

# **KompasFlow**

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

**Версия программы 22.0.0  
Версия документации 09.06.2023.**

# 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>8</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.....	18
4.4 Вещество и его параметры .....	19
4.5 Физические процессы.....	21
4.6 Граничные условия.....	22
4.7 Начальные условия.....	31
4.8 Расчетная сетка .....	32
4.8.1 Начальная расчетная сетка.....	32
4.8.2 Адаптация.....	33
4.9 Параметры управления расчетом.....	36
4.10 Отображение результатов расчета.....	37
4.10.1 Создание Слоев.....	37
4.10.2 Создание Результатов.....	41
4.10.3 Запуск проекта на расчет.....	47
4.10.4 Визуальное наблюдение слоев в ходе расчета.....	47
4.10.5 Просмотр данных в окне "Мониторинг".....	49
<b>5 Справочник по интерфейсу KompasFlow.....</b>	<b>51</b>
5.1 Инструментальная панель KompasFlow.....	52
5.2 Интерфейс элементов дерева проекта.....	58
5.2.1 Регион .....	59
5.2.2 Глобальные параметры.....	59
5.2.2.1 Моделирование внешнего обтекания .....	62
5.2.3 Геометрия расчетной области.....	63
5.2.4 Вещество.....	65
5.2.5 Физические процессы.....	70
5.2.6 Граничные условия.....	72
5.2.6.1 Симметрия.....	77

---

---

5.2.6.2 Стенка .....	78
5.2.6.3 Вход/Выход.....	82
5.2.6.4 Свободный выход.....	88
5.2.6.5 Неотражающее .....	89
5.2.7 Начальные условия.....	90
5.2.8 Расчетная сетка и ее Адаптации.....	92
5.2.9 Параметры расчета и Ограничители.....	97
5.2.10 Визуализационные слои.....	100
5.2.11 Результаты.....	113
5.3 Окно мониторинга.....	118
5.4 Изменение проекта на связи с солвером.....	126
5.5 Оптимизация .....	128
<b>6 Решение проблем.....</b>	<b>130</b>
6.1 Возможные проблемы.....	131
6.2 Сообщения об ошибках и предупреждения.....	132
6.3 Техническая поддержка.....	134

---

## 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 с учетом лучистого теплообмена. *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 *FlowVision*.



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

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

## 2 Перед началом использования

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

### Настройка соединения с Солвером

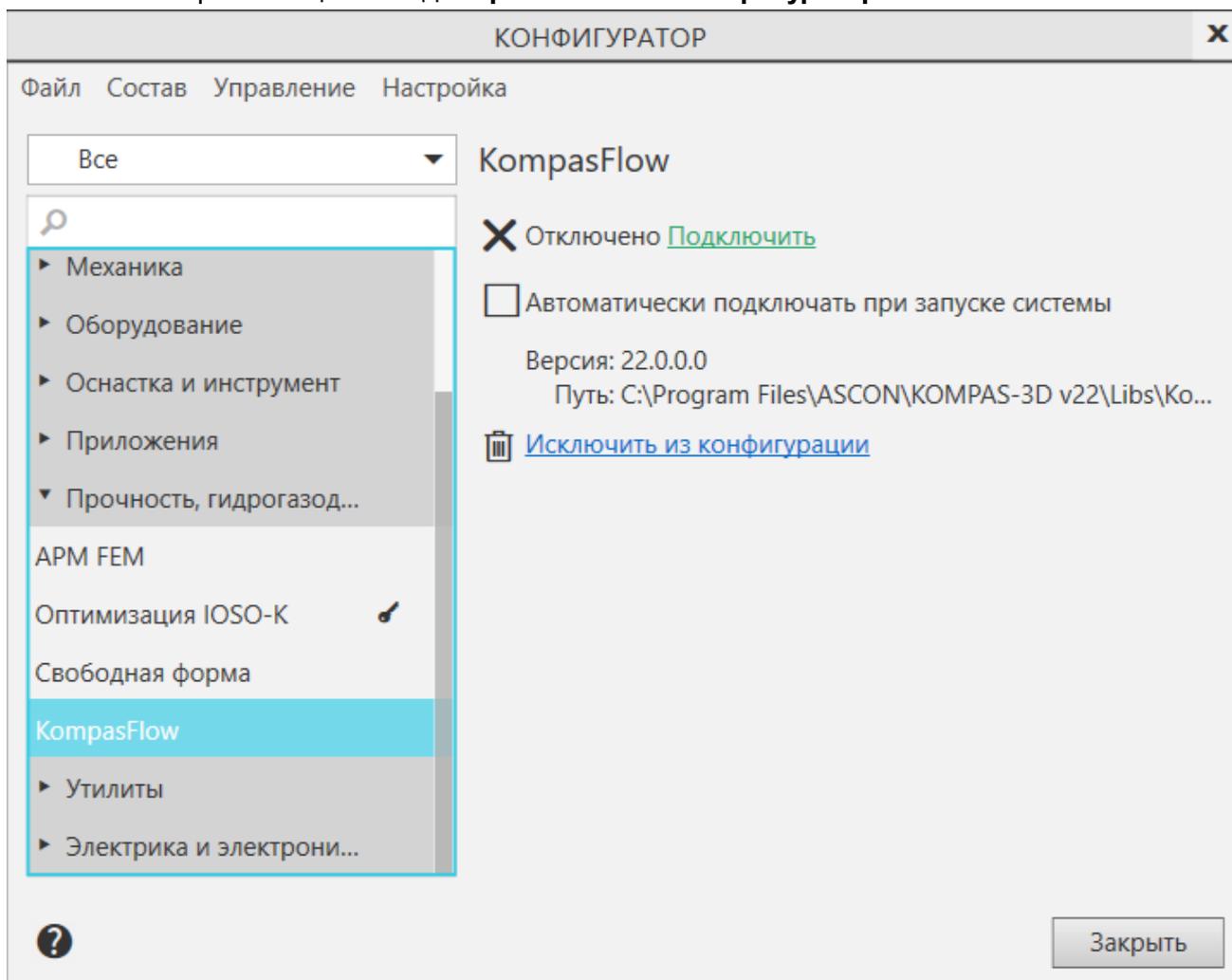
**Солвер** (`fvsolver.exe` или `fvsolver64.exe`) создает TCP-сервер для сокетного соединения с *KompasFlow*. При запуске солвера, *KompasFlow* сообщает ему, на каком порту нужно создать TCP-сервер и слушать подключение.

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 по умолчанию оно не подключено. Для его подключения откройте **Конфигуратор КОМПАС-3D** при помощи команды **Приложения > Конфигуратор** главного меню:

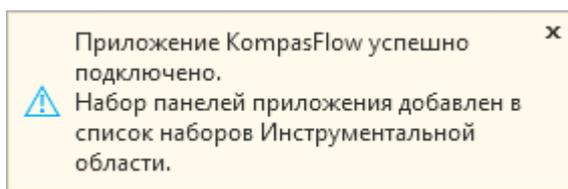


По умолчанию *KompasFlow* находится в **Конфигураторе** в папке **Прочность, гидрогазодинамика**.

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 версии КОМПАС-3D 22 этот файл по умолчанию лежит в папке `C:\Program Files\ASCON\COMPAS-3D v22\Libs\KompasFlow`). После успешного подключения *KompasFlow* появится сообщение об этом (**Приложение KompasFlow успешно**

подключено. Набор панелей приложения добавлен в список наборов Инструментальной области):



## Первый запуск *KompasFlow* на расчет



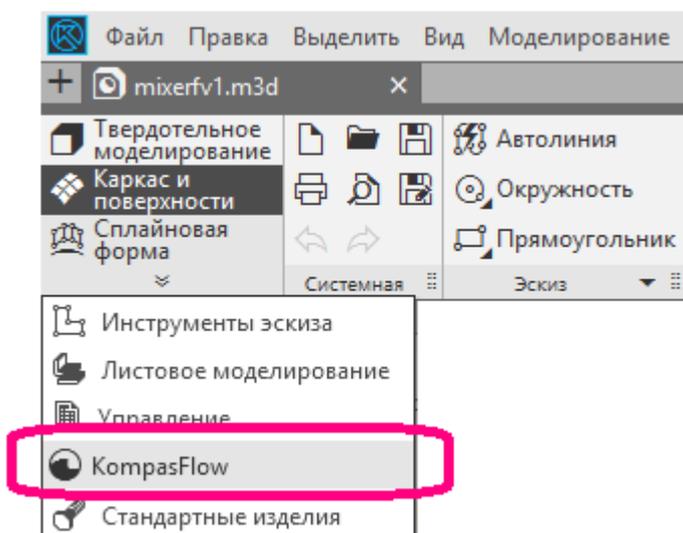
После установки *KompasFlow*, при первом запуске расчета, может произойти задержка длительностью более минуты.

### 3 Основные элементы интерфейса KompasFlow

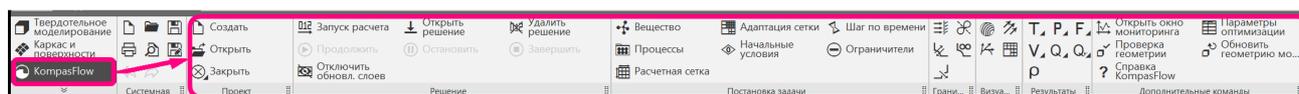
*KompasFlow* является библиотекой системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D и использует её пользовательский интерфейс (графическую область, панель управления, инструментальная панель, панель свойств, экранные подсказки, информационные сообщения). См. подробности в разделе [Справочник по интерфейсу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

#### Инструментальная панель KompasFlow

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

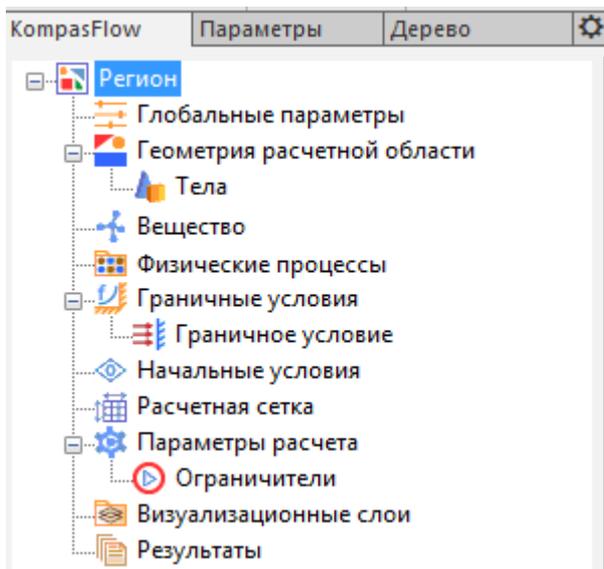


[Инструментальная панель KompasFlow](#) откроется в верхней части окна КОМПАС-3D:



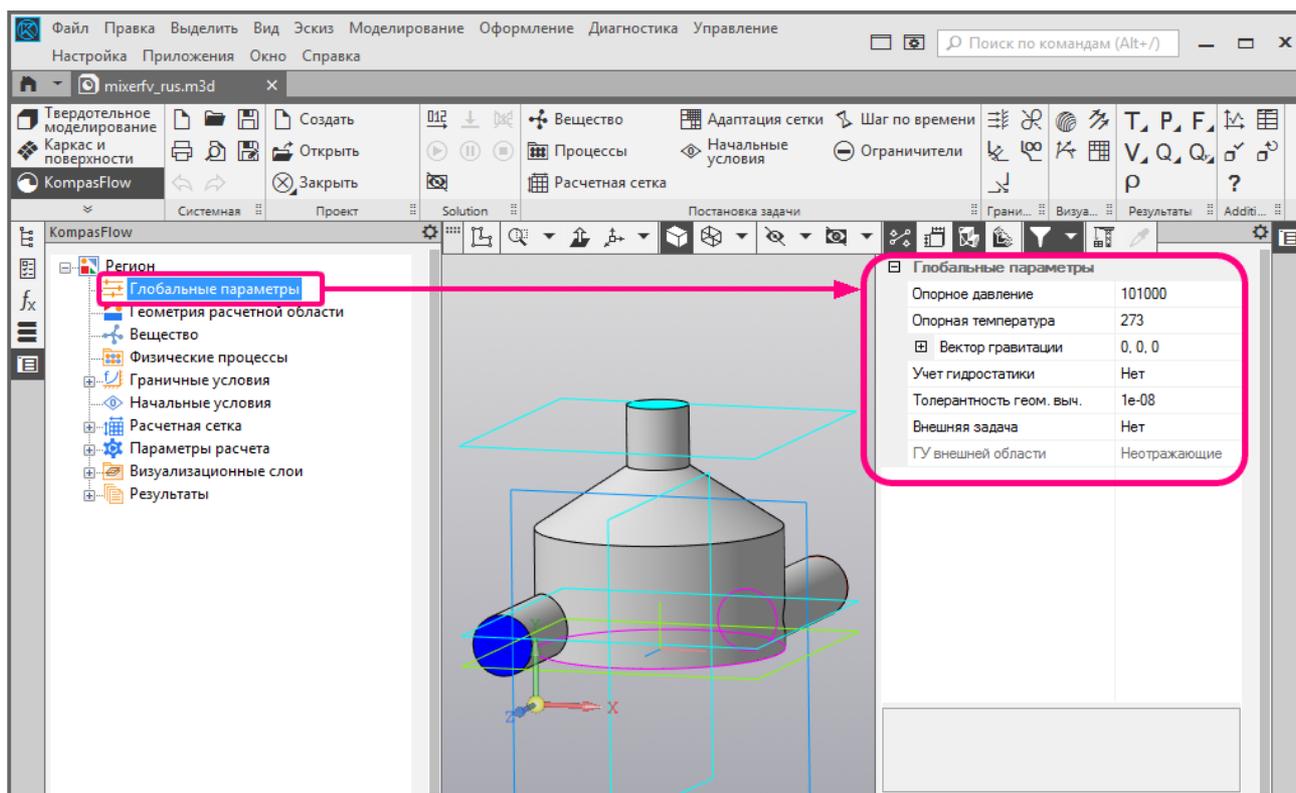
#### Дерево проекта KompasFlow

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:

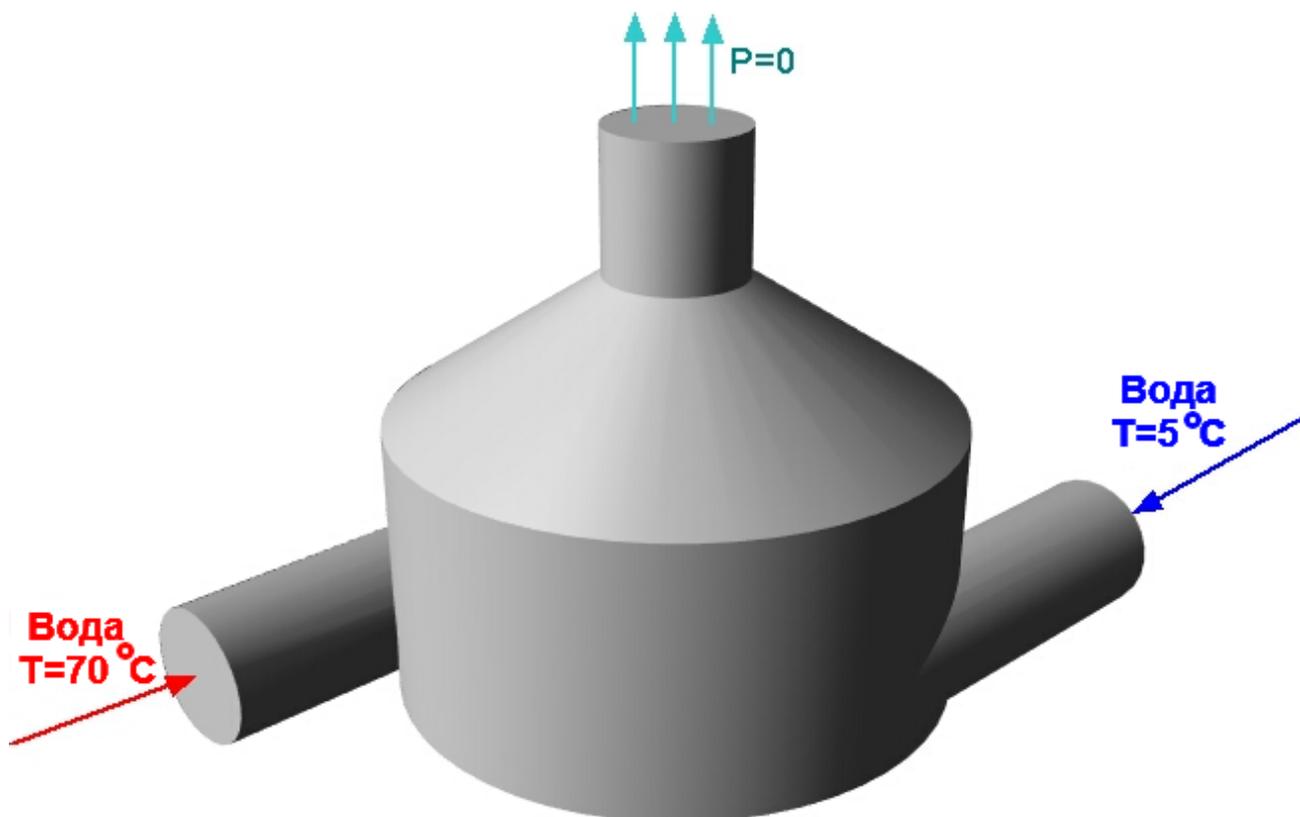


Значения параметров в панели свойств вводятся в текстовые поля либо выбираются из выпадающего списка.

## 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_rus.m3d`.

В качестве геометрической модели для учебного примера используется файл `mixerfv_rus.m3d`, входящий в комплект поставки *KompaFlow* (по умолчанию для версии 22 КОМПАС-3D этот файл находится в папке `C:\Program Files\ASCON\КОМПАС-3D v22\Libs\KompaFlow\Samples`).

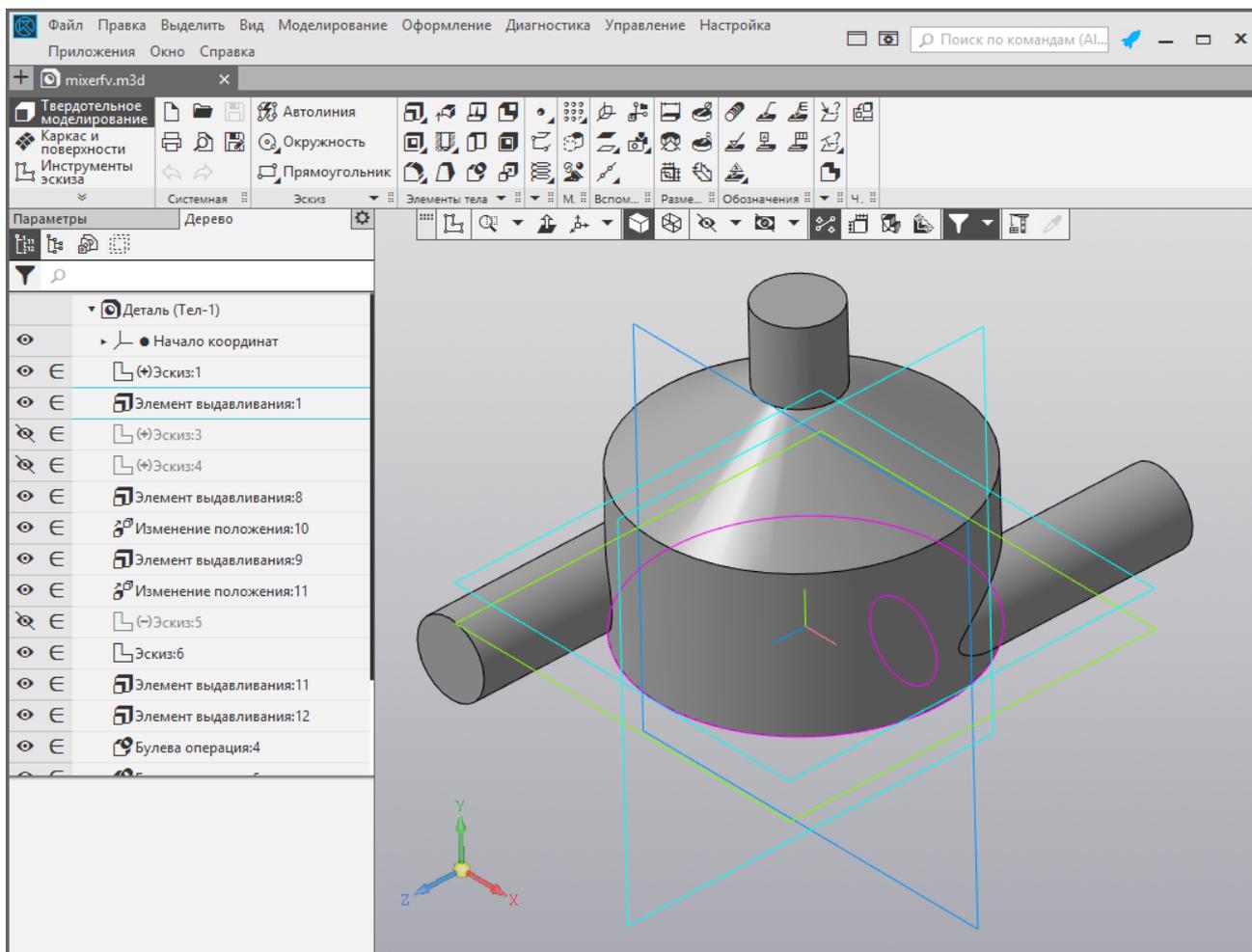
Скопируйте его в какую-либо папку, доступную для записи без наличия прав администратора (чтобы случайно не повредить исходный файл `mixerfv_rus.m3d` и поскольку настройки системных папок *Windows*, таких как `ProgramFiles`, могут не давать права на запись, необходимые для работы с геометрической моделью).

