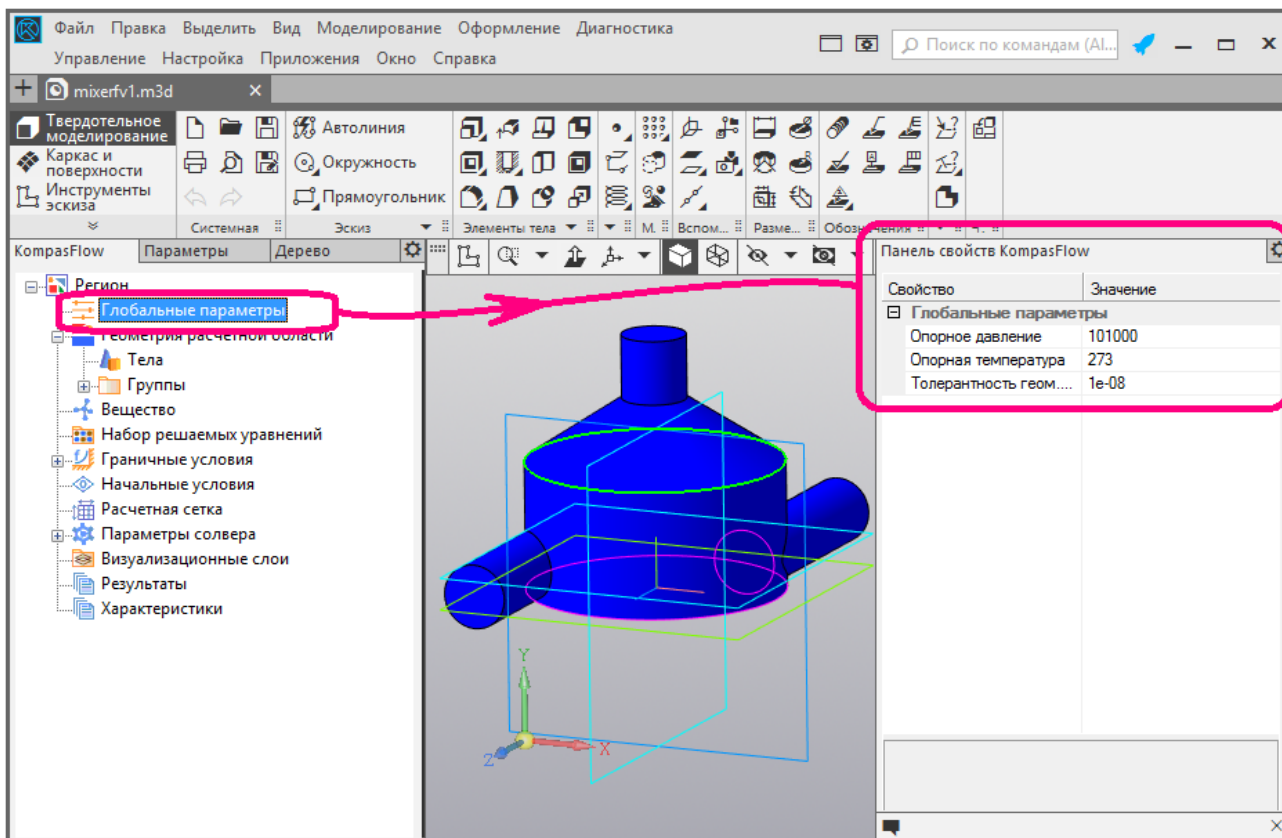
## Дерево проекта *KompasFlow*

Элементы *KompasFlow* представлены в области панелей управления КОМПАС-3D во вкладке **KompasFlow**. Мы будем их называть "дерево проекта", не путая с деревом геометрической модели КОМПАС-3D.



## Панель свойств

Параметры выделенного элемента *KompasFlow* отображаются и задаются в панели свойств:



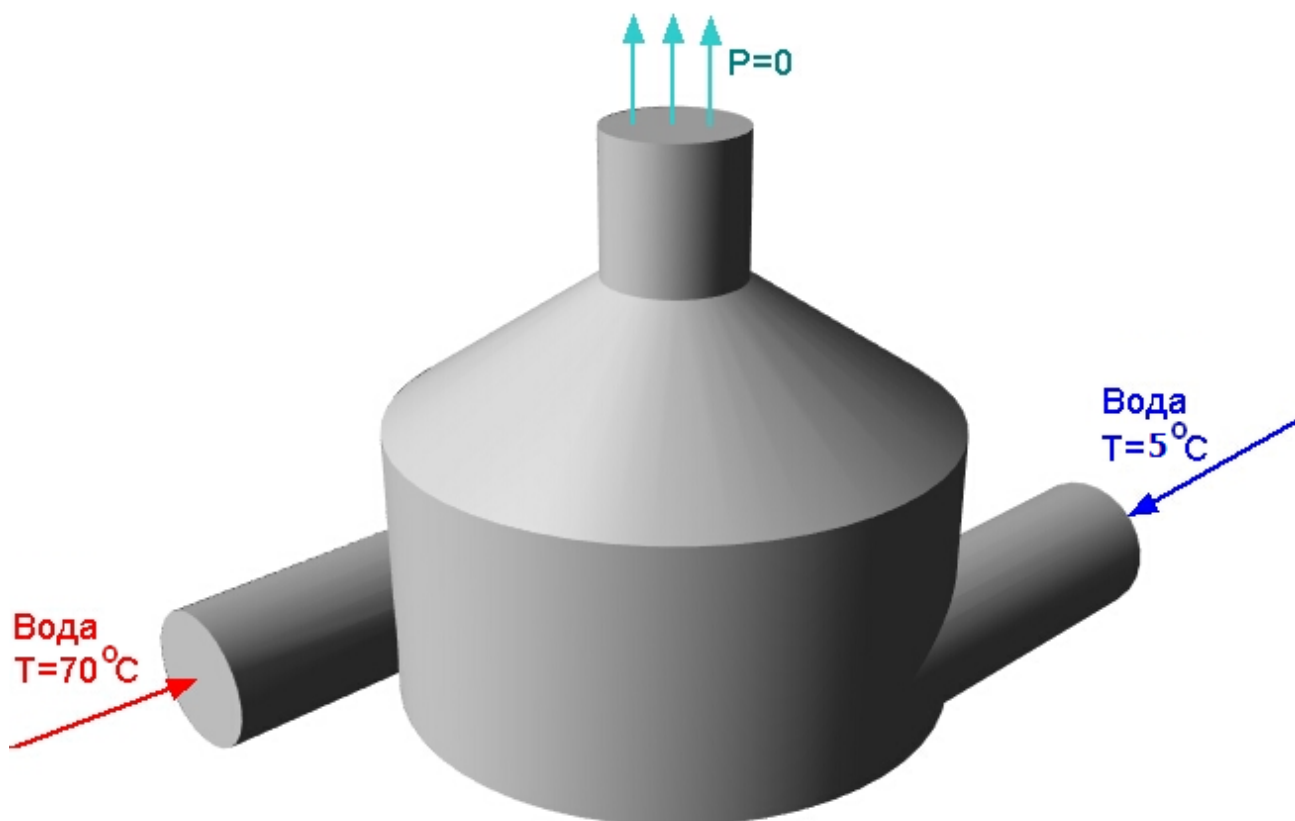
Значения параметров в панели свойств вводятся в текстовые поля либо выбираются из выпадающего списка.

|

## 4 Пошаговый пример - смешивание горячей и холодной воды

В качестве пошагового примера для первоначального обучения работе с *KompasFlow* рассмотрим течение жидкости в смесителе.

Рассмотрим течение в смесителе воды, представляющем собой бак с двумя подводщими трубками у основания и одной отводящей трубкой на крышке:



Диаметр бака равен 0.04 м, высота цилиндрической части бака - 0.02 м, высота крышки - 0.01 м, диаметр трубок - 0.01 м.

Через одну из трубок подается холодная вода ( $T = 5^{\circ}\text{C}$ ), через другую - горячая ( $T = 70^{\circ}\text{C}$ ), расход воды в подводщих трубках одинаков и равен  $0.1 \text{ кг с}^{-1}$ .

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

## 4.1 Создание проекта KompaFlow


Геометрия расчетной области, на основе которой создается данный учебный проект, уже создана и хранится в файле `mixerfv.m3d`.

В качестве геометрической модели для учебного примера используется файл `mixerfv.m3d` в папке `samples`, входящий в комплект поставки.

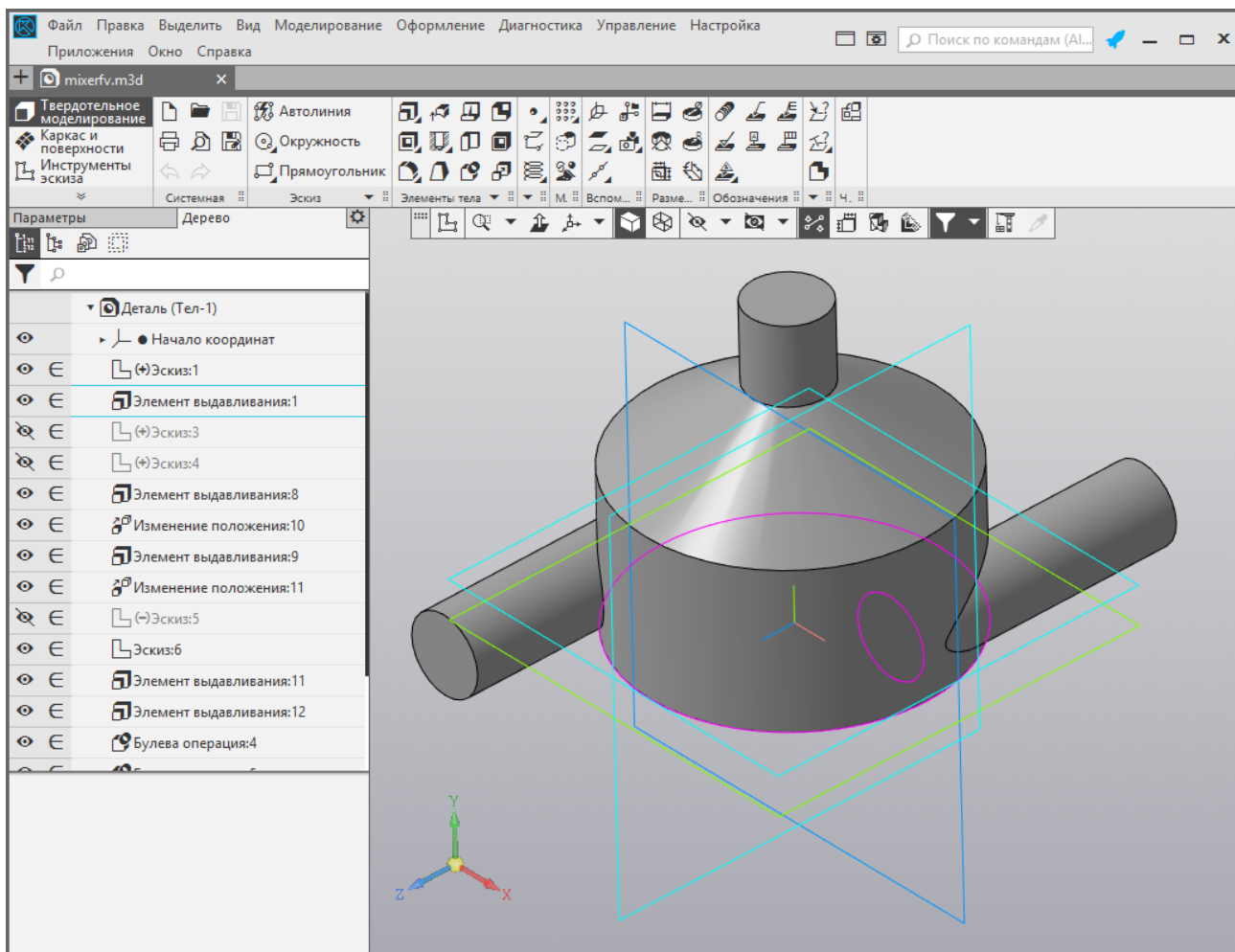
Скопируйте его в какую-либо папку, доступную для записи без наличия прав администратора (чтобы случайно не повредить исходный файл `mixerfv.m3d` и поскольку настройки системных папок *Windows*, таких как `ProgramFiles`, могут не давать права на запись, необходимые для работы с геометрической моделью).

Для ее загрузки в приложение *KompaFlow* выполните следующие действия:


### Шаг 1. Откройте геометрическую модель расчетного пространства.

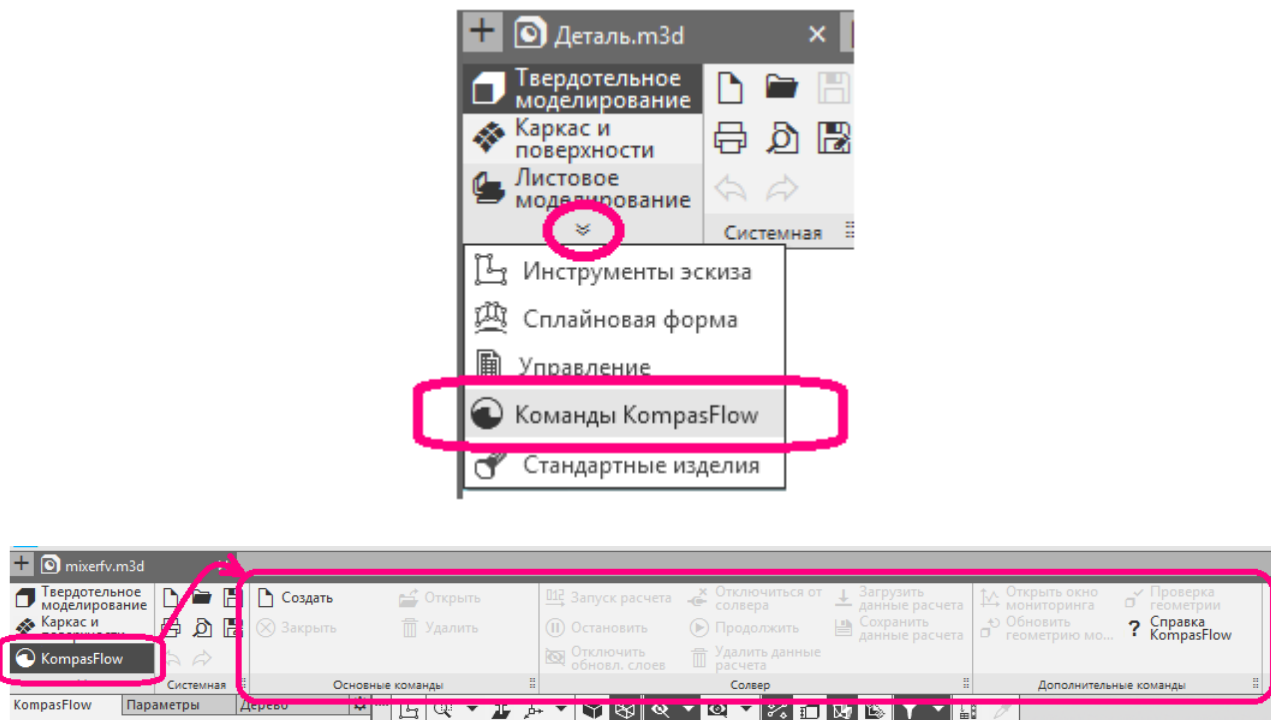
Загрузите геометрическую модель смесителя - из главного меню *КОМПАС-3D* примените команду  **Файл > Открыть** и в открывшемся окне выберите файл.

Геометрическая модель смесителя отобразится в графической области окна *КОМПАС-3D*:



## Шаг 2. Откройте инструментальную панель *KompasFlow*.

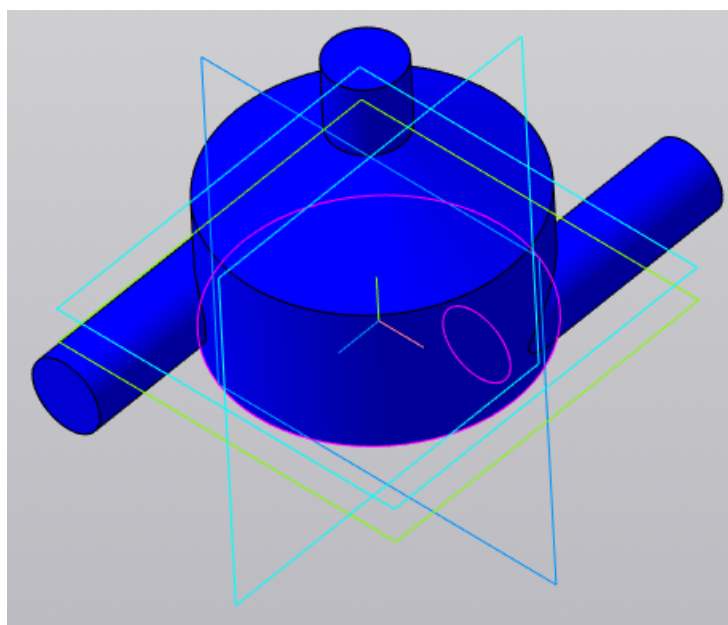
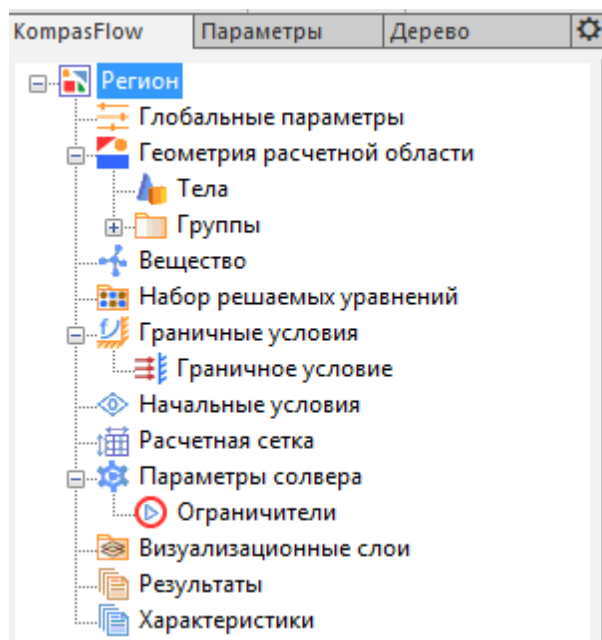
В списке инструментальных панелей откройте панель [KompasFlow](#) (при необходимости полностью раскройте список, нажав на символ ):



### Шаг 3. Создайте расчетный проект KompasFlow

В открывшейся инструментальной панели **KompasFlow** нажмите на пиктограмму  **Создать**.

В области панелей управления *КОМПАС-3D* появится новая вкладка **KompasFlow** (дерево проекта *KompasFlow*):

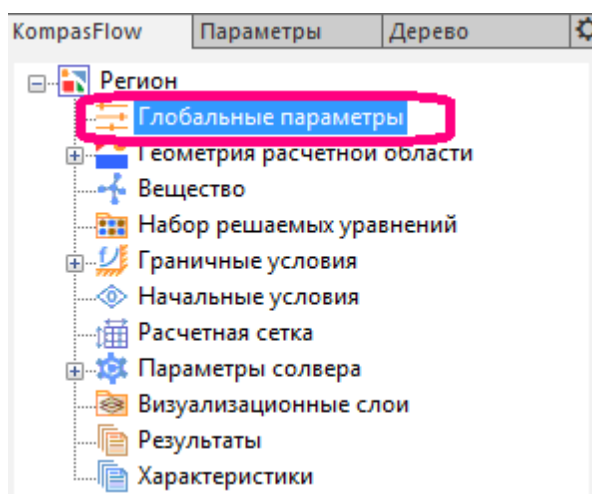


Расчетный проект *KompasFlow* создан.



## 4.2 Глобальные параметры проекта

В глобальных параметрах проекта задаются вектор гравитации, опорные давление и температура и геометрическая точность.



Элемент "Глобальные параметры" во вкладке KompasFlow

Свойство	Значение
Глобальные параметры	
Опорное давление	101000
Опорная температура	273
Вектор гравитации	
X	0
Y	0
Z	0
Толерантность геом. выч.	1e-08

Параметр	Описание
<b>Опорное давление</b>	<p>Опорное значение давления <math>P_{ref}</math>, [Па] и опорное значение температуры <math>T_{ref}</math>, [K].</p> <p>Во многих случаях изменения давления и температуры в поле течения, обусловленные гидродинамическими причинами, значительно меньше, чем абсолютные величины давления и температуры. Поэтому для повышения точности расчета целесообразно представить абсолютные значения давления и температуры в виде сумм опорной и относительной величин:</p> $P_{abs} = P_{ref} + P$

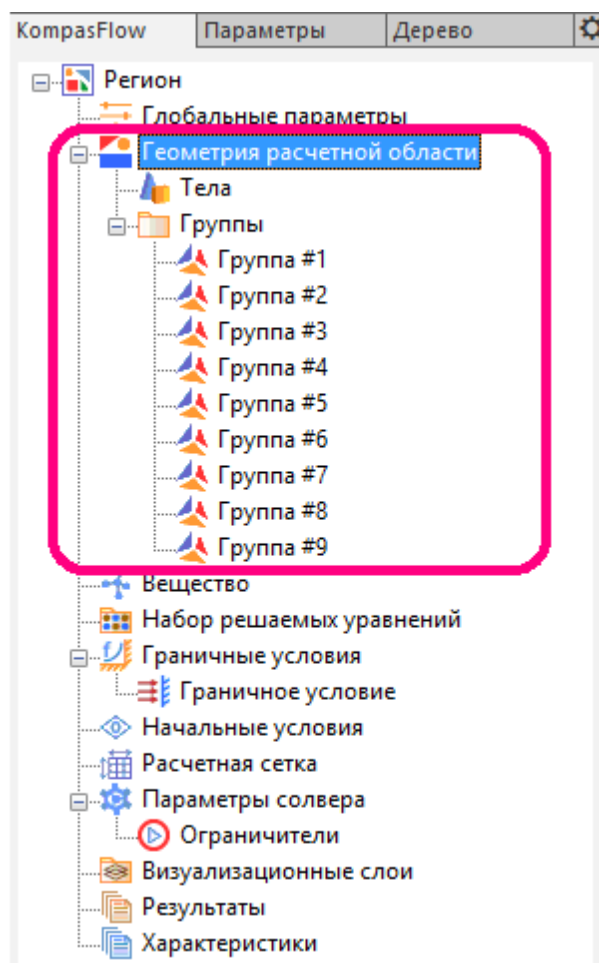
Опорная температура	$T_{\text{abs}} = T_{\text{ref}} + T$
Вектор гравитации > X	Компоненты вектора гравитации вдоль координатных осей X, Y, Z, [мс <sup>-2</sup> ]
Вектор гравитации > Y	
Вектор гравитации > Z	
Толерантность геом. выч.	Толерантность геометрических вычислений, т.е. точность, с которой определяются геометрические параметры (координаты точек геометрических объектов в проекте).  Значение по умолчанию 10 <sup>-8</sup> .

Для рассматриваемого примера подойдут значения по умолчанию:

- Опорное давление = 101000
- Опорная температура = 273
- Вектор гравитации > X = 0
- Вектор гравитации > Y = 0
- Вектор гравитации > Z = 0
- Толерантность геом. выч. = 1e-08

### 4.3 Представление геометрии расчетной области в дереве проекта

В дереве проекта *KompasFlow* располагается папка [Геометрия расчетной области](#), содержащая подпапки **Тела** и **Группы**:



Папка **Тела** в нашем учебном примере не используется. Если тело состоит из нескольких частей, в этой папке будут отображены все части. Здесь можно определить, какое тело будет основным расчетным объемом, а какое будет вставкой, изменяющей расчетный объем.

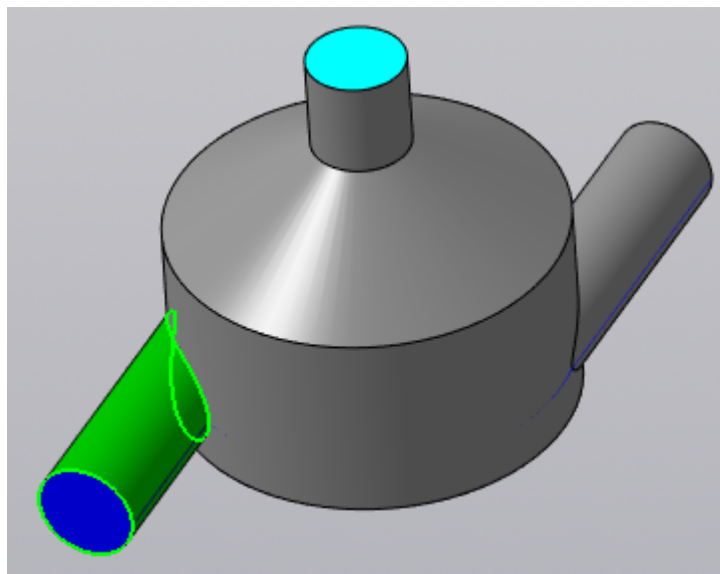
Папка **Регион > Геометрия расчетной области > Группы** содержит элементы **Группа #N**, соответствующие граням поверхностей.

В нашем примере имеется 9 граней, представленных в дереве проекта элементами **Группа #1**, **Группа #2**, ..., **Группа #9**.

В свойствах элементов **Группа #N** необходимо задать установленные на них [Граничные условия](#):



Чтобы найти нужную **Группу** в дереве проекта, нажмите на изображение соответствующей поверхности в графической области окна *КОМПАС-3D* (после этого изображение будет выделено зеленым цветом):

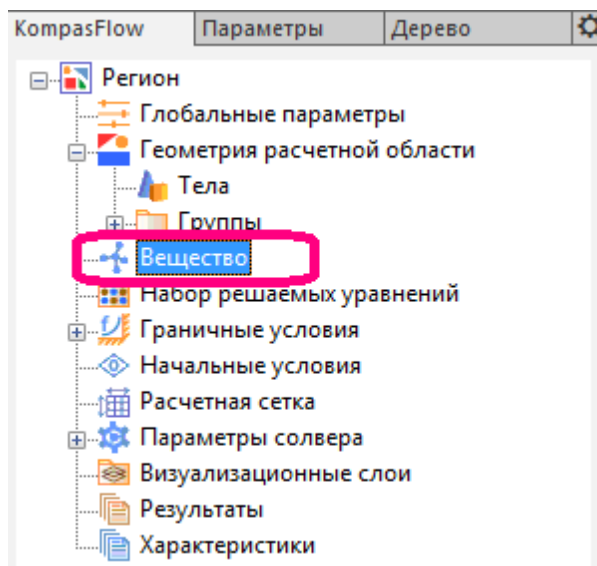


В панели свойств при этом будет показано название выбранной **Группы** и заданное на ней **Граничное условие**.

Также можно выбирать **Группы** в дереве проекта, наблюдая за соответствующим подсвечиванием в графической области.

## 4.4 Вещество и его параметры

Параметры моделируемого вещества задаются в панели свойств элемента [Регион > Вещество](#) в дереве проекта *KompasFlow*.



В нашем примере будет моделироваться течение воды. Т.к. скорости течения невелики и среда слабосжимаемая, будем рассматривать воду как несжимаемую жидкость (зададим постоянную плотность).


### Шаг 1. Выделение элемента в дереве проекта.

Во вкладке **KompasFlow** нажатием левой кнопки мыши выделите элемент **Вещество**.

### Шаг 2. Задание свойств Вещества.

В свойствах **Вещества** (в панели свойств *KompasFlow*) задайте:

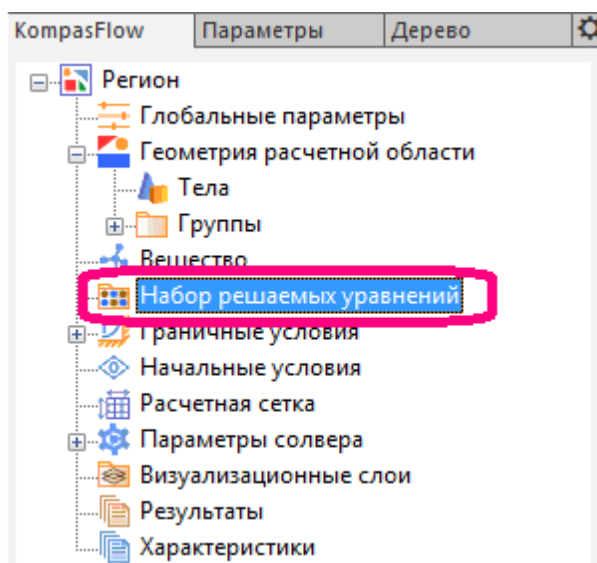
- **Агрегатное состояние = Жидкость**
- **Плотность = 1000**
- **Молярная масса = 0.018**
- **Вязкость = 0.001**
- **Теплопроводность = 0.6**
- **Удельная теплоемкость = 4217**

Панель свойств KompasFlow 

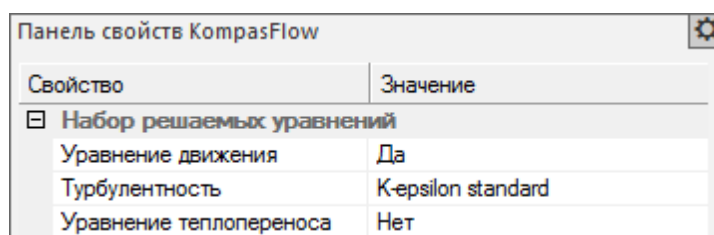
Свойство	Значение
☐ Вещество	
Агрегатное состояние	Жидкость
Плотность	1000
Молярная масса	0.018
Вязкость	0.001
Теплопроводность	0.6
Удельная теплоемкость	4217

## 4.5 Набор решаемых уравнений

На этом шаге нужно задать, какие физические процессы будут моделироваться.



Набор решаемых уравнений и их настройки задаются в панели свойств элемента **Регион** > **Набор решаемых уравнений** в дереве проекта *KompaFlow*.



Задайте следующие значения параметров **Набора решаемых уравнений**:

- **Уравнение движения = Да**
- **Турбулентность = K-epsilon standard**
- **Уравнение теплопереноса = h - уравнение для энтальпии**

## 4.6 Граничные условия

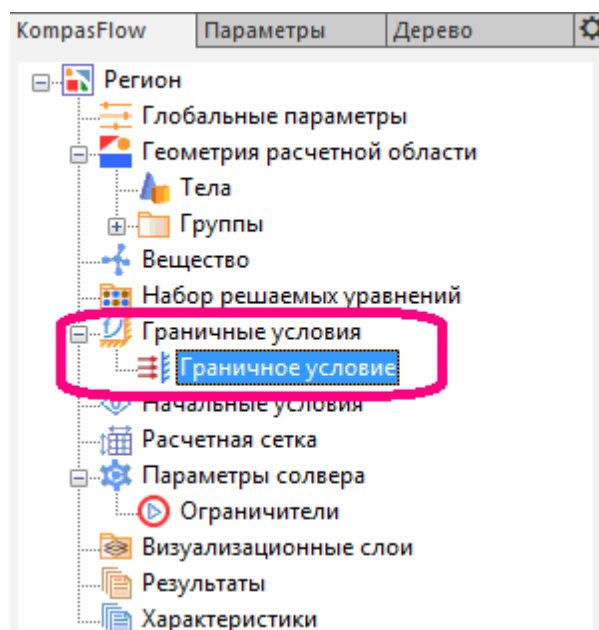
Моделирование всего бесконечного пространства невозможно, поэтому оно ограничено некоторой расчетной областью, на границах которой нужно настроить граничные условия, адекватно описывающие пространство за пределами расчетной области (см. подробности и описание интерфейса в разделе [Граничные условия](#)).

В *KompasFlow* реализованы следующие **Граничные условия** (ГУ):

- [Симметрия](#)
- [Стенка](#)
- [Вход/Выход](#)
- [Свободный выход](#)
- [Неотражающее](#)

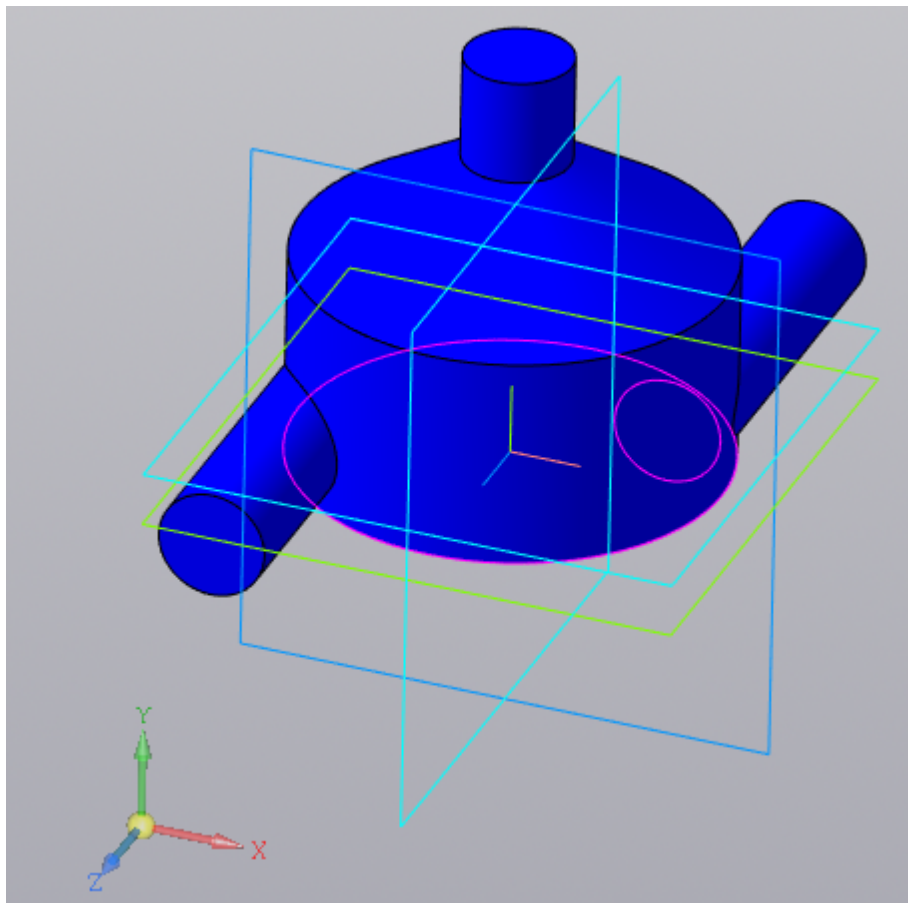
**Граничные условия** устанавливаются на гранях модели, представленных элементами [Регион > Геометрия расчетной области > Группы > Группа #N](#).

Первоначально на всех поверхностях геометрической модели устанавливается ГУ типа **Стенка** с именем **Граничное условие**:



Это граничное условие устанавливается на всех элементах **Группа #N** и, поскольку в его свойствах задано отображение синим цветом, то всё изображение смесителя в графической области окна *КОМПАС-3D* будет окрашено в синий цвет:





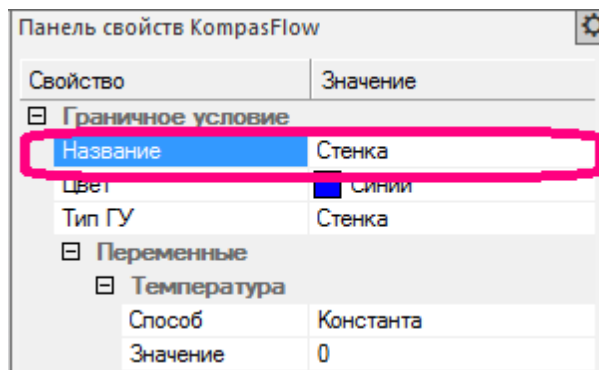
Для задания ГУ в нашем примере нужно:

1. Создать четыре граничных условия: для входа холодной воды, для входа горячей воды, для выхода смеси и для стенки.
2. Привязать созданные ГУ к соответствующим граням расчетной области.
3. Задать значения температур и расходов для граничных условий, соответствующих входу холодной и горячей воды.

## Создание Граничных условий

**Шаг 1. Переименуйте существующее Граничное условие.**

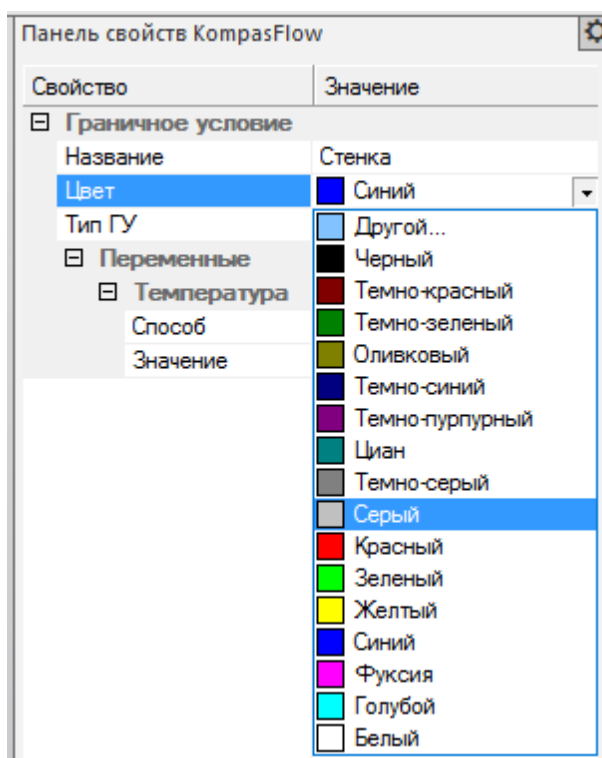
В дереве проекта, в свойствах элемента **Регион > Граничные условия > Граничное условие**, измените значение параметра **Название**. Дайте ему осмысленное значение **Стенка**:



Это граничное условие будет использовано для стенок смесителя, его название в дереве проекта изменится с **Граничное условие** на **Стенка**.

### Шаг 2. Измените цвет этого Граничного условия.

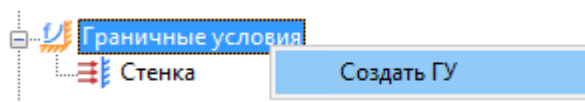
В свойствах элемента **Регион > Граничные условия > Стенка** задайте **Цвет=Серый** (выберите цвет из списка):



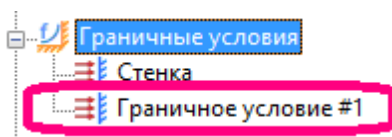
В результате все грани, связанные с этим ГУ поменяют свой цвет.

### Шаг 3. Создайте еще одно Граничное условие (для входа холодной воды).

Откройте контекстное меню папки **Регион > Граничные условия** и выберите в нем команду **Создать**:



В папке **Граничные условия** появится элемент **Граничное условие #1**:



**Шаг 4.** Измените название и тип только что созданного Граничного условия #1.

Выделите элемент **Граничное условие #1** в дереве проекта, и в его свойствах задайте:

- **Название = Вход холодный**
- **Цвет** не изменяйте, оставьте ■ **Синий**
- **Тип = Вход/Выход**

**Шаг 5.** Создайте еще одно Граничное условие (для входа горячей воды), задайте его название, цвет и тип.

Откройте контекстное меню папки **Регион > Граничные условия** и выберите в нем команду **Создать**. В папке **Граничные условия** появится элемент **Граничное условие #1**. Задайте в его свойствах:

- **Название = Вход горячий**
- **Цвет = ■ Красный**
- **Тип = Вход/Выход**

**Шаг 6.** Создайте еще одно Граничное условие (для выхода), задайте его название, цвет и тип.

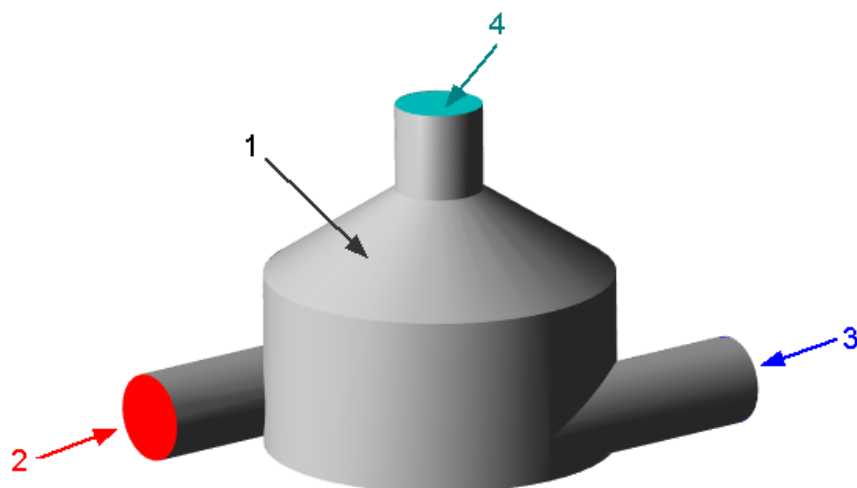
Откройте контекстное меню папки **Регион > Граничные условия** и выберите в нем команду **Создать**. В папке **Граничные условия** появится элемент **Граничное условие #1**. Задайте в его свойствах:

- **Название = Выход**
- **Цвет = ■ Голубой**
- **Тип = Свободный выход**

## Расстановка граничных условий на группах фасеток

Привяжем созданные **Граничные условия** к граням геометрической модели.

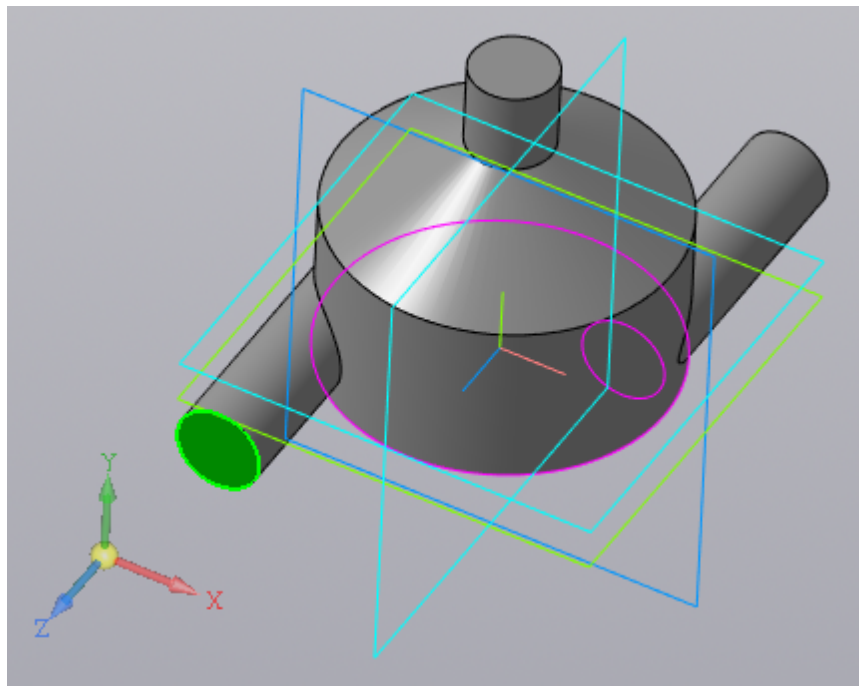
Поскольку на всех группах фасеток уже стоит граничное условие **Стенка**, остается только изменить **Граничные условия** на сечениях впускных трубок и выпускной трубки в соответствии с приведенной ниже иллюстрацией:



1- Стенка, 2 - Вход горячий, 3- Вход холодный, 4 - Выход

### Шаг 1.

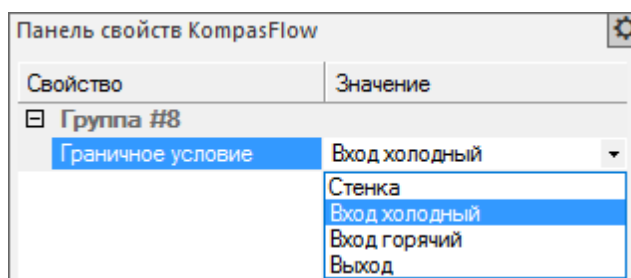
Нажмите на изображение сечения одной из впускных трубок в графической области окна КОМПАС-3D, оно подсветится зеленым цветом.



## Шаг 2.

В панели свойств откроются параметры соответствующего элемента **Группа #N**.

Задайте там **Граничное условие = Вход холодный**:



## Шаг 3.

Разверните изображение смесителя в графической области и нажмите на сечение другой впускной трубки.

В панели свойств соответствующего элемента **Группа #N** задайте **Граничное условие = Вход горячий**.

## Шаг 4.

Разверните изображение смесителя (при необходимости) и нажмите на сечение выпускной трубки.

В панели свойств соответствующего элемента **Группа #N** задайте **Граничное условие =**

## Выход.

После расстановки граничных условий соответствующие сечения трубок будут обозначены в графической области синим, красным и голубым цветами.

## Задание параметров граничных условий

Теперь необходимо определить, каким образом будет вычисляться значение физических величин на границах расчетной области.

Выделяйте по очереди **Граничные условия** и в панели свойств задайте их параметры.

### Шаг 1.

Для граничного условия **Стенка** задайте:

- **Переменные > Температура > Способ = Тепловой поток**
- **Переменные > Температура > Значение = 0**

Такие параметры означают, что стенка смесителя непроницаема для теплопереноса.

### Шаг 2.

Для граничного условия **Вход холодный** задайте:

- **Переменные > Скорость > Способ = Нормальная массовая скорость**
- **Переменные > Скорость > Значение = 1285.7** (здесь задается нормальная массовая скорость потока,  $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$ ). Значение  $1285.7 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  получается при делении массового расхода  $0.1 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$  на площадь сечения подводящей трубки  $7.7777591212273 \text{E-}05 \text{ м}^2$ )
- 
- **Переменные > Температура > Значение = 5** (это означает превышение на 5 [K] над значением [опорной температуры](#) 273[K], т.е. соответствует температуре 5°C)

### Шаг 3.

Для граничного условия **Вход горячий** задайте:

- **Переменные > Скорость > Способ = Нормальная массовая скорость**
- **Переменные > Скорость > Значение = 1285.7** (здесь задается нормальная массовая скорость потока,  $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$ ). Значение  $1285.7 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  получается при делении массового расхода  $0.1 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$  на площадь сечения подводящей трубки  $7.7777591212273 \text{E-}05 \text{ м}^2$ )

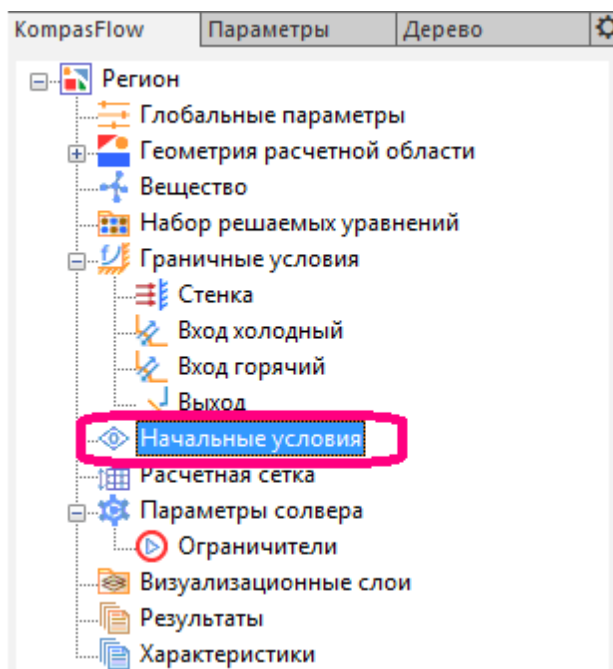
- **Переменные > Температура > Значение = 70** (это означает превышение на 70 [K] над значением опорной температуры 273[K], т.е. соответствует температуре 70°C).

#### Шаг 4.

Для граничного условия **Выход** задайте:

- **Переменные > Скорость > Давление = 0** (превышение над [опорным давлением](#), задается в [Па])
  - **Переменные > Температура > Значение = 5** (превышение над [опорной температурой](#) 273[K], это значение температуры применяется только при обратном входе жидкости через граничное условие)
-

## 4.7 Начальные условия



*Начальные условия* применяются, чтобы задать значения моделируемых величин в расчетной области в начальный момент времени.

По умолчанию все переменные в начальный момент имеют нулевые значения:

Свойство	Значение
<b>Начальные условия</b>	
Скорость	0, 0, 0
X	0
Y	0
Z	0
Давление	0
Температура	0

Задание ненулевых начальных условий позволяет ускорить сходимость решения (например, в задачах внешнего обтекания удобно задавать начальное поле скорости, соответствующее скорости набегающего потока).

В нашем учебном примере **Начальные условия** соответствуют неподвижной жидкости с температурой 5°C (т.е. на 5 [K] превышающей значением [опорной температуры](#) 273 [K]) и с давлением, совпадающим с [опорным давлением](#) (101000 [Па]).

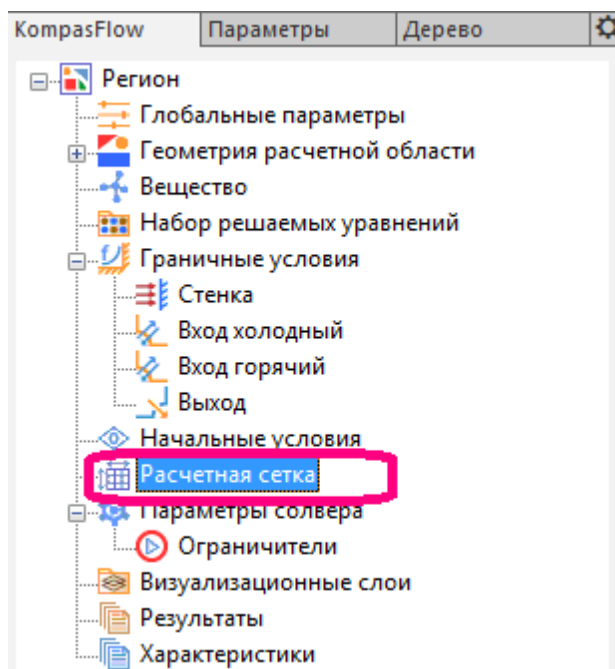
Задайте в панели свойств элемента **Начальные условия**:

- **Температура = 5**

Значения параметров **Скорость > X**, **Скорость > Y**, **Скорость > Z** и **Давление** не изменяйте, они останутся нулевыми.



## 4.8 Расчетная сетка



Невозможно посчитать движение каждой молекулы. Поэтому применяется дискретизация пространства с помощью *расчетной сетки*. Весь расчетный объем разбивается на элементарные объемы - ячейки. Чем меньше размер таких ячеек, тем лучше разрешение пространства сеткой. В объеме каждой ячейки все физические величины считаются постоянными в рассматриваемый момент времени.

В нашем примере задание **Расчетной сетки** будет состоять из двух этапов:

- а) задание [Начальной сетки](#).
- б) задание локальной [Адаптации](#)

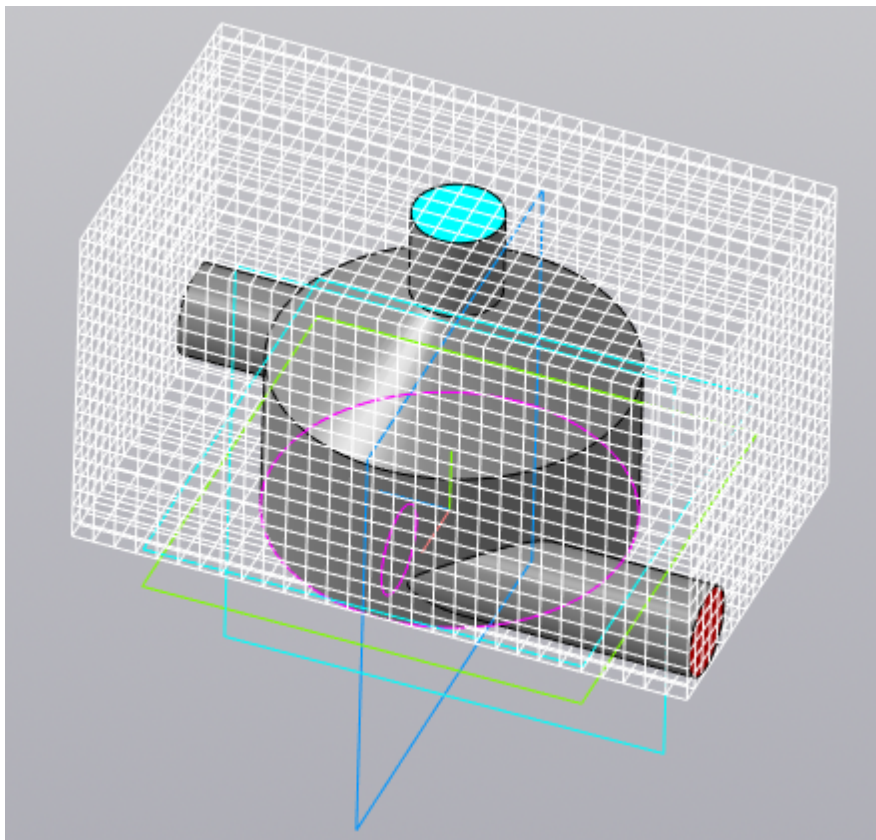
### 4.8.1 Начальная расчетная сетка

Начальная сетка в *KompasFlow* является ортогональной и равномерной. Она задается в боксе, описывающем расчетную область. Необходимо указать шаги разбиения по трем осям системы координат.

Задайте равномерную начальную расчетную сетку, с количеством ячеек 20, 20 и 30 по осям X, Y, Z соответственно, задав в панели свойств элемента [Регион > Расчетная сетка](#):

- $nX=20$
- $nY=20$
- $nZ=30$

Изображение **Расчетной сетки** в графической области соответствующим образом изменится:



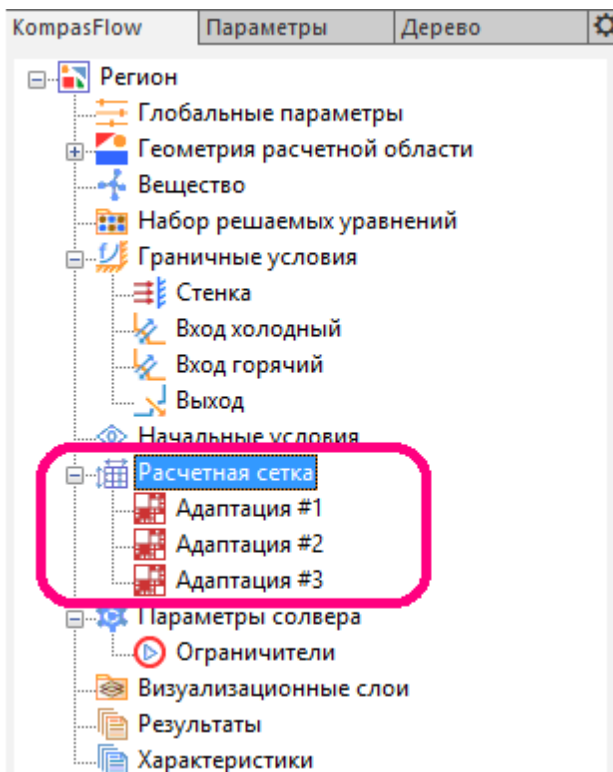
#### 4.8.2 Адаптация

*Адаптация* – это способ измельчения начальной сетки у поверхности геометрической модели. Адаптация приводит к измельчению ячеек, путем деления сетки пополам по каждому направлению вдоль осей X, Y, Z (поэтому одно разбиение делит ячейку на 8 частей).

*Уровень адаптации* - число последовательных разбиений ячеек сетки. Чем больше уровень, тем мельче будут ячейки.

*Слой адаптации* – количество слоев одного уровня адаптации. Этот параметр позволяет распространять адаптацию на некотором расстоянии от поверхности, на которой она задана (в направлении нормали к этой поверхности).