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

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

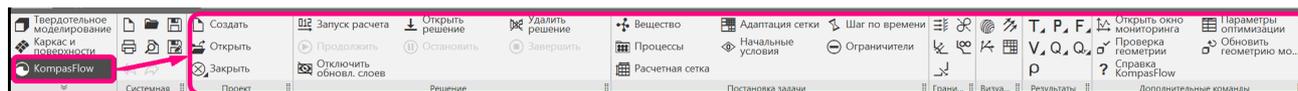
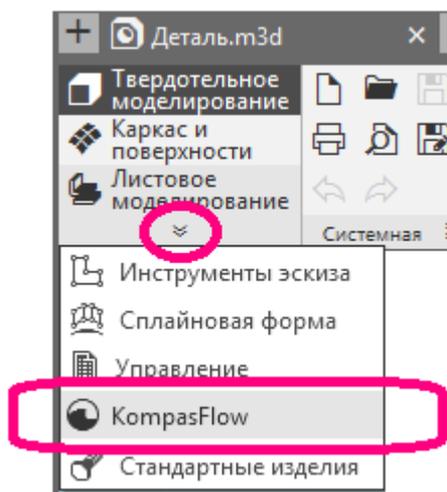
Загрузите геометрическую модель смесителя - из главного меню *КОМПАС-3D* примените команду  **Файл > Открыть** и в открывшемся окне выберите файл.

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



## Шаг 2. Откройте инструментальную панель KompasFlow.

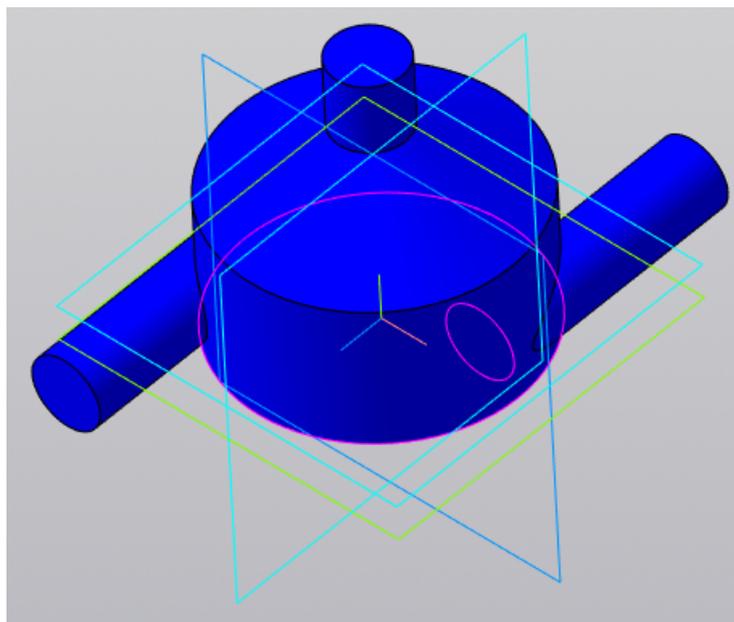
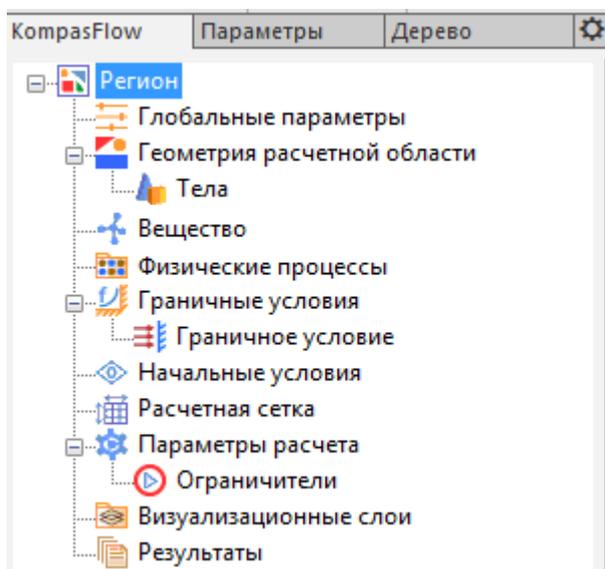
В списке инструментальных панелей откройте панель [KompasFlow](#) (при необходимости полностью раскройте список, нажав на символ  ):



### Шаг 3. Создайте расчетный проект KompasFlow

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

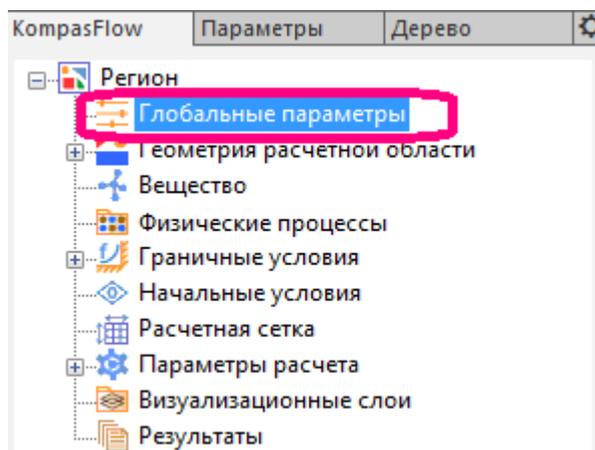
В области панелей управления *КОМПАС-3D* появится новая вкладка **KompasFlow** (дерево проекта *KompasFlow*):



Теперь новый 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

Параметр	Описание
Опорное давление	<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> $P_{abs} = P_{ref} + P$ $T_{abs} = T_{ref} + T$
Опорная температура	
Вектор гравитации > X	<p>Компоненты вектора гравитации вдоль координатных осей X, Y, Z, [мс<sup>-2</sup>].</p> <p>В нашем примере гравитация не оказывает существенного влияния на решение, поэтому не требуется изменять</p>

Параметр	Описание
Вектор гравитации > Y	нулевые значения компонент <b>Вектора гравитации</b> , используемые по умолчанию.
Вектор гравитации > Z	
Учет гидростатики	Выполнение расчета с учетом гидростатики. Учет гидростатики повышает точность расчета в условиях естественной конвекции или в случае моделирования жидкостей с существенной высотой гидростатического столба.  Возможные значения: <b>Да   Нет</b> . Если <b>Учет гидростатики = Да</b> , становятся доступными параметры гидростатической плотности ( <b>Параметры g-Плотности</b> ).  См. подробности в разделе <a href="#">Глобальные параметры</a> .
Параметры g-Плотности > ...	
Толерантность геом. выч.	Толерантность геометрических вычислений, т.е. точность, с которой определяются геометрические параметры (координаты точек геометрических объектов в проекте), [м].  Значение по умолчанию $10^{-8}$
Внешняя задача	Производить моделирование внешнего обтекания. Возможные значения: <b>Да   Нет</b> .
ГУ внешней области	Граничные условия внешней области (этот параметр применяется только при моделировании внешнего обтекания).

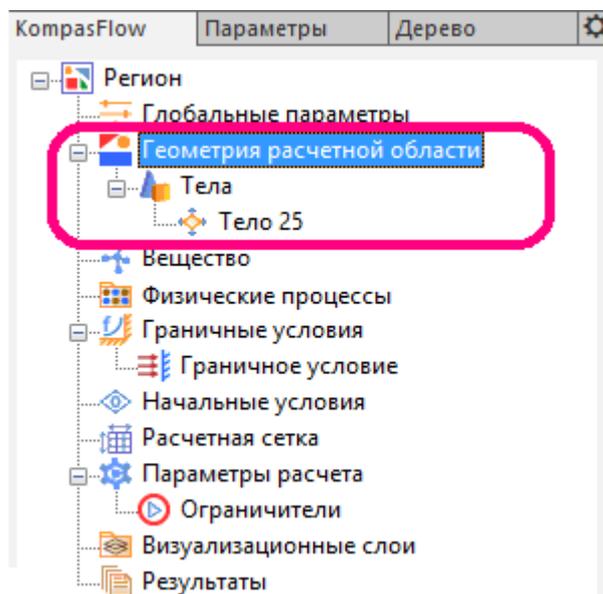
Для рассматриваемого примера подойдут имеющиеся значения по умолчанию:

- Опорное давление = 101000
- Опорная температура = 273
- Вектор гравитации > X = 0
- Вектор гравитации > Y = 0
- Вектор гравитации > Z = 0
- Учет гидростатики = Нет
- Толерантность геом. выч. =  $1e-08$
- Внешняя задача = Нет
- ГУ внешней области = Неотражающие (для случаев **Внешняя задача = Нет** этот параметр не применяется)

Панель свойств KompasFlow 	
[-] Глобальные параметры	
Опорное давление	101000
Опорная температура	273
[-] Вектор гравитации	
X	0
Y	0
Z	0
Учет гидростатики	Нет
Толерантность геом. выч.	1e-08
Внешняя задача	Нет
ГУ внешней области	Неотражающие

### 4.3 Представление геометрии расчетной области в дереве проекта

В дереве проекта *KompaFlow* располагается, среди прочих, папка [Геометрия расчетной области](#), содержащая подпапку **Тела**:

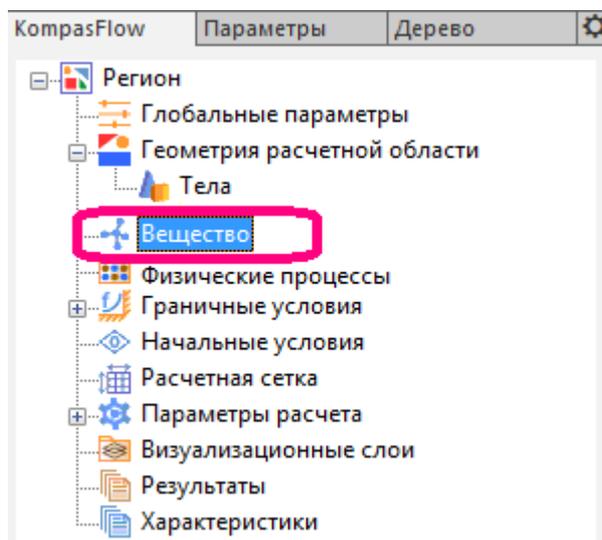


Если тело состоит из нескольких частей, в этой папке будут отображены все части. Здесь можно определить, какое тело будет основным расчетным объемом, а какое будет вставкой, изменяющей расчетный объем.

Папка **Тела** в нашем учебном примере не используется.

## 4.4 Вещество и его параметры

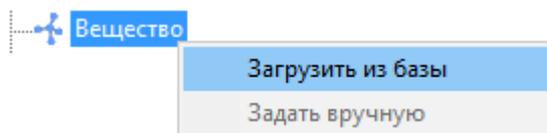
Параметры моделируемого вещества задаются в панели свойств элемента [Регион > Вещество](#) в дереве проекта *KompaFlow*.



В нашем примере будет моделироваться течение воды.

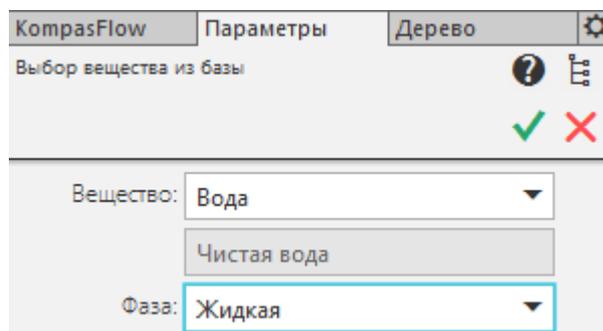
**Шаг 1. Открытие контекстного меню элемента Вещество и выбор в нем пункта "Загрузить из базы".**

Нажмите правой кнопкой мыши на элемент **Вещество** в дереве проекта *KompaFlow*. Откроется контекстное меню, выберите в нем пункт **Загрузить из базы**:



**Шаг 2. Выбор Вещества и его Фазы.**

В области панелей управления *КОМПАС-3D* откроется вкладка **Параметры**, в которой нужно выбрать **Вещество** и его **Фазу**. Задайте **Вещество=Вода** и **Фаза=Жидкая** (выберите значения из выпадающих списков). Когда эти параметры будут заданы, появится пиктограмма :



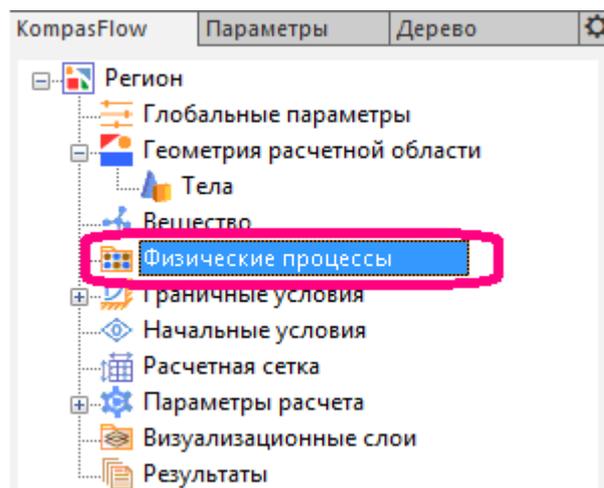
### Шаг 3. Подтверждение выбора Вещества.

Нажмите на пиктограмму . Снова откроется дерево проекта *KompasFlow*, причем в свойствах элемента **Вещество** будут указаны название вещества и фаза, а в качестве значений, соответствующих физическим свойствам, будет указано **Из базы веществ**:

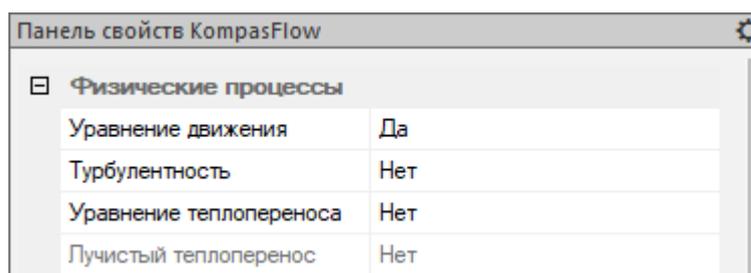
Свойство	Значение
☐ <b>Вещество</b>	
Название	Вода - Жидкая
Агрегатное состояние	Жидкость
Плотность	Из базы веществ
Молярная масса	Из базы веществ
Вязкость	Из базы веществ
Теплопроводность	Из базы веществ
Удельная теплоемкость	Из базы веществ

## 4.5 Физические процессы

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



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



Задайте следующие значения параметров **Физических процессов**:

- **Уравнение движения = Да**
- **Турбулентность = Да**
- **Уравнение теплопереноса = Да**
- **Лучистый теплоперенос = Нет**

## 4.6 Граничные условия

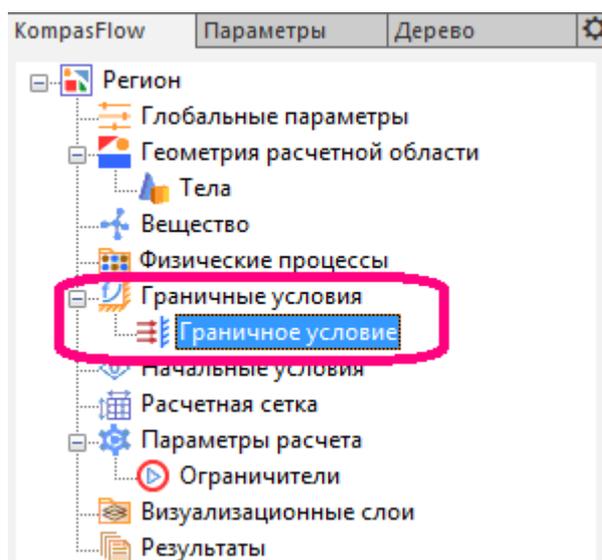
Моделирование всего бесконечного пространства невозможно, поэтому оно ограничено некоторой расчетной областью, на границах которой нужно настроить граничные условия, адекватно описывающие пространство за пределами расчетной области (см. подробности и описание интерфейса в разделе [Граничные условия](#)).

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

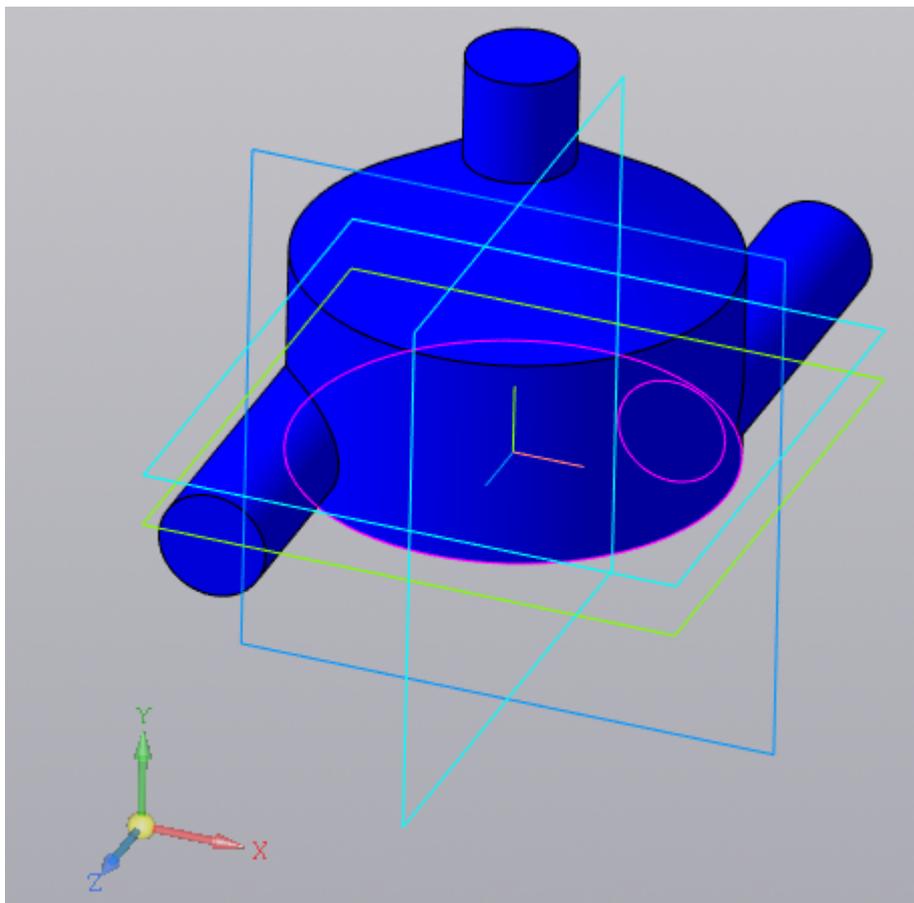
- [Симметрия](#)
- [Стенка](#)
- [Вход/Выход](#)
- [Свободный выход](#)
- [Неотражающее](#)

**Граничные условия** устанавливаются на гранях модели, выбираемых в графической области (см. пошаговую процедуру в подразделе *"Расстановка граничных условий на группах фасеток"* ниже).

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



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



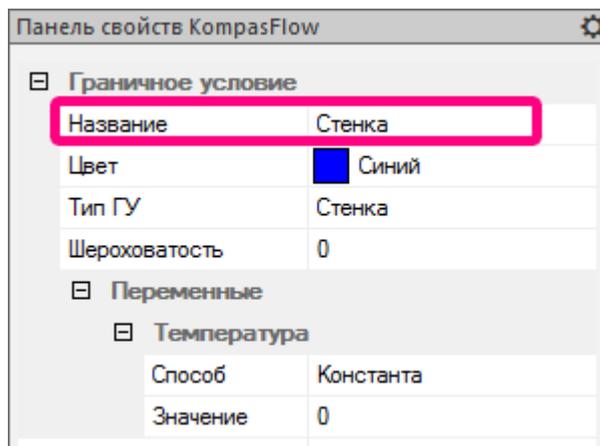
Для задания **Граничных условий** (ГУ) в нашем примере нужно:

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

## Создание Граничных условий

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

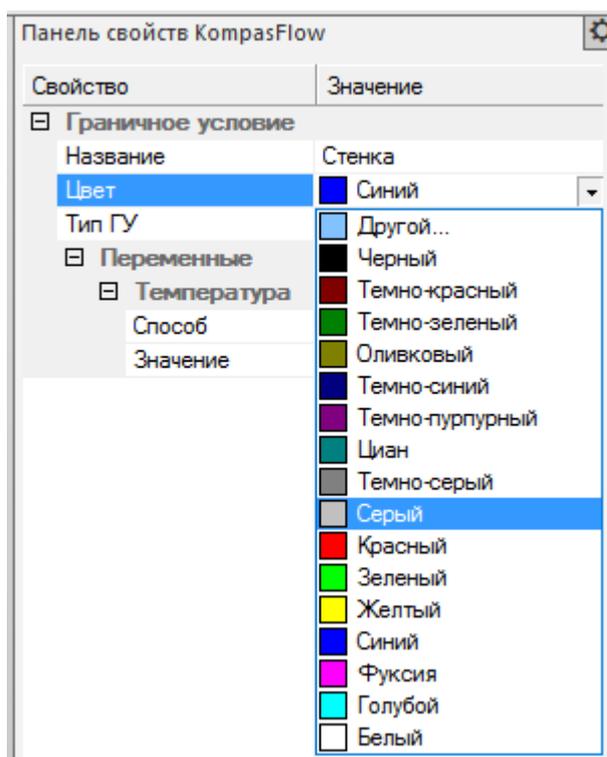
В дереве проекта, в свойствах элемента **Регион > Граничные условия > Граничное условие**, измените значение параметра **Название**. Дайте ему осмысленное значение **Стенка**:



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.

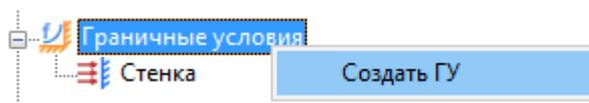
В свойствах элемента **Регион > Граничные условия > Стенка** задайте **Цвет=Серый** (выберите цвет из списка):



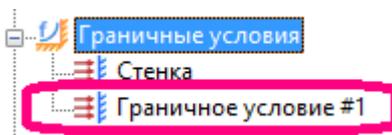
В результате все грани, связанные с этим ГУ, поменяют свой цвет.