Адаптация задается в элементах [Регион > Расчетная сетка](#) > **Адаптация #N** в дереве проекта *KompaFlow*.

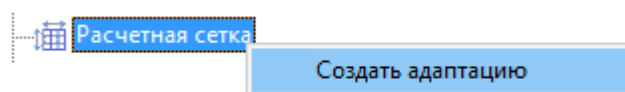


В нашем примере будет задана адаптация на поверхности стенок смесителя, с разбиением не больше, чем на один уровень, с двумя слоями проадаптированных ячеек, примыкающих к стенкам смесителя.

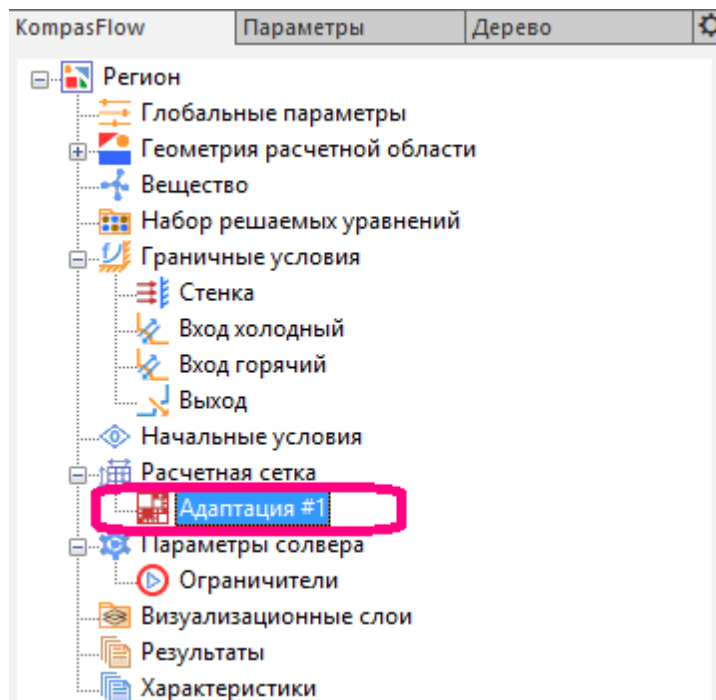
Выполните следующие действия:

### Шаг 1.

Создайте **Адаптацию**, которая будет применяться на стенках смесителя. Для этого в контекстном меню элемента **Регион > Расчетная сетка** выберите команду **Создать адаптацию**:



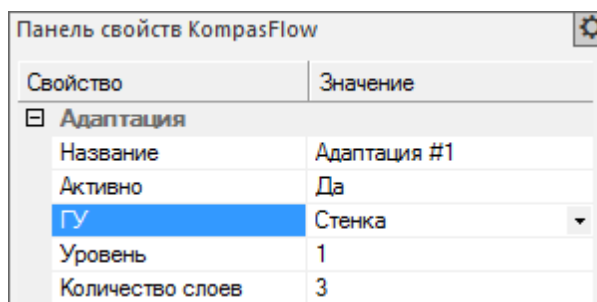
В дереве проекта появится элемент **Адаптация #1**:



## Шаг 2.

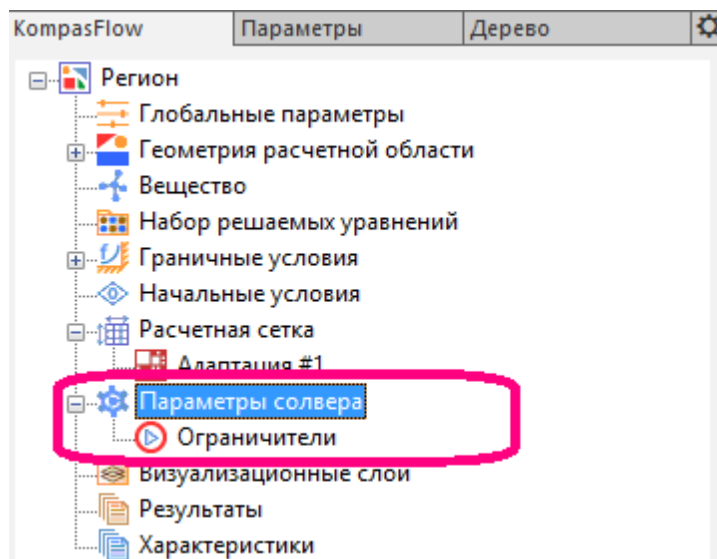
Задайте следующие параметры **Адаптации #1** в ее панели свойств:

- **Активно = Да** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)
- **ГУ = Стенка**
- **Уровень = 1** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)
- **Количество слоев = 3** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)



## 4.9 Параметры управления расчетом

Параметры расчета настраиваются в панелях свойств элементов **Регион > Параметры солвера** и **Регион > Параметры солвера > Ограничители**:

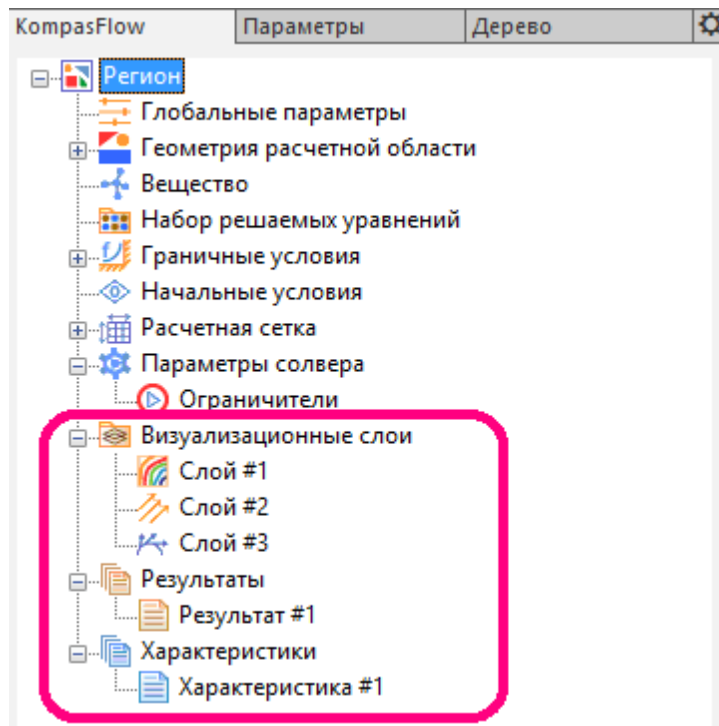


Задайте следующие значения в панели свойств элемента **Параметры солвера**:

- **CFL = 1**
- **Макс. шаг по времени = 0.01**
- **Моделируемое время = 15**

Не изменяйте параметры элемента **Параметры солвера > Ограничители**, заданные по умолчанию. Чаще всего **Ограничители** применяются при расчете сверхзвуковых потоков для сглаживания негативных численных эффектов.

## 4.10 Отображение результатов расчета



Для настройки отображения результатов расчета используются следующие папки дерева проекта:

- [Визуализационные слои](#) (содержит элементы **Слой #N**)
- [Результаты](#) (содержит элементы **Результат #N**)
- [Характеристики](#) (содержит элементы **Характеристика #N**)

Изображения **Слоев** отображаются в графической области окна КОМПАС-3D (см. [Визуальное наблюдение слоев в ходе расчета](#)).

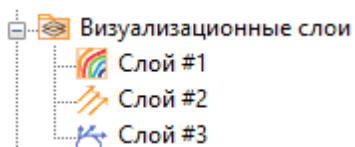
Графики с **Результатами** отображаются в окне **Мониторинг** (см. [Просмотр данных в окне "Мониторинг"](#)).

Данные **Характеристик** отображаются в их панелях свойств (см. [Просмотр информации из Характеристик](#)).

### 4.10.1 Создание Слоев

Для визуализации результатов расчета применяются **Слои** визуализации

Каждый такой слой представлен в дереве проекта как дочерний элемент **Слой #N** в папке **Визуализационные слои**:

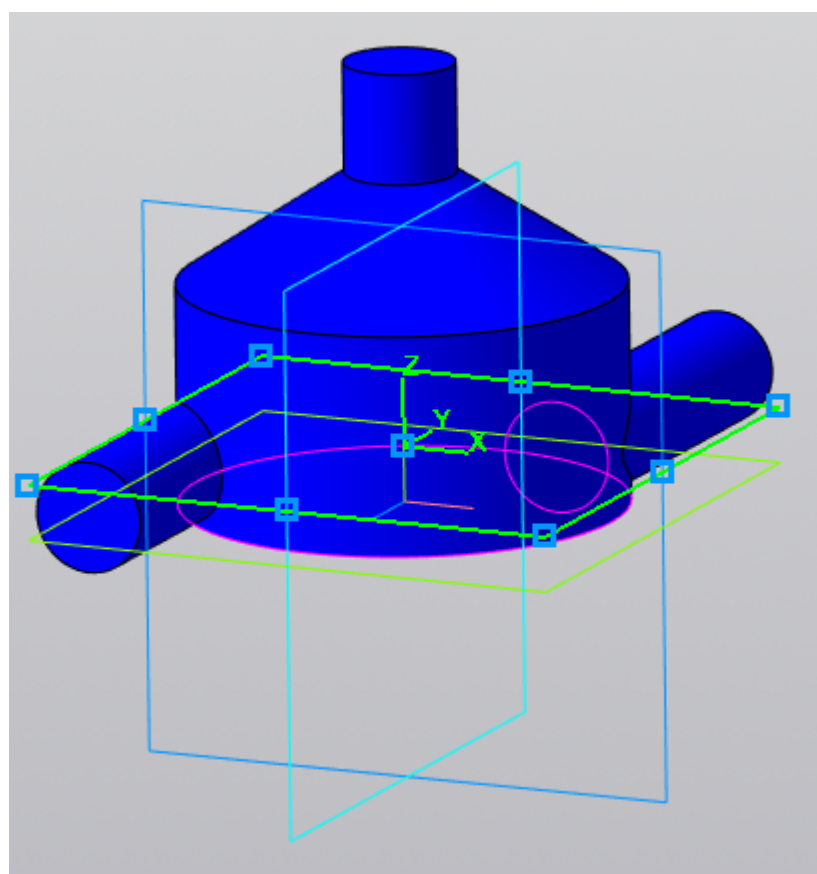
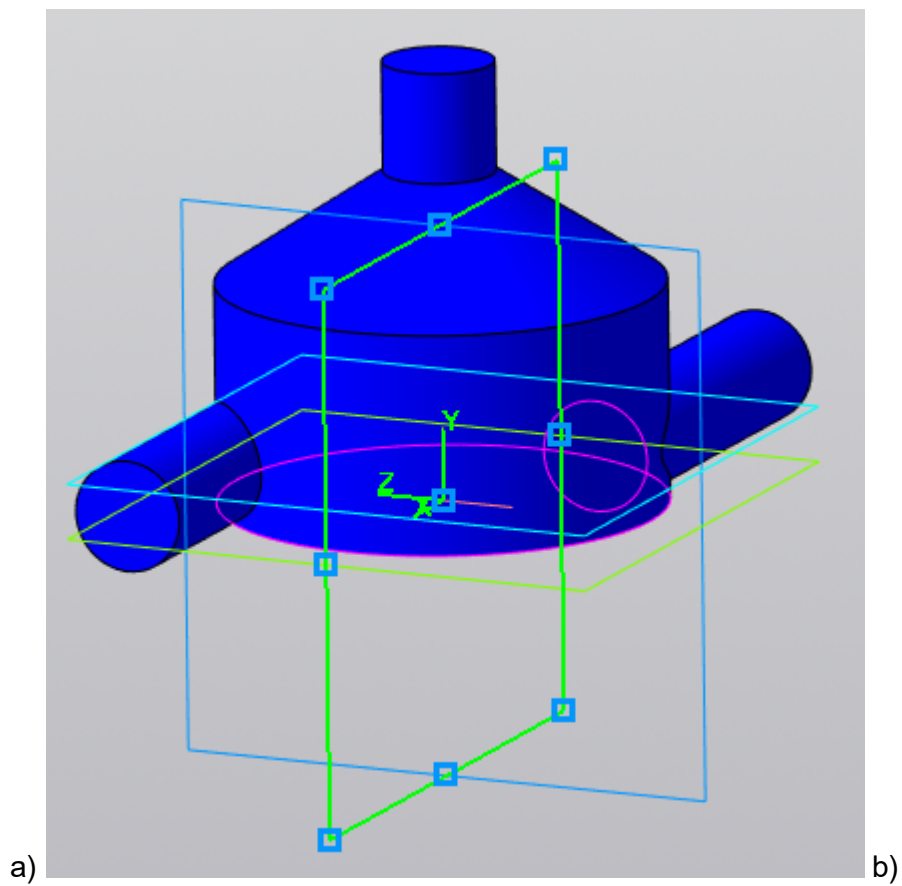


**Слои** строятся в объеме, на плоскостях или на геометрических поверхностях.

В нашем примере мы создадим **Слои**, построенные на следующих **Плоскостях**:

- одна из **Плоскостей** - вертикальная плоскость, параллельная впускным трубками и проходящая через ось симметрии смесителя
- другая **Плоскость** - горизонтальная плоскость, проходящая через оси впускной трубки

В загруженном проекте уже имеются такие **Плоскости**, это **Смещенная плоскость:1** и **Смещенная плоскость:2**.



Смещенные плоскости 1 и 2, первоначально заданные в файле mixerfv.m3d  
(обозначены зеленым цветом и девятью точками)

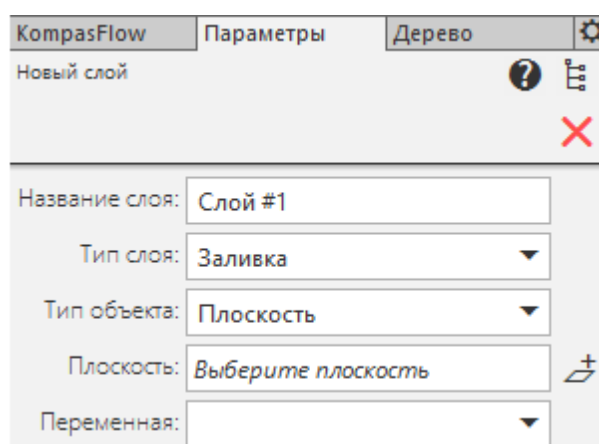


На каждой из этих **Плоскостей** создадим по два **Слоя**, в одном из которых зададим отображение **Температуры** в виде цветной заливки, а в другом - **Скорости** в виде векторов. Таким образом, всего будет создано четыре **Слоя**. При желании средствами *КОМПАС-3D* можно создать другие **Плоскости** и построить на них **Слои**.

Выполните следующие действия:





### Шаг 1.

В контекстном меню элемента **Визуализационные слои** выберите команду **Создать слой**. В области панелей управления *КОМПАС-3D* откроется вкладка **Параметры**, в которой нужно задать параметры создаваемого **Слоя**:



### Шаг 2.

Во вкладке **Параметры** задайте параметры **Слоя**:

- **Название слоя = Слой #1**
- **Тип слоя = Заливка**
- **Тип объекта = Плоскость**
- **Плоскость = Смещенная плоскость:1**. Для этого нажмите на пиктограмму  и выберите **Смещенная плоскость:1** в дереве геометрических элементов, которое отобразится поверх изображения в графической области. Пиктограмму  можно оставить включенной (отображается так: ) , поскольку доступ к дереву геометрических элементов еще понадобится при создании других **Слоев** или откройте вкладку **Дерево** и выберите там **Смещенную плоскость:1**, после чего вернитесь во вкладку **Параметры**. Выбранная **Плоскость** будет отображаться в дереве геометрических элементов пиктограммой красного цвета ().
- **Переменная = Температура**

Некоторые поля уже содержат нужные значения, установленные по умолчанию. В этих случаях убедитесь, что заданы именно они.

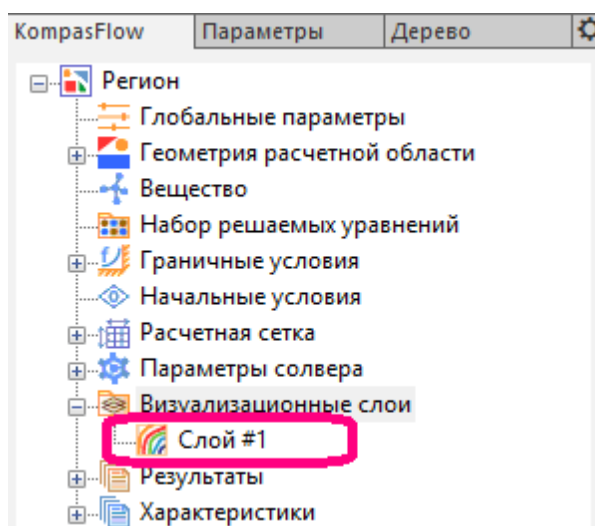


Параметры **Название слоя**, **Плоскость**, **Поверхность**, **Переменная** при желании можно изменить и после создания **Слоя**, в его в панели свойств.

### Шаг 3.

Нажмите на появившуюся пиктограмму .

Программа создаст **Слой #1** и откроет вкладку **KompasFlow**:



### Шаг 4.

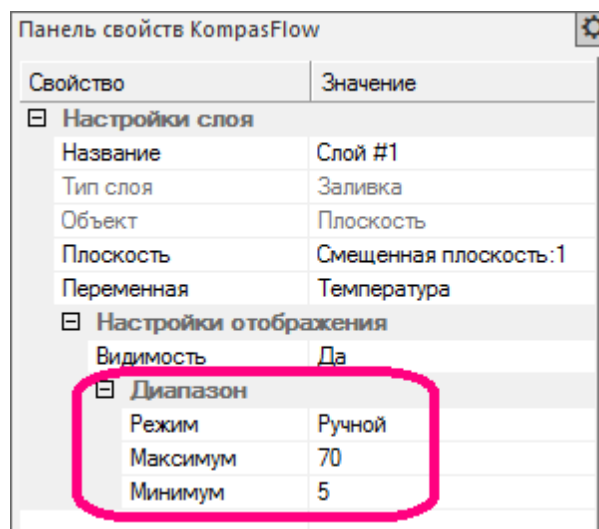
Аналогичным образом создайте еще три **Слоя** со следующими параметрами:

- **Слой #2** на **Смещенной плоскости:2** с параметрами: **Тип слоя = Заливка**, **Переменная = Температура**.
- **Слой #3** на **Смещенной плоскости:1** с параметрами: **Тип слоя = Векторы**, **Переменная = Скорость**, **Переменная закраски = Нет**.
- **Слой #4** на **Смещенной плоскости:2** с параметрами: **Тип слоя = Векторы**, **Переменная = Скорость**, **Переменная закраски = Нет**.

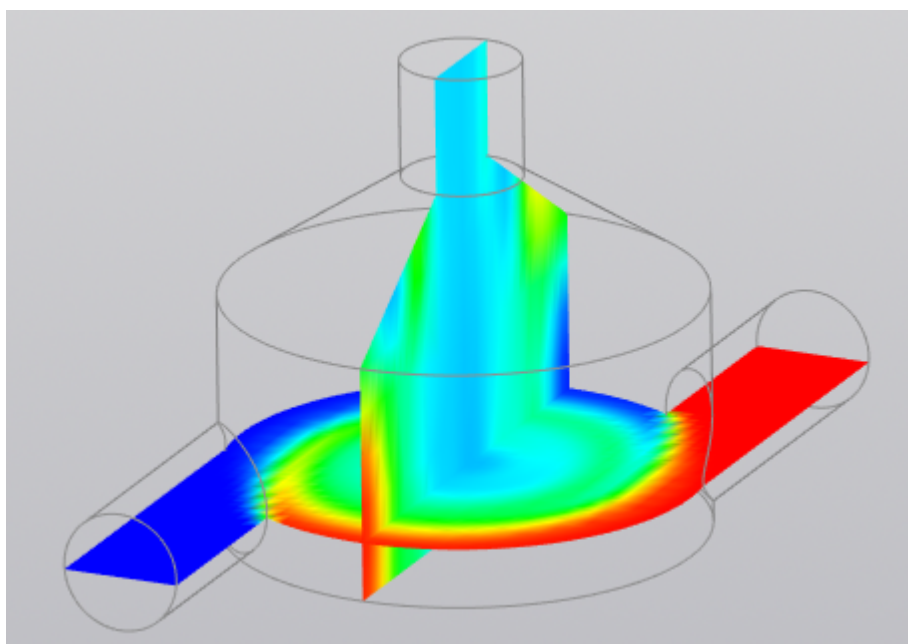
### Шаг 5.

Настройте диапазон для **Слоев**, отображающих **Температуру**. В панелях свойств **Слоя #1** и **Слоя #2** задайте:

- Настройки слоя > Настройки отображение > Диапазон > Режим = Ручной
- Настройки слоя > Настройки отображение > Диапазон > Максимум =70
- Настройки слоя > Настройки отображение > Диапазон > Минимум =5



Для обоих **Слоев**, показывающих распределение **Температуры**, задан ручной диапазон отображения температур (от 5 до 70 градусов). Это сделано для того, чтобы температура на обоих этих **Слоях** отображалась в одной, общей для них, шкале.

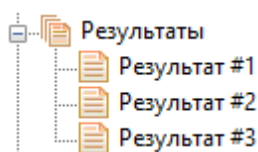


**Отображение распределения температур по двум пересекающимся плоскостям в единой шкале от 0 до 70 градусов**

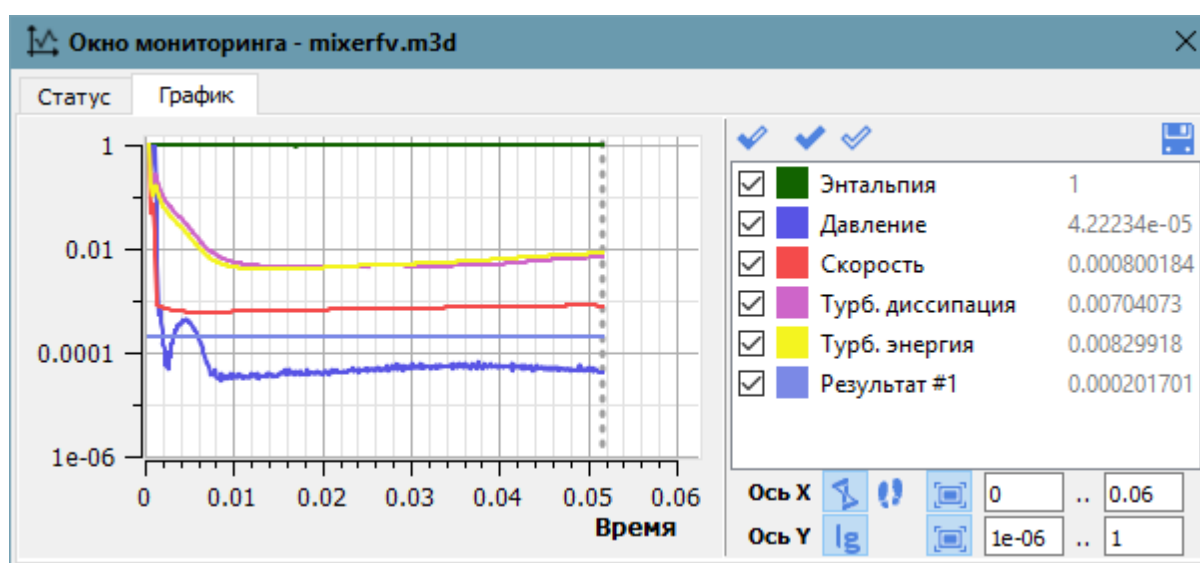
## 4.10.2 Создание Результатов

Элементы **Результат #N** применяются для вычисления *интегральных величин*.

В дереве проекта они располагаются в папке **Результаты**:



После запуска расчета графики **Результатов** в зависимости от времени отображаются в [Окне мониторинга](#):



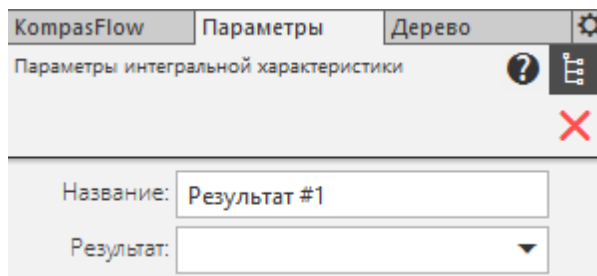
Графики **Результатов** удобно использовать для оценки сходимости решения. Например, когда средняя температура на выходе из смесителя перестанет меняться, можно судить о том, что решение сошлось и дальнейший расчет не имеет смысла.

Создадим **Результат #1**, вычисляющий среднюю температуру воды на выходе из смесителя.

Выполните следующие действия:

### Шаг 1.

В контекстном меню элемента **Результаты** выберите команду **Создать Результат**. В области панелей управления КОМПАС-3D откроется вкладка **Параметры**, в которой нужно задать параметры создаваемого **Результата**:

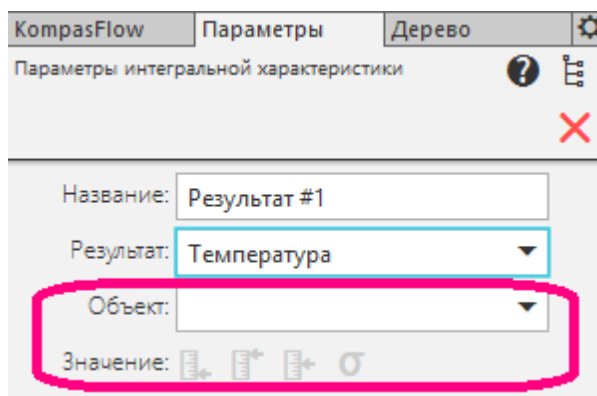


## Шаг 2.

В поле **Результат** выберите **Температура**.

Во вкладке **Параметры** появятся поля:

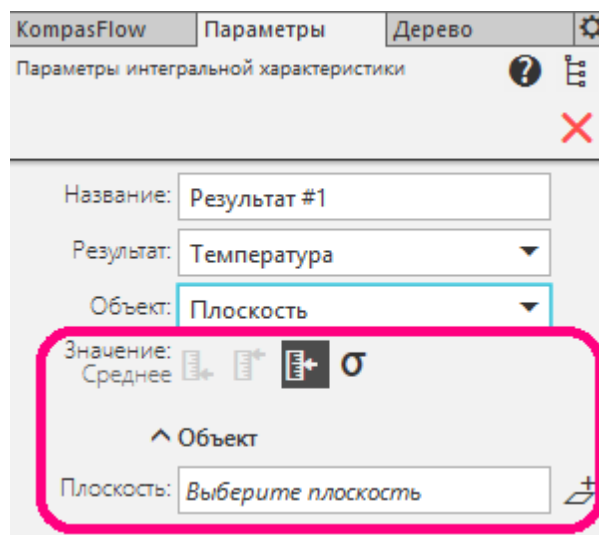
- **Объект** (возможные варианты: **Расчетная область** | **Плоскость** | **Поверхность** | **Точка**)
- **Значение** (на этом шаге данное поле неактивно)



## Шаг 3.

В поле **Объект** выберите **Плоскость**.