### 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 ГУ = 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 ГУ = 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:

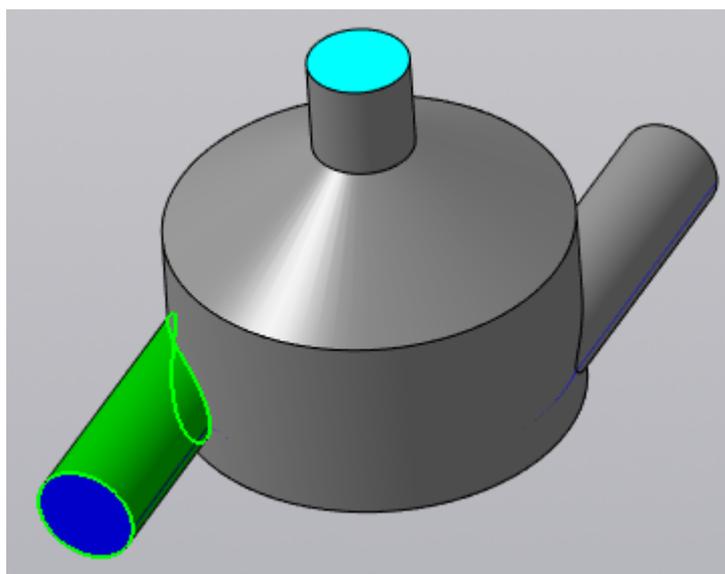
- **Название = Выход**
- **Цвет =** ■ **Голубой**
- **Тип ГУ = Свободный выход**

## Расстановка граничных условий на группах фасеток

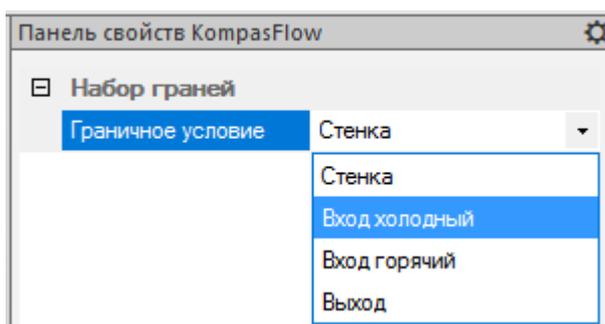
Нам потребуется задать **Граничные условия** на группах фасеток (гранях геометрической модели), соответствующих входу холодной и горячей воды, выходу смешанной воды и стенкам смесителя.



Для выделения нужной группы фасеток нажмите на изображение соответствующей поверхности в графической области окна КОМПАС-3D (после чего это изображение будет выделено зеленым цветом):

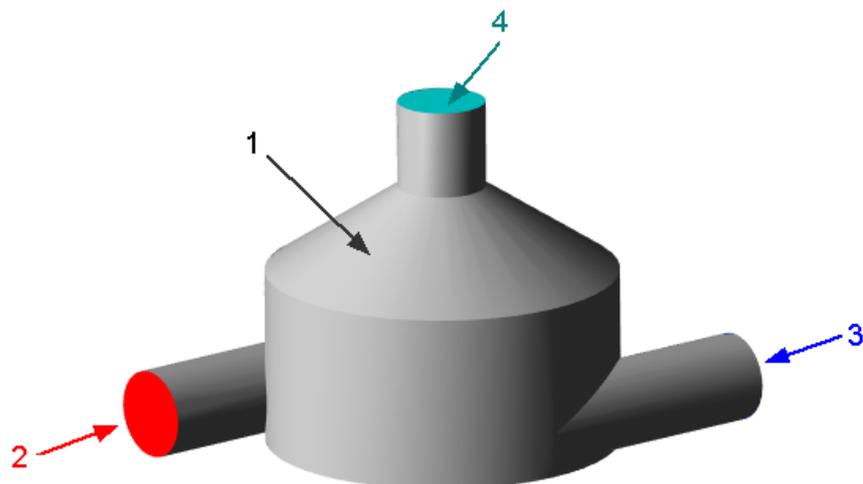


В панели свойств при этом отобразится корневой элемент **Набор граней**, содержащий параметр **Граничное условие**, значение которого выбирается из выпадающего списка:



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

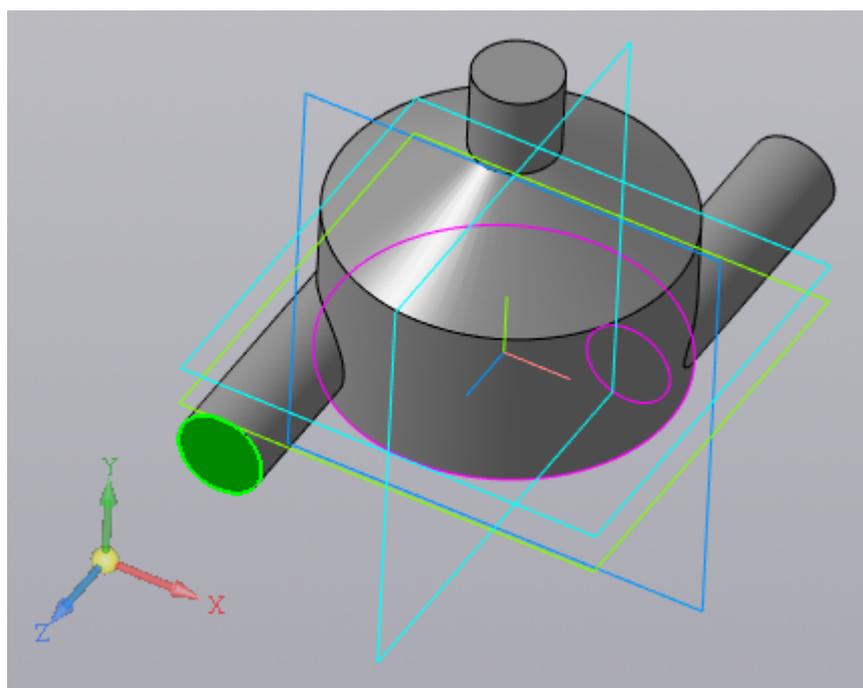
Поскольку на всех группах фасеток уже стоит граничное условие **Стенка**, остается только изменить **Граничные условия** на сечениях впускных трубок и выпускной трубки в соответствии с приведенной ниже иллюстрацией:



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

### Шаг 1.

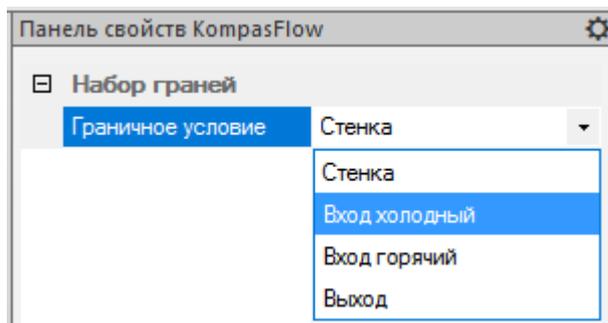
Нажмите на изображение сечения одной из впускных трубок в графической области окна КОМПАС-3D, оно подсветится зеленым цветом.



### Шаг 2.

В панели свойств откроются параметры соответствующего элемента **Набор граней**.

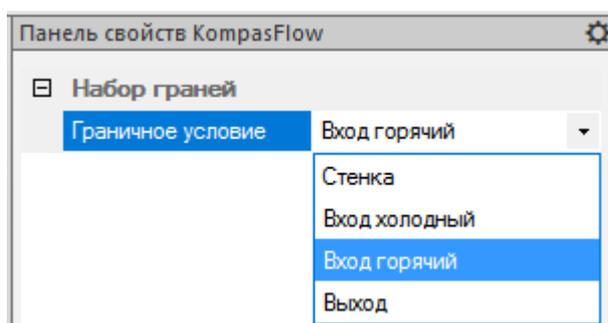
Задайте там **Граничное условие = Вход холодный**:



### Шаг 3.

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

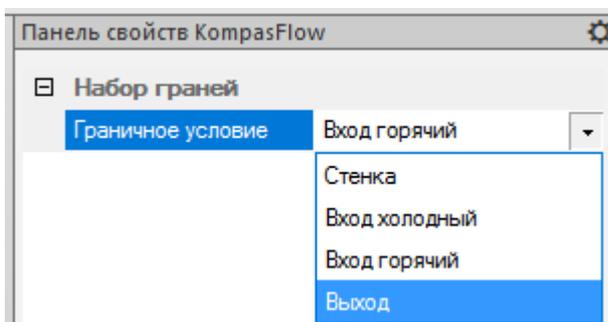
В панели свойств откроются параметры соответствующего элемента **Набор граней**, задайте там **Граничное условие = Вход горячий**:



### Шаг 4.

Если сечение выпускной трубки не видно, разверните изображение смесителя так, чтобы оно стало видно. Нажмите на сечение выпускной трубки.

В панели свойств откроются параметры соответствующего элемента **Набор граней**, задайте там **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.

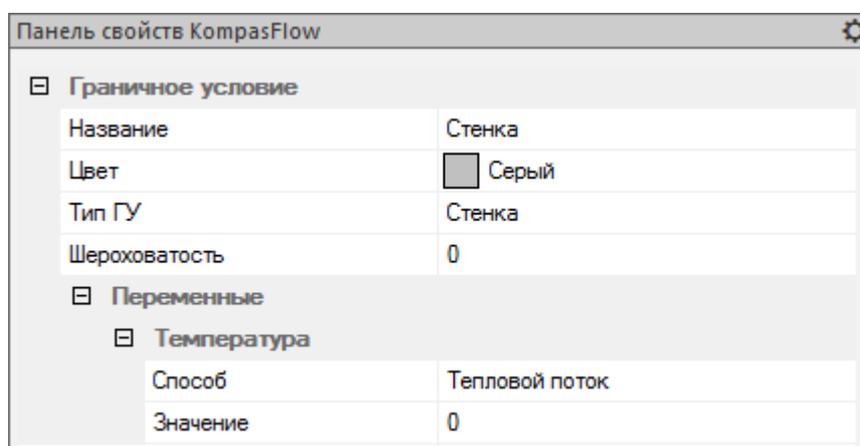
Выделяйте по очереди **Граничные условия** и в панели свойств задайте их параметры.

### 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. Эти изменения сохраняются в панели свойств **Стенки**:



### Шаг 2.

Для граничного условия **Вход холодный** задайте:

- **Переменные > Скорость > Способ = Нормальная массовая скорость**
- **Переменные > Скорость > Значение = 1273.24** Здесь задается нормальная массовая скорость потока,  $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$ . Значение  $1273.24 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  получается при делении массового расхода  $0.1 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$  на площадь сечения подводящей трубки диаметром  $0.01 \text{ м}$  ( $7.854 \times 10^{-5} \text{ м}^2$ ).
- **Переменные > Температура > Значение = 5** (это означает превышение на  $5 \text{ [K]}$  над значением [опорной температуры](#)  $273 \text{ [K]}$ , т.е. соответствует температуре  $5^\circ \text{C}$ )

### Шаг 3.

Для граничного условия **Вход горячий** задайте:

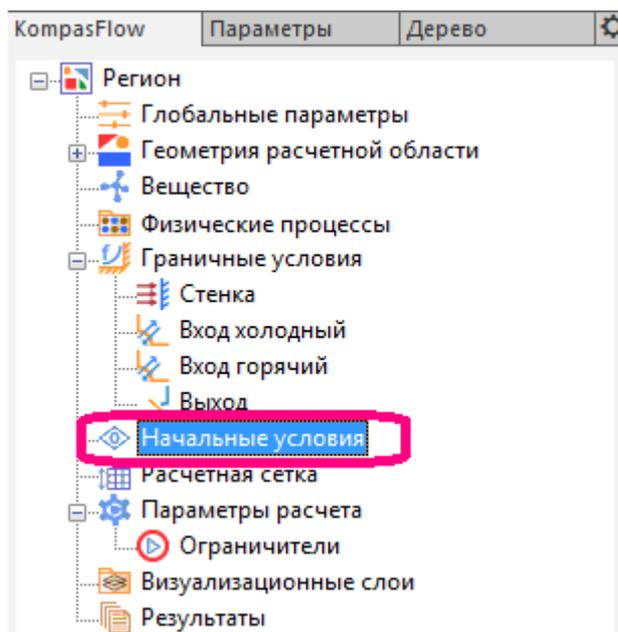
- **Переменные > Скорость > Способ = Нормальная массовая скорость**
- **Переменные > Скорость > Значение = 1273.24** Здесь задается нормальная массовая скорость потока,  $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$ . Значение  $1273.24 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  получается при делении массового расхода  $0.1 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$  на площадь сечения подводящей трубки диаметром  $0.01 \text{ м}$  ( $7.854 \times 10^{-5} \text{ м}^2$ ).
- **Переменные > Температура > Значение = 70** (это означает превышение на  $70 \text{ [K]}$  над значением опорной температуры  $273 \text{ [K]}$ , т.е. соответствует температуре  $70^\circ \text{C}$ ).

**Шаг 4.**

Для граничного условия **Выход** задайте:

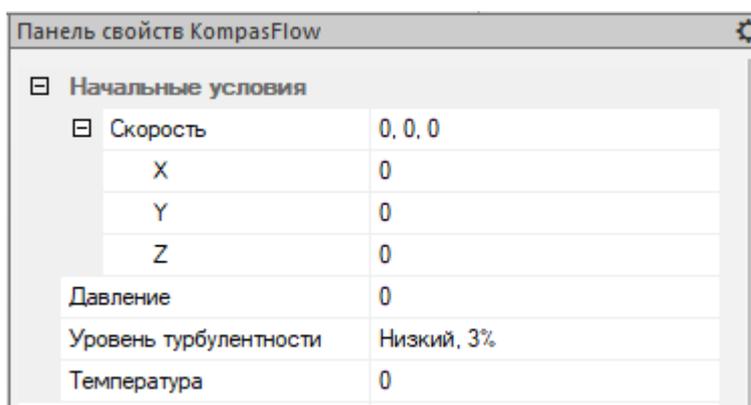
- **Переменные > Скорость > Давление = 0** (превышение над [опорным давлением](#), задается в [Па])
  - **Переменные > Температура > Значение = 5** (превышение над [опорной температурой](#) 273[K], это значение температуры применяется *только при обратном потоке* жидкости через граничное условие)
-

## 4.7 Начальные условия



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

По умолчанию все числовые переменные в начальный момент имеют нулевые значения и **Уровень турбулентности = Низкий, 3%**:



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

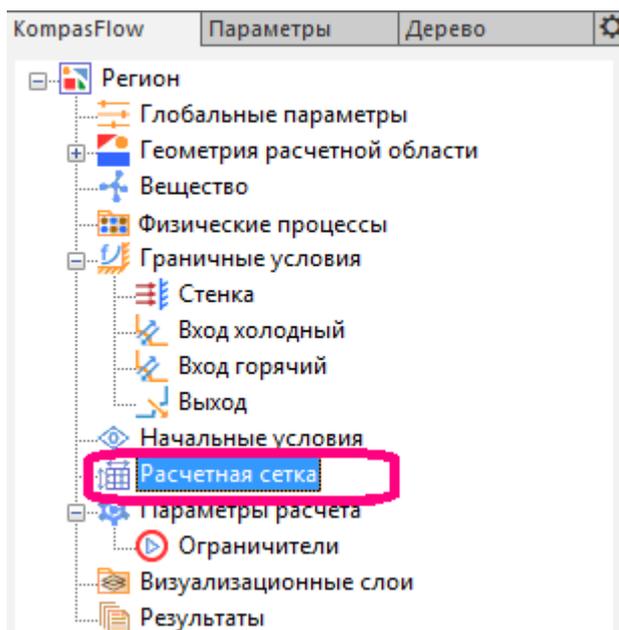
В нашем учебном примере **Начальные условия** соответствуют неподвижной жидкости с температурой 5°C (т.е. на 5 [K] превышающей значением [опорной температуры](#) 273 [K]) и с давлением, совпадающим с [опорным давлением](#) (101000 [Па]).

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 Расчетной сетки](#).

б) задание локальной [Адаптации](#)

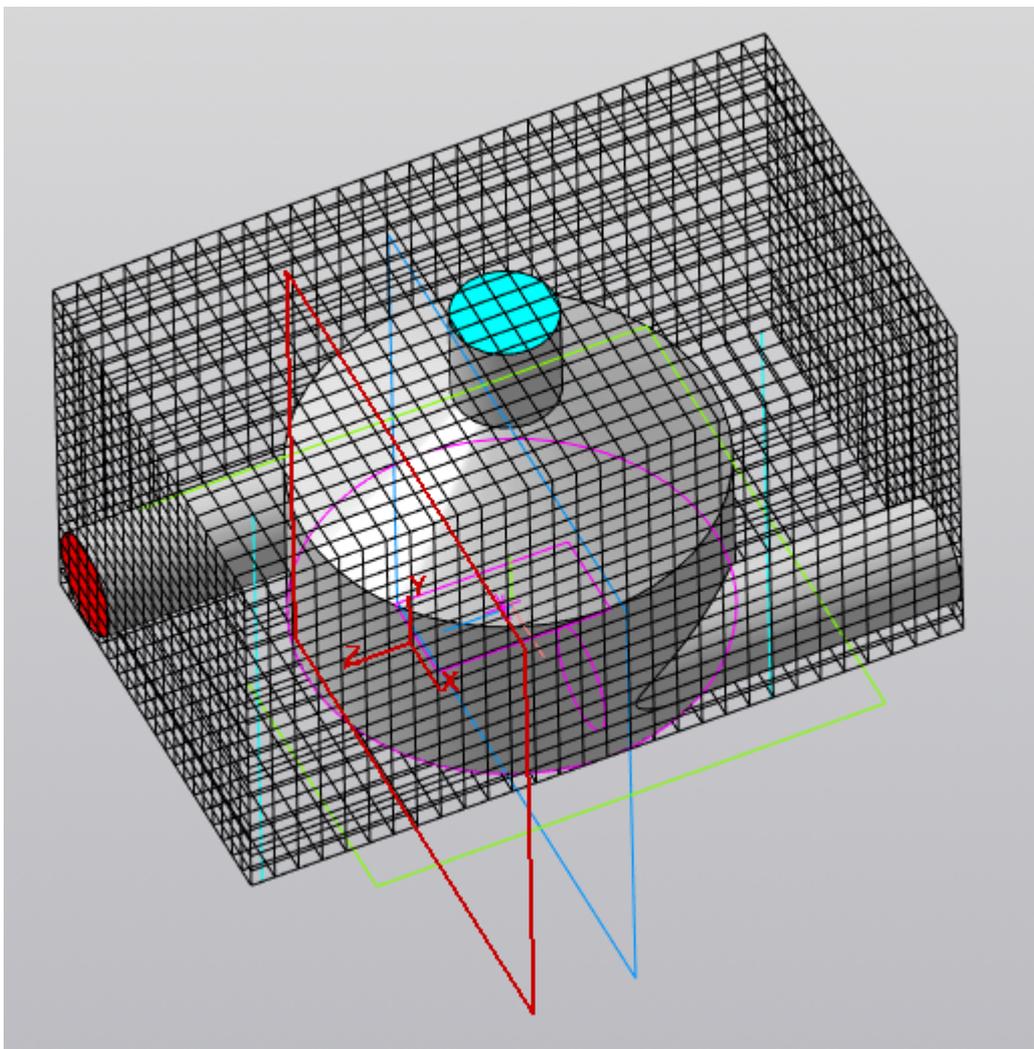
### 4.8.1 Начальная расчетная сетка

Начальная сетка в *KompaFlow* 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:



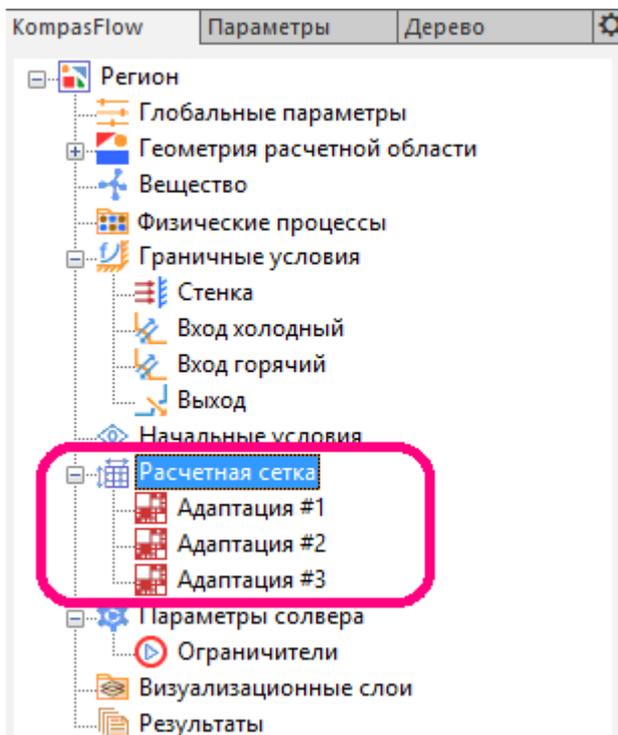
#### 4.8.2 Адаптация

*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.

Имеется возможность задать количество *слоев адаптации*, относящихся к одному уровню 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*.

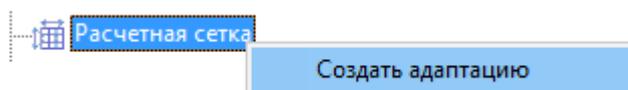


В нашем примере будет задана адаптация на поверхности стенок смесителя, с разбиением не больше, чем на один уровень, с тремя слоями проадаптированных ячеек, примыкающих к стенкам смесителя.

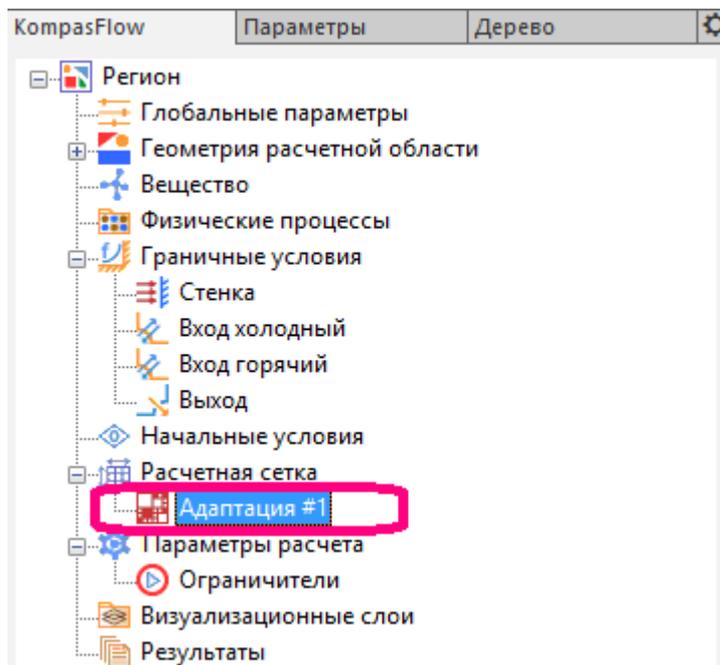
Выполните следующие действия:

### Шаг 1.

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



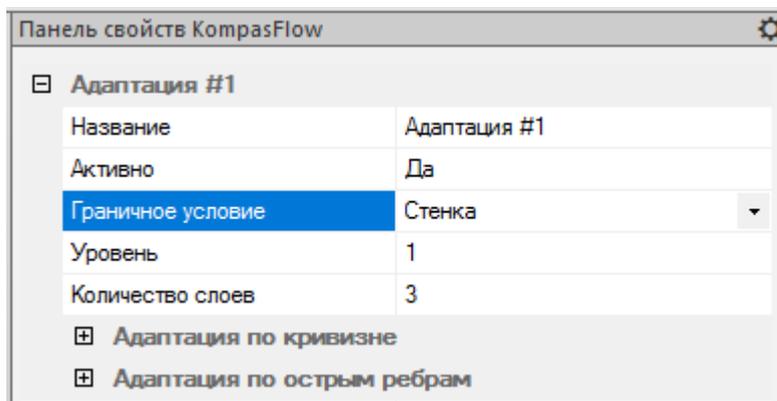
В дереве проекта появится элемент **Адаптация #1**:



## Шаг 2.

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

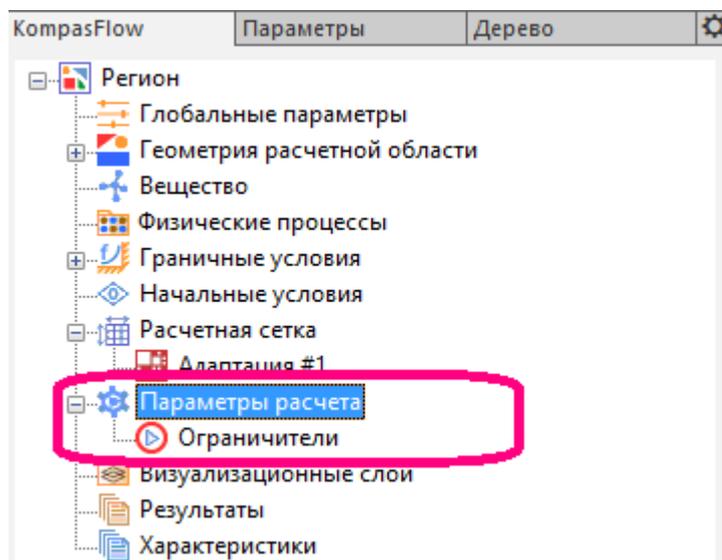
- **Активно = Да** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)
- **Граничное условие = Стенка**
- **Уровень = 1** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)
- **Количество слоев = 3** (оставьте неизменным значение, применяемое по умолчанию)



Не меняйте параметры в группах **Адаптация по кривизне** и **Адаптация по острым ребрам**.

## 4.9 Параметры управления расчетом

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

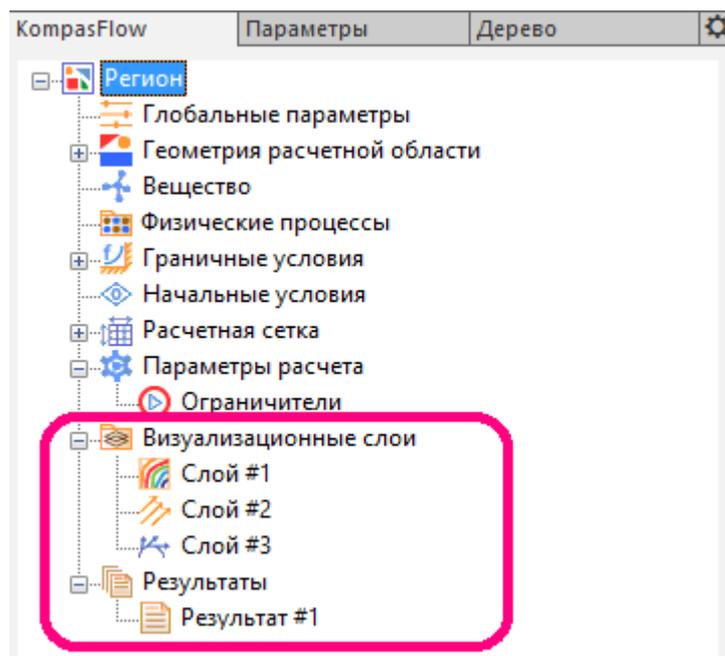


Задайте следующие значения в панели свойств элемента **Параметры расчета**:

- **CFL = 50**
- **Макс. шаг по времени = 0.01**
- **Моделируемое время = 15**

Не изменяйте параметры элемента **Параметры расчета > Ограничители**, заданные по умолчанию.

## 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**)

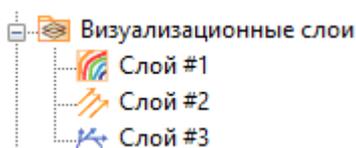
Изображения **Слоев** отображаются в графической области окна КОМПАС-3D (см. [Визуальное наблюдение слоев в ходе расчета](#)).

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

### 4.10.1 Создание Слоев

Для графического отображения результатов расчета применяются **Визуализационные слои**.

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

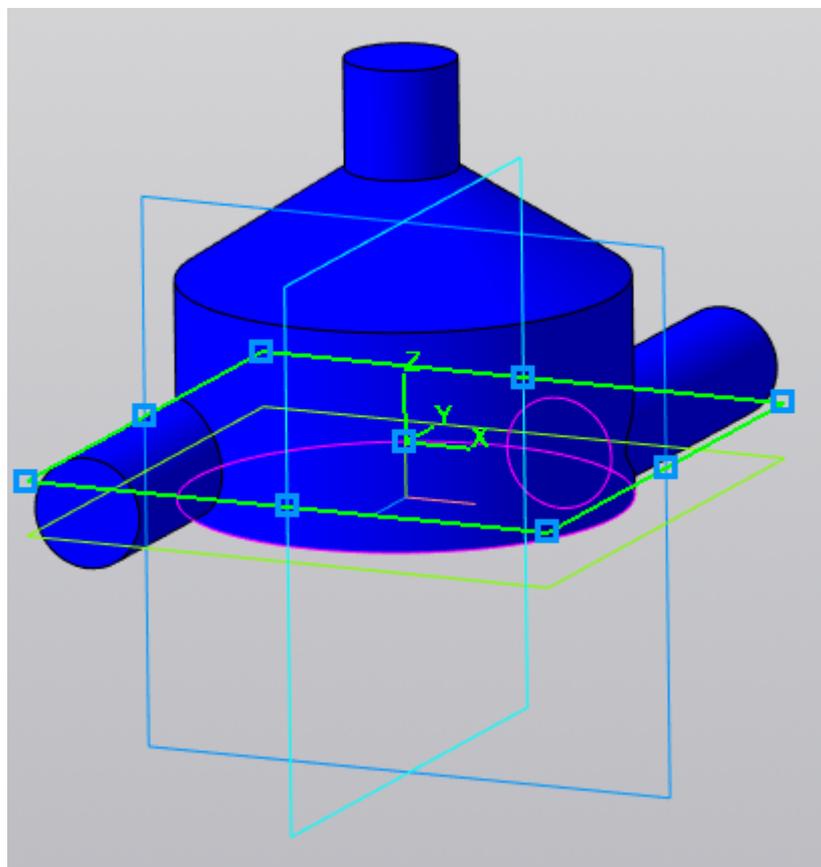
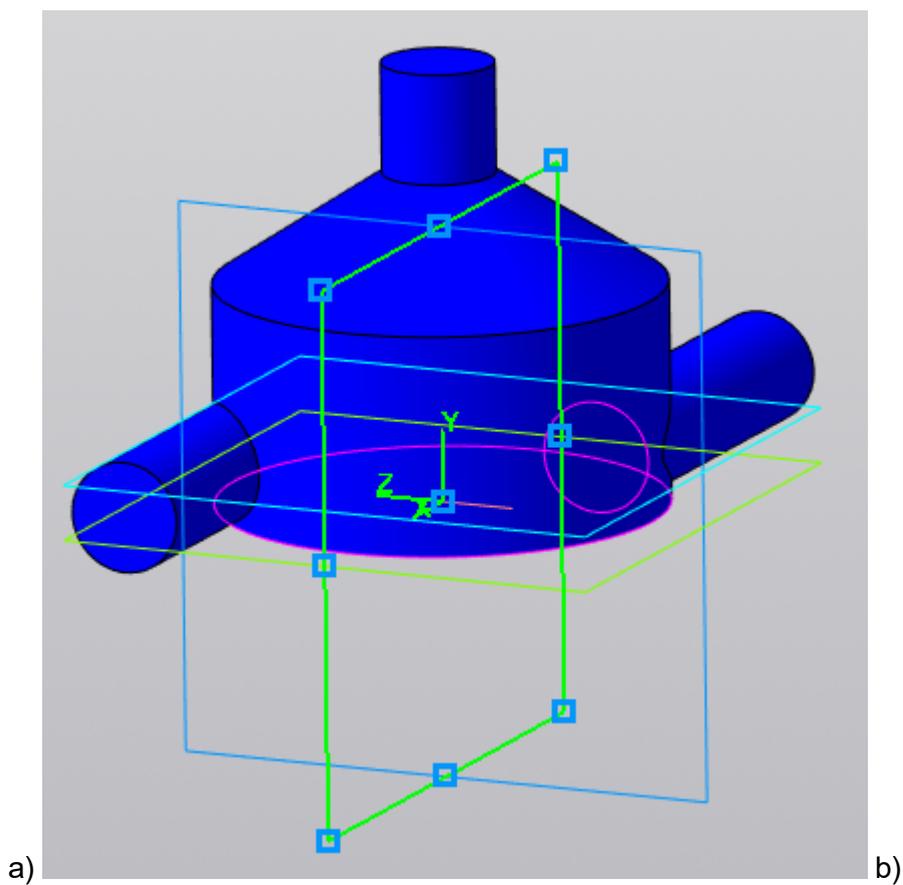


**Слой** строятся в объеме, на плоскостях или на геометрических поверхностях.

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

- одна из **Плоскостей** - вертикальная плоскость, параллельная впускным трубкам и проходящая через ось симметрии смесителя
- другая **Плоскость** - горизонтальная плоскость, проходящая через оси впускных трубок

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



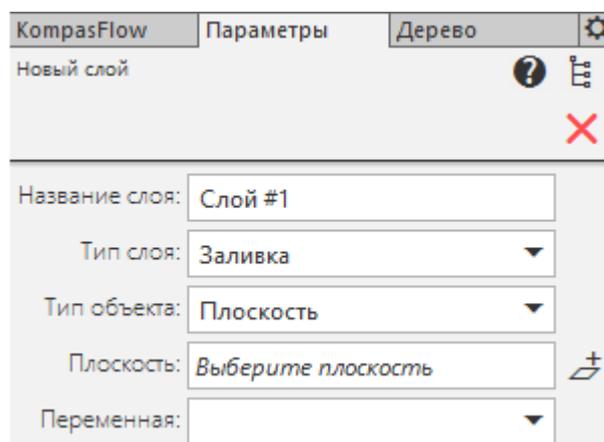
## Смещенные плоскости 1 и 2, первоначально заданные в файле mixerfv\_rus.m3d (обозначены зеленым цветом и девятью точками)

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 в отдельной вкладке **Дерево**, а затем 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.

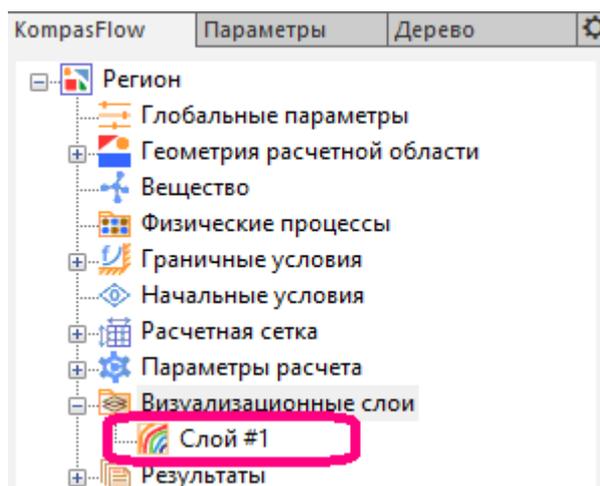


Параметры **Название слоя**, **Плоскость**, **Поверхность**, **Переменная** при желании можно изменить и после создания **Слоя**, в его в панели свойств.

### 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:

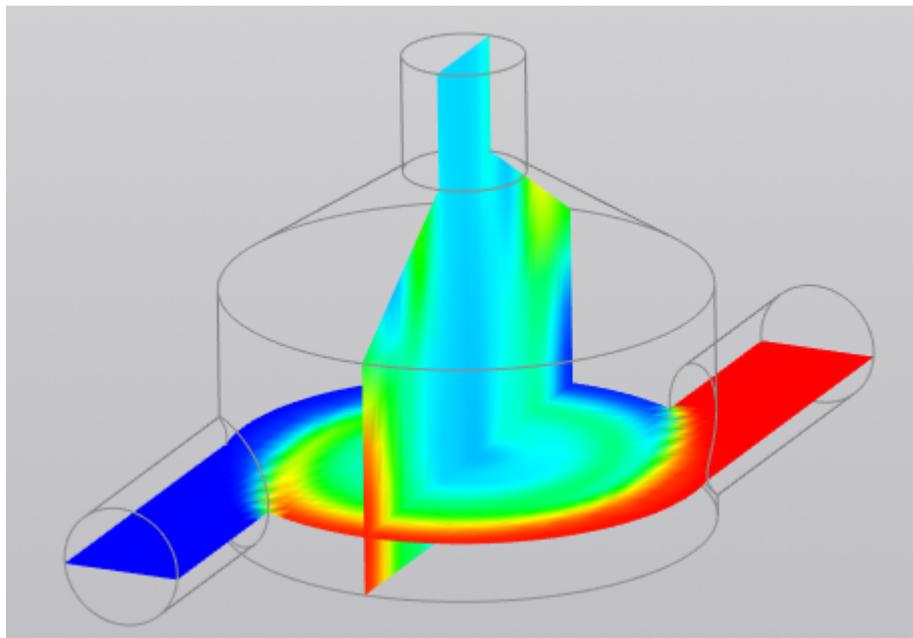
- **Слой #2** на **Смещенной плоскости:2** с параметрами: **Тип слоя = Заливка**, **Переменная = Температура**.
- **Слой #3** на **Смещенной плоскости:1** с параметрами: **Тип слоя = Векторы**, **Переменная = Скорость**, **Переменная закрашки = Нет**.
- **Слой #4** на **Смещенной плоскости:2** с параметрами: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

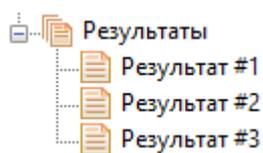


Отображение распределения температур по двум пересекающимся плоскостям в единой шкале (от 0 до 70 градусов)

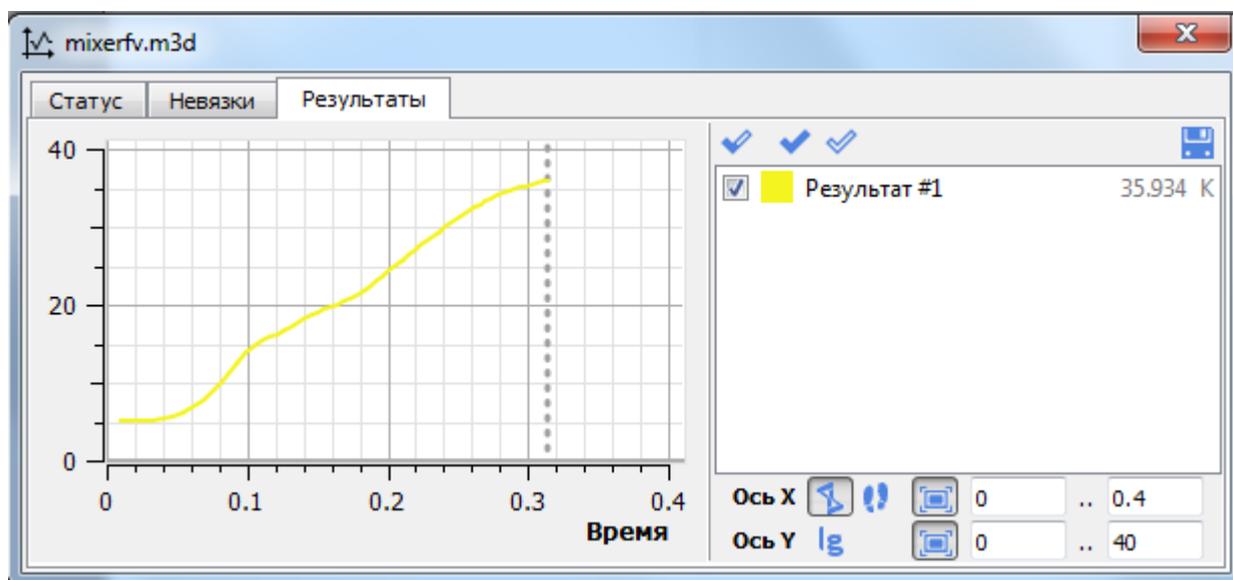
#### 4.10.2 Создание Результатов

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](#):



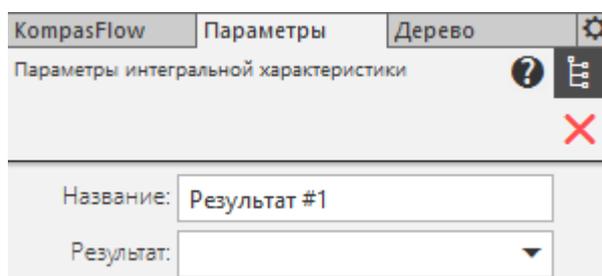
Графики **Результатов** удобно использовать для оценки сходимости решения. Например, когда средняя температура на выходе из смесителя перестанет меняться, можно судить о том, что решение сошлось и дальнейший расчет не имеет смысла.

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**:

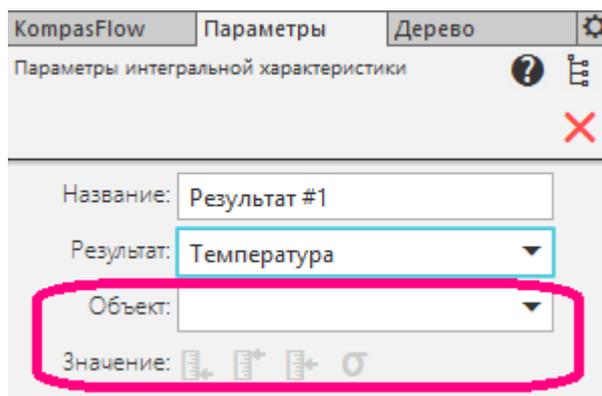


### Шаг 2.

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

Во вкладке **Параметры** появятся поля:

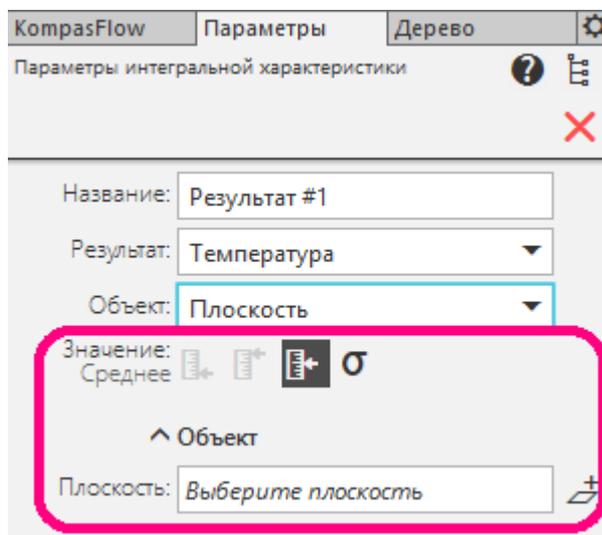
- **Объект** (возможные варианты: **Расчетная область** | **Плоскость** | **Поверхность** | **Точка**)
- **Значение** (на этом шаге данное поле неактивно)



### Шаг 3.

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

Поле **Значение** станет активным (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**.