Во вкладке **Параметры** станет активным поле **Значение** (возможные варианты: **Среднее** и **Стд.откл.**, по умолчанию выбрано **Среднее**) и появится поле **Плоскость**:



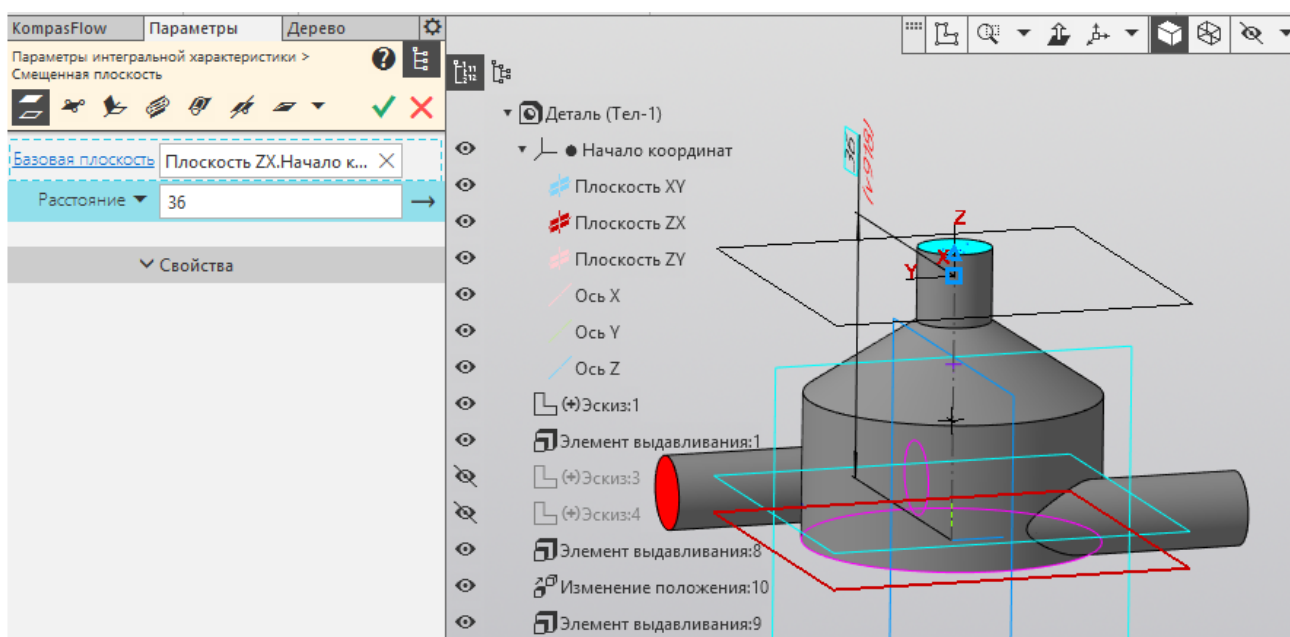
#### Шаг 4.

Не меняйте выбор **Значение=Среднее** (☰+) и нажмите на пиктограмму ☰+ справа от поля **Плоскость**, чтобы создать новую **Плоскость**.

Наш **Результат #1** будет вычисляться как средняя температура на сечении выходной трубки новой **Плоскостью**, смещенной относительно граничного условия **Выход**.

#### Шаг 5.

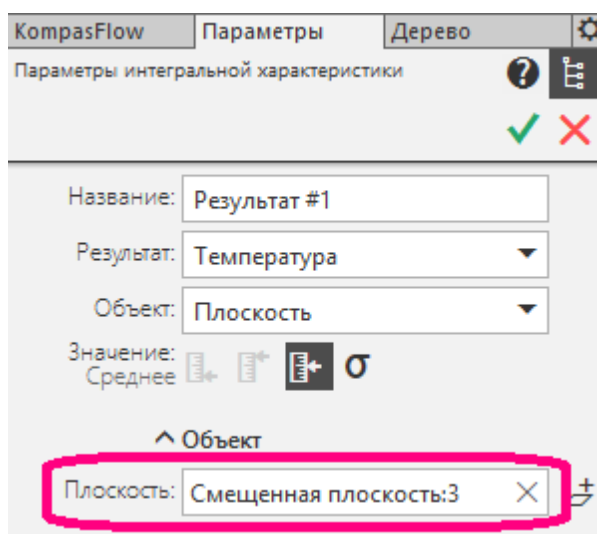
Во вкладке **Параметры** откроется форма для создания новой смещенной **Плоскости**. Создайте **Смещенную плоскость**, параллельную плоскости **XZ** и находящуюся от нее на расстоянии **36 мм**:




Затем нажмите на пиктограмму ☑.

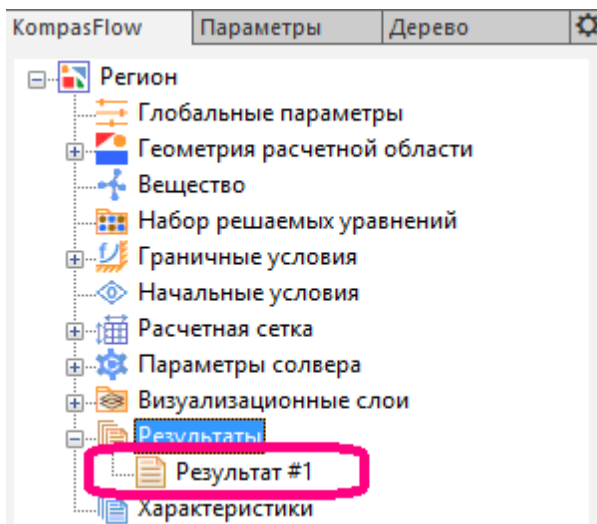
**Шаг 6.**

Произойдет возврат в предыдущую форму для задания параметров, причем поле **Плоскость** будет содержать значение **Смещенная плоскость:3**:

**Шаг 7.**

Нажмите на появившуюся пиктограмму .

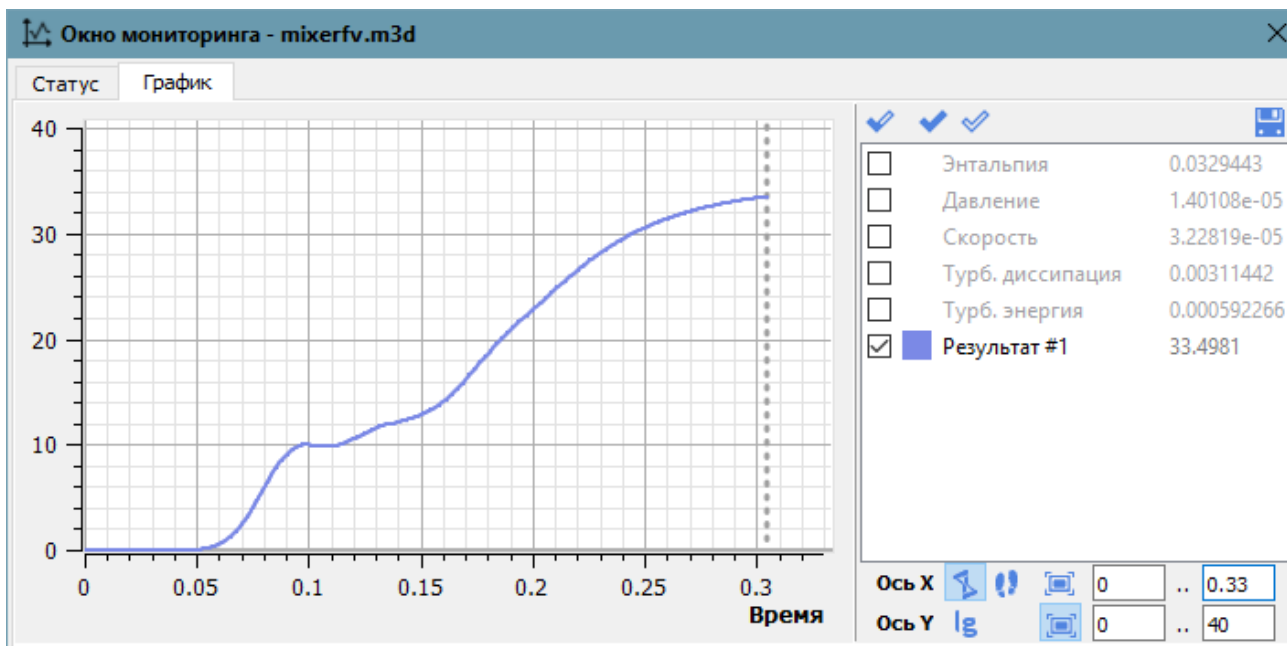
Программа создаст **Результат #1** и откроет вкладку **KompasFlow**:



В данной пошаговой процедуре описано создание **Результата** на сечении расчетной области специально создаваемой для этого **Смещенной плоскостью**.

Если в геометрической модели уже имеются поверхности, подходящие для вычисления **Результата**, то можно задать **Объект=Поверхность** и затем выбрать нужную поверхность в графической области окна КОМПАС-3D.

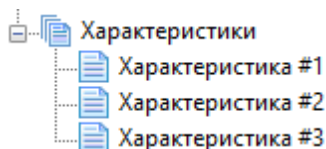
После запуска проекта на расчет, в [Окне мониторинга](#) можно наблюдать график изменения средней температуры воды на выходе из смесителя:





### 4.10.3 Создание Характеристики

Элементы **Характеристика #N** также применяются для вычисления интегральных величин, *числовые значения которых отображаются в панели свойств* (в группе параметров **ИНФО**). Они представлены в дереве проекта дочерними элементами в папке **Характеристики**:



ИНФО	
Переменная	TEMP
Блок	Теплоперенос
Фаза	Фаза #0
Подобласть	Подобласть #0
Площадь	7.8616981937656e-005
Массовый расход+	0
Массовый расход-	44.519556594729
Объёмный расход+	0
Объёмный расход-	0.044519556594729
Интеграл X	0
Интеграл Y	-0.0020688311413341
Интеграл Z	0
<f пов.>	26.315321325546
<f масса+>	0
<f масса->	26.267728910451
<f масса+> * Массовый расход+	0
<f масса-> * Массовый расход-	1169.4276438438
Станд. отклонение	2.2385344680174

**Данные из Характеристики отображаются в панели свойств в группе параметров ИНФО**

В отличие от **Результата**, **Характеристика** содержит много различных значений, таких как интеграл величины по поверхности, значение сил, среднее значение и др. Эти числовые данные можно записывать в процессе счета в текстовый файл и обрабатывать затем его с помощью табличного редактора, например *MS Excel*.

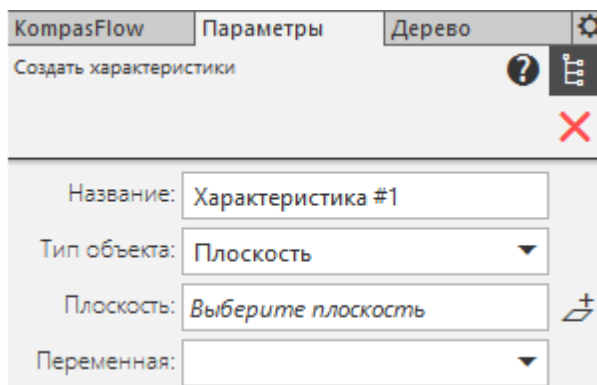
Создадим **Характеристику #1** для контроля всех возможных интегральных параметров в выходном сечении смесителя.

Выполните следующие действия:

#### Шаг 1.





В контекстном меню элемента **Характеристики** выберите команду **Создать Характеристику**.

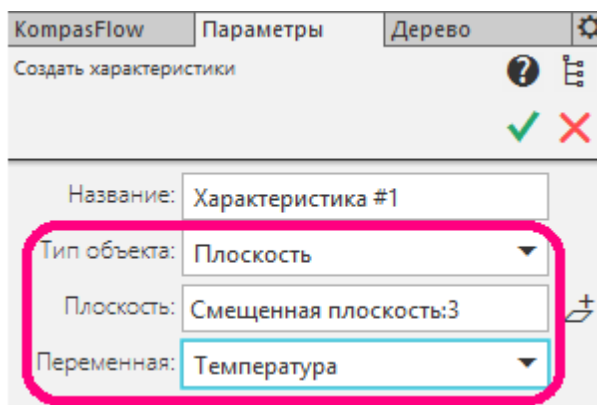
В области панелей управления КОМПАС-3D откроется вкладка **Параметры**, в которой нужно задать параметры создаваемой **Характеристики**:



## Шаг 2.

Задайте параметры **Характеристики #1**:

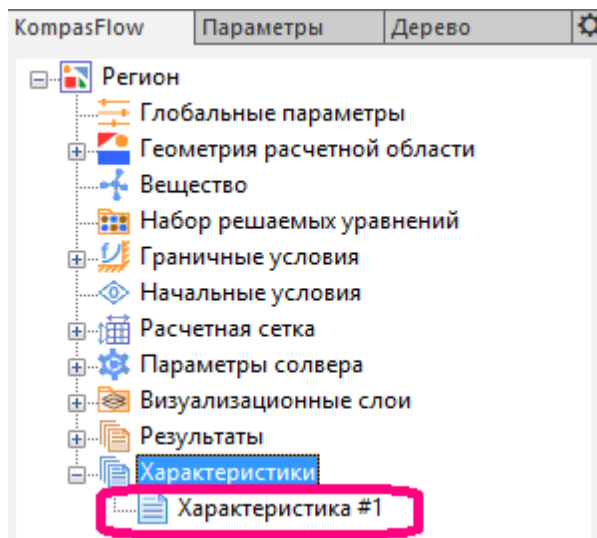
- **Тип объекта = Плоскость** (не изменяйте значение, заданное по умолчанию)
- **Плоскость = Смещенная плоскость:3**. Для этого нажмите на пиктограмму  и выберите **Смещенную плоскость:3**, созданную ранее при создании [Результата #1](#). Пиктограмму  можно оставить включенной (отображается так: ) , поскольку доступ к дереву геометрических элементов еще понадобится при создании **Слоев** или откройте вкладку **Дерево** и выберите там **Смещенную плоскость:3**, после чего вернитесь во вкладку **Параметры**. Выбранная **Плоскость** будет отображаться в дереве геометрических элементов пиктограммой красного цвета ().
- **Переменная = Температура**



## Шаг 3.

Нажмите на появившуюся пиктограмму .

Программа создаст **Характеристику #1** и откроет вкладку **KompasFlow**:



**Характеристику #1** также можно было задать непосредственно на граничном условии **Выход**, задав при её создании:

- **Тип объекта = Поверхность** (после этого выбора исчезнет поле **Плоскость** и появится поле **Список ГУ**)
- **Список ГУ = Выход** (возможен выбор из [Граничных условий](#), имеющихся в проекте)
- **Переменная = Температура**

#### 4.10.4 Запуск проекта на расчет

Запустите проект на расчет:


##### Шаг 1.

В инструментальной панели [KompaFlow](#) нажмите на кнопку  (**Запуск расчета**).



##### Шаг 2.

Запустится расчет, при этом откроется [Окно мониторинга](#):

Окно мониторинга - mixerfv1.m3d				
Статус		График		
Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
4.16931e-05	62	4.37144e-07	4.37144e-07	15028
Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка	
Давление	11	7.54364e-05	0.000788561	
Скорость	6	1.03856e-05	0.0205099	
Турб. энергия	3	1.84968e-05	0.0930207	
Турб. диссипация	3	3.06502e-05	0.113854	
Энтальпия	4	1.42797e-05	1	


**Окно мониторинга** можно передвинуть в удобное место либо закрыть, нажав на символ "x" в его правом верхнем углу. Чтобы повторно открыть **Окно мониторинга**, нажмите на кнопку  (**Открыть окно мониторинга**) в [инструментальной панели KompaFlow](#).

### Шаг 3.

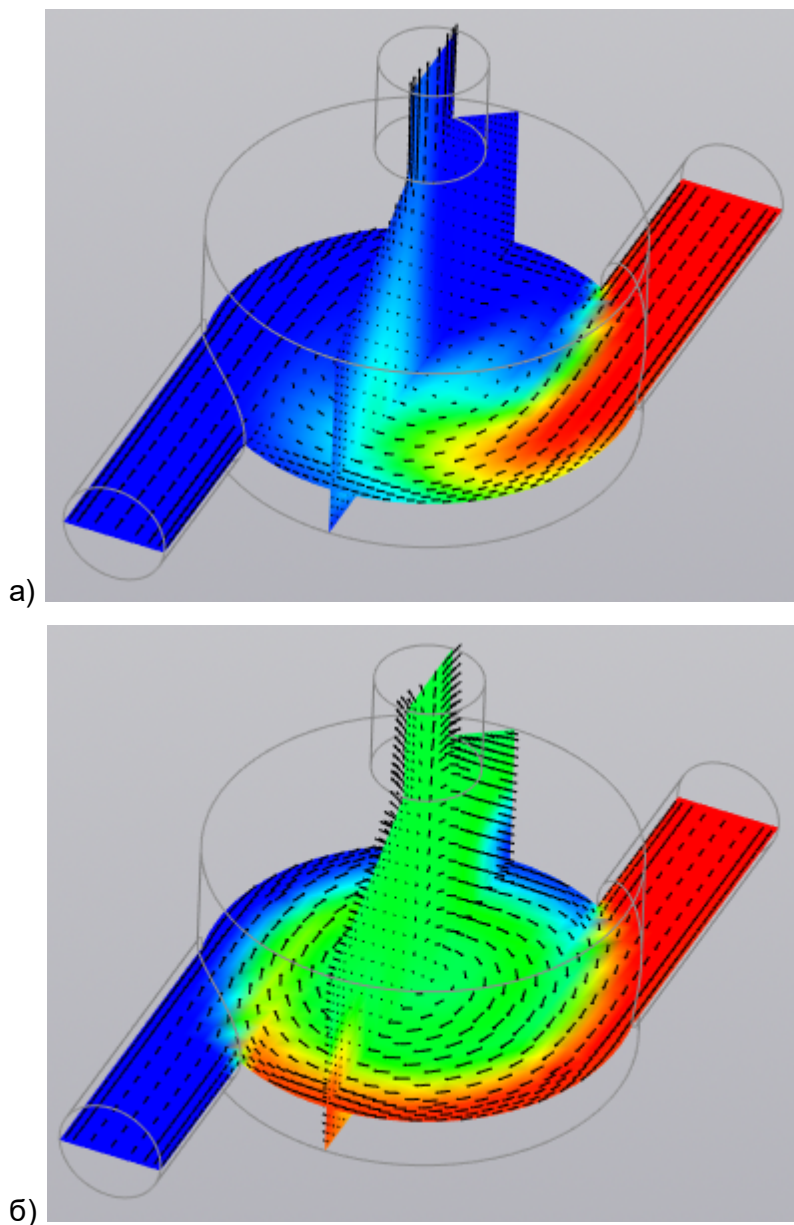
При желании, расчет можно остановить, нажав в инструментальной панели **KompaFlow** на кнопку  (**Остановить**) и возобновить, нажав на кнопку  (**Продолжить**).

## 4.10.5 Визуальное наблюдение слоев в ходе расчета

### Шаг 1.

При необходимости (если она уже не нажата) нажмите в графической области кнопку  (**Каркас**) чтобы сделать прозрачными наружные поверхности объекта, загораживающие внутреннее пространство.

Это позволяет наблюдать течение в заданных ранее **Слоях**, построенных на взаимно перпендикулярных **Плоскостях (Смещенная плоскость:1 и Смещенная плоскость:2)**:



Отображение слоев с полем температуры и векторами скорости:  
а - в момент времени вскоре после начала расчета, б - окончательный результат

## Шаг 2.

Средствами КОМПАС-3D настройте удобный ракурс для наблюдения течения.

### 4.10.6 Просмотр данных в окне "Мониторинг"

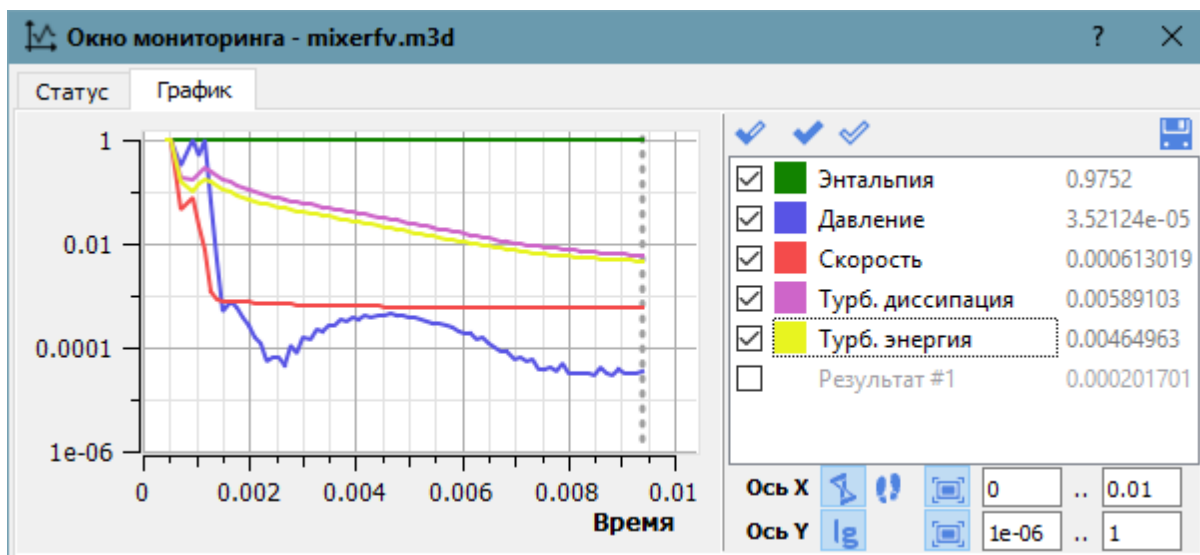
Окно мониторинга имеет две вкладки, в которых в ходе расчета можно наблюдать:

а) во вкладке **Статус** отображаются параметры расчета в табличной форме:

Окно мониторинга - mixerfv1.m3d				
Статус		График		
Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
4.16931e-05	62	4.37144e-07	4.37144e-07	15028
Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка	
Давление	11	7.54364e-05	0.000788561	
Скорость	6	1.03856e-05	0.0205099	
Турб. энергия	3	1.84968e-05	0.0930207	
Турб. диссипация	3	3.06502e-05	0.113854	
Энтальпия	4	1.42797e-05	1	

Окно мониторинга, вкладка Статус

б) во вкладке **График** - графики изменения контрольных параметров, включая графики созданных [Результатов](#):

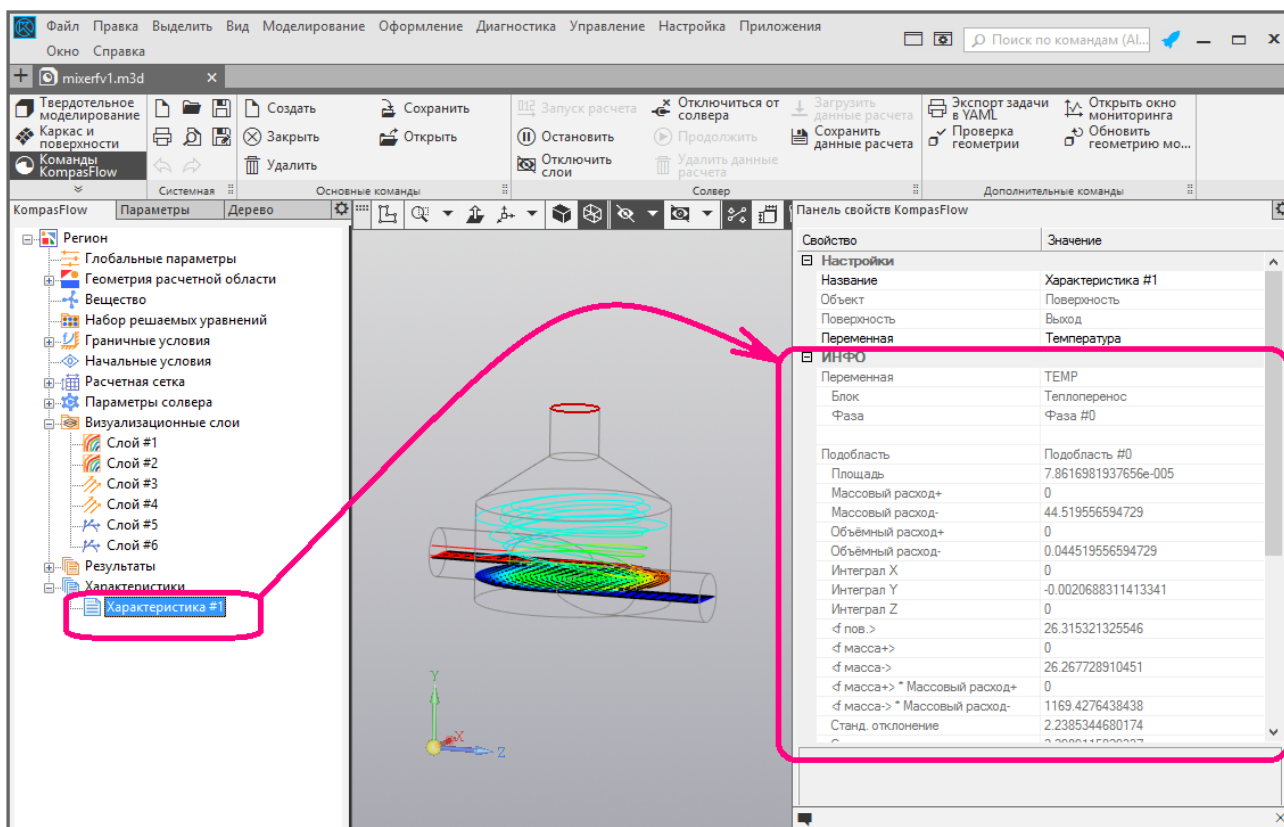


Окно мониторинга, вкладка График

### 4.10.7 Просмотр информации из Характеристики

Выберите в дереве проекта элемент **Характеристика #1**.

В панели свойств **Характеристики #1** в группе параметров **ИНФО** отображаются многочисленные числовые данные, вычисленные на последнем шаге по времени.



## 5 Справочник по интерфейсу KompasFlow

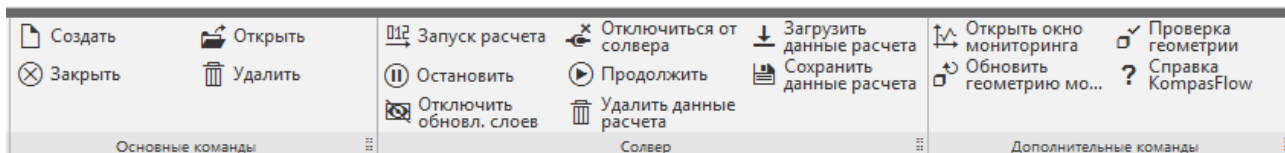
В этой главе даны подробные описания пользовательского интерфейса *KompasFlow*.

См. разделы:

- [Инструментальная панель "KompasFlow"](#)
  - [Интерфейс элементов дерева проекта](#)
    - [Регион](#)
    - [Глобальные параметры](#)
    - [Геометрия расчетной области](#)
    - [Вещество](#)
    - [Набор решаемых уравнений](#)
    - [Граничные условия](#)
    - [Начальные условия](#)
    - [Расчетная сетка и ее Адаптации](#)
    - [Параметры солвера и Ограничители](#)
    - [Визуализационные слои](#)
    - [Результаты](#)
    - [Характеристики](#)
  - [Окно мониторинга](#)
  - [Изменение проекта в процессе счета](#)
-







## 5.1 Инструментальная панель KompasFlow




Инструментальная панель  **KompasFlow** содержит три группы команд:


- **Основные команды** - применяются для создания, открытия, закрытия, сохранения и удаления проекта *KompasFlow* без влияния на геометрическую модель (проект КОМПАС-3D).
- **Солвер** - применяются для управления расчетом проекта *KompasFlow*
- **Дополнительные команды**



Команды представлены экранными кнопками (пиктограммами) и названиями.



Группа команд "Основные команды" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Создать	Создать проект <i>KompasFlow</i>
 Открыть	Открыть проект <i>KompasFlow</i>
 Закрыть	Закрыть проект <i>KompasFlow</i>
 Удалить	Удалить проект <i>KompasFlow</i>

Группа команд "Солвер" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Запуск	Запустить расчет проекта <i>KompasFlow</i> с нуля с удалением

Группа команд "Солвер" инструментальной панели KompaFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
расчета	<p>сохраненных данных.</p>  <p>Эта команда запустит расчет с нуля, а данные расчета, сохраненные ранее при помощи команды  <b>Сохранить данные расчета</b> будут стерты. Программа запросит подтверждение в окне с сообщением <b>"Данные предыдущего расчета будут потеряны! Продолжить?"</b>. При ответе <b>Нет</b> или <b>Отменить</b> появится возможность загрузить сохраненные данные расчета при помощи команды  <b>Загрузить данные расчета</b>.</p>
 <b>Отключиться от солвера</b>	<p>Прекратить выполнение расчета <i>KompaFlow</i> с потерей несохраненных данных.</p>  <p>Чтобы избежать потери данных в результате случайного нажатия на пиктограмму  <b>Отключиться от солвера</b>, рекомендуем применять команду  <b>Сохранить данные расчета</b>.</p>
 <b>Загрузить данные расчета</b>	<p>Загрузить данные расчета, сохраненные ранее при помощи команды  <b>Сохранить данные расчета</b>. Эта команда становится доступной после выполнения команды  <b>Загрузить данные расчета</b>.</p>
 <b>Остановить</b>	<p>Остановить расчет проекта <i>KompaFlow</i> без потери несохраненных данных</p>

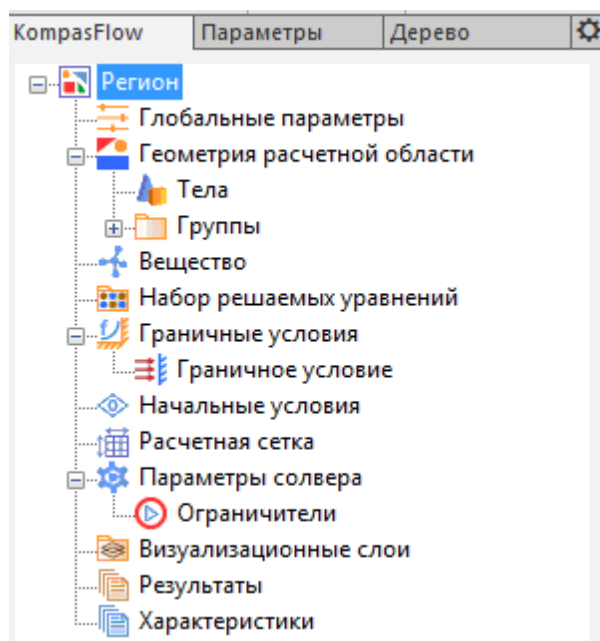
Группа команд "Солвер" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Продолжить</b>	Возобновить расчет проекта KompasFlow, остановленный ранее при помощи команды  <b>Остановить</b> или команды  <b>Загрузить данные расчета</b> .
 <b>Сохранить данные расчета</b>	Сохранить данные расчета KompasFlow. В дальнейшем сохраненные данные можно загрузить при помощи команды  <b>Загрузить данные расчета</b> .
 <b>Отключить обновл. слоев</b>	Остановить обновление <a href="#">визуализационных слоев</a> , что позволяет экономить вычислительные ресурсы, не расходуя их на формирование <b>Слоев</b> . Для включения обновления <b>Слоев</b> нажмите эту кнопку еще раз.
 <b>Удалить данные расчета</b>	Удалить данные расчета, сохраненные ранее при помощи команды  <b>Сохранить данные расчета</b>

Группа команд "Дополнительные команды" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Открыть окно мониторинга</b>	Открыть <a href="#">Окно мониторинга</a>
 <b>Проверка геометрии</b>	Прекратить выполнение расчета <i>KompasFlow</i> с потерей несохраненных данных

Группа команд "Дополнительные команды" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Обновить геометрию модели	Обновить геометрию модели
 Справка KompasFlow	Открыть онлайн-справку <i>KompasFlow</i>

## 5.2 Интерфейс элементов дерева проекта

Элементы дерева проекта *KompasFlow* являются узлами иерархической структуры, отображаемой во вкладке **KompasFlow** области панелей управления **КОМПАС-3D**:



Узлы, содержащие другие узлы, называются *папками* или *родительскими узлами*. Узлы, содержащиеся в других узлах, называются *дочерними*.

Каждый узел может иметь контекстное меню, открывающееся по нажатию правой кнопки мыши.

При выделении узла в дереве проекта в панели свойств отображаются параметры этого узла (свойства). Свойства узлов также могут быть организованы в виде дерева. Изменение свойств узла производится вводом данных в поле или выбором нужного значения из выпадающего списка.



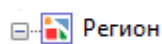
Некоторые свойства узла можно задать только при его создании, во вкладке **Параметры** области панелей управления *КОМПАС-3D*.

В последующих разделах будет рассмотрен пользовательский интерфейс элементов дерева проекта:

- [Регион](#)
- [Глобальные параметры](#)
- [Геометрия расчетной области](#)
- [Вещество](#)

- [Набор решаемых уравнений](#)
- [Граничные условия](#)
- [Начальные условия](#)
- [Расчетная сетка и ее Адаптации](#)
- [Параметры солвера и Ограничители](#)
- [Визуализационные слои](#)
- [Результаты](#)
- [Характеристики](#)

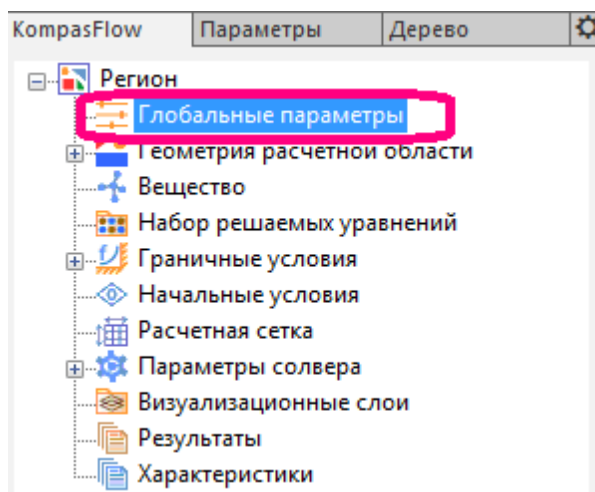
### 5.2.1 Регион



Элемент **Регион** является глобальным родительским узлом дерева проекта *KompasFlow*.

Он не имеет контекстного меню и параметров.

### 5.2.2 Глобальные параметры

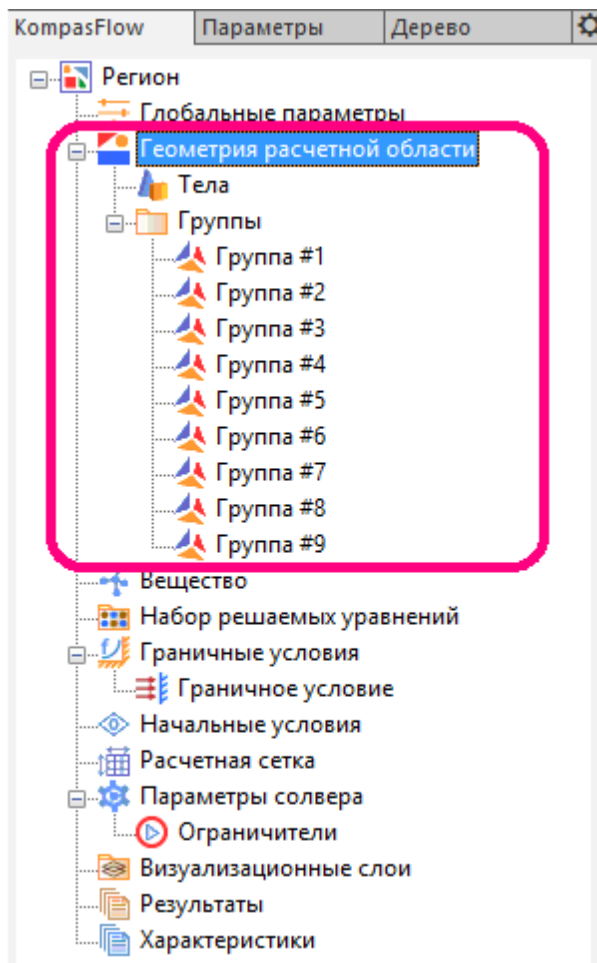


Элемент **Глобальные параметры** содержит глобальные настройки проекта *KompasFlow*. Он не имеет контекстного меню.

Параметры элемента "Глобальные параметры"	
Параметр	Описание
Опорное	Опорное значение давления $P_{ref}$ , [Па] и опорное значение температуры

Параметры элемента "Глобальные параметры"	
Параметр	Описание
давление	$T_{ref}$ , [K].
Опорная температура	<p>Во многих случаях изменения давления и температуры в поле течения, обусловленные гидродинамическими причинами, значительно меньше, чем абсолютные величины давления и температуры. Поэтому для повышения точности расчета целесообразно представить абсолютные значения давления и температуры в виде сумм опорной и относительной величин:</p> $P_{abs} = P_{ref} + P$ $T_{abs} = T_{ref} + T$
Вектор гравитации > X	Компоненты вектора гравитации вдоль координатных осей X, Y, Z (по умолчанию они нулевые), задаются в [мс <sup>-2</sup> ]
Вектор гравитации > Y	
Вектор гравитации > Z	
Толерантность геом. выч.	<p>Толерантность геометрических вычислений, т.е. точность, с которой определяются геометрические параметры (координаты точек геометрических объектов в проекте).</p> <p>Значение по умолчанию 10<sup>-8</sup>.</p>

### 5.2.3 Геометрия расчетной области

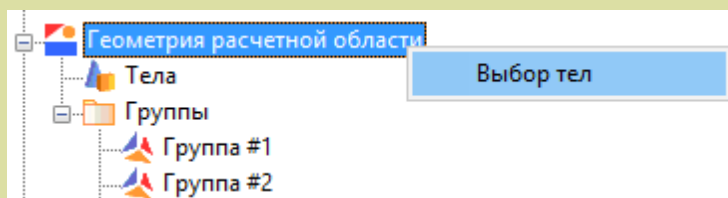


Папка **Геометрия расчетной области** содержит элементы **Тела** и **Группы**.

Папка **Тела** может содержать геометрические объекты, созданные средствами КОМПАС-3D и используемые приложением KompasFlow.

Папка **Группы** является содержит элементы **Группа #N**, соответствующие группам фасеток, ограниченных кромками или изломами поверхности.

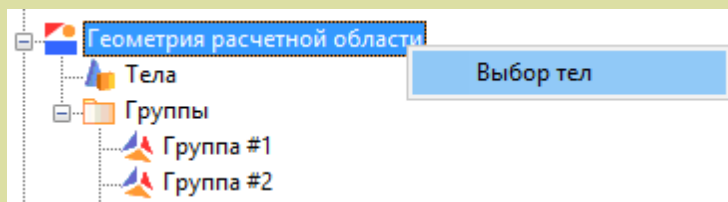
Контекстное меню элемента "Геометрия расчетной области"



Команда	Описание
<b>Выбор тел</b>	Выбор тел для геометрической модели. Эта команда позволяет выбрать



**Контекстное меню элемента "Геометрия расчетной области"**



Команда	Описание
	геометрическое тело для <b>Региона</b> (расчетной области) и множество встраиваемых геометрических тел.

**Параметры элемента "Геометрия расчетной области"**

Параметр	Описание
<b>Регион (тело)</b>	Регион (тело), которое выбрано в качестве расчетной области
<b>Конвертировать размеры</b>	Необходимость конвертировать размеры в метры. Возможные значения: <b>Да   Нет.</b>
<b>Параметры триангуляции</b>	Группа параметров, задающих триангуляцию расчетной области
<b>Параметры триангуляции &gt; Угол</b>	Ограничение углового отклонения поверхности, задается в градусах
<b>Параметры триангуляции &gt; Стрелка прогиба</b>	Ограничение линейного отклонения поверхности от триангуляционной пластины, [мм]
<b>Параметры триангуляции &gt; Длина ребра</b>	Ограничение размера ребра для триангуляционной пластины, [мм]

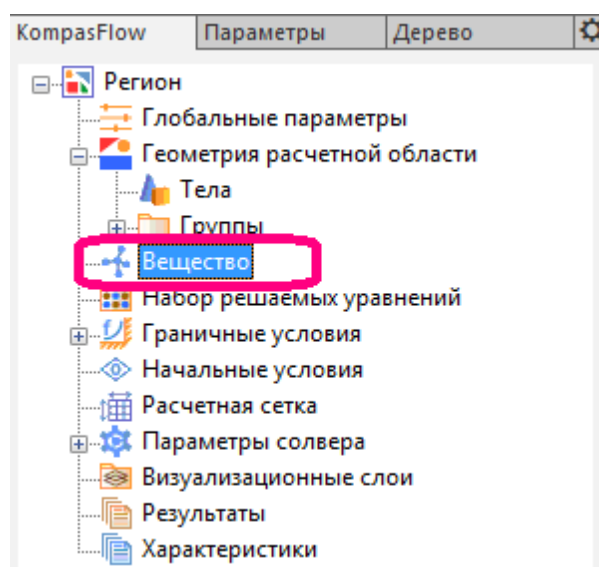
Контекстные меню у элементов **Геометрия расчетной области > Тела**, **Геометрия расчетной области > Группы** и **Геометрия расчетной области > Группы > Группа #N**

отсутствуют.

Параметры у элементов **Геометрия расчетной области > Тела** и **Геометрия расчетной области > Группы** отсутствуют.

Параметры элемента "Геометрия расчетной области > Группы > Группа #N"	
Параметр	Описание
Граничное условие	Граничное условие, установленное на этой группе фасеток


#### 5.2.4 Вещество



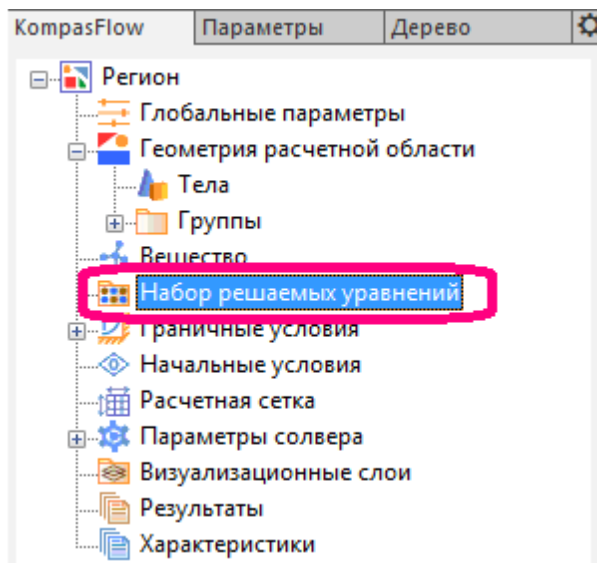
Элемент **Вещество** содержит свойства, течение и/или теплообмен которого моделируется.

Элемент **Вещество** не имеет контекстного меню.

Параметры элемента "Вещество"	
Параметр	Описание
Агрегатное состояние	Агрегатное состояние вещества. Возможные варианты: <b>Газ</b>   <b>Жидкость</b>   <b>Твердое тело</b> .
Закон идеального газа	Использование закона идеального газа для вычисления плотности <b>Вещества</b> (если Агрегатное состояние = Газ). Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b> .

Параметры элемента "Вещество"	
Параметр	Описание
Опорная температура	<p>Опорная температура, отображается при выборе <b>Закон идеального газа = Да</b> и <b>Уравнение теплопереноса = Нет</b> в свойствах элемента <a href="#">Набор решаемых уравнений</a>.</p>  <p><b>Опорная температура</b> здесь доступна только для просмотра, её задание производится в панели свойств элемента <a href="#">Глобальные параметры</a>.</p>
Плотность	Плотность <b>Вещества</b> , [кг/м <sup>3</sup> ]. Плотность не задается при выборе <b>Закон идеального газа = Да</b> .
Молярная масса	Молярная масса <b>Вещества</b> , [кг/моль]
Вязкость	Вязкость <b>Вещества</b> , [Па с] = [кг·м <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> ]. Параметр присутствует если <b>Агрегатное состояние = Газ   Жидкость</b> .
Теплопроводность	Теплопроводность <b>Вещества</b> , [Вт/(м·К)] = [кг·м·с <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> ]
Удельная теплоемкость	Удельная теплоемкость <b>Вещества</b> , [Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ] = [м <sup>2</sup> ·с <sup>-2</sup> ·К <sup>-1</sup> ]

### 5.2.5 Набор решаемых уравнений



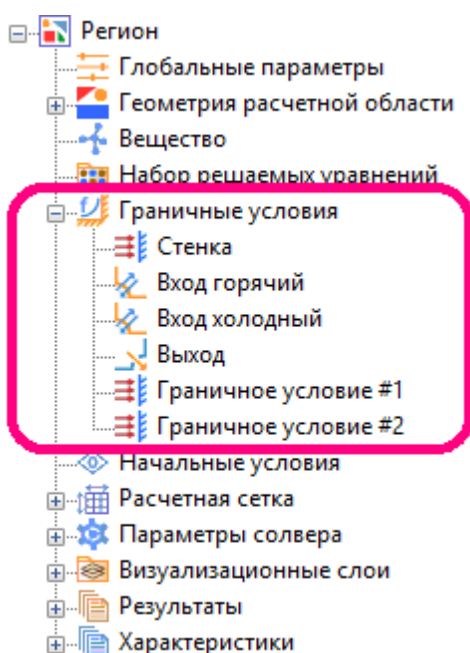
Элемент **Набор решаемых уравнений** задает набор решаемых уравнений и их настройки.

**Набор решаемых уравнений** не имеет контекстного меню.

Параметры элемента "Набор решаемых уравнений"	
Параметр	Описание
<b>Уравнение движения</b>	<p>Параметр определяет, будет ли решаться уравнение движения (уравнение Навье-Стокса).</p> <p>Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b>.</p>
<b>Турбулентность</b>	<p>Используемая модель турбулентности. Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Нет</b> - не использовать модель турбулентности</li> <li>• <b>K-epsilon standard</b> - использовать стандартную k-ε модель турбулентности</li> <li>• <b>K-epsilon FV</b> - использовать низкорейнольдсовую k-ε модели турбулентности "FlowVision"</li> <li>• <b>SST</b> - использовать модель турбулентности Shear Stress Transport</li> <li>• <b>SA</b> - использовать модель турбулентности Спаларта - Аллмараса</li> </ul> <p>Моделирование турбулентности производится с использованием пристеночных функций.</p>

Параметры элемента "Набор решаемых уравнений"	
Параметр	Описание
Уравнение теплопереноса	<p>Параметр определяет, будет ли решаться уравнение теплопереноса.</p> <p>Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Нет</b> - не использовать уравнение теплопереноса</li> <li>• <b>H</b> - <b>уравнение для полной энтальпии</b> - перенос энергии посредством конвекции и диффузии через полную энтальпию.</li> <li>• <b>h</b> - <b>уравнение для энтальпии</b> - перенос энергии посредством конвекции и диффузии через термодинамическую энтальпию.</li> </ul> <p>При моделировании течений несжимаемых жидкостей и медленных течений газов (<math>M \leq 0.1</math>) рекомендуется использовать более простое уравнение энергии, записанное через термодинамическую энтальпию (<math>h</math>).</p> <p>При моделировании течений сжимаемых сред, в частности, при решении задач с ударными волнами, рекомендуется использовать уравнение энергии, записанное через полную энтальпию (<math>H</math>).</p>

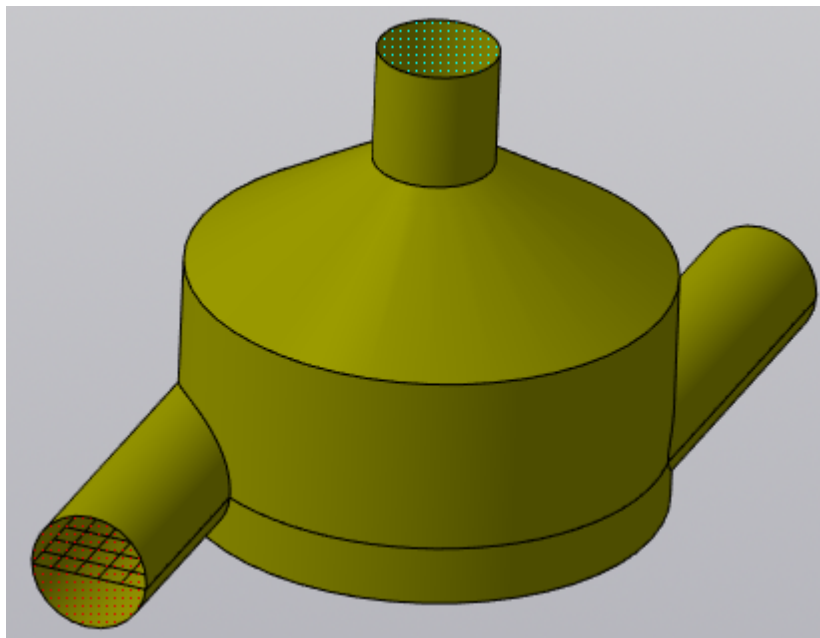
## 5.2.6 Граничные условия



Папка **Граничные условия** содержит элементы **Граничное условие #N**, соответствующе

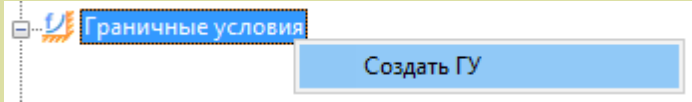
граничным условиям моделируемого течения или теплопереноса.

**Граничное условие**, выбранное в дереве проекта, выделяется в графической панели сплошным цветом. Другие **Граничные условия** при этом отображаются на 95% прозрачными, что выглядит как цветные крапинки на прозрачном фоне:

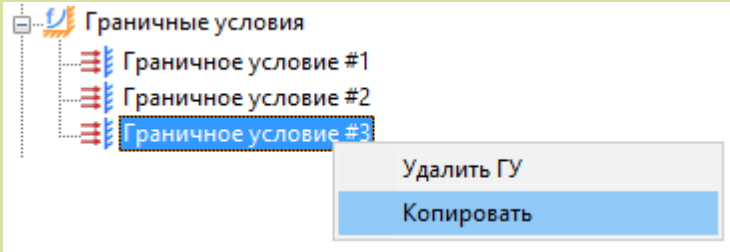


Пиктограмма элемента **Граничное условие #N** соответствует типу граничного условия (параметр **Тип ГУ**):

Тип граничного условия	Пиктограмма
Симметрия	
Стенка	
Вход/Выход	
Свободный выход	
Неотражающее	

Контекстное меню папки "Граничные условия"	
	
Команда	Описание
Создать ГУ	Создать новое <b>Граничное условие #N</b> . После выполнения этой команды будет создан новый дочерний элемент <b>Граничное условие #N</b> с принятыми по умолчанию параметрами.

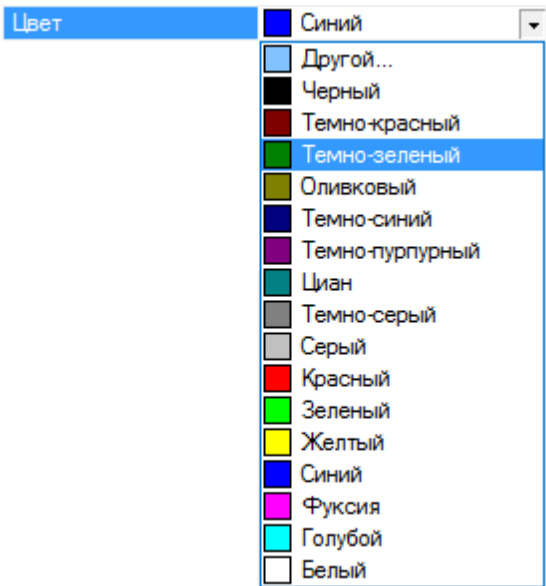
Папка **Граничные условия** не имеет параметров в панели свойств.

Контекстное меню папки "Граничные условия > Граничное условие #N"	
	
Команда	Описание
Удалить ГУ	Удалить элемент <b>Граничное условие #N</b>
Копировать	Копировать элемент <b>Граничное условие #N</b>

Состав параметров элемента **Граничное условие #N** зависит от заданного типа граничного условия.

В таблице ниже перечислены параметры, общие для всех типов **Граничных условий**.

Параметры элемента "Граничные условия > Граничное условие #N", общие для всех типов Граничных условий	
Параметр	Описание
Название	Название <b>Граничного условия</b> . При желании, стандартное название " <b>Граничное условие #N</b> " можно поменять здесь на какое-либо более осмысленное название, соответствующее части моделируемого устройства (например, <b>Крыло</b> ,


<b>Параметры элемента "Граничные условия &gt; Граничное условие #N", общие для всех типов Граничных условий</b>	
Параметр	Описание
	<b>Воздухозаборник, Форточка, Выпуск и т.п.).</b>
Цвет	<p>Цвет, применяемый для отображения <b>Граничного условия</b> в графической области.</p>  <p>Цвет можно выбрать из краткого набора стандартных цветов либо, после выбора <b>Цвет=Другой</b>, выбрать нестандартный цвет.</p>
Тип ГУ	<p>Тип граничного условия.          Возможные варианты: <b>Симметрия   Стенка   Вход/Выход   Свободный выход   Неотражающее.</b></p>

Параметры, специфичные для определенных типов **Граничных условий**, а также особенности применения этих **Граничных условий** описаны в отдельных подразделах:

- [Симметрия](#)
- [Стенка](#)
- [Вход/Выход](#)
- [Свободный выход](#)
- [Неотражающее](#)



### 5.2.6.1 Симметрия

 Специфические параметры\*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Симметрия"

Граничные условия с типом **Симметрия** не имеют специфических параметров.

\*) Описание параметров, общих для всех типов **Граничных условий**, см. в разделе [Граничные условия](#).

Пользователь не задает никаких параметров. На граничном условии автоматически устанавливаются условия для скорости:

$$V_{b,n} = 0$$

$$V_{b,\tau} = |V_{c,abs} - V_B|$$

Здесь


$V_{c,abs}$  - абсолютная скорость жидкости в центре приграничной ячейки

Для температуры предполагаются следующие соотношения:


$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_b = 0$$

$$T_b = T_{cell}$$

### 5.2.6.2 Стенка

 Специфические параметры\*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"

Параметр	Описание
Переменные > Температура > Способ	Способ задания граничного условия для переменной <b>Температура</b> .  Возможные варианты: <b>Константа</b>   <b>Тепловой поток</b> .
Переменные >	Задаваемое значение <b>Температуры</b> , [K], или <b>Теплового потока</b> ,

 Специфичные параметры <sup>*)</sup> элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"	
Параметр	Описание
Температура > Значение	[Вт/м <sup>2</sup> ]

<sup>\*)</sup> Описание параметров, общих для всех типов **Граничных условий**, см. в разделе [Граничные условия](#).

Для **Скорости** на стенке автоматически устанавливается условие:

$$V_b = 0$$

Для **Температуры** условие зависит от заданного значения параметра **Переменные > Температура > Способ**:

Если задано **Способ = Константа**, то значение **Температуры** задается пользователем:

$$T_b = T_{user}$$


Если задано **Способ = Тепловой поток**, то пользователь задает значение теплового потока:


$$J_{q,b} = J_{user}$$



При моделировании турбулентности на граничных условиях **Стенка** применяются пристеночные функции (эмпирическое соотношение, позволяющее учесть нелинейный характер профиля скорости в пристенном слое).

### 5.2.6.3 Вход/Выход

 Специфичные параметры <sup>*)</sup> элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Вход/Выход"	
Параметр	Описание
Переменные > Скорость > Способ	Способ задания граничного условия для переменной <b>Скорость</b> . Возможные варианты: <b>Нормальная массовая скорость   Норм. скорость с давлением   Скорость с</b>

 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Вход/Выход"	
Параметр	Описание
	<p>давлением   Полное давление   Фиксированная скорость.</p> <p>См. подробности ниже в подразделе "Способы задания скорости".</p>
Переменные > Скорость > Значение	Нормальная массовая скорость потока, [кг/(м <sup>2</sup> ·с)]. Задается при выборе <b>Способ = Нормальная массовая скорость</b> .
Переменные > Скорость > Скорость	Нормальная скорость потока, [м/с]. Задается при выборе <b>Способ = Норм. скорость с давлением</b> .
Переменные > Скорость > Скорость > X	Компоненты вектора скорости потока по осям X, Y и Z, [м/с]. Задаются при выборе <b>Способ = Скорость с давлением   Фиксированная скорость</b> .
Переменные > Скорость > Скорость > Y	
Переменные > Скорость > Скорость > Z	
Переменные > Скорость > Давление	Статическое давление или полное давление, [Па]. Задается при выборе <b>Способ = Норм. скорость с давлением   Скорость с давлением   Полное давление</b> .
Переменные > Температура	Температура потока, [К].