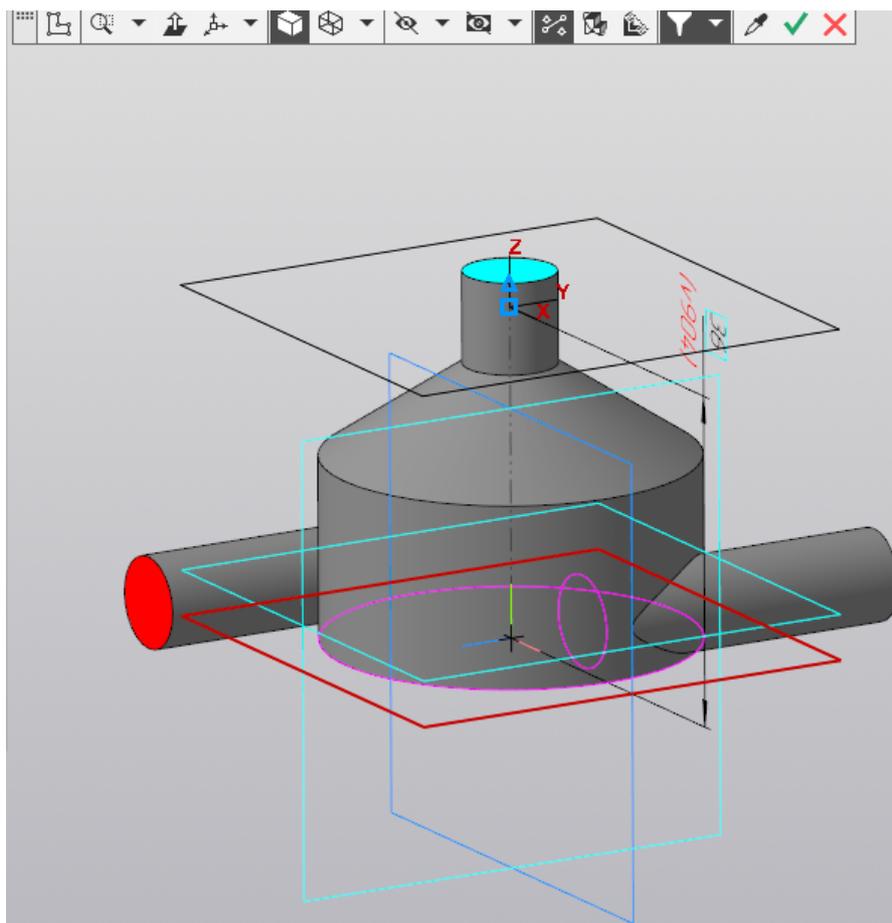
Наш **Результат #1** будет вычисляться как средняя температура на сечении выходной трубки новой **Плоскостью**, смещенной относительно граничного условия **Выход**.

**Шаг 5.**

Во вкладке **Параметры** откроется форма для создания новой **Смещенной плоскости**.

Нажмите пиктограмму , затем раскройте объект **Начало координат** (нажмите на  ● Начало координат ) и выберите плоскость **ZX**.

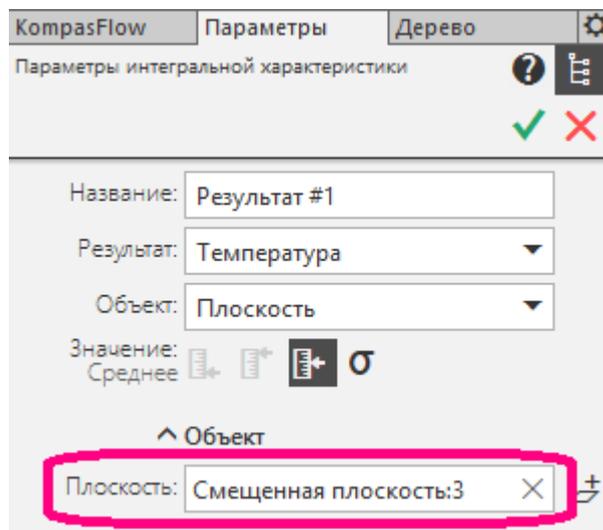
Создайте **Смещенную плоскость**, параллельную плоскости **XZ** и находящуюся от нее на расстоянии **36 мм**:



Затем нажмите на пиктограмму .

**Шаг 6.**

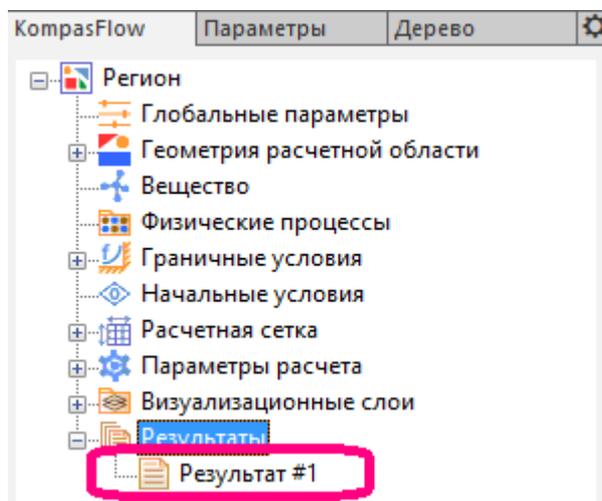
Произойдет возврат в предыдущую форму для задания параметров, причем поле **Плоскость** будет содержать значение **Смещенная плоскость:3**:



**Шаг 7.**

Нажмите на появившуюся пиктограмму .

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



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 Запуск проекта на расчет

Запустите проект на расчет:

#### Шаг 1.

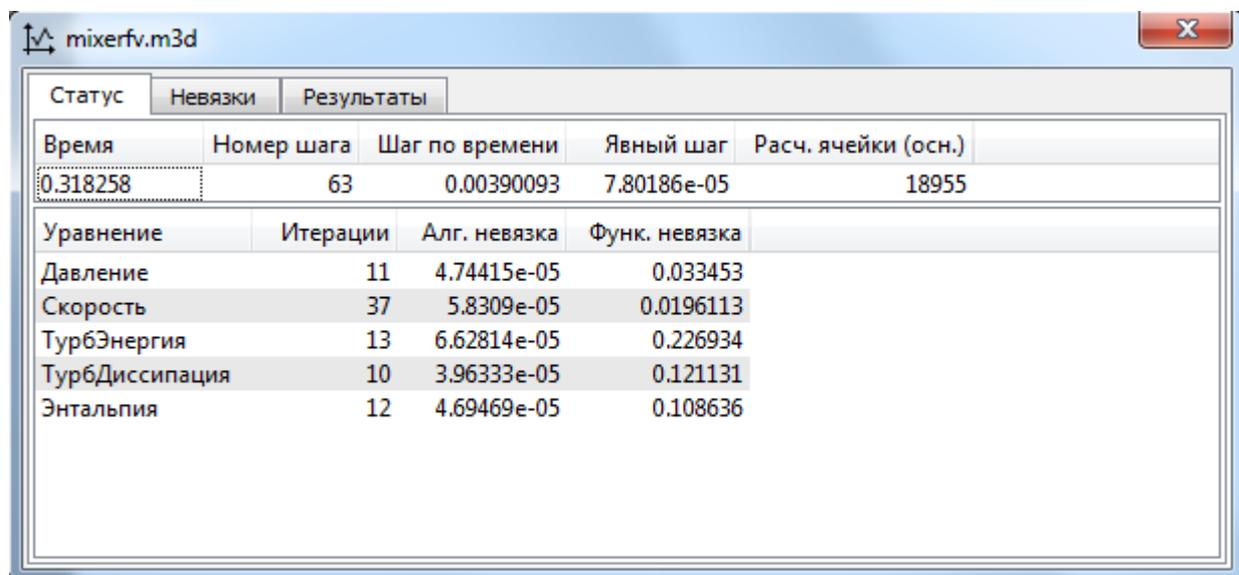
В [инструментальной панели KompasFlow](#) нажмите на кнопку  (Запуск расчета).



После установки *KompasFlow*, при первом запуске расчета, может произойти задержка длительностью более минуты.

#### Шаг 2.

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



Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
0.318258	63	0.00390093	7.80186e-05	18955

Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка
Давление	11	4.74415e-05	0.033453
Скорость	37	5.8309e-05	0.0196113
ТурбЭнергия	13	6.62814e-05	0.226934
ТурбДиссипация	10	3.96333e-05	0.121131
Энтальпия	12	4.69469e-05	0.108636

**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 KompasFlow](#).

#### Шаг 3.

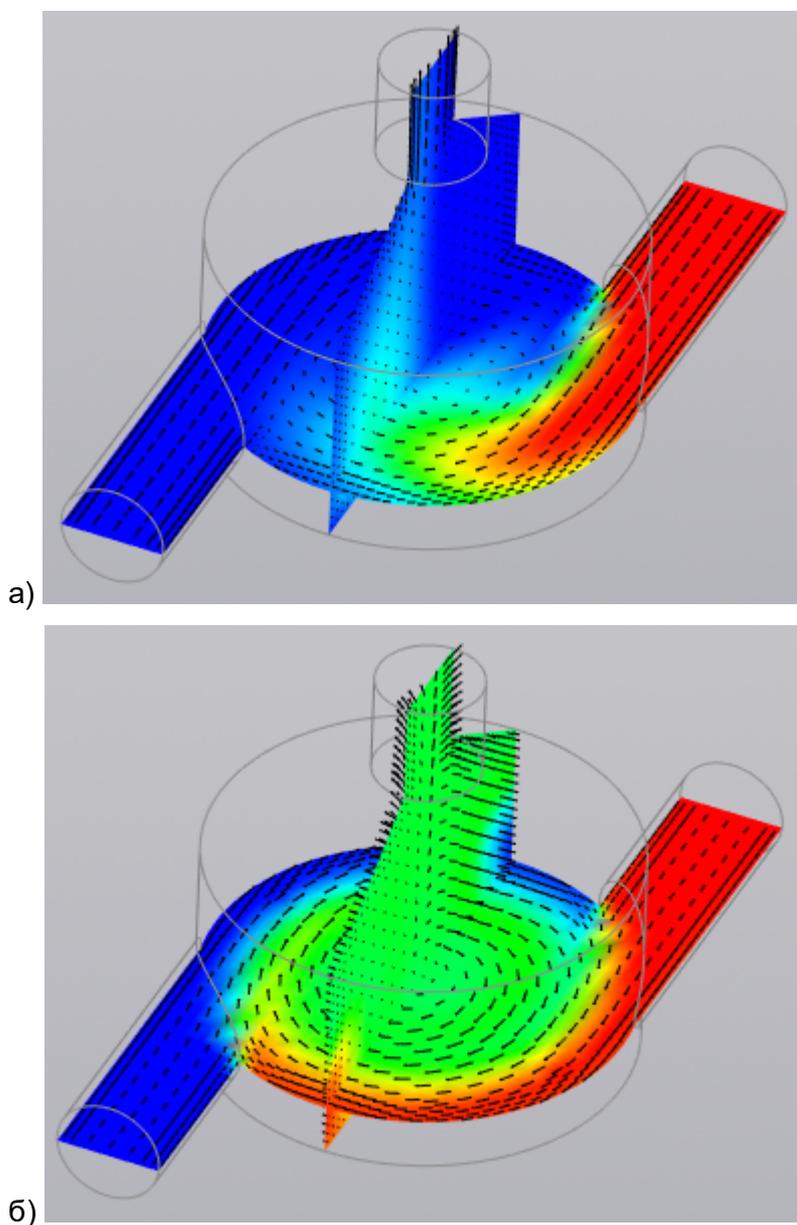
При желании, расчет можно остановить, нажав в [инструментальной панели KompasFlow](#) на кнопку  (Остановить) и возобновить, нажав на кнопку  (Продолжить).

### 4.10.4 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**

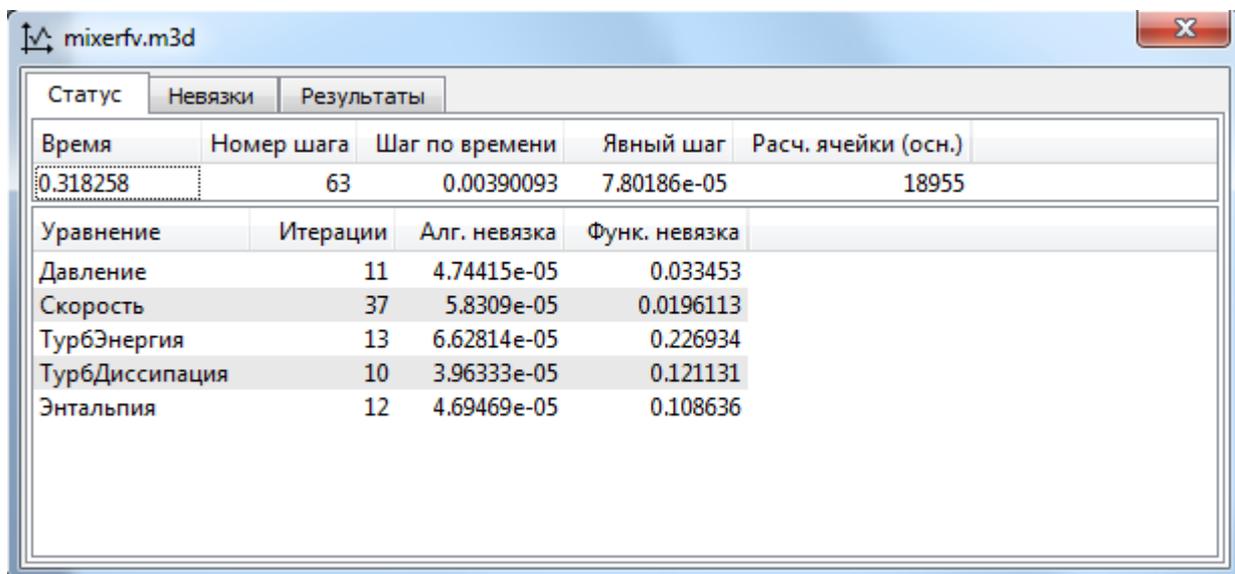
## Шаг 2.

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

#### 4.10.5 Просмотр данных в окне "Мониторинг"

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

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



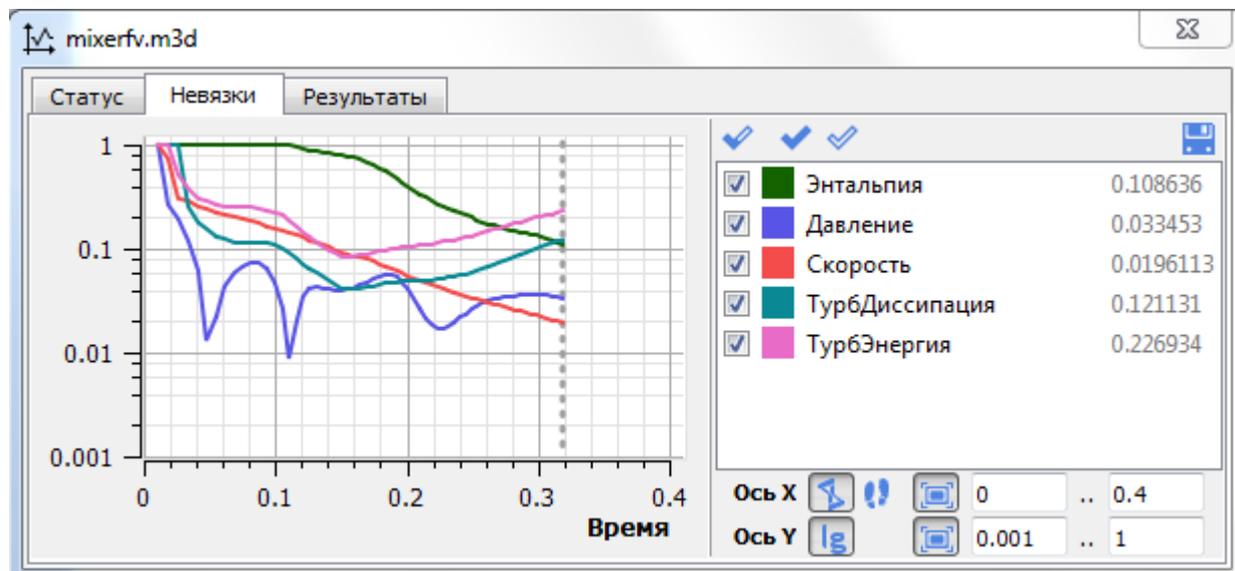
Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
0.318258	63	0.00390093	7.80186e-05	18955

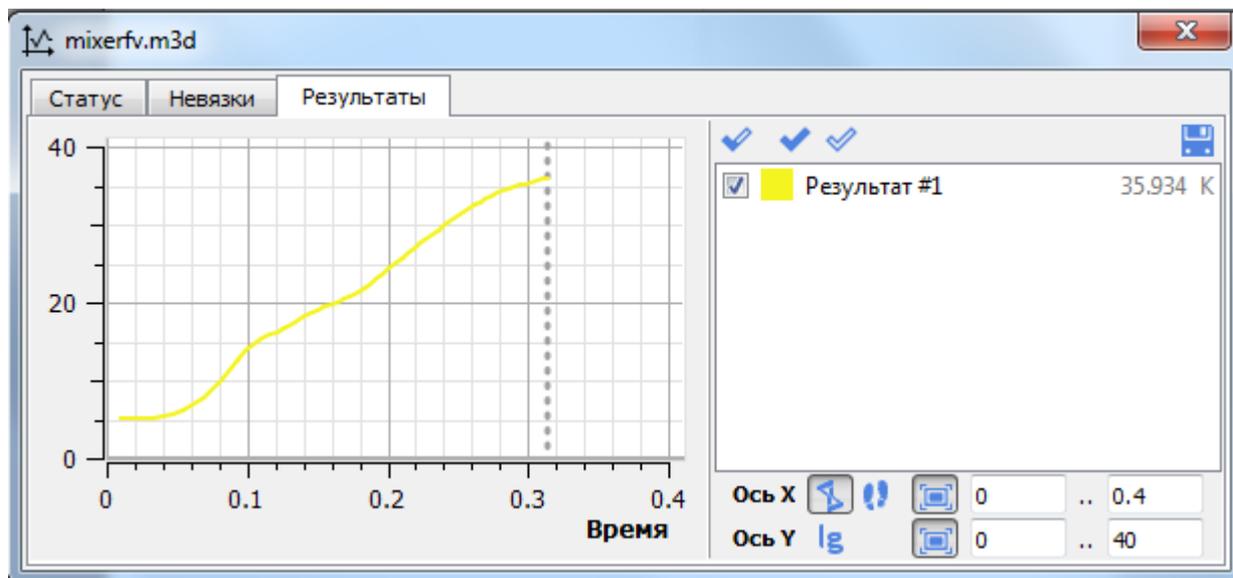
Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка
Давление	11	4.74415e-05	0.033453
Скорость	37	5.8309e-05	0.0196113
ТурбЭнергия	13	6.62814e-05	0.226934
ТурбДиссипация	10	3.96333e-05	0.121131
Энтальпия	12	4.69469e-05	0.108636

Окно мониторинга, вкладка Статус

- б) во вкладках **Невязки** и **Результаты** - графики изменения контрольных параметров и графики созданных ранее [Результатов](#):



Окно мониторинга, вкладка Невязки



Окно мониторинга, вкладка Результаты

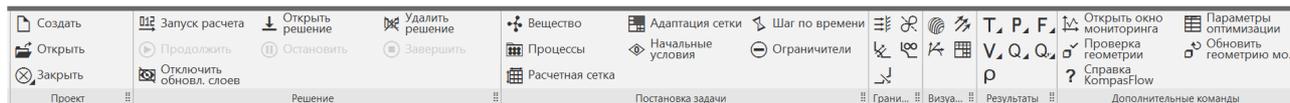
## 5 Справочник по интерфейсу KompasFlow

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](#)
  - [Физические процессы](#)
  - [Граничные условия](#)
  - [Начальные условия](#)
  - [Расчетная сетка и ее Адаптации](#)
  - [Параметры расчета и Ограничители](#)
  - [Визуализационные слои](#)
  - [Результаты](#)
- [Окно мониторинга](#)
- [Изменение проекта на связи с солвером](#)

## 5.1 Инструментальная панель KompasFlow



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

- **Проект** – применяются для создания, открытия, закрытия, сохранения и удаления проекта *KompasFlow* без влияния на геометрическую модель (проект *КОМПАС-3D*).
- **Решение** – применяются для управления расчетом проекта *KompasFlow*
- **Постановка задачи** – переводит фокус в [дереве проекта](#) на соответствующий элемент, необходимый для постановки задачи, и открывает его панель свойств
- **Граничные условия** – создание [Граничного условия](#).
- **Визуализация** – создание [Слоя](#) визуализации.
- **Результаты** – создание [Результата](#) расчета.
- **Дополнительные команды** – команды **Открыть окно мониторинга**, **Параметры оптимизации**, **Проверка геометрии**, **Обновить геометрию модели**, **Справка KompasFlow**.

Команды представлены экранными кнопками (пиктограммами) и названиями.

Группа команд "Проект" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Создать</b>	Создать новый проект <i>KompasFlow</i>
 <b>Открыть</b>	Открыть существующий (ранее сохраненный) проект <i>KompasFlow</i>
 <b>Закреть</b>	Открыть меню, содержащее следующие пиктограммы: <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Закреть</b> – закрыть текущий проект <i>KompasFlow</i>.</li> <li>•  <b>Удалить</b> – удалить компоненты проекта <i>KompasFlow</i> из открытого в данный момент документа <i>КОМПАС-3D</i>.</li> </ul>

Группа команд "Решение" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Запуск расчета</b>	Запустить расчет проекта <i>KompasFlow</i> с нуля с удалением сохраненных данных.

Группа команд "Решение" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
	 <p>Эта команда запустит расчет с нуля, а данные расчета, сохраненные ранее при приостановке расчета (выполняемой при помощи команды  <b>Остановить</b>) или при завершении расчета (выполняемом при помощи команды  <b>Завершить</b>) будут стерты. Программа запросит подтверждение в диалоговом 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>Открыть решение</b>.</p>
 <b>Открыть решение</b>	Загрузить данные расчета, сохраненные ранее при приостановке расчета (выполняемой при помощи команды  <b>Остановить</b> ) или при завершении расчета (выполняемом при помощи команды  <b>Завершить</b> ).
 <b>Удалить решение</b>	Удалить данные расчета, сохраненные ранее при приостановке расчета (выполняемой при помощи команды  <b>Остановить</b> ) или при завершении расчета (выполняемом при помощи команды  <b>Завершить</b> ).
 <b>Продолжить</b>	Возобновить расчет проекта <i>KompasFlow</i> , остановленный ранее при помощи команды  <b>Остановить</b> или  <b>Открыть решение</b> .

Группа команд "Решение" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Остановить</b>	Приостановить расчет проекта <i>KompasFlow</i> . Данные расчета при этом будут сохранены и доступны в будущем (при использовании команды  <b>Открыть решение</b> ).
 <b>Завершить</b>	Завершить расчет проекта <i>KompasFlow</i> . Данные расчета при этом будут сохранены и доступны в будущем (при использовании команды  <b>Открыть решение</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.

Группа команд "Постановка задачи" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 <b>Вещество</b>	Начать процесс создания <a href="#">Вещества</a> .
 <b>Адаптация сетки</b>	Создать <a href="#">Адаптацию</a> расчетной сетки.
 <b>Шаг по времени</b>	Переводит фокус в <a href="#">дерево проекта</a> на соответствующий элемент и открывает его панель свойств.
 <b>Процессы</b>	
 <b>Начальные условия</b>	
 <b>Ограничители</b>	

Группа команд "Постановка задачи" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Расчетная сетка	

Группа команд "Граничные условия" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Стенка	Создание соответствующего <a href="#">Граничного условия</a> .  Если до создания <b>Граничного условия</b> в графической области окна <i>KOMPAS-3D</i> выбрана одна или нескольких граней геометрической модели (группа фасеток), новое <b>Граничное условие</b> будет создано на соответствующем <b>Наборе граней</b> .
 Симметрия	
 Вход/Выход	
 Неотражающее	
 Свободный выход	

Группа команд "Визуализация" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Заливка	Создание соответствующего <a href="#">Слоя</a> визуализации.
 Векторы	
 Линии тока	
 Сечение расчетной сетки	

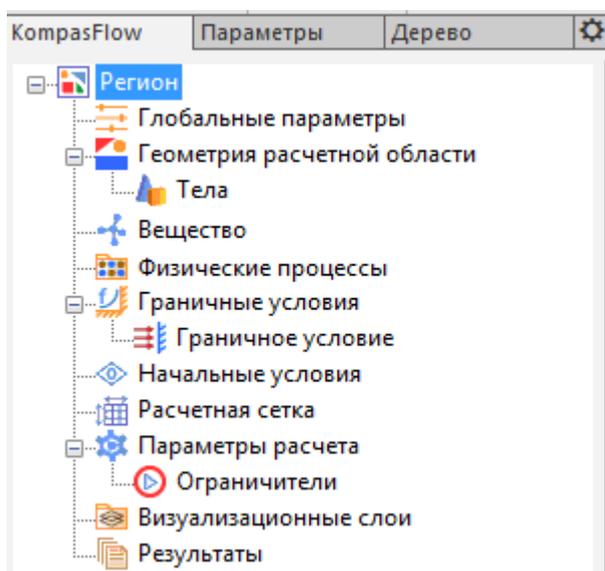
Группа команд "Результаты" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Температура	<p>Создание соответствующего <a href="#">Результата</a> расчета. В большинстве случаев нажатие пиктограммы открывает меню с пиктограммами, соответствующими <a href="#">Результатам</a>:</p> <p>При нажатии на  <b>Температура</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Температура</b></li> <li>•  <b>Полная температура</b></li> </ul> <p>При нажатии на  <b>Давление</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Давление</b></li> <li>•  <b>Полное давление</b></li> </ul> <p>При нажатии на  <b>Сила</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Сила</b></li> <li>•  <b>Момент силы</b></li> </ul> <p>При нажатии на  <b>Скорость</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Скорость</b></li> <li>•  <b>Число Маха</b></li> </ul> <p>При нажатии на  <b>Тепловой поток</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Тепловой поток</b></li> <li>•  <b>Лучистый поток</b></li> </ul> <p>При нажатии на  <b>Массовый расход</b> открывается меню с пиктограммами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•  <b>Массовый расход</b></li> <li>•  <b>Объемный расход</b></li> </ul> <p>Нажатие на  <b>Плотность</b> создает <a href="#">Результат</a> для <b>Плотности</b>.</p>
 Давление	
 Сила	
 Скорость	
 Тепловой поток	
 Массовый расход	
 Плотность	

Группа команд "Дополнительные команды" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Открыть окно мониторинга	Открыть <a href="#">Окно мониторинга</a>
 Параметры оптимизации	Открыть в панели параметров <a href="#">Таблицу параметров оптимизации</a> .

Группа команд "Дополнительные команды" инструментальной панели KompasFlow	
Пиктограмма и название команды	Описание
 Проверка геометрии	Проверить геометрию и прекратить выполнение расчета <i>KompasFlow</i> с потерей несохраненных данных.
 Обновить геометрию модели	Если, при работе с другим модулем <i>Kompas</i> , была изменена геометрия какой-либо компоненты, <i>KompasFlow</i> выдаст сообщение "Геометрия модели могла измениться, необходимо обновить вручную".  В этом случае нужно нажать на пиктограмму  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 организованы в виде дерева. Изменение свойств узла производится вводом данных в поле или выбором значения из выпадающего списка.

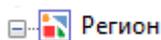


Некоторые свойства узла можно задать только при его создании, во вкладке **Параметры** области панелей управления *КОМПАС-3D*.

В последующих разделах будет рассмотрен пользовательский интерфейс элементов дерева проекта:

- [Регион](#)
- [Глобальные параметры](#)
- [Геометрия расчетной области](#)
- [Вещество](#)
- [Физические процессы](#)
- [Граничные условия](#)
- [Начальные условия](#)
- [Расчетная сетка и ее Адаптации](#)
- [Параметры расчета и Ограничители](#)
- [Визуализационные слои](#)
- [Результаты](#)

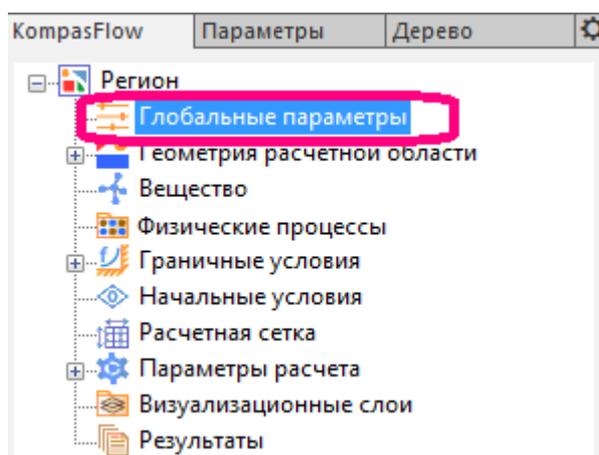
### 5.2.1 Регион



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 давление	Опорное значение давления $P_{ref}$ , [Па] и опорное значение температуры $T_{ref}$ , [K].  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:  $P_{abs} = P_{ref} + P$ $T_{abs} = T_{ref} + T$
Опорная температура	

Параметры элемента "Глобальные параметры"	
Параметр	Описание
Вектор гравитации > X	Компоненты вектора гравитации вдоль координатных осей X, Y, Z, задаются в [мс <sup>-2</sup> ]. Значения по умолчанию - нули.
Вектор гравитации > Y	
Вектор гравитации > Z	
Учет гидростатики	<p>Выполнение расчета с учетом гидростатики. Учет гидростатики повышает точность расчета в условиях естественной конвекции или в случае моделирования жидкостей с существенной высотой гидростатического столба.</p> <p>Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b>. Если <b>Учет гидростатики = Да</b>, становятся доступными параметры гидростатической плотности (<b>Параметры g-Плотности</b>).</p>
Параметры g-Плотности > Давление	<p>Значения относительного давления и температуры для расчета гидростатической плотности (g-плотности), соответствующие состоянию покоящейся жидкости в начале координат.</p> <p>Если плотность вещества является константой, то g-плотность будет равна этой константе.</p> <p>Гидростатическая плотность используется для расчета гидростатического давления (давление покоящейся жидкости, зависящее от плотности и высоты гидростатического столба).</p> <p>Гидростатическая составляющая давления может быть существенно выше динамической составляющей давления. Поэтому гидростатическое давление выносится за скобки при расчете уравнений Навье-Стокса, что повышает точность и сходимостъ вычислений.</p> <p>При расчете с гидростатикой нет необходимости задавать на входе и выходе давление, зависящее от высоты, поскольку</p>

Параметры элемента "Глобальные параметры"	
Параметр	Описание
<b>Параметры g-Плотности &gt; Температура</b>	<p>гидростатическая составляющая будет автоматически рассчитана как для расчетного объема, так и для граничных условий.</p> <p>Эти параметры доступны только для расчетов с учетом гидростатики (<b>Учет гидростатики = Да</b>).</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p>Гидростатические уровни отсчитываются в направлении, заданном <b>Вектором гравитации</b>. В качестве нулевого гидростатического уровня принимается уровень, проходящий через начало координат.</p> <p>Гидростатическая плотность берется из свойств моделируемого <b>Вещества</b> исходя из заданных здесь <b>Давления</b> и <b>Температуры</b>.</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>При визуализации переменной <b>Давление</b>, показываются значения статического давления без учета гидростатической составляющей.</p> </div>
<b>Толерантность геом. выч.</b>	<p>Толерантность геометрических вычислений, [м], т.е. точность, с которой определяются геометрические параметры (координаты точек геометрических объектов в проекте).</p> <p>Значение по умолчанию <math>10^{-8}</math>.</p>
<b>Внешняя задача</b>	<p>Моделировать внешнее обтекание. См. подробности в разделе <a href="#">Моделирование внешнего обтекания</a>.</p> <p>Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b>.</p>

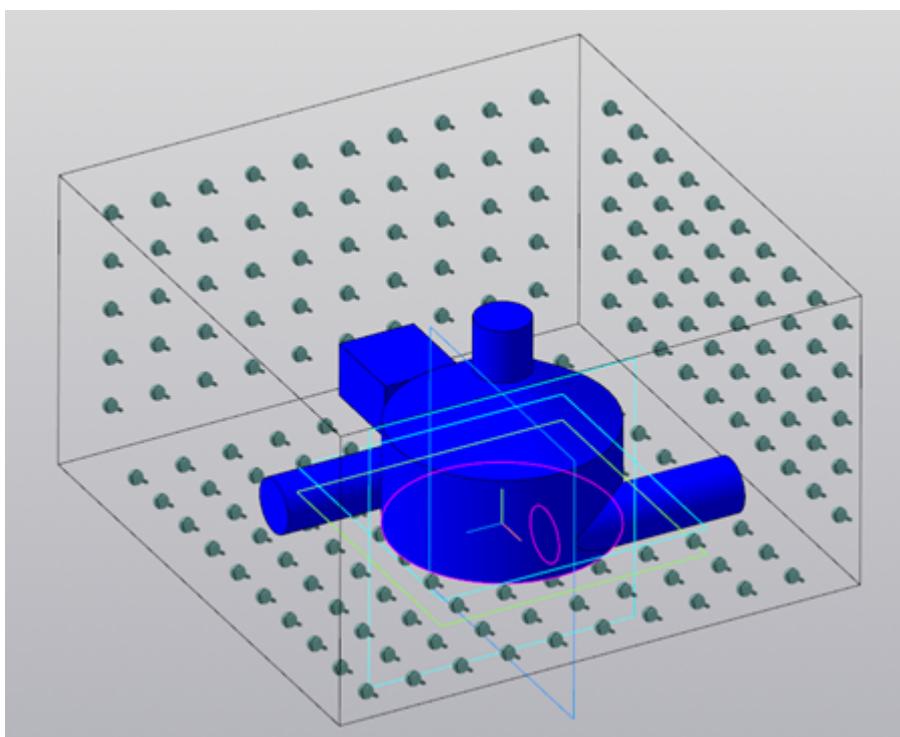
Параметры элемента "Глобальные параметры"	
Параметр	Описание
ГУ внешней области	<p>Граничные условия на границе <i>внешнего региона</i> (этот параметр применяется только при <a href="#">моделировании внешнего обтекания</a>, когда <b>Внешняя задача = Да</b>).</p> <p>Возможные значения: <b>Неотражающие</b>   Вход/Выход.</p>

### 5.2.2.1 Моделирование внешнего обтекания

При моделировании внешнего обтекания (в свойствах [Глобальных параметров](#) задано **Внешняя задача = Да**) задается *внешний регион*.

Внешний регион представляет собой описывающий параллелепипед с размерами, задаваемыми пользователем. В графическом окне программы будут отображаться границы внешнего региона и векторы скорости на границах региона, заданные в [Начальных условиях](#).

Границы внешнего региона по осям **X, Y, Z** определяются значениями безразмерных величин **Границы региона > ...** в свойствах папки [Геометрия расчетной области](#).

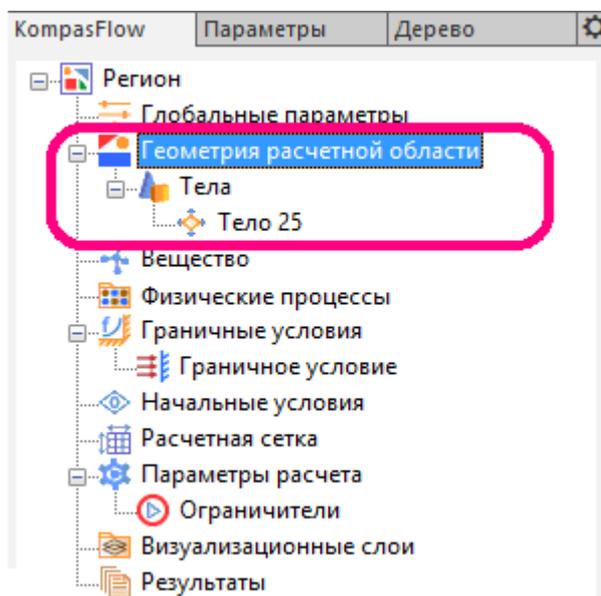


Моделирование внешнего обтекания доступно при работе со сборками, при этом сохраняется весь функционал программы, как и в работе с деталью.



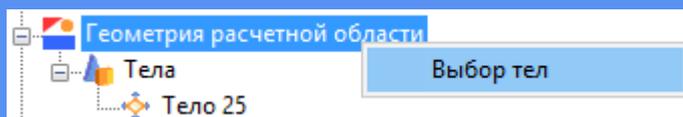
При моделировании внешнего обтекания отключить уравнение движения невозможно (в свойствах **Физических процессов** всегда задано **Уравнение движения = Да**).

### 5.2.3 Геометрия расчетной области



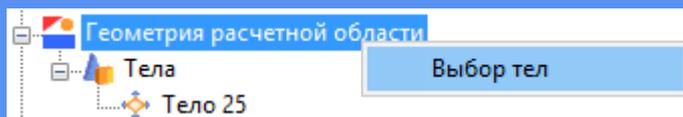
Папка **Геометрия расчетной области** содержит подпапку **Тела**, которая может содержать геометрические объекты, созданные средствами КОМПАС-3D и используемые приложением *KompasFlow*.

Контекстное меню папки "Геометрия расчетной области"



Команда	Описание
<p><b>Выбор тел</b></p>	<p>Выбор тел для геометрической модели. Эта команда позволяет выбрать геометрическое тело для <b>Региона</b> (расчетной области) и встраиваемые геометрические тела.</p> <p>По умолчанию в качестве <b>Региона</b> выбирается самое крупное из всех <b>Тел</b>.</p>

### Контекстное меню папки "Геометрия расчетной области"



Команда	Описание
	 <p>Имена различных <b>Тел</b> не должны совпадать. При формировании <b>Тел</b> из типовых деталей, следует переименовывать <b>Тела</b>, чтобы соблюдать это правило.</p>

### Параметры папки "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</b>   <b>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]

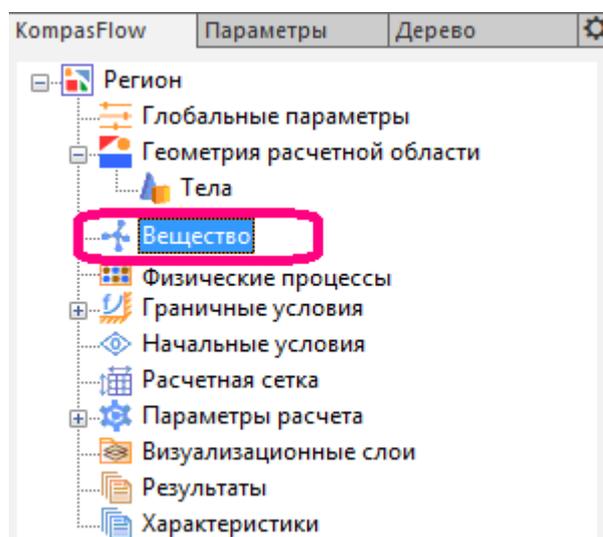
Параметры папки "Геометрия расчетной области"	
Параметр	Описание
Границы региона > X+	Числовые значения границы внешнего региона, задаваемые при <a href="#">моделировании внешнего обтекания</a> .  Это безразмерные величины, задающие размеры внешнего региона относительно размеров трехмерной геометрической модели объекта, внешнее обтекание которого моделируется.
Границы региона > X-	
Границы региона > Y+	
Границы региона > Y-	
Границы региона > Z+	
Границы региона > Z-	

Контекстные меню и параметры у папки **Геометрия расчетной области > Тела** отсутствуют.

Контекстные меню у элементов **Геометрия расчетной области > Тела > Тело** отсутствуют.

Параметры элементов "Геометрия расчетной области > Тела > Тело"	
Параметр	Описание
Граничное условие	<a href="#">Граничное условие</a> , устанавливаемое на всей поверхности выбранного <b>Тела</b> . Выбирается из выпадающего списка, содержащего все <b>Граничные условия</b> , заданные в проекте.

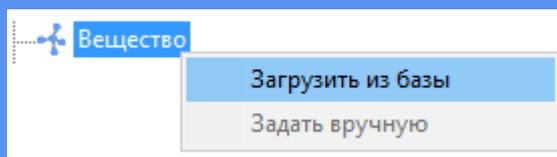
## 5.2.4 Вещество

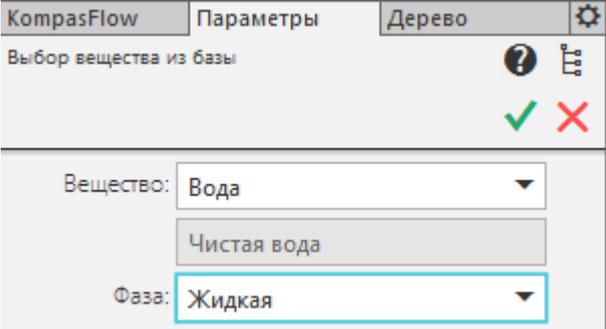


Элемент **Вещество** задает физические свойства моделируемой среды. Вы можете задать свойства **Вещества** следующими способами:

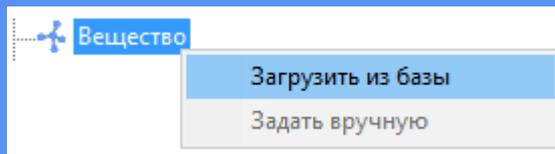
- загрузить **Вещество** из встроенной базы веществ (при помощи команды **Загрузить из базы**, см. ниже)
- задать физические свойства **Вещества** вручную (сразу после создания проекта либо, если в данный момент **Вещество** загружено из базы, при помощи команды **Задать вручную**, см. ниже)
- сначала задать вручную отдельные физические свойства **Вещества**, а затем загрузить какого-либо **Вещество** из базы и для некоторых параметров выбрать в панели свойств в выпадающем списке "**Пользовательское: (значение)**".

### Контекстное меню элемента "Вещество"



Команда	Описание
<b>Загрузить из базы</b>	<p>Загрузить <b>Вещество</b> из базы данных, в которой хранятся параметры многих веществ. После применения этой команды откроется вкладка <b>Параметры</b>, в которой нужно будет выбрать <b>Вещество</b> и его агрегатное состояние (в поле <b>Фаза</b>), а затем нажать пиктограмму :</p>  <p> Некоторые <b>Вещества</b>, загружаемые из базы веществ, могут иметь несколько вариантов одного агрегатного состояния. Например, газообразный <b>Воздух</b> можно задавать в каком-либо из двух вариантов: диссоциирующий и недиссоциирующий.</p> <p><b>См. также:</b> <a href="#">пошаговый пример</a>.</p>

### Контекстное меню элемента "Вещество"



Команда	Описание
<p><b>Задать вручную</b></p>	<p>Эта команда позволяет задать физические свойства <b>Вещества</b> вручную:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сразу же после создания проекта</li> <li>• <i>либо</i>, если какое-либо <b>Вещество</b> уже было загружено из базы веществ.</li> </ul> <p> Применение команды <b>Задать вручную</b> не вносит изменений в базу веществ.</p> <p> При последующих загрузках <b>Вещества</b> из базы, появляется возможность использовать ранее введенные пользовательские значения физических параметров вместо значений из базы.</p>



**Вещество** также можно создать при нажатии на пиктограмму  в группе команд **Постановка задачи [инструментальной панели KompasFlow](#)**.