\*) Описание параметров, общих для всех типов **Граничных условий**, см. в разделе [Граничные условия](#).

## Способы задания скорости

Ниже описано как программа понимает различные значения параметра **Переменные > Скорость > Способ**.

### Нормальная массовая скорость

При выборе этого варианта в поле **Переменные > Скорость > Значение** задается нормальная массовая скорость потока, [кг/(м<sup>2</sup>·с)]:

$$\rho V_n|_b = \rho V_n|_{user}$$

### Норм. скорость с давлением

При выборе этого варианта задается нормальная скорость потока, [м/с], а в параметре **Переменные > Скорость > Давление** задается статическое давление, [Па]:

$$V_{n,b} = V_{user} > 0$$

$$P_b = P_{user}$$

Данное условие предполагает вход. Пользователь задает модуль скорости и статическое давление в невозмущенном потоке (на бесконечности).

Абсолютная скорость вычисляется в программе, как сумма относительной скорости жидкости  $V_b$  и локальной скорости границы  $V_B$ . Отрицательное значение скорости (принудительный отсос) задавать нельзя. Однако, условие **Нормальная скорость с давлением** допускает выход через вход. В этом случае оно отработает так же, как условие **Полное давление**.

Реализуются следующие ситуации:

#### Вход, сверхзвук:

Значения нормальной скорости и давления на границе фиксированы и равны значениям на бесконечности. Скорость направлена по внутренней нормали к поверхности входа. В параметре **Температура** задается статическая температура.

**Вход, дозвук:**

Модуль скорости на границе равен модулю скорости в центре приграничной ячейки. Вектор скорости направлен внутрь расчетной области по нормали к границе. Скорость в центре ячейки - результат решения задачи. Статическое давление вычисляется из условия постоянства полного давления, определенного заданными значениями статического давления, скорости и статической температуры согласно следующим формулам:

$$P_{tot} = P + \rho \frac{V_{b,abs}^2}{2} \quad \text{если у [Вещества](#) Агрегатное состояние = Жидкость}$$

$$P_{tot} = P \left( \frac{T_{tot}}{T} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad \text{если у [Вещества](#) Агрегатное состояние = Газ}$$

**Выход, сверхзвук:**

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки. Статическое давление на границе равно статическому давлению в центре приграничной ячейки.

**Выход, дозвук:**

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки.

Статическое давление на границе равно полному давлению, определенному значениями  $P_{user}$ ,

$$V_{user}, T_{user}.$$

**Скорость с давлением**

При выборе этого варианта в полях **Переменные > Скорость > Скорость > X, Y, Z** задаются компоненты вектора скорости потока по осям X, Y и Z, [м/с], а в поле **Переменные > Скорость > Давление** задается статическое давление, [Па]. Отрицательное значение проекции скорости на внутреннюю нормаль к поверхности входа (принудительный отсос) задавать нельзя.

Данное условие используется для задания втока жидкости. Если в процессе решения к ГУ подойдет вихрь и сформируются условия вытекания жидкости через ГУ, тогда это ГУ также будет работать корректно (см. описания ситуаций "*Выход, сверхзвук*" и "*Выход, дозвук*" ниже).

Пользователь задает вектор скорости:

$$\mathbf{V}_b = \mathbf{V}_{user}, \quad V_n|_b = \mathbf{V}_b \cdot \mathbf{n} > 0$$

и статическое давление в невозмущенном потоке (на бесконечности):

$$P_b = P_{user}$$

Абсолютная скорость вычисляется в программе как сумма относительной скорости жидкости  $\mathbf{V}_b$  и локальной скорости границы  $\mathbf{V}_B$ . Отрицательное значение проекции скорости на внутреннюю нормаль к поверхности входа (принудительный отсос) задавать нельзя. Однако, условие **Скорость с давлением** допускает выход через вход. В этом случае оно отработает так же, как условие **Полное давление**.

Реализуются следующие ситуации:

#### **Вход, сверхзвук:**

Значения компонент скорости и давления на границе фиксированы и равны значениям на бесконечности. В параметре **Температура** задается статическая температура.

#### **Вход, дозвук:**

Модуль скорости на границе равен модулю скорости в центре приграничной ячейки. Вектор скорости коллинеарен вектору скорости, заданному в интерфейсе. Скорость в центре ячейки - результат решения задачи. Статическое давление вычисляется из условия постоянства полного давления, определенного заданными значениями статического давления, скорости и статической температуры согласно следующим формулам:

$$P_{tot} = P + \rho \frac{V_{b,abs}^2}{2} \quad \text{если у [Вещества](#) Агрегатное состояние = Жидкость}$$

$$P_{tot} = P \left( \frac{T_{tot}}{T} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad \text{если у [Вещества](#) Агрегатное состояние = Газ}$$

#### **Выход, сверхзвук:**

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки. Статическое давление на границе равно статическому давлению в центре приграничной ячейки.

### Выход, дозвук:

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки. Статическое давление на границе равно полному давлению, определенному значениями  $P_{user}$ ,

$$V_{user}, T_{user}.$$

### Полное давление

При выборе этого варианта задается полное давление, [Па]. **Полное давление** можно задавать на дозвуковом входе, сверхзвуковом выходе и дозвуковом выходе.

Пользователь задает полное давление  $P_{tot,b} = P_{user}$ .

### Фиксированная скорость

При выборе этого варианта задаются компоненты вектора скорости потока по осям X, Y и Z, [м/с]. Данное условие можно задавать на дозвуковом входе и на дозвуковом выходе. Пользователь задает вектор скорости, который не меняется в процессе расчета:

$$\mathbf{V}_b = \mathbf{V}_{user}$$

Если  $\mathbf{V}_b \cdot \mathbf{n} > 0$ , то реализуется вход.

Если  $\mathbf{V}_b \cdot \mathbf{n} < 0$ , то реализуется выход (нормаль направлена внутрь расчётной области).

**Фиксированную скорость** рекомендуется использовать при решении задач, в которых известно распределение скорости (как правило, на входе). Следует отметить, что при моделировании сжимаемого течения (плотность зависит от давления) с использованием данного граничного условия расход через поверхность, на которой оно задано, не будет фиксированным. Он будет зависеть от статического давления, получаемого около этой поверхности в процессе решения задачи. В случае подвижной границы заданная таким образом скорость жидкости является относительной. Абсолютная скорость вычисляется в

программе, как сумма относительной скорости жидкости  $\mathbf{V}_b$  и локальной скорости границы  $\mathbf{V}_B$ .

## Особенность способов задания скорости "Норм. скорость с давлением" и "Скорость с давлением"



Варианты **Способ = Норм. скорость с давлением** и **Способ = Скорость с давлением** при работе в дозвуковом течении не дают на границе тех значений скорости и давления, которые были заданы. Скорость и давление для этих граничных условий в дозвуковом режиме пересчитываются через полное давление.

**Способ = Норм. скорость с давлением** и **Способ = Скорость с давлением** рекомендуется использовать для сверхзвуковых течений (тогда на граничном условии будут получаться именно те скорости и давления, которые заданы).

### 5.2.6.4 Свободный выход

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки. Скорость в центре ячейки - результат решения задачи. Граничное условие **Свободный выход** нельзя задавать на дозвуковом входе. Реализуются следующие ситуации.


- *Выход, сверхзвук*: Статическое давление на границе равно статическому давлению в центре приграничной ячейки. Давление, заданное в интерфейсе, игнорируется.
- *Выход, дозвук*: Статическое давление на границе равно давлению, заданному в интерфейсе.
- *Вход, дозвук*: Статическое давление на границе равно давлению, заданному в интерфейсе.



Специфичные параметры) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Свободный выход"

Параметр	Описание
Переменные > Скорость > Давление	Пользователь задает статическое давление, [Па]: $P_b = P_{user}$
Переменные > Температура > Значение	Температура, [К], для ситуации, когда происходит обратный вток через <b>Свободный выход</b> .





 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Свободный выход"	
Параметр	Описание
	При истечении потока из расчетной области, применяется условие нулевого градиента температур: $\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right _b = 0$ $T_b = T_{cell}$

\*) Описание параметров, общих для всех типов **Граничных условий**, см. в разделе [Граничные условия](#).

### 5.2.6.5 Неотражающее

Граничное условие **Неотражающее** можно задавать на входе и на выходе. Задаются компоненты x, y, z скорости на бесконечности и статическое давление на бесконечности.

 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Неотражающее"	
Параметр	Описание
Переменные > Скорость > Скорость на беск. > X	Компоненты скорости на бесконечности по осям X, Y, Z, [м/с]: $\mathbf{V}_\infty = \mathbf{V}_{user}$ $P_\infty = P_{user}$
Переменные > Скорость > Скорость на беск. > Y	
Переменные > Скорость > Скорость на беск. > Z	
Переменные > Скорость > Давление на беск.	Относительное давление на бесконечности, [Па]

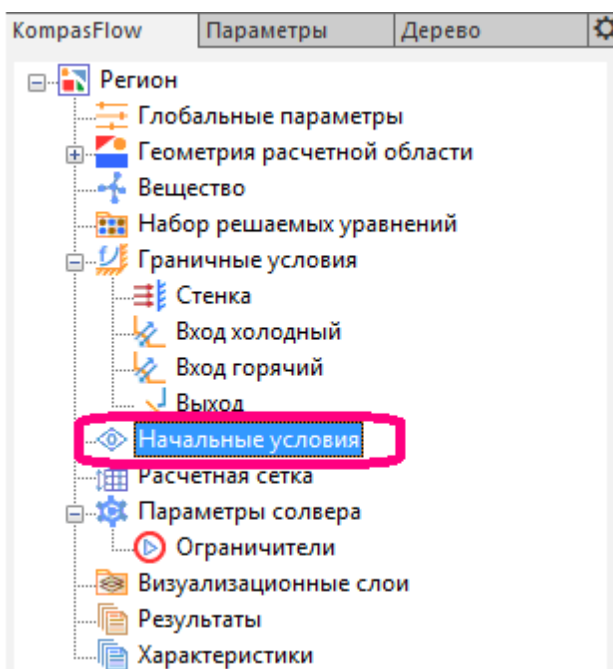
 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Неотражающее"	
Параметр	Описание
Переменные > Температура > Значение	Температура, [K]:  $T_{\infty} = T_{user}$

\*) Описание параметров, общих для всех типов **Граничных условий**, см. в разделе [Граничные условия](#).



Граничное условие **Неотражающее** можно использовать только при числах Маха больших 0.1.

## 5.2.7 Начальные условия

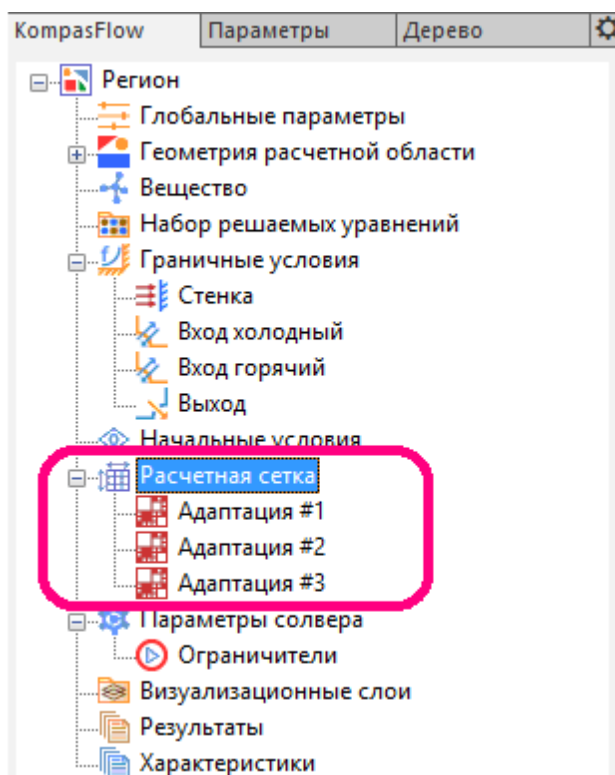


Элемент **Начальные условия** задает начальные условия моделирования.

Элемент **Начальные условия** не имеет контекстного меню.

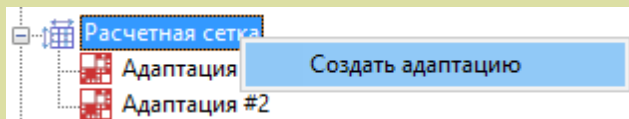
Параметры элемента "Начальные условия"	
Параметр	Описание
Скорость > X	Компоненты скорости вдоль осей X, Y, Z. Задаются в [м/с].
Скорость > Y	
Скорость > Z	
Давление	Давление, [Па]
Температура	Температура, [K]

### 5.2.8 Расчетная сетка и ее Адаптации



Папка **Расчетная сетка** и ее дочерние элементы **Адаптация #N** задают свойства расчетной сетки и ее адаптаций.

### Контекстное меню папки "Расчетная сетка"



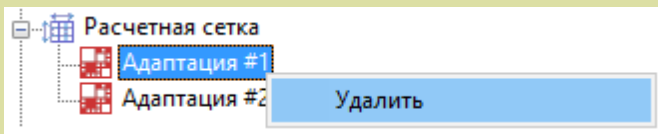
Команда	Описание
Создать адаптацию	Создать новый элемент <b>Адаптация #N</b> .

### Параметры папки "Расчетная сетка"

Параметр	Описание
Начальная сетка > nX	Количество ячеек начальной сетки вдоль осей X, Y, Z
Начальная сетка > nY	
Начальная сетка > nZ	
Адаптация по решению	Применение адаптации по решению. Возможные варианты: <b>Да</b>   <b>Нет</b> .
Начало <sup>*)</sup>	С какой итерации будет действовать адаптация по решению
Длительность <sup>*)</sup>	Сколько итераций будет длиться адаптация по решению
Периодичность <sup>*)</sup>	Периодичность включения адаптации по решению
Переменная	Переменная, включающая адаптацию по решению. Возможные варианты: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PRES</b> - давление</li> <li>• <b>TEMP</b>- температура</li> <li>• <b>DENS</b> - плотность</li> </ul>
Адаптировать по градиенту	Применять адаптацию к решению в зависимости от градиента выбранной <b>Переменной</b>
Макс. количество	Максимальное количество ячеек для адаптации по решению

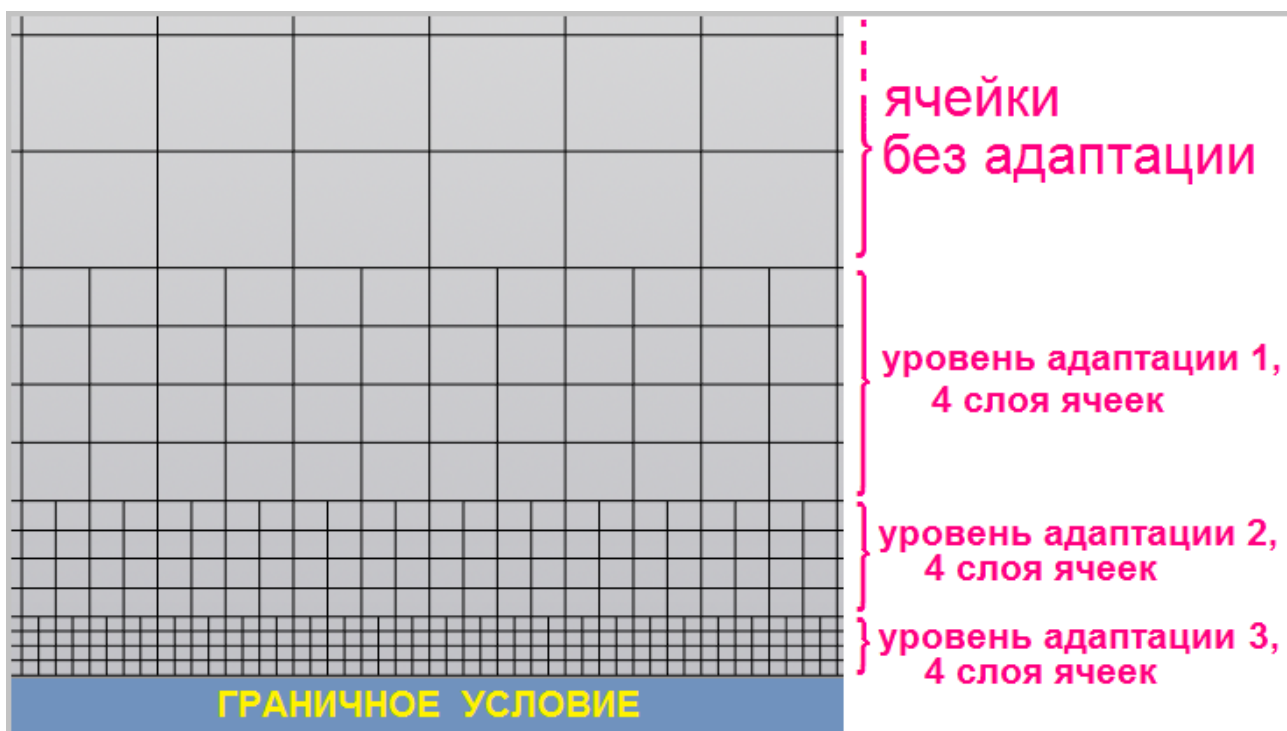
Параметры папки "Расчетная сетка"	
Параметр	Описание
ячеек	
Макс. уровень	Максимальный уровень адаптации по решению

\*) Эти параметры доступны только при выборе **Адаптация по решению = Да**.

Контекстное меню элемента "Адаптация #N"	
	
Команда	Описание
Удалить	Удалить выбранную <b>Адаптацию #N</b> .

Параметры элемента "Адаптация #N"	
Параметр	Описание
Название	Задав значение этого параметра, можно изменить стандартное название " <b>Адаптация #N</b> " на другое.
Активно	Этот параметр определяет, будет ли данная <b>Адаптация</b> активной (действующей) или нет (т.е. выключенной).  Возможные варианты: <b>Да   Нет</b> .
ГУ	<u><a href="#">Граничное условие</a></u> , на котором будет применяться <b>Адаптация #N</b>
Уровень	Максимальный уровень адаптации, допустимый для <b>Адаптации #N</b>

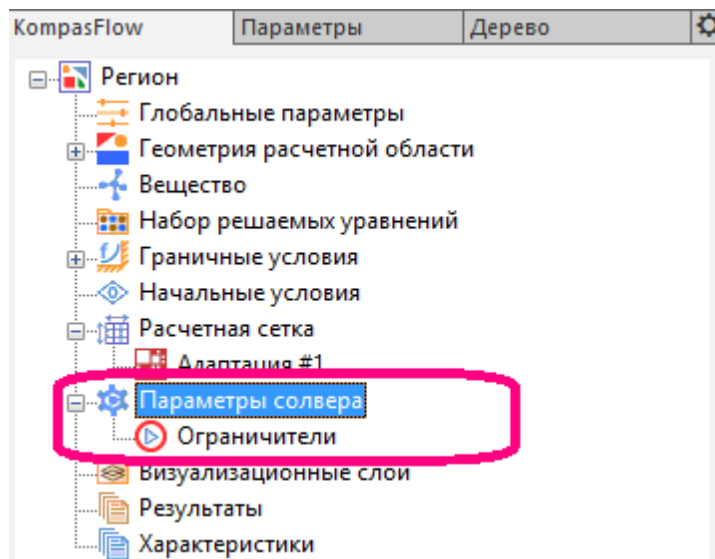
Параметры элемента "Адаптация #N"	
Параметр	Описание
Количество слоев	<p>Количество слоев <i>каждого</i> из уровней адаптации. Этот параметр должен иметь значение не менее 3.</p> <p>При попытке задать значение меньше 3, программа выдаст сообщение "Для качественного решения необходимо минимум 3 слоя между уровнями адаптации сетки":</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>⚠ Для качественного решения необходимо минимум 3 слоя между уровнями адаптации сетки ✕</p> </div> <p>В редких случаях, из-за особенностей геометрии, количество слоев в построенной сетке может отличаться от заданного. Это - нормальное явление, не являющееся ошибкой.</p>



Слои ячеек с различными уровнями адаптации (по 4 слоя на каждый уровень).

Заданы параметры адаптации: Уровень=3, Количество слоев = 4.

### 5.2.9 Параметры солвера и Ограничители



Элемент **Параметры солвера** и его дочерний элемент **Ограничители** задают параметры расчета.

Эти элементы не имеют контекстных меню.

Параметры элемента "Параметры солвера"	
Параметр	Описание
CFL	Число Куранта-Фридрихса-Леви.
Макс. шаг по времени	Максимальный шаг по времени, [с]
Моделируемое время	Моделируемое время, [с]
Частота сохранений	Число итераций, через которое солвер будет сохранять данные

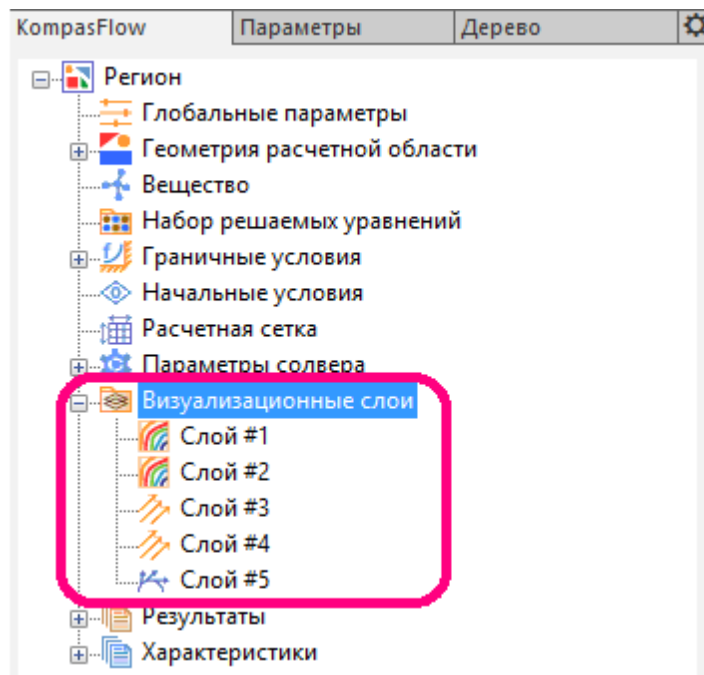
### Параметры элемента "Параметры солвера > Ограничители"

Свойство	Значение
<input checked="" type="checkbox"/> Ограничители	
Плотность, мин.	1e-10
Скорость, макс.	1e+20
Давление абс., мин.	-1e+20
Давление абс., макс.	1e+20
Ню турб., мин.	1e-09
Ню турб./Ню мол., макс.	1e+20
Температура абс., мин.	0
Температура абс., макс.	1e+20

Параметр	Описание
Плотность, мин.	Ограничение минимальной плотности, [кг/м <sup>3</sup> ]
Скорость, макс.	Ограничение максимальной скорости, [м/с]
Давление абс., мин.	Минимально возможное абсолютное давление, [Па]. Это значение может быть только положительным. Для несжимаемой жидкости давление может быть любым.
Давление абс., макс.	Максимально возможное абсолютное давление, [Па]
Ню турб., мин.	Минимальная допустимая турбулентная кинематическая вязкость, [м <sup>2</sup> /с]
Ню турб./Ню мол., макс.	Максимальные допустимые турбулентная кинематическая и молекулярная вязкость, [м <sup>2</sup> /с]
Температура абс., мин.	Минимально возможная абсолютная температура, [K]. Это значение может быть только положительным.
Температура абс., макс.	Максимально возможная абсолютная температура, [K].



## 5.2.10 Визуализационные слои






Папка **Визуализационные слои** содержит дочерние элементы **Слой #N**, представляющие в дереве проекта слои для визуализации течения или полей переменных.

Поддерживаются следующие типы **Слоев**:

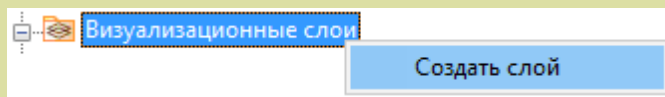
- **Заливка** - показывает поле выбранной переменной как поверхность (плоскость или граничное условие), окрашенную в зависимости от значения переменной
- **Векторы** - показывает поле выбранной векторной переменной в виде стрелочек, которые могут быть окрашены в зависимости от значения этой же либо другой переменной
- **Линии тока** - показывает линии тока, строящиеся по выбранной векторной переменной; линии тока могут быть окрашены в зависимости от значения этой же либо другой переменной
- **Сечение расчетной сетки** - показывает сечение расчетной сетки производимой какой-либо **Плоскостью**



Пиктограмма элемента **Слой #N** соответствует применяемому **Типу слоя**:

Тип слоя	Пиктограмма
Заливка	
Векторы	

Линии тока	
Сечение расчетной сетки	

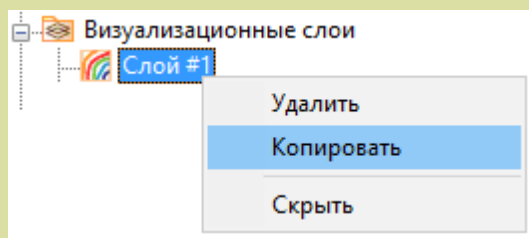
**Контекстное меню папки "Визуализационные слои"**



Команда	Описание
Создать слой	<p>Создать новый визуализационный <b>Слой #N</b>.</p> <p>Программа запросит пользователя задать некоторые параметры создаваемого <b>Слоя</b> и объект, на котором он будет строиться. Задание параметров производится во вкладке <b>Параметры</b> в области панелей управления КОМПАС-3D. Для задания геометрических объектов, на которых будет строиться новый <b>Слой</b>, потребуется заходить во вкладку <b>Дерево</b>, либо отобразить дерево геометрической модели в графической панели нажав на пиктограмму .</p> <p>Задав все необходимые параметры, нажмите на появившуюся пиктограмму .</p>

Папка **Визуализационные слои** не имеет параметров в панели свойств.

**Контекстное меню элемента "Слой #N"**



Команда	Описание
Удалить	Удалить выбранный <b>Слой #N</b>
Копировать	Копировать выбранный <b>Слой #N</b>
Скрыть	<p>Выключить либо включить отображение выбранного <b>Слоя #N</b> в графической области окна КОМПАС-3D.</p> <p>Если <b>Слой</b> уже скрыт, команда обозначена в меню значком <input checked="" type="checkbox"/>. Пиктограммы скрытых <b>Слоев</b> отображаются в дереве проекта в блеклом виде.</p>

Параметры **Слоев** зависят от их типа. В приведенной ниже таблице перечислены параметры, общие для всех типов **Слоев**.