Свойство	Значение
☐ <b>Вещество</b>	
Название	Вода - Жидкая
Агрегатное состояние	Жидкость
<b>Плотность</b>	Из базы веществ ▾ ...
Молярная масса	Пользовательское: 970
Вязкость	Из базы веществ
Теплопроводность	Из базы веществ
Удельная теплоемкость	Из базы веществ

Параметры элемента "Вещество"	
Параметр	Описание
<b>Название</b>	Этот параметр доступен только для <b>Веществ</b> загруженных из базы. Название <b>Вещества</b> формируется автоматически и содержит название агрегатного состояния (фазы).
<b>Агрегатное состояние</b>	Агрегатное состояние вещества. Возможные значения: <b>Газ   Жидкость   Твердое тело</b> .
<b>Закон идеального газа</b>	Плотность газа можно задавать либо константой, либо законом идеального газа. Возможные значения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Да</b> - применяется закон идеального газа.</li> <li>• <b>Нет</b> - плотность газа задается константой</li> </ul> Параметр доступен, если <b>Агрегатное состояние = Газ</b> (см. выше).
<b>Опорная температура</b>	Опорная температура, отображается при выборе <b>Закон идеального газа = Да</b> и <b>Уравнение теплопереноса = Нет</b> в свойствах элемента <a href="#">Физические процессы</a> .  <div style="display: flex; align-items: center;">  <p><b>Опорная температура</b> здесь доступна только для информации, т.к. она задается в панели свойств элемента <a href="#">Глобальные параметры</a>.</p> </div>
<b>Плотность<sup>*)</sup></b>	Плотность <b>Вещества</b> , [кг/м <sup>3</sup> ]. Параметр <b>Плотность</b> отсутствует, если задано <b>Закон идеального газа = Да</b> (см. выше).
<b>Молярная масса<sup>*)</sup></b>	Молярная масса <b>Вещества</b> , [кг/моль]

Параметры элемента "Вещество"	
Параметр	Описание
Вязкость <sup>*)</sup>	Вязкость <b>Вещества</b> , [Па с] = [кг·м <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> ]. Параметр <b>Вязкость</b> отсутствует, если <b>Агрегатное состояние</b> = <b>Твердое тело</b> (см. выше).
Теплопроводность <sup>*)</sup>	Теплопроводность <b>Вещества</b> , [Вт/(м·К)] = [кг·м·с <sup>-3</sup> ·К <sup>-1</sup> ]
Удельная теплоемкость <sup>*)</sup>	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> ]

<sup>\*)</sup> Если **Вещество** было загружено из базы веществ, в этом поле можно выбрать:

- **Из базы веществ** - в этом случае будет использоваться значение из базы веществ
- **Пользовательское: (значение)** - будет использоваться значение, заданное ранее вручную

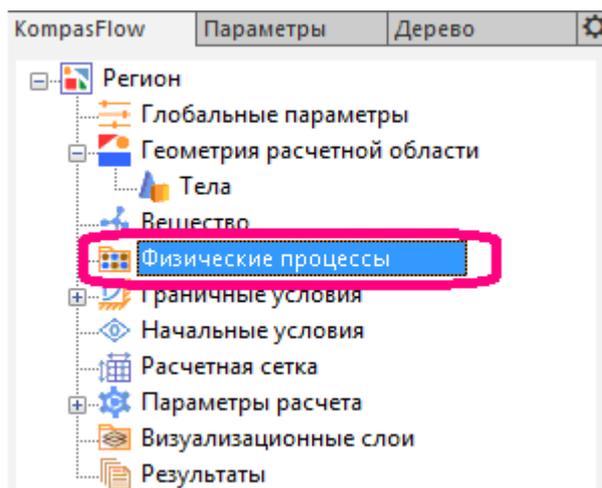


Если **Вещество** было загружено из базы веществ, то в его панели свойств, в выбранном поле с числовыми свойствами появляется экранная кнопка , при нажатии на которую в панели параметров открывается таблица со значениями, полученными из базы веществ.

*Пример:*

Параметры			
Вязкость			
Тип: Таблица F(P,T)			
#	P	T	F(P,T)
1	10132.5	100	7.3413...
2	10132.5	110	8.0363...
3	10132.5	120	8.7109...
4	10132.5	130	9.3655...
5	10132.5	140	1e-5
6	10132.5	150	1.06e-5
7	10132.5	160	1.12e-5
8	10132.5	170	1.18e-5

### 5.2.5 Физические процессы



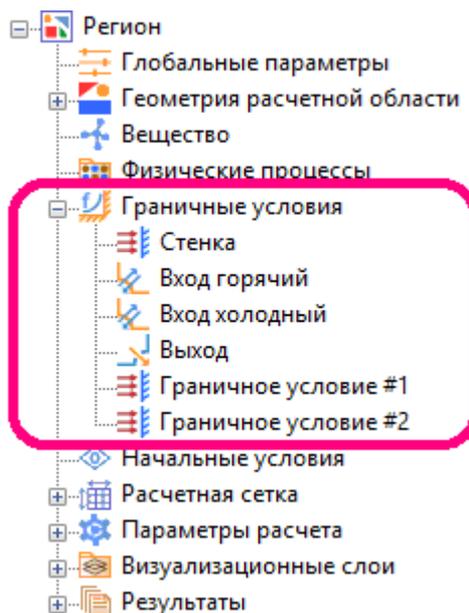
Элемент **Физические процессы** задает набор решаемых уравнений и их настройки.

Элемент **Физические процессы** не имеет контекстного меню.

Параметры элемента "Физические процессы"	
Параметр	Описание
Уравнение движения	<p>Параметр определяет, будет ли решаться уравнение движения (уравнение Навье-Стокса).</p> <p>Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b>.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p>При <a href="#">моделировании внешнего обтекания</a> отключить уравнение движения невозможно (<b>Уравнение движения = Да</b> будет задано всегда).</p> </div>
Турбулентность	<p>Используемая модель турбулентности. Возможные значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Нет</b> - не использовать модель турбулентности</li> <li>• <b>Да</b> - использовать стандартную k-ε модель турбулентности</li> </ul>

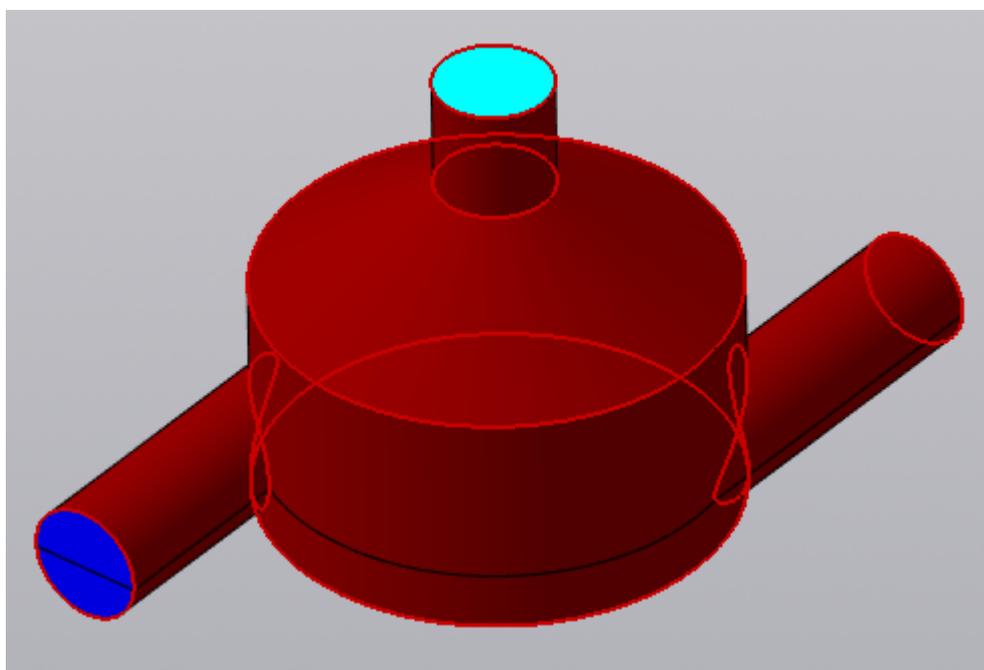
Параметры элемента "Физические процессы"	
Параметр	Описание
	<p>Моделирование турбулентности производится с использованием пристеночных функций.</p> <p>При задании граничных условий <a href="#">Вход/Выход</a> и <a href="#">Начальных условий</a> указывается <b>Уровень турбулентности</b> (возможные значения: <b>Низкий, 3%   Средний, 10%   Высокий, 20%</b>).</p> <p>Масштаб турбулентности задается программой автоматически как 1% от минимального размера расчетной области (без учета направления, вдоль которого расчетная область содержит только одну ячейку, если такое направление имеется).</p>
<b>Уравнение теплопереноса</b>	<p>Параметр определяет, будет ли решаться уравнение теплопереноса (за исключением лучистого теплопереноса).</p> <p>Моделирование лучистого теплопереноса настраивается параметром <b>Лучистый теплоперенос</b> (см. ниже).</p> <p>Возможные значения: <b>Да   Нет</b>.</p>
<b>Лучистый теплоперенос</b>	<p>Моделирование лучистого теплопереноса. Возможные значения: <b>Да   Нет</b>.</p> <p>Используются следующие значения параметров оптически прозрачной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Показатель преломления = 1</li> <li>• Коэффициент поглощения = 10</li> <li>• Коэффициент релаксации = 0.2</li> </ul>

## 5.2.6 Граничные условия



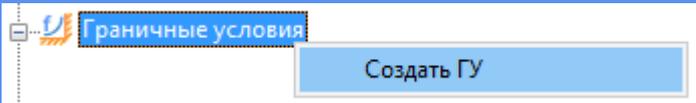
Папка **Граничные условия** содержит элементы **Граничное условие #N**, соответствующие граничным условиям моделируемого течения или теплопереноса.

**Граничное условие**, выбранное в дереве проекта, выделяется в графической панели бордовым цветом поверхности и/или красным цветом контуров (в зависимости от настроек отображения модели):

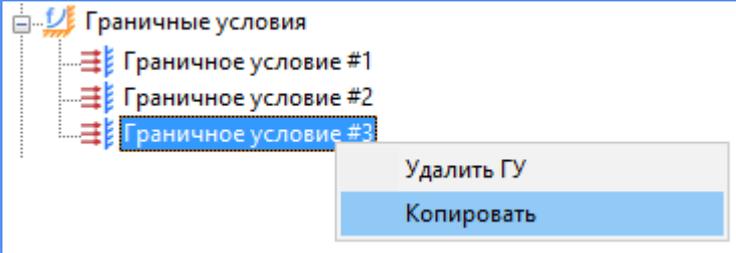


Пиктограмма элемента **Граничное условие #N** соответствует типу граничного условия (параметр **Тип ГУ**):

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

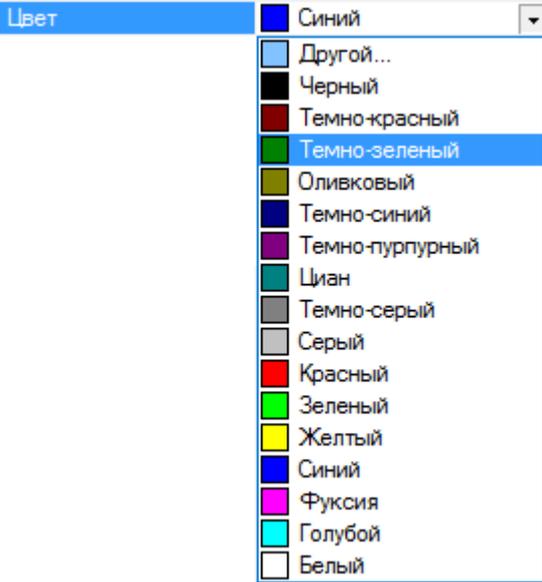
Контекстное меню папки "Граничные условия"	
	
Команда	Описание
Создать ГУ	<p>Создать новое <b>Граничное условие #N</b>. После выполнения этой команды будет создан новый дочерний элемент <b>Граничное условие #N</b> со свойствами по умолчанию.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p><b>Граничное условие</b> также можно создать при нажатии на соответствующую пиктограмму (, , , , ) в группе команд <b>Граничные условия</b> <a href="#">инструментальной панели KompasFlow</a>.</p> </div>

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

Контекстное меню элемента "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 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, Воздухозаборник, Форточка, Выпуск</b> и т.п.).
Цвет	Цвет, применяемый для отображения <b>Граничного условия</b> в графической области.

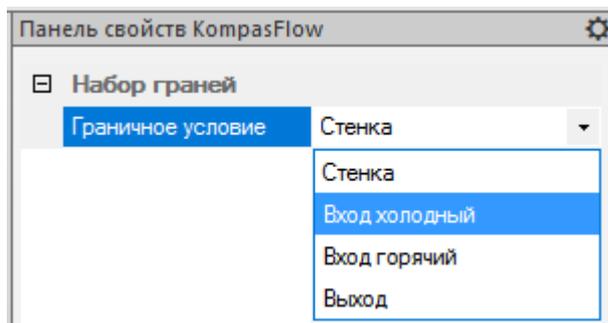
Параметры элемента "Граничные условия > Граничное условие #N", общие для всех типов Граничных условий	
Параметр	Описание
	 <p>Цвет можно выбрать из набора стандартных цветов либо, после выбора <b>Цвет=Другой</b>, выбрать нестандартный цвет.</p>
Тип ГУ	Тип <b>Граничного условия</b> . Возможные варианты: <b>Симметрия</b>   <b>Стенка</b>   <b>Вход/Выход</b>   <b>Свободный выход</b>   <b>Неотражающее</b> .

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](#)

## Назначение граничных условий граням геометрической модели

При выборе в графической области окна *KOMPAS-3D* одной или нескольких граней геометрической модели (группы фасеток), в панели свойств *KompasFlow* содержится параметр **Набор граней > Граничное условие**, значение которого задает граничное условие, назначенное этой грани или граням:



## Назначение граничных условий границам внешнего региона

При [моделировании внешнего обтекания](#), на границах *внешнего региона* можно задать граничные условия:

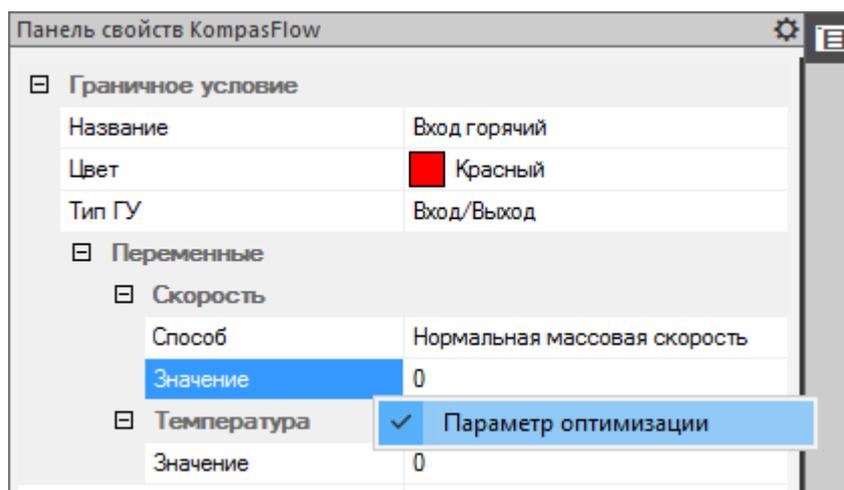
- [Неотражающие](#)
- [Вход/Выход](#)

Это задается параметром **ГУ внешней области** в свойствах элемента [Глобальные параметры](#).

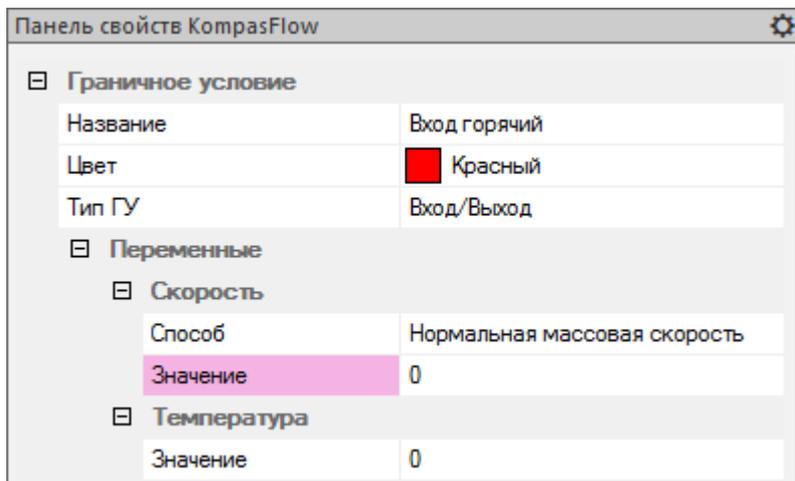
## Объявление числового свойства *Граничного условия* параметром оптимизации

Числовые параметры **Граничных условий** можно объявить [параметрами оптимизации](#).

Для этого нужно в панели свойств открыть контекстное меню параметра и включить опцию **Параметр оптимизации**:



Параметры оптимизации выделены в свойствах **Граничного условия** розовым цветом:



### 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:

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

$$V_{b,\tau} = |\mathbf{V}_{c,abs} - \mathbf{V}_B|$$

Здесь

$\mathbf{V}_{c,abs}$  - 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

 Специфичные параметры) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"	
Параметр	Описание
Шероховатость	Эквивалентная песочная шероховатость стенки, [мкм]
Переменные > Температура > Способ	<p>Способ задания граничного условия для температуры.</p> <p>Возможные варианты: <b>Константа</b>   <b>Тепловой поток</b>   <b>Радиационное равновесие</b>   <b>Внешний теплообмен</b>.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>При включении физического процесса <b>Лучистый теплоперенос</b> нельзя задать здесь следующие способы задания <b>Температуры</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Радиационное равновесие</b></li> <li><b>Внешний теплообмен</b></li> </ul> </div> </div>
Переменные > Температура > Значение	Задаваемое значение <b>Температуры</b> , [K], или удельного <b>Теплового потока</b> , [Вт/м <sup>2</sup> ]
Переменные > Температура > Поток энергии	Эти параметры задаются при выборе <b>Способ = Радиационное равновесие</b> .

 Специфические параметры элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"	
Параметр	Описание
Переменные > Температура > Степень черноты	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Поток энергии</b> - полный удельный поток энергии с поверхности граничного условия в газ или в жидкость, <math>J_{q,b}</math> [Вт/м<sup>2</sup>].</li> <li>• <b>Степень черноты</b> - степень черноты поверхности граничного условия (излучательная способность <math>\varepsilon_w</math>), задается безразмерной величиной в диапазоне [0, 1].</li> <li>• <b>T_Inf</b> - относительная температура на бесконечности <math>T_{\infty,abs}</math>, [К], определяющая радиационный поток, падающий на поверхность граничного условия.</li> </ul> <p>Предполагается, что диффузионный и радиационный потоки энергии направлены по нормали к поверхности. Температура поверхности находится в результате итерационного решения уравнения:</p> $J_{q,b} = \left( \lambda + C_p \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \frac{T_{w,abs} - T_{c,abs}}{y_c} + \sigma_{rad} \varepsilon_w (T_{w,abs}^4 - T_{\infty,abs}^4)$ <p>где <math>y_c</math> - расстояние от поверхности до центра пристенной ячейки. Пользователь задает величины <math>J_{q,b}</math>, <math>\varepsilon_w</math> и <math>T_{\infty,abs}</math>.</p> <p>При вычислении <b>Результата</b> <b>Тепловой поток</b> радиационная составляющая <math>\sigma_{rad} \varepsilon_w (T_{w,abs}^4 - T_{\infty,abs}^4)</math> не учитывается.</p>
Переменные > Температура > T внешней среды	<p>Эти параметры задаются при выборе <b>Способ</b> = <b>Внешний теплообмен</b>. Здесь задаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• относительная температура внешней среды (<b>T внешней среды</b>), [К]</li> <li>• коэффициент внешней теплоотдачи (<b>Коэф. теплоотдачи</b>), [Вт м<sup>-2</sup> К<sup>-1</sup>]</li> <li>• степень черноты поверхности граничного условия (излучательная способность) <math>\varepsilon_w</math> (<b>Степень черноты</b>)</li> <li>• количество теплопроводящих слоев (<b>Количество слоев</b>)</li> <li>• толщина теплопроводящего слоя <math>N</math> (<b>Слой N &gt; Толщина слоя</b>), [м]</li> </ul>

 Специфичные параметры) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"	
Параметр	Описание
Переменные > Температура > Коэф. теплоотдачи	<ul style="list-style-type: none"> <li>теплопроводность теплопроводящего слоя <math>N</math> (Слой <math>N</math> &gt; Теплопроводность слоя), [Вт/(м·К)]</li> </ul>
Переменные > Температура > Степень черноты	
Переменные > Температура > Количество слоев	
Переменные > Температура > Слой $N$ > Толщина слоя	
Переменные > Температура > Слой $N$ > Теплопроводность слоя	
Переменные > Лучистое излучение > Способ	<p>Способ задания плотности потока излучения с поверхности граничного условия.</p> <p>Возможные варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Плотность теплового потока</b> – в параметре <b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Поток энергии</b> (см. ниже) задается плотность лучистого теплопереноса. При создании граничного условия эта опция обозначается пиктограммой .</li> <li><b>Тепловой поток</b> – в параметре <b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Поток энергии</b> (см. ниже) задается абсолютное (суммарное) значение лучистого теплопереноса с поверхности граничного условия. При создании граничного условия эта опция обозначается пиктограммой .</li> <li><b>Автоматический</b> – автоматическое вычисление лучистого теплопереноса исходя из задаваемой пользователем <b>Степени черноты</b> поверхности</li> </ul>

 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Стенка"	
Параметр	Описание
	граничного условия (см. ниже). При создании граничного условия эта опция обозначается пиктограммой  .
<b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Поток энергии</b>	Задаваемое пользователем значение <b>Плотности теплового потока</b> (удельного потока излучения), [Вт/м <sup>2</sup> ] либо <b>Теплового потока</b> (абсолютного потока излучения), [Вт].  Этот параметр доступен только когда <b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Способ = Плотность теплового потока   Тепловой поток</b> .
<b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Степень черноты</b>	Степень черноты поверхности граничного условия, применяемая для автоматического вычисления потока излучения.  Этот параметр доступен только когда <b>Переменные &gt; Лучистое излучение &gt; Способ = Автоматический</b> .