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Название	Название <b>Слоя</b> . Вместо стандартного названия " <b>Слой #N</b> " можно задать другое название, например, " <b>Температура в горизонтальном сечении</b> ".
Тип слоя <sup>*)</sup>	<p>Тип <b>Слоя</b>.</p> <p>Возможные варианты: <b>Заливка   Векторы   Линии тока</b>.</p>
Объект <sup>*)</sup>	<p>Этот параметр определяет тип объекта, на котором строится <b>Слой</b>.</p> <p>Возможные варианты: <b>Плоскость   Поверхность</b>.</p>
Плоскость	Плоскость, на которой строится <b>Слой</b> . Этот параметр доступен если

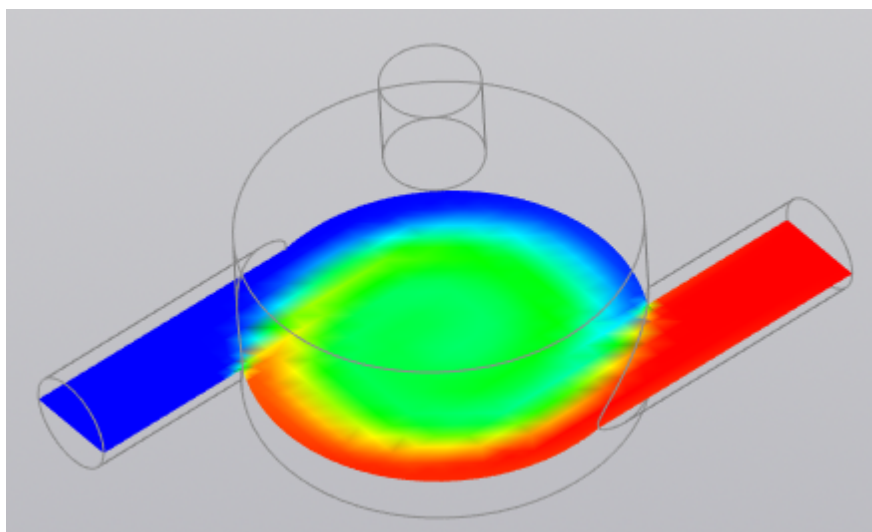
Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
	<p><b>Объект=Плоскость.</b></p> <p>Можно выбрать другую <b>Плоскость</b> из выпадающего списка.</p>
<b>Поверхность</b> *)	<u><a href="#">Граничное условие</a></u> , на котором строится <b>Слой</b> . Этот параметр отображается если <b>Объект=Поверхность</b> .
<b>Переменная</b>	<p>Переменная, по которой строится <b>Слой</b>.</p> <p>Если <b>Тип слоя = Векторы</b> или <b>Тип слоя = Векторы</b>, то <b>Слой</b> может строиться только по <b>Скорости</b>.</p> <p>Если <b>Тип слоя = Заливка</b>, то возможны варианты: <b>Скорость</b>   <b>Плотность</b>   <b>Давление</b>   <b>Температура</b>.</p>
<b>Настройки отображения &gt; Видимость</b>	<p>Отображение <b>Слоя</b> в графической области окна <i>КОМПАС-3D</i>. Этот параметр можно изменить при помощи команды контекстного меню <b>Скрыть</b>.</p> <p>Возможные варианты: <b>Да</b>   <b>Нет</b>.</p>
<b>Настройки отображения &gt; Диапазон</b>	Параметры диапазона для отображения основной визуализируемой переменной (для слоя <b>Заливка</b> ) или переменной закраски (для слоев <b>Векторы</b> и <b>Линии тока</b> ).
<b>Настройки отображения &gt; Диапазон &gt; Режим</b>	<p>Режим выбора диапазона. Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Локальный</b> - диапазон строится от минимального до максимального значений в пределах <b>Слоя</b></li> <li>• <b>Глобальный</b> - диапазон строится от минимального до максимального значений в пределах всей расчетной области</li> <li>• <b>Ручной</b> - диапазон задается вручную пользователем</li> </ul>
<b>Настройки отображения &gt;</b>	Максимальное и минимальное значения диапазона

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Диапазон > Максимум	
Настройки отображения > Диапазон > Минимум	
Настройки отображения > Палитра > Кол-во цветов	<p>Количество цветов в палитре, применяемой для визуализации переменной, применяемой для раскраски, и сами цвета палитры:</p> 
Настройки отображения > Палитра > Цвета	<p>Количество цветов в палитре задается в пределах от 2 до 21.</p> <p>При необходимости изменить какой-либо цвет палитры, нажмите на его обозначение или цифровой код, а затем нажмите на символ " ▾ ", после чего откроется стандартное средство операционной системы для задания цвета.</p>
<b>ИНФО</b>	<p>Информационные блоки для основной переменной и переменной закраски, отображаемых <b>Слоем</b>.</p>

\*) Значения этих параметров задаются во вкладке **Параметры** при создании **Слоя** и не могут быть изменены.

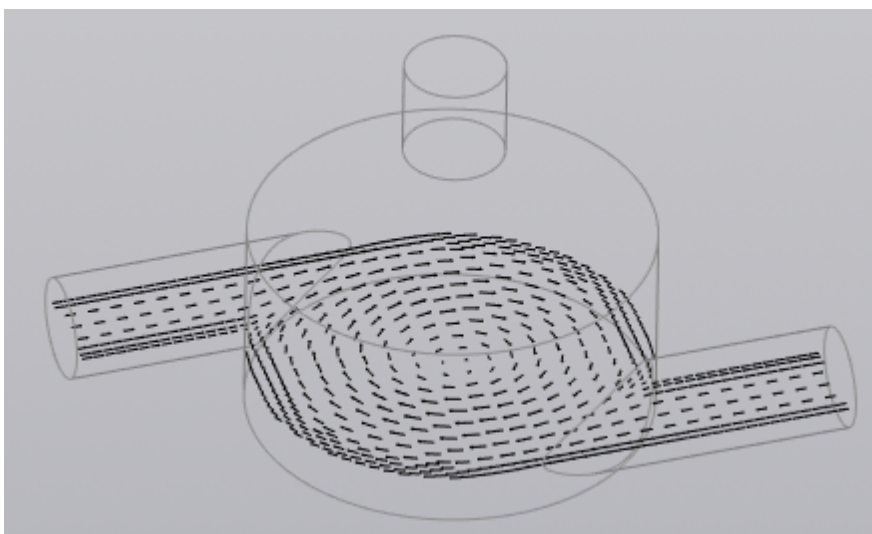
Параметры **Слоев**, зависящие от их типа, описаны в последующих подразделах.

## Слой "Заливка"



Слой **Заливка** не имеет специфичных параметров.

## Слой "Векторы"

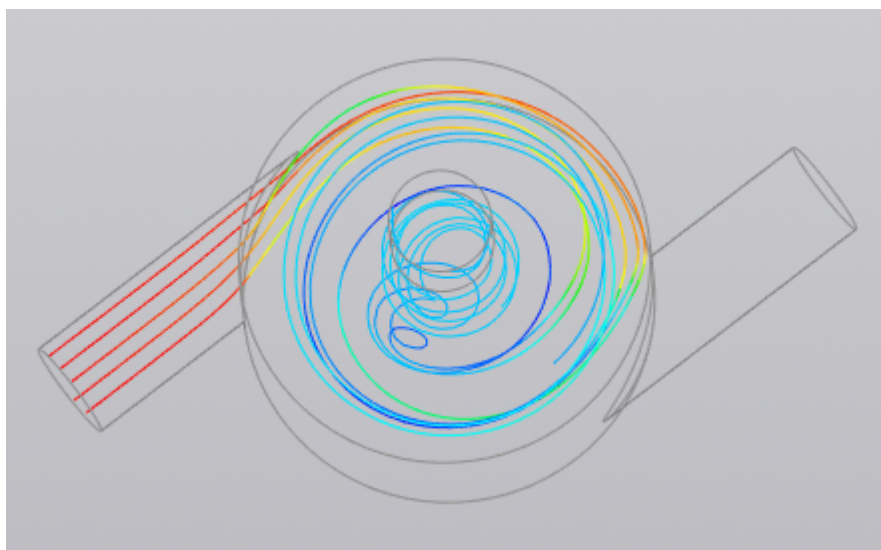


### Параметры Слоев с типом "Векторы"

Параметр	Описание
<b>Закраска</b>	<p>Переменная, которая будет использоваться для окраски изображений векторов.</p> <p>Возможные варианты: <b>Нет</b>   <b>Скорость</b>   <b>Плотность</b>   <b>Давление</b>   <b>Температура</b>.</p>

📏 Параметры Слоев с типом "Векторы"	
Параметр	Описание
Настройки отображения > Постоянная длина	Рисовать все векторы с постоянной длиной. Возможные варианты: <b>Да</b>   <b>Нет</b> .
Настройки отображения > Опорная длина	Значение опорной длины векторов, [мм]
Настройки отображения > Плотность	Плотность отображения векторов (условная величина, задается в процентах)

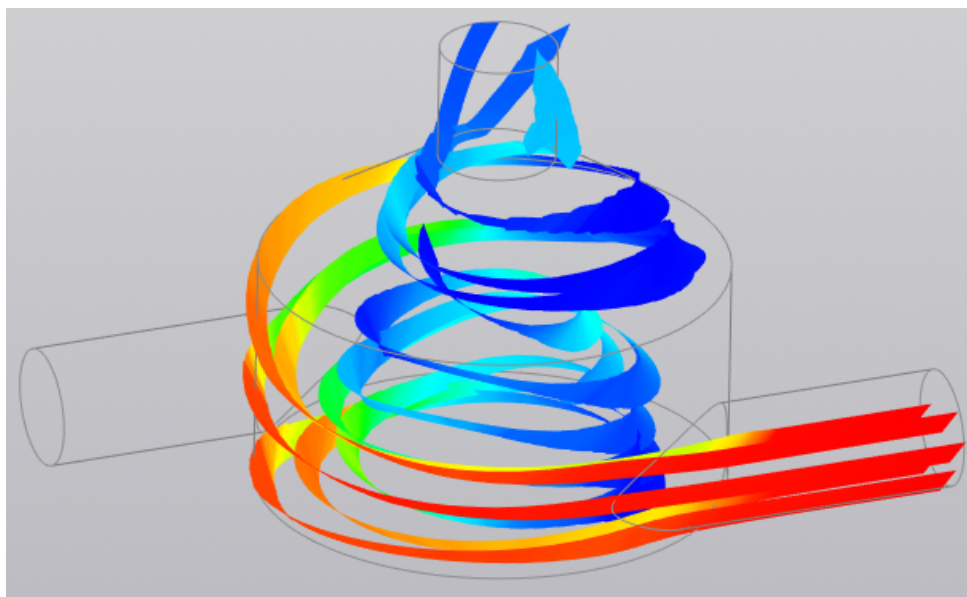
## Слой "Линии тока"



Стандартное отображение линий тока (Режим отрисовки = Линии)

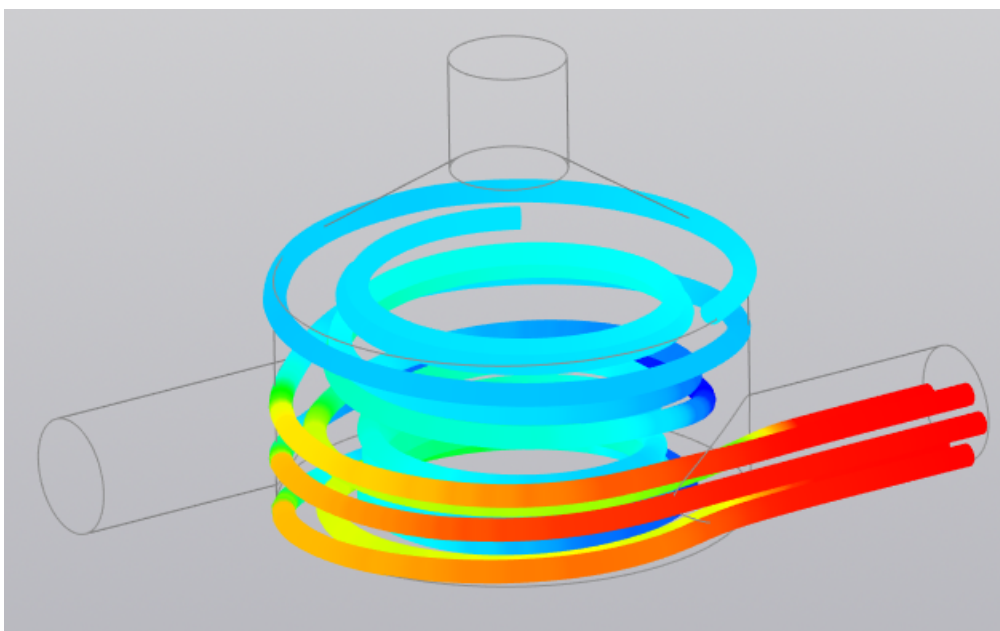
📏 Параметры Слоев с типом "Линии тока"	
Параметр	Описание
Закраска	Переменная, которая будет использоваться для окраски изображений векторов. Возможные варианты: <b>Нет</b>   <b>Скорость</b>   <b>Плотность</b>   <b>Давление</b>   <b>Температура</b> .

🚩 Параметры Слоев с типом "Линии тока"	
Параметр	Описание
Параметры источника > Макс. кол. точек	Количество источников линий тока. При задании значения "-1" источники линий тока будут сформированы в узлах расчетной сетки.
Параметры источника > Направление	Направление, в котором будут строиться линии тока от источников. Возможные варианты: <b>Вперед</b>   <b>Назад</b>   <b>В обе стороны</b> .
Настройки отображения > Режим отрисовки	Способ отображения линий тока (см. иллюстрации). Возможные варианты: <b>Линии</b>   <b>Ленты</b>   <b>Трубки</b> .
Настройки отображения > Толщина линий	Толщина линий тока при их отображении в виде <b>Лент</b> или <b>Трубок</b> , [мм].  При задании значения "-1" будет применяться толщина по умолчанию.



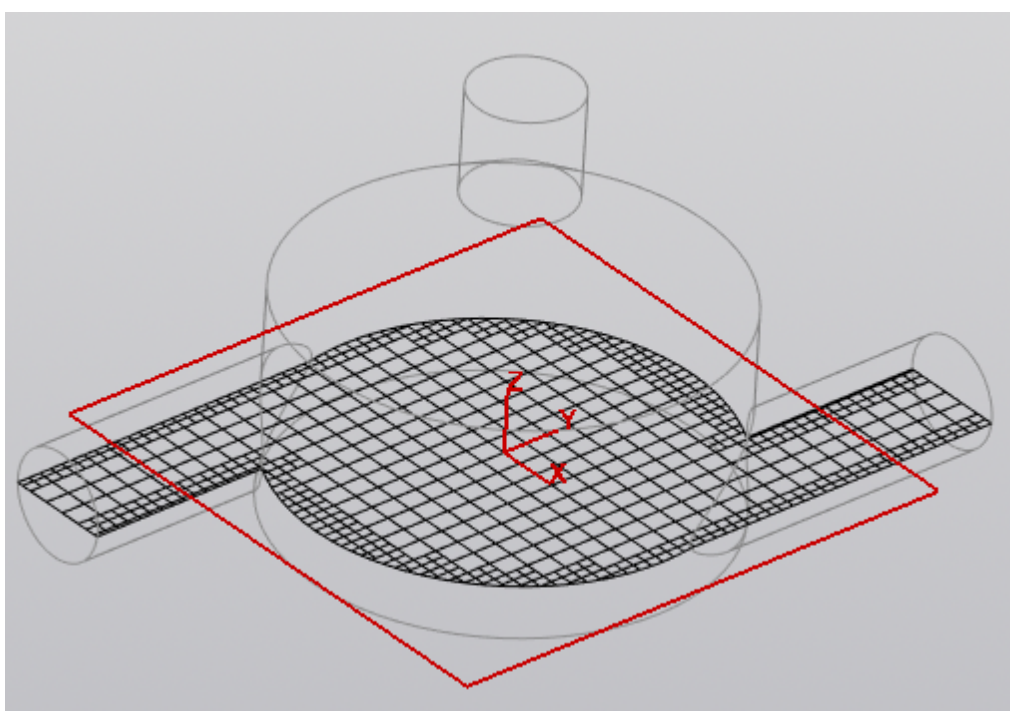
Отображение линий тока в виде лент (Режим отрисовки = Ленты)





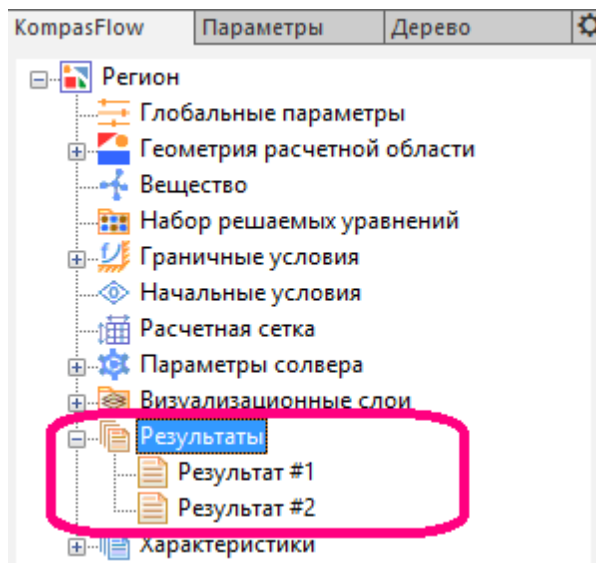
Отображение линий тока в виде лент (Режим отрисовки = Трубки)

### Слой "Сечение расчетной сетки"



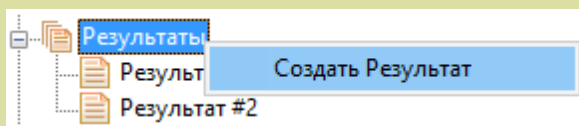
Слой **Сечение расчетной сетки** не имеет специфичных параметров.



### 5.2.11 Результаты



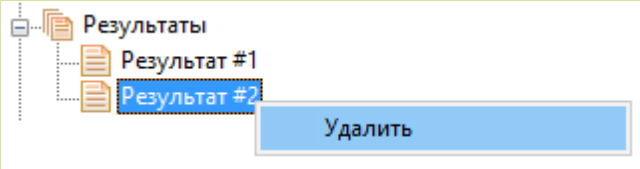
Папка **Результаты** содержит дочерние элементы **Результат #N**, представляющие в дереве проекта результаты расчета, *графики которых можно просматривать в [Окне мониторинга](#).*

#### Контекстное меню папки "Результаты"













Команда	Описание
<p><b>Создать Результат</b></p>	<p>Создать элемент <b>Результат #N</b>.</p> <p>Программа запросит пользователя задать параметры создаваемого <b>Результата</b> и объект, на котором он будет строиться. Задание параметров производится во вкладке <b>Параметры</b> в области панелей управления <i>КОМПАС-3D</i>. Для задания геометрических объектов, на которых будет вычисляться новый <b>Результат</b>, потребуется зайти во вкладку <b>Дерево</b>, либо отобразить дерево геометрической модели в графической панели нажав на пиктограмму .</p> <p>Задав все необходимые параметры, нажмите на появившуюся пиктограмму .</p>

Папка **Результаты** не имеет параметров в панели свойств.

Контекстное меню элемента "Результат #N"	
	
Команда	Описание
Удалить	Удалить выбранный <b>Результат #N</b> из дерева проекта.

Параметры элемента "Результат #N", задаваемые при его создании	
Параметр	Описание
Название	Название <b>Результата</b> . Вместо стандартного названия " <b>Результат #N</b> " можно задать другое название.
Результат	<p>Переменная, по которой строится <b>Результат</b>. Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Давление</b></li> <li>• <b>Массовый расход</b></li> <li>• <b>Момент</b> - крутящий момент, действующий на объект (тело) со стороны потока, задается относительно осей, проходящих через начало координат объекта</li> <li>• <b>Объемный расход</b></li> <li>• <b>Плотность</b></li> <li>• <b>Сила</b> - сила, действующая на поверхность со стороны потока</li> <li>• <b>Скорость</b></li> <li>• <b>Температура</b></li> <li>• <b>Тепловой поток</b></li> </ul>
Объект	Геометрический объект, на котором вычисляется <b>Результат</b> . Возможные варианты: <b>Расчетная область</b>   <b>Плоскость</b>   <b>Поверхность</b>   <b>Точка</b> .
Значение	Вычисляемое значение <b>Результата</b> . Возможные варианты:

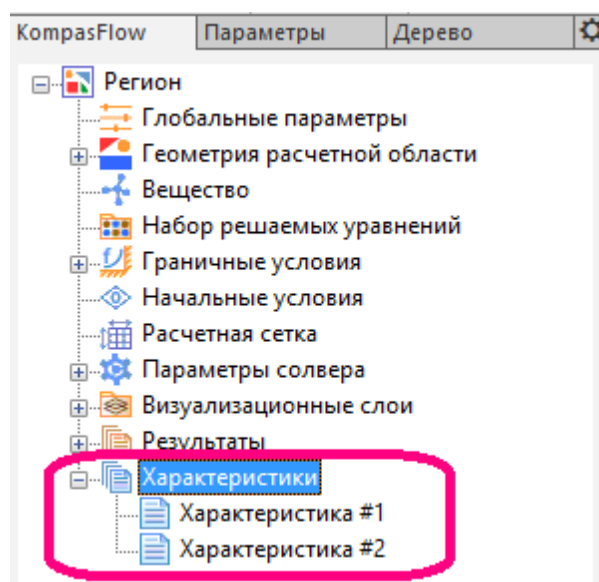
Параметры элемента "Результат #N", задаваемые при его создании	
Параметр	Описание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Мин.</b> - минимальное значение измеряемой величины</li> <li>•  <b>Макс.</b> - максимальное значение измеряемой величины</li> <li>•  <b>Среднее</b> - среднее значение измеряемой величины</li> <li>•  <b>Стд. откл.</b> - среднее квадратичное отклонение измеряемой величины</li> </ul>
<b>Направление</b>	<p>Направление движения потока при вычислении <b>Массового расхода</b> и <b>Объемного расхода</b>. Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Внутри</b></li> <li>•  <b>Наружу</b></li> </ul>
<b>Компонента</b>	<p>Этот параметр позволяет задать компоненту либо модуль векторной величины. Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Модуль</b></li> <li>•  <b>Комп. X</b></li> <li>•  <b>Комп. Y</b></li> <li>•  <b>Комп. Z</b></li> </ul>

Параметры элемента "Результат #N", отображаемые в панели свойств	
Параметр	Описание
<b>Название</b>	Название <b>Результата</b> . Вместо стандартного названия "Результат #N" можно задать другое название.
<b>Переменная*)</b>	Переменная, по которой строится <b>Результат</b> .
<b>Объект*)</b>	Объект, на котором строится <b>Результат</b> . Этот объект выделен цветом в графической области окна КОМПАС-3D.

Параметры элемента "Результат #N", отображаемые в панели свойств	
Параметр	Описание
Значение*)	Отображаемое значение <b>Результата</b> (например, <b>Минимум</b> , <b>Максимум</b> , <b>Среднее</b> , <b>Стд.откл.</b> )

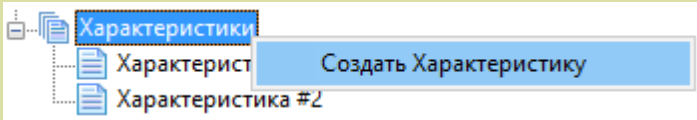


\*) Эти параметры задаются при создании **Результата** и не могут быть изменены в панели свойств.

### 5.2.12 Характеристики

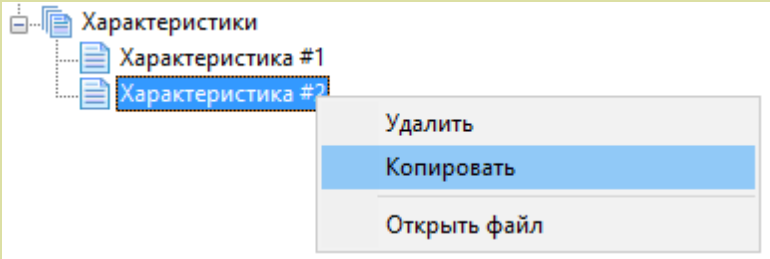


Папка **Характеристики** содержит дочерние элементы **Характеристика #N**, представляющие в дереве проекта интегральные величины, *числовые значения которых отображаются в панели свойств* (в группе параметров **ИНФО**).

**Характеристики** вычисляются на заданных пользователем геометрических объектах или **Граничных условиях**.

Контекстное меню папки "Характеристики"	
	
Команда	Описание
<p><b>Создать Характеристику</b></p>	<p>Создать элемент <b>Характеристика #N</b>.</p> <p>Программа запросит пользователя задать параметры создаваемой <b>Характеристики</b> и объект, на котором она будет строиться. Задание параметров производится во вкладке <b>Параметры</b> в области панелей управления КОМПАС-3D. Для задания геометрических объектов, на которых будет вычисляться новый <b>Результат</b>, потребуется зайти во вкладку <b>Дерево</b>, либо отобразить дерево геометрической модели в графической панели нажав на пиктограмму .</p> <p>Задав все необходимые параметры, нажмите на появившуюся пиктограмму .</p>

Папка **Характеристики** не имеет параметров в панели свойств.

Контекстное меню элемента "Характеристика #N"	
	
Команда	Описание
<p><b>Удалить</b></p>	<p>Удалить выбранную <b>Характеристику #N</b> из дерева проекта.</p>
<p><b>Копировать</b></p>	<p>Копировать выбранную <b>Характеристику #N</b> из дерева проекта.</p>
<p><b>Открыть файл</b></p>	<p>Открыть <b>g1o</b>-файл с данными <b>Характеристики #N</b>.</p>

Параметры элемента "Характеристика #N"	
Параметр	Описание
Название	Название <b>Характеристики</b> . Вместо стандартного названия " <b>Характеристика #N</b> " можно задать другое название.
Объект <sup>*)</sup>	Этот параметр определяет тип объекта, на котором вычисляется <b>Характеристика</b> . Возможные варианты: <b>Плоскость</b>   <b>Поверхность</b> .
Плоскость	Плоскость, на которой вычисляется <b>Характеристика</b> . Этот параметр доступен если <b>Объект=Плоскость</b> .  Можно выбрать другую <b>Плоскость</b> из выпадающего списка.
Поверхность <sup>*)</sup>	<u><a href="#">Граничное условие</a></u> , на котором вычисляется <b>Характеристика</b> . Этот параметр отображается если <b>Объект=Поверхность</b> .
Переменная	Переменная, по которой вычисляется <b>Характеристика</b> .  Возможные варианты: <b>Скорость</b>   <b>Плотность</b>   <b>Давление</b>   <b>Температура</b> .
ИНФО	Информационный блок, содержащий результаты расчета <b>Характеристики</b> . При отсутствии посчитанных данных, блок <b>ИНФО</b> может отсутствовать в панели свойств.  См. подробности в подразделе " <i>Содержимое блока параметров ИНФО в свойствах Характеристики</i> " ниже.

<sup>\*)</sup> Значения этих параметров задаются во вкладке **Параметры** при создании **Характеристики** и не могут быть изменены.

## Содержимое блока параметров ИНФО в свойствах Характеристики

Блок параметров **ИНФО** с вычисленными на текущем шаге по времени компонентами **Характеристики** отображается вместе с другими параметрами **Характеристики** в ее панели свойств.

Значения параметров **ИНФО** обновляются по окончании каждого шага по времени. Параметры **ИНФО** сгруппированы в блоки, образуя древовидную структуру. Состав параметров **ИНФО** зависит от того, на чем вычисляется Характеристика - на какой-либо **Плоскости** или на **Граничном условии**.

Параметр из блока ИНФО	Описание
Переменная	Код переменной, используемой для вычисления <b>Характеристики</b> . Возможные варианты: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VEL</b> - Скорость</li> <li>• <b>DENSITY</b> - Плотность</li> <li>• <b>PRES</b> - Давление</li> <li>• <b>TEMP</b> - Температура</li> </ul>
Переменная > Блок	Физический процесс, который описывает <b>Переменная</b> .
Переменная > Фаза	<b>Фаза</b> , к которой относится <b>Переменная</b>
Подобласть	<b>Подобласть</b> , в которой вычисляется <b>Характеристика</b>
Часть	Поверхность, на которой вычисляется <b>Характеристика</b> . Возможные варианты: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Все контуры</b> - все сечения <b>Подобласти</b> заданной <b>Плоскостью</b></li> <li>• одно из сечений <b>Подобласти</b> заданной <b>Плоскостью</b></li> </ul>
Площадь	Площадь поверхности, на которой вычисляется <b>Характеристика</b>
Массовый расход +	$G_+$ - конвективный поток массы через поверхность в направлении нормали к поверхности, [кг с <sup>-1</sup> ]  $G_+ = \iint_S \rho (\vec{V}_{abs} \vec{n})_+ dS, \quad (a)_+ = \begin{cases} 0, & a \leq 0 \\ a, & a > 0 \end{cases}$



Параметр из блока ИНФО	Описание
<b>Массовый расход-</b>	<p><math>G_-</math> - конвективный поток массы через поверхность в направлении, противоположном нормали к поверхности, [кг с<sup>-1</sup>]</p> $G_- = \iint_S \rho (\vec{V}_{abs} \vec{n})_- dS, \quad (a)_- = \begin{cases} a, & a < 0 \\ 0, & a \geq 0 \end{cases}$
<b>Объемный расход+</b>	<p><math>N_+</math> - поток через поверхность в направлении нормали к поверхности, [м<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>]</p> $N_+ = \iint_S (\vec{V}_{abs} \vec{n})_+ dS, \quad (a)_+ = \begin{cases} 0, & a \leq 0 \\ a, & a > 0 \end{cases}$
<b>Объемный расход-</b>	<p><math>N_-</math> - поток через поверхность в направлении, противоположном нормали к поверхности, [м<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>]</p> $N_- = \iint_S (\vec{V}_{abs} \vec{n})_- dS, \quad (a)_- = \begin{cases} a, & a < 0 \\ 0, & a \geq 0 \end{cases}$
<b>Интеграл X</b>	<p><math>\Sigma_{f,i}</math> <math>i</math>-ая компонента интеграла скалярной переменной <math>f</math> по ориентированной поверхности, [f м<sup>2</sup>]</p>
<b>Интеграл Y</b>	
<b>Интеграл Z</b>	
<b>&lt;f пов.&gt;</b>	<p><math>\langle f \rangle_s</math> среднее по поверхности значение скалярной переменной <math>f</math>, [f]</p> $\langle f \rangle_s = \frac{1}{S} \iint_S f dS$ <p><math>\langle \vec{F} \rangle_s</math> среднее по поверхности значение векторной переменной <math>\vec{F}</math>, [f]</p>


Параметр из блока ИНФО	Описание
	$\langle \vec{F} \rangle_S = \frac{1}{S} \oiint_S (\vec{F} \vec{n}) dS$
<b>&lt;f масса +&gt;</b>	<p><math>\langle f \rangle_{G_+}</math> среднее по массе значение скалярной переменной <math>f</math>, переносимой в направлении нормали к поверхности, [f]</p> $\langle f \rangle_{G_+} = \frac{1}{G_+} \oiint_S \rho \cdot f \cdot (\vec{V}_{\text{abs}} \vec{n})_+ dS, \quad (a)_+ = \begin{cases} 0, & a \leq 0 \\ a, & a > 0 \end{cases}$ <p><math>\langle \vec{F} \rangle_{G_+}</math> среднее по массе значение векторной переменной <math>\vec{F}</math>, переносимой в направлении нормали к поверхности, [f]</p> $\langle \vec{F} \rangle_{G_+} = \frac{1}{G_+} \oiint_S \rho \cdot \vec{F} \cdot (\vec{V}_{\text{abs}} \vec{n})_+ dS, \quad (a)_+ = \begin{cases} 0, & a \leq 0 \\ a, & a > 0 \end{cases}$
<b>&lt;f масса -&gt;</b>	<p><math>\langle f \rangle_{G_-}</math> - среднее по массе значение скалярной переменной <math>f</math>, переносимой в направлении, противоположном нормали к поверхности, [f]</p> $\langle f \rangle_{G_-} = \frac{1}{G_-} \oiint_S \rho \cdot f \cdot (\vec{V}_{\text{abs}} \vec{n})_- dS, \quad (a)_- = \begin{cases} a, & a < 0 \\ 0, & a \geq 0 \end{cases}$ <p><math>\langle \vec{F} \rangle_{G_-}</math> среднее по массе значение векторной переменной <math>\vec{F}</math>, переносимой в направлении, противоположном нормали к поверхности, [f]</p> $\langle \vec{F} \rangle_{G_-} = \frac{1}{G_-} \oiint_S \rho \cdot \vec{F} \cdot (\vec{V}_{\text{abs}} \vec{n})_- dS, \quad (a)_- = \begin{cases} a, & a < 0 \\ 0, & a \geq 0 \end{cases}$
<b>&lt;f масса +&gt;*Массовый расход+</b>	<p><math>\langle f \rangle_{G_+} G_+</math> поток скалярной переменной <math>f</math> через поверхность в направлении нормали к поверхности, [f кг с<sup>-1</sup>]</p>

Параметр из блока ИНФО	Описание
<f масса >*Массовый расход-	$\langle f \rangle_G$ - поток скалярной переменной $f$ через поверхность в направлении, противоположном нормали к поверхности, [f кг с <sup>-1</sup> ]
Станд. отклонение	$\sigma_S$ среднеквадратичное отклонение скалярной переменной $f$ на поверхности, [f] $\sigma_S = \sqrt{\frac{1}{S} \iint_S (f - \langle f \rangle_S)^2 dS}$
Станд. массовое отклонение	$\sigma_G$ среднеквадратичное отклонение по потоку (взвешенное по массе) скалярной переменной $f$ на поверхности, [f] $\sigma_G = \sqrt{\frac{\iint_S (f - \langle f \rangle_S)^2 \rho(\vec{V}_{abs}\vec{n}) dS}{\iint_S \rho(\vec{V}_{abs}\vec{n}) dS}}$
Тепловой поток [Вт]	$Q$ - тепловой поток через поверхность ( <i>интегральный, не удельный</i> ), [Вт]. $Q = - \iint_S (\lambda + \lambda_r)(\nabla T_S \vec{n}) dS$
F жидк. X	Компоненты вектора $\vec{F}_{fluid}$ - силы, действующей со стороны поверхности на среду, [Н]
F жидк. Y	
F жидк. Z	
M центр X	Координаты точки $\vec{r}_M$ , относительно которой вычисляется момент $\vec{T}_{fluid}$ , [м], в абсолютной системе координат (АСК).  Координаты этой точки задаются в свойствах элемента

Параметр из блока ИНФО	Описание
М центр Y	Характеристики, в параметрах <b>Центр</b> .
М центр Z	
М жидк. X	Компоненты вектора $\vec{T}_{fluid}$ - момента силы $\vec{F}_{fluid}$ относительно точки $\vec{r}_M$ , [Н м] $\vec{T}_{fluid} = \iint_S (P + P_{hst}) [\vec{r}_M \times \vec{n}] dS - \iint_S (\mu + \mu_v) \left[ \vec{r}_M \times \frac{\partial V_\tau}{\partial n} \right] dS$ Вычисляются в абсолютной системе координат (АСК).
М жидк. Y	
М жидк. Z	
Угловая скорость авторотации	Угловая скорость $\omega$ вращения <b>Подобласти</b> при расчете с авторотацией

## 5.3 Окно мониторинга

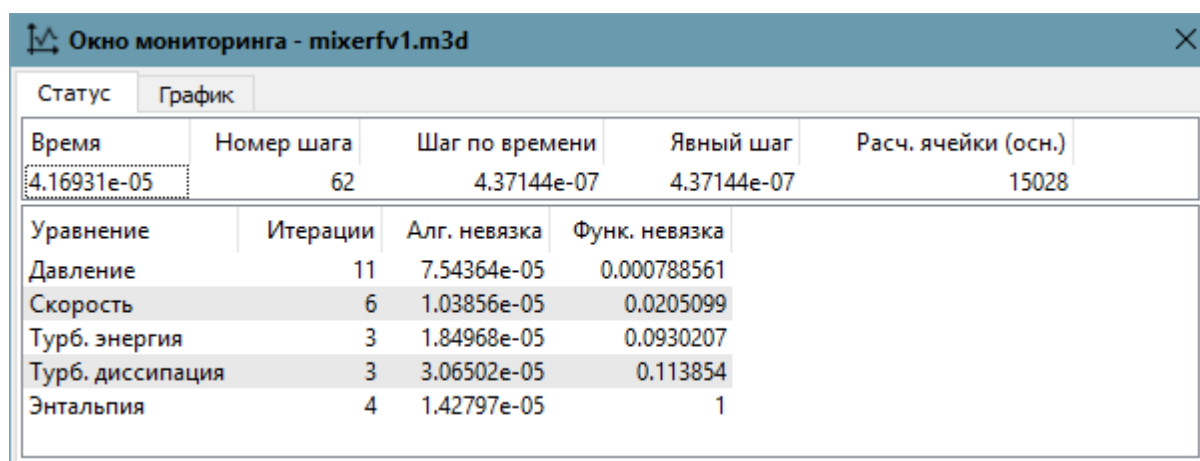
**Окно мониторинга** содержит данные из текущего расчета и открывается при запуске расчета в центральной части окна КОМПАС-3D.

При желании, **Окно мониторинга** можно передвинуть в удобное место либо закрыть, нажав на символ "х" в его правом верхнем углу. Чтобы повторно открыть **Окно мониторинга**, нажмите на кнопку  (**Открыть окно мониторинга**) в [инструментальной панели KompasFlow](#).

**Окно мониторинга** имеет следующие вкладки:

- Статус
- График

### Вкладка "Статус"

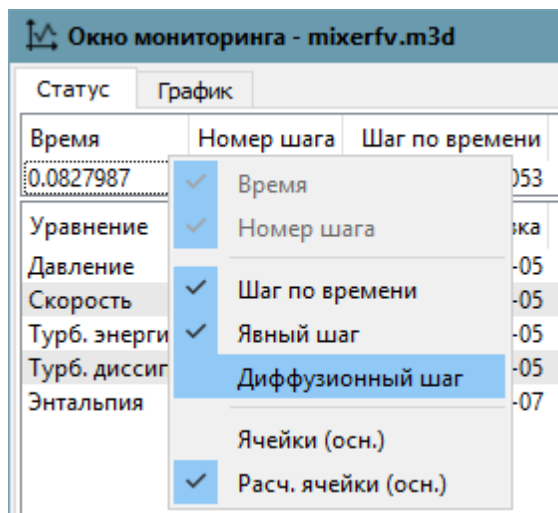


Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
4.16931e-05	62	4.37144e-07	4.37144e-07	15028

Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка
Давление	11	7.54364e-05	0.000788561
Скорость	6	1.03856e-05	0.0205099
Турб. энергия	3	1.84968e-05	0.0930207
Турб. диссипация	3	3.06502e-05	0.113854
Энтальпия	4	1.42797e-05	1

В верхней таблице указаны текущее время, номер текущего шага по времени и другие данные, состав которых настраивается при помощи контекстного меню, открывающегося при нажатии правой кнопкой мыши на заголовок таблицы:



В нижней таблице отображаются основные переменные из решаемых уравнений. Каждой из этих переменных соответствует своя система линейных уравнений и своя строка в таблице, в которой указывается количество итераций, сделанных для сходимости решения алгебраических уравнений, максимальная невязка по расчетной области и функциональная невязка.

Данные из ячеек таблицы можно копировать при помощи сочетаний клавиш **Ctrl+Ins** и **Ctrl+C**.

**Данные, отображаемые в верхней таблице вкладки «Статус» окна «Мониторинг»**

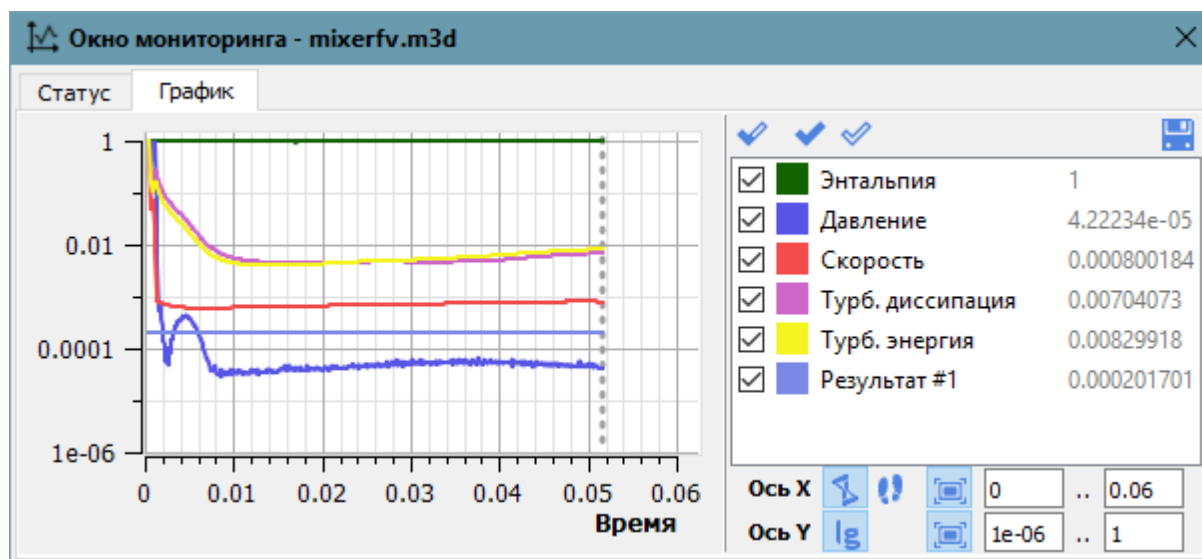
<p><b>Наименование колонки</b></p> <p>(состав отображаемых колонок настраивается в контекстном меню, открываемом при нажатии правой кнопки мыши на заголовке таблицы)</p>	<p><b>Содержимое колонки</b></p>
<p><b>Время</b></p>	<p>текущее время, <math>T</math></p>
<p><b>Номер шага</b></p>	<p>номер текущего шага по времени, <math>n</math></p>
<p><b>Шаг по времени</b></p>	<p>шаг по времени, <math>\tau</math></p>
<p><b>Явный шаг</b></p>	<p>явный конвективный шаг по времени, <math>\tau_{expl, conv}</math></p>

<b>Диффузионный шаг</b>	Диффузионный шаг по времени, $\tau_{diff}$
<b>Ячейки (осн.)</b>	Общее количество ячеек расчетной сетки
<b>Расч. ячейки (осн.)</b>	Количество расчетных ячеек в сетке

Данные, отображаемые в *нижней* таблице вкладки «Статус» окна «Мониторинг»

Наименование колонки	Содержимое колонки
<b>Уравнение</b>	Список основных рассчитываемых переменных
<b>Итерации</b>	<p>Количество итераций, сделанных для сходимости решения алгебраических уравнений.</p> <p>Количество итераций при расчете стационарного течения методом установления должно убывать. Если количество итераций стабильно велико, то рассчитываемый процесс нестационарен.</p>
<b>Алг. невязка</b>	Алгебраическая невязка $R_A(t^n)$ , максимальная по расчетной области невязка, достигнутая при решении алгебраических уравнений.
<b>Функ. невязка</b>	Функциональная невязка $R_{norm}(t^n)$ , максимальная по расчетной области скорость изменения основной рассчитываемой переменной

## Вкладка "График"











В качестве переменной оси абсцисс используются время либо количество шагов. В качестве переменной оси ординат используется величина функциональной невязки расчетной переменной или заданный [Результат](#).

Текущий момент или шаг по времени показан на графике вертикальной пунктирной линией.

Справа от графика расположена панель со списком линий графика (с обозначением цвета и значения на последнем шаге) и другими элементами для настройки графика:

Элемент интерфейса	Описание
<i>Список линий графика</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> <span style="color: green;">■</span> <input checked="" type="checkbox"/> <span style="color: blue;">■</span> <input checked="" type="checkbox"/> <span style="color: red;">■</span> <input checked="" type="checkbox"/> <span style="color: magenta;">■</span>	<p>Устанавливая или снимая флажки, можно выбрать линии, которые будут отображаться на графике.</p> <p>Линии, которые не отображаются, показаны в списке бледным шрифтом. Цветной квадратик показывает цвет линии на графике.</p> <p>Справа показаны значения величин на последнем шаге.</p>
<i>Массовое изменение отображения или скрытия графиков</i>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Инvertировать выбор</b> отображаемых и скрытых графиков



	Показать все графики
	Скрыть все графики
<i>Настройки для оси абсцисс ("Ось X")</i>	
	Выбор переменной для оси абсцисс: <ul style="list-style-type: none"> <li>•  - <b>Время</b></li> <li>•  - <b>Номер шага</b></li> </ul>
	Автоматическая настройка масштаба по оси абсцисс (так, чтобы весь график уместился по горизонтали)
<input type="text" value="0"/> .. <input type="text" value="170"/>	Поля для ручного ввода диапазона графика по оси абсцисс. Введите данные и нажмите на клавишу <b>Enter</b> на клавиатуре.
<i>Настройки для оси ординат ("Ось Y")</i>	
	Включение/отключение режима логарифмического масштаба оси ординат
	Автоматическая настройка масштаба по оси ординат (так, чтобы весь график уместился по вертикали)
<input type="text" value="1e-08"/> .. <input type="text" value="90"/>	Поля для ручного ввода диапазона графика по оси ординат. Введите данные и нажмите на клавишу <b>Enter</b> на клавиатуре.
<i>Сохранение графика в текстовый файл</i>	



Данные из графика можно сохранить в текстовом файле с разделением колонок данных символами табуляции.

После нажатия на эту кнопку откроется стандартное окно операционной системы, в котором указывается файл, в который нужно сохранить данные.

Пример текстового файла:

Step	Time	Давление	Скорость
1	100	1	
2	200	1	1
3	300	1	0.904514
4	400	0.594614	0.766632
5	500	0.0251451	1
6	600	0.132585	0.779342
7	700	0.239844	0.555458
8	800	0.351604	0.422173

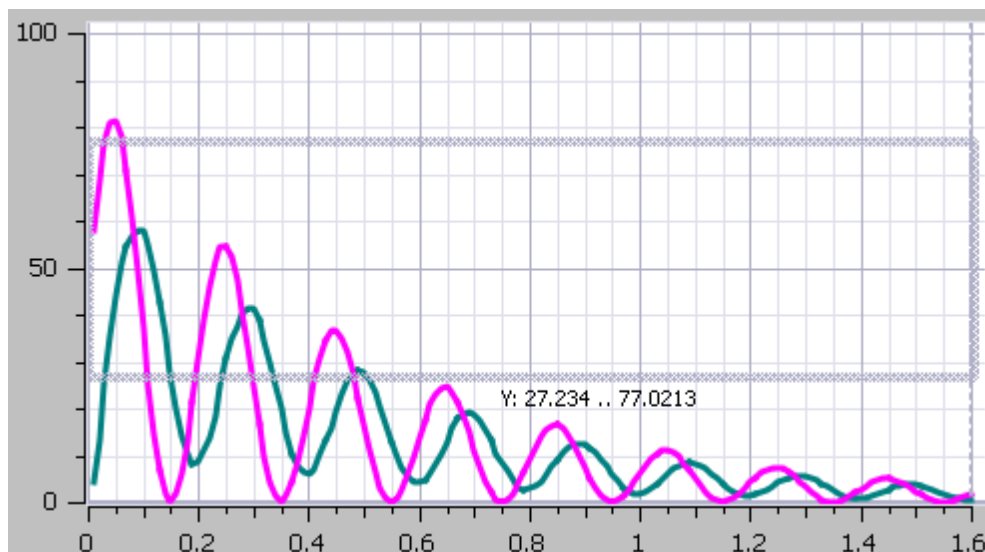
### Ручное масштабирование и/или сдвиг графика при помощи мыши

Масштабирование и/или сдвиг графика можно быстро и удобно выполнить вручную при помощи мыши.

Желаемое действие	Как его выполнить
<p>Растянуть прямоугольный фрагмент графика на все поле</p>	<p>Нажмите в поле графика левую кнопку мыши и, не отпуская ее, оттяните курсор к другой точке и отпустите. Выделенный прямоугольник растянется на все поле графика.</p>  <p>Указатель мыши при этом отображается крестиком, рядом с ним отображаются новые границы диапазона графика.</p>

Растянуть диапазон вдоль одной оси графика на все поле

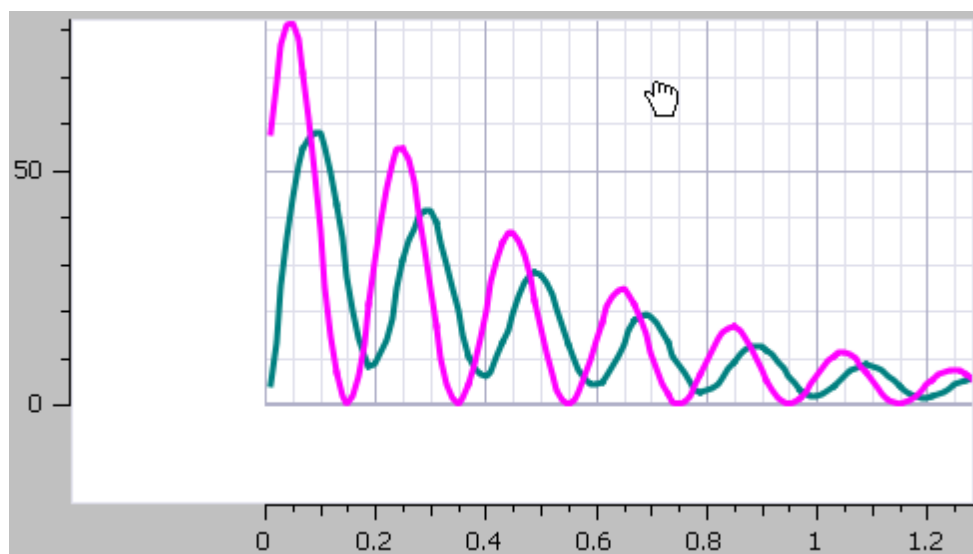
Нажмите левую кнопку мыши немного ниже оси абсцисс или левее оси ординат. Затем, не отпуская кнопку, оттяните курсор вдоль оси к другой позиции и отпустите. Выделенный интервал растянется на все поле.



Рядом с указателем мыши отображаются новые границы диапазона графика по соответствующей оси.

Сдвиг поля графика

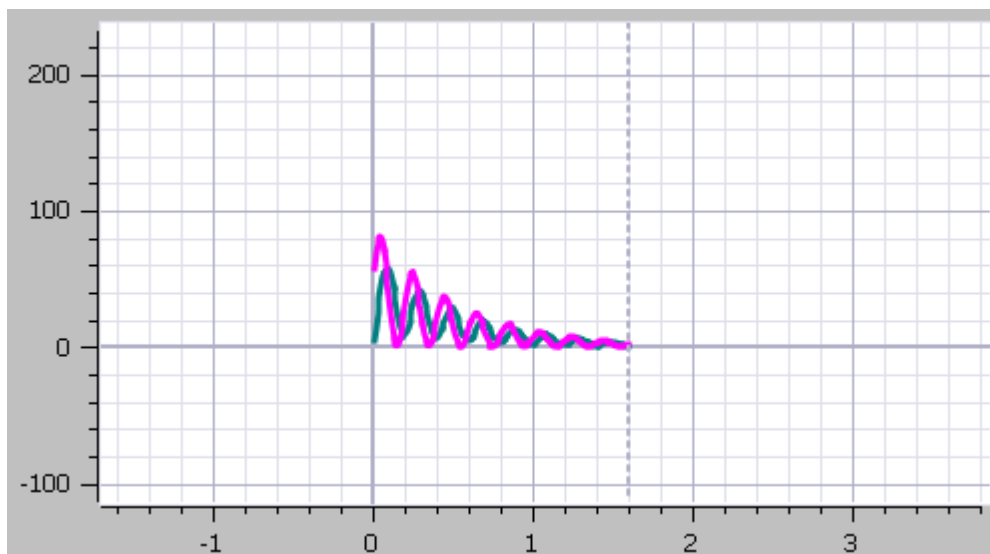
Нажмите правую кнопку мыши в поле графика и, не отпуская ее, сдвиньте график.




Начатый, но не законченный сдвиг, можно отменить нажатием на клавишу Esc.


Масштабирование всего поля графика.










Нажмите на точку внутри поля графика и вращайте колесо мыши. Изображение будет приближаться либо отдаляться в зависимости от направления вращения колеса мыши.



При переносе проекта в новое окно КОМПАС (при помощи команды **Перенести в новое окно КОМПАС** контекстного меню проекта КОМПАС) открытое **Окно мониторинга** останется в старом окне КОМПАС. Чтобы открыть **Окно мониторинга** в новом окне КОМПАС, закройте его в старом окне КОМПАС и воспользуйтесь в новом окне командой  **Открыть окно мониторинга** в [инструментальной панели KompasFlow](#).

## 5.4 Изменение проекта в процессе счета

При наличии связи с солвером большинство параметров проекта недоступны для изменения пользователем. Некоторые параметры можно изменять и на связи с солвером, однако для этого требуется приостановка расчета при помощи команды  [Остановить](#). Обратите внимание, что некоторые параметры можно задавать только при создании объекта или они предназначены только для отображения информации.

Возможность редактирования параметров проекта на связи с солвером и во время расчета	
Параметр	<p> - нельзя редактировать на связи с солвером</p> <p> - можно редактировать на связи с солвером (требуется приостановка расчета)</p> <p> - параметры задаются при создании объекта и вообще не могут быть изменены, а также параметры, служащие только для отображения информации</p>
<a href="#">Глобальные параметры</a>	
<a href="#">Геометрия расчетной области</a>	
<a href="#">Геометрия расчетной области &gt; Группы &gt; Группа #N</a>	
<a href="#">Вещество</a>	
<a href="#">Набор решаемых уравнений</a>	
<a href="#">Граничные условия &gt; Граничное условие #N</a>	
<a href="#">Начальные условия</a>	

Возможность редактирования параметров проекта на связи с солвером и во время расчета	
<a href="#">Расчетная сетка</a>	✗
<a href="#">Расчетная сетка &gt; Адаптация #N</a>	✗
<a href="#">Параметры солвера</a>	✓
<a href="#">Параметры солвера &gt; Ограничители</a>	✗
<a href="#">Визуализационные слои &gt; Слой #N</a>	✓, <del>⊗</del> *)
<a href="#">Результаты &gt; Результат #N</a>	✗, <del>⊗</del> **)
<a href="#">Характеристики &gt; Характеристика #N</a>	✓, <del>⊗</del> ***)

\*) Параметры **Тип слоя** и **Объект** в свойствах **Слоя** задаются при создании **Слоя** и не могут быть изменены. Параметры из блока **ИНФО** только отображают данные.

\*\*\*) Можно изменять только название **Результата**, не на связи с солвером. Остальные параметры **Результата** (**Переменная**, **Объект**, **Значение**) задаются при создании **Результата** и не могут быть изменены.





\*\*\*) Тип объекта (**Плоскость** | **Поверхность**), на котором построена **Характеристика** задается при создании **Характеристики** и не может быть изменен. Параметры из блока **ИНФО** только отображают данные.

## 6 Возможные проблемы

Проблема	Рекомендация
Некорректная работа с одним документом в нескольких окнах	Рекомендуется не работать с одним документом в нескольких окнах.
Не всегда модификация геометрии модели перехватывается в <i>KompasFlow</i>	После модификации геометрии рекомендуется запускать её ручную проверку.
Иногда модификации геометрии (масштабирование, перемещение) могут изменить параметры граничных условий.	После модификации геометрии проверьте и, при необходимости, задайте снова параметры граничных условий.

## 7 Решение проблем

### 7.1 Сообщения об ошибках и предупреждения

Сообщение об ошибке или предупреждение	Описание
Не удалось найти подходящее тело для создания CFD-задачи.	<p>Сообщение выдается если программа не смогла обнаружить топологически сшитое тело в геометрической модели.</p> <p>Если из имеющихся отдельных поверхностей можно сшить тело, примените в инструментальной панели КОМПАС-3D  <b>Каркас и поверхности</b> команду  <b>Сшивка поверхностей</b>.</p>
Данные предыдущего расчета будут потеряны! Продолжить?	<p>Это предупреждение выдается перед запуском расчета с нуля при помощи команды  <a href="#">Запуск расчета</a>. При ответе <b>Нет</b> или <b>Отменить</b> появится возможность загрузить сохраненные данные расчета при помощи команды  <a href="#">Загрузить данные расчета</a>.</p>



## 7.2 Техническая поддержка

При необходимости обращайтесь в службу технической поддержки *КОМПАС-3D*.

Пожелания и предложения по работе *KompasFlow* только приветствуются, передавайте их в службу технической поддержки *КОМПАС-3D*.