\*) 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 **Способ = Константа**, то значение **Температуры** задается пользователем:

$$T_b = T_{user}$$

Если **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 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 значения: <b>Нормальная массовая скорость</b>   <b>Норм. скорость с давлением</b>   <b>Скорость с давлением</b>   <b>Давление на входе</b>   <b>Полное давление</b>   <b>Фиксированная скорость</b>   <b>Массовый расход</b> .  См. подробности ниже в подразделе " <i>Способы задания скорости</i> ".
Переменные > Скорость > Значение	Нормальная удельная массовая скорость потока, [кг/(м <sup>2</sup> ·с)]. Задается при выборе <b>Переменные &gt; Скорость &gt; Способ = Нормальная массовая скорость</b> .
Переменные > Скорость > Скорость	Нормальная скорость потока, [м/с]. Задается при выборе <b>Переменные &gt; Скорость &gt; 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>Переменные &gt; Скорость &gt; Способ = Скорость с давлением</b>   <b>Фиксированная скорость</b> .
Переменные > Скорость > Скорость > Y	
Переменные > Скорость > Скорость > Z	
Переменные > Скорость > Давление	В зависимости от заданного <b>Способа</b> задания <b>Скорости</b> , это статическое давление, относительное давление на входе либо полное давление, [Па].

 <b>Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия &gt; Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Вход/Выход"</b>	
Параметр	Описание
Переменные > Скорость > Полное Давление	Задается при выборе <b>Переменные &gt; Скорость &gt; Способ = Норм. скорость с давлением   Скорость с давлением   Давление на входе</b> или <b>Переменные &gt; Скорость &gt; Способ = Полное давление</b> .
Переменные > Скорость > Массовый расход	Массовый расход через граничное условие, [кг/с]. Задается при выборе <b>Переменные &gt; Скорость &gt; Способ = Массовый расход</b> .
Переменные > Температура	Температура потока, [К]. Этот параметр доступен только когда в <a href="#">Физических процессах</a> задано <b>Уравнение теплопереноса = Да</b> .
Уровень турбулентности	Условный уровень турбулентности. Возможные значения: <b>Низкий, 3%   Средний, 10%   Высокий, 20%</b> . Этот параметр доступен только когда в <a href="#">Физических процессах</a> задано <b>Уравнение движения = Да</b> и <b>Турбулентность = Да</b> .

\*) 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 способа в параметре **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 способа 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 способа 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  $P_{user}$ ,

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

#### **Давление на входе**

При выборе этого способа задается относительное давление на входе, [Па]:

$$P_b = P_{user}$$

Вектор скорости на границе равен вектору скорости в центре приграничной ячейки. Скорость в центре ячейки – результат решения задачи. Данное условие можно задавать на дозвуковом входе и на дозвуковом выходе.

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.

Если в моделируемой задаче имеются только один вход и один выход, то задавать и на входе, и на выходе ГУ типа **Давление на входе** является некорректным с математической точки зрения. Также некорректно в этом случае задавать на входе ГУ **Давление на входе** и давление на выходе.

Пример корректной постановки: комбинация **Давление на входе** (на входе) + **Нормальная массовая скорость** (на выходе). При этом нормальная массовая скорость на выходе должна быть отрицательной (отсос).

## Полное давление

При выборе этого способа 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 способа 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 задано ГУ, 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  $V_b$  и локальной скорости границы  $V_B$ .

### Массовый расход

При выборе этого способа задается массовый расход вещества через поверхность граничного условия, [кг/с].

### 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.

 <b>Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия &gt; Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Свободный выход"</b>	
Параметр	Описание
<b>Переменные &gt; Скорость &gt; Давление</b>	Пользователь задает статическое давление, [Па]: $P_b = P_{user}$
<b>Переменные &gt; Температура &gt; Значение</b>	Температура, [K], для ситуации, когда происходит обратный вток через <b>Свободный выход</b> .  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 скорости, статическое давление и температура на бесконечности.

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

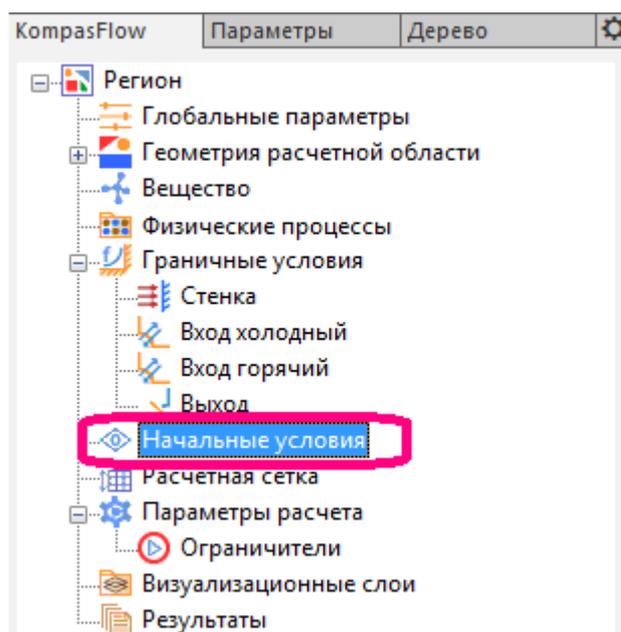
 Специфичные параметры*) элемента "Граничные условия > Граничное условие #N" если "Тип ГУ = Неотражающее"	
Параметр	Описание
Переменные > Скорость > Скорость на беск. > Z	
Переменные > Скорость > Давление на беск.	Относительное давление на бесконечности, [Па] $P_{\infty} = P_{user}$
Переменные > Температура > Значение	Температура на бесконечности, [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.

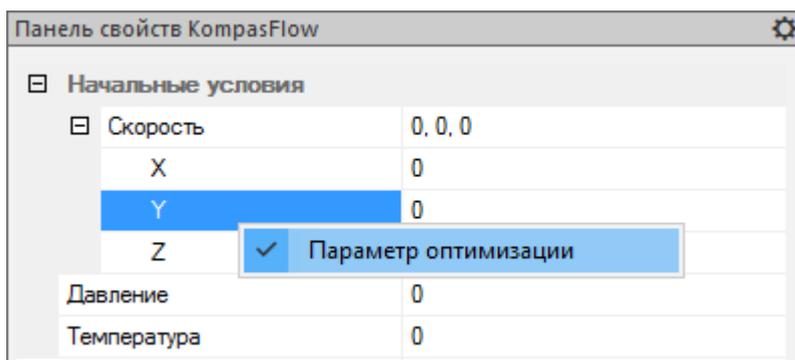
Элемент **Начальные условия** не имеет контекстного меню.

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]
Уровень турбулентности	Условный уровень турбулентности. Возможные значения: <b>Низкий, 3%</b>   <b>Средний, 10%</b>   <b>Высокий, 20%</b> .  Этот параметр доступен только когда в <a href="#">Физических процессах</a> задано <b>Уравнение движения = Да</b> и <b>Турбулентность = Да</b> .
Температура	Температура, [К]

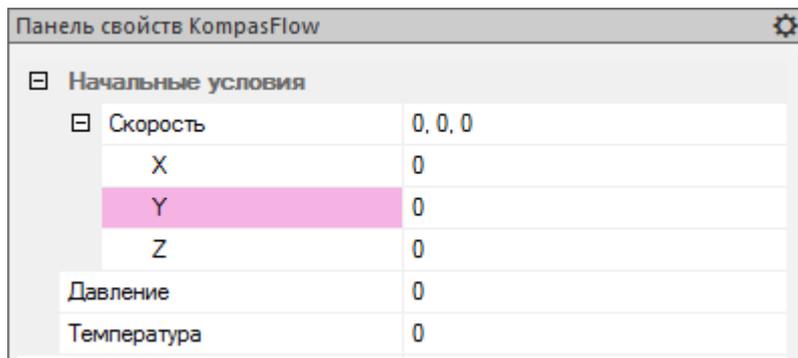
## Объявление числового свойства *Начальных условий* параметром оптимизации

Числовые параметры **Начальных условий** можно объявить [параметрами оптимизации](#).

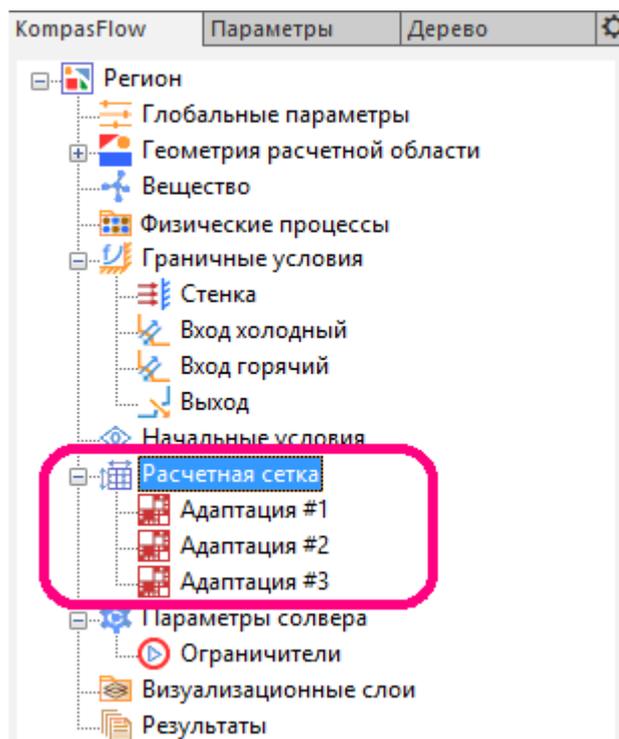
Для этого нужно в панели свойств открыть контекстное меню параметра и включить опцию **Параметр оптимизации**:



Параметры оптимизации выделены в свойствах **Начального условия** розовым цветом:



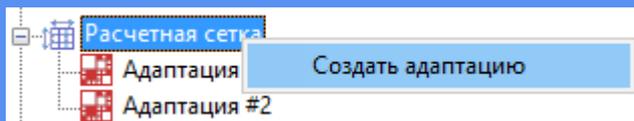
### 5.2.8 Расчетная сетка и ее Адаптации



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> .

### Контекстное меню папки "Расчетная сетка"



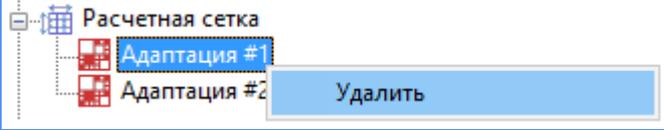
Команда	Описание
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div> <p><b>Адаптацию</b> также можно создать при нажатии на пиктограмму  в группе команд <b>Постановка задачи инструментальной панели KompaFlow.</b></p> </div> </div>

### Параметры папки "Расчетная сетка"

Параметр	Описание
Начальная сетка > nX	Количество ячеек начальной сетки вдоль осей X, Y, Z
Начальная сетка > nY	
Начальная сетка > nZ	
<b>Адаптация по решению</b>	Применение адаптации по решению. Возможные значения: <b>Да   Нет.</b>
Начало <sup>*)</sup>	С какой итерации будет действовать адаптация по решению
Длительность <sup>*)</sup>	Сколько итераций будет длиться адаптация по решению (в пределах одного периода)
Периодичность <sup>*)</sup>	Периодичность включений адаптации по решению
Переменная <sup>*)</sup>	Переменная, включающая адаптацию по решению. Возможные значения: <b>Давление   Температура   Плотность   Скорость.</b>

Параметры папки "Расчетная сетка"	
Параметр	Описание
Адаптировать по градиенту <sup>*)</sup>	Применять адаптацию к решению в зависимости от градиента выбранной <b>Переменной</b>
Значение <sup>*)</sup>	Целевое значение переменной для адаптации по решению. Адаптация по решению будет применяться при значениях <b>Переменной</b> близких к заданному здесь <b>Значению</b> .
Макс. количество ячеек <sup>*)</sup>	Максимальное количество ячеек для адаптации по решению
Макс. уровень <sup>*)</sup>	Максимальный уровень адаптации по решению

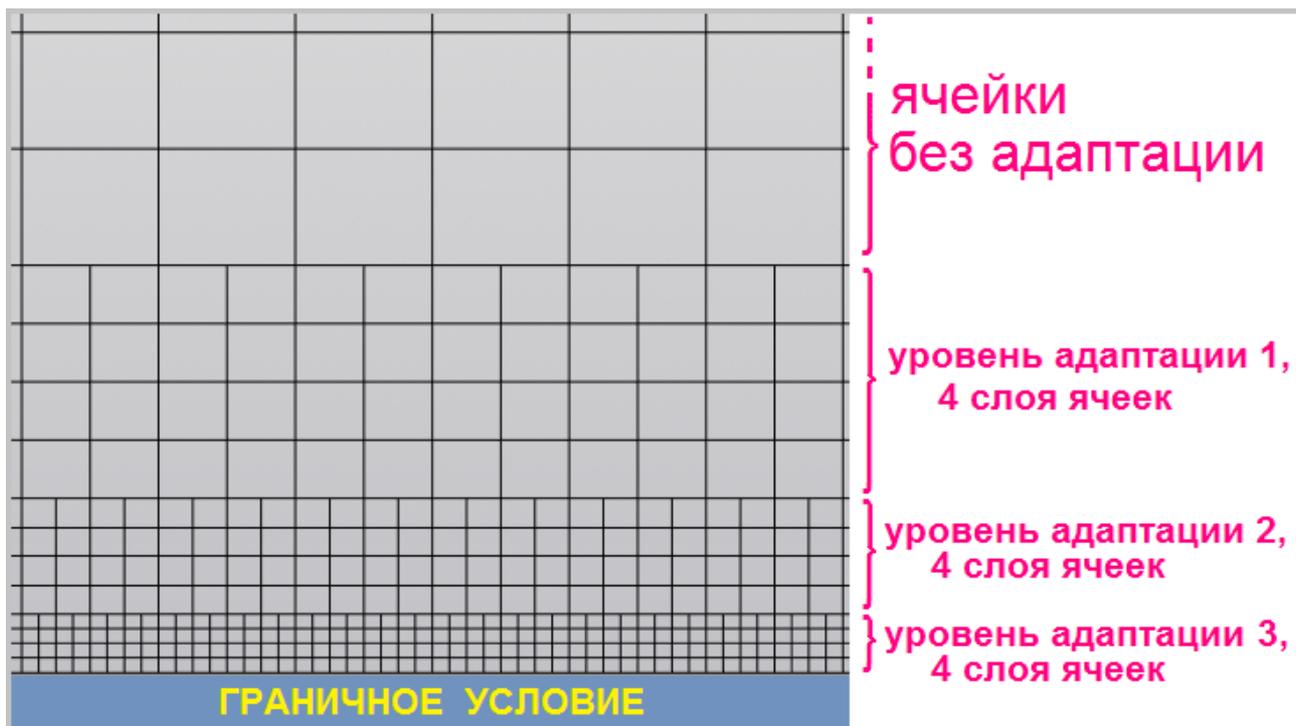
<sup>\*)</sup> Эти параметры доступны только при выборе **Адаптация по решению = Да**.

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 элемента " <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> .
Граничное условие	<u>Граничное условие</u> , на котором будет применяться <b>Адаптация #N</b>

Параметры элемента "Адаптация #N"	
Параметр	Описание
Уровень	Максимальный уровень адаптации, допустимый для <b>Адаптации #N</b>
Количество слоев	<p>Количество слоев <i>каждого</i> из уровней адаптации. Этот параметр должен иметь значение не менее <b>3</b>. При попытке задать значение меньше <b>3</b>, программа выдаст сообщение "<b>Для качественного решения необходимо минимум 3 слоя между уровнями адаптации сетки</b>":</p> <div data-bbox="746 651 1318 779" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: right;">x</p> <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>
Адаптация по кривизне > Включить	Автоматическое увеличение максимального уровня адаптации вблизи искривленных поверхностей. Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b> .
Адаптация по кривизне > Доп. макс. уровень	Добавка к максимальному уровню адаптации (заданному параметром <b>Уровень</b> , см.выше), добавляемая при срабатывании адаптации по кривизне. Этот параметр доступен если <b>Адаптация по кривизне &gt; Включить = Да</b> .
Адаптация по кривизне > Макс. угол	Пороговое значение угла между нормальными фасеток, при котором срабатывает адаптация по кривизне. Этот параметр доступен если <b>Адаптация по кривизне &gt; Включить = Да</b> .
Адаптация по кривизне > Верхний предел	Верхний предел для угла разброса нормалей, выше которого адаптация по кривизне не применяется. Этот параметр доступен если <b>Адаптация по кривизне &gt; Включить = Да</b> .
Адаптация по острым ребрам > Включить	Автоматическое увеличение максимального уровня адаптации вблизи острых ребер. Возможные значения: <b>Да</b>   <b>Нет</b> .
Адаптация по острым ребрам > Доп. макс. уровень	Добавка к максимальному уровню адаптации (заданному параметром <b>Уровень</b> , см.выше), добавляемая при срабатывании адаптации по острым ребрам. Этот параметр доступен если <b>Адаптация по острым ребрам &gt; Включить = Да</b> .

Параметры элемента "Адаптация #N"	
Параметр	Описание
Адаптация по острым ребрам > Угол острого ребра	Пороговое значение угла между нормальными смежных фасеток (как примыкающим к границам групп, так и фасеток внутри одной группы), при превышении которого срабатывает адаптация по острым ребрам. Этот параметр доступен если <b>Адаптация по острым ребрам &gt; Включить = Да</b> .



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

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

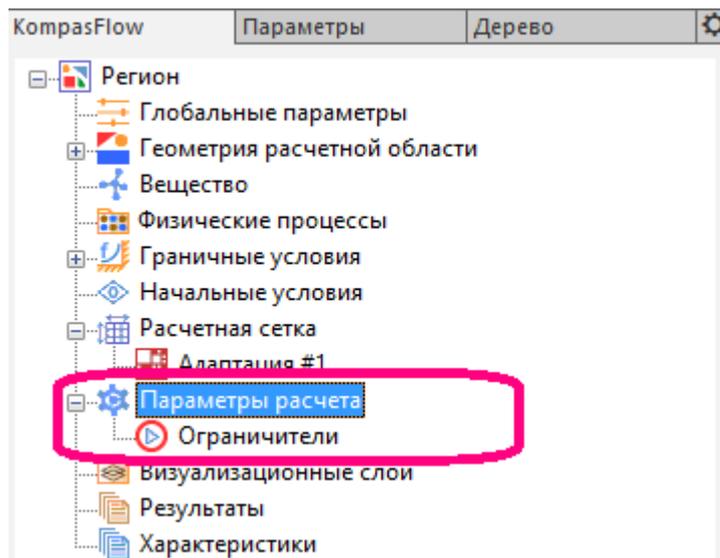


**Адаптации** можно создавать, удалять, включать, выключать и изменять на связи с солвером (приостановив выполнение расчета).

При выключении или удалении **Адаптации**, ранее проадаптированные ячейки сливаются.

Отключение **Адаптации по решению** также приводит к слиянию ранее проадаптированных ячеек.

### 5.2.9 Параметры расчета и Ограничители



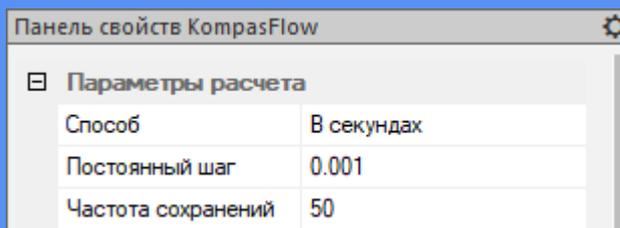
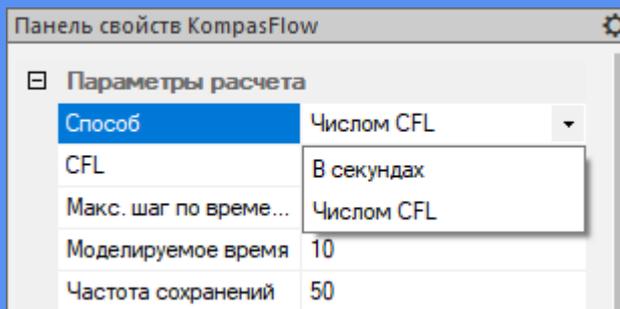
Элемент **Параметры расчета** и его дочерний элемент **Ограничители** задают параметры расчета.

Эти элементы не имеют контекстных меню.

**Параметры элемента "Параметры расчета"**

Параметр	Описание
<b>Способ</b>	Выбор способа задания шага по времени. Возможные варианты: <b>Числом CFL</b>   <b>В секундах</b> .
<b>CFL</b>	Число Куранта-Фридрихса-Леви. Число CFL характеризует отношение шага по времени ко времени, за которое возмущение течения

### Параметры элемента "Параметры расчета"



Параметр	Описание
	<p>переносится потоком в пределах ячейки. Этот параметр доступен когда <b>Способ = Числом CFL</b>.</p> <p>Про выбор CFL для различных задач можно почитать здесь: <a href="https://flowvision.ru/ru/support-menu-header-ru/blog-ru/flowvisiontimestep?showall=1">https://flowvision.ru/ru/support-menu-header-ru/blog-ru/flowvisiontimestep?showall=1</a>.</p>
<b>Постоянный шаг</b>	<p>Постоянный шаг по времени, задаваемый в секундах.</p> <p>Этот параметр доступен когда <b>Способ = В секундах</b>.</p>
<b>Макс. шаг по времени</b>	<p>Максимальный шаг по времени, [с].</p> <p>Этот параметр доступен когда <b>Способ = Числом CFL</b>.</p>
<b>Моделируемое время</b>	<p>Моделируемое время, [с].</p> <p>Этот параметр доступен когда <b>Способ = Числом CFL</b>.</p>
<b>Частота сохранений</b>	<p>Число итераций, через которое солвер будет сохранять данные</p>

### Параметры элемента "Параметры расчета > Ограничители"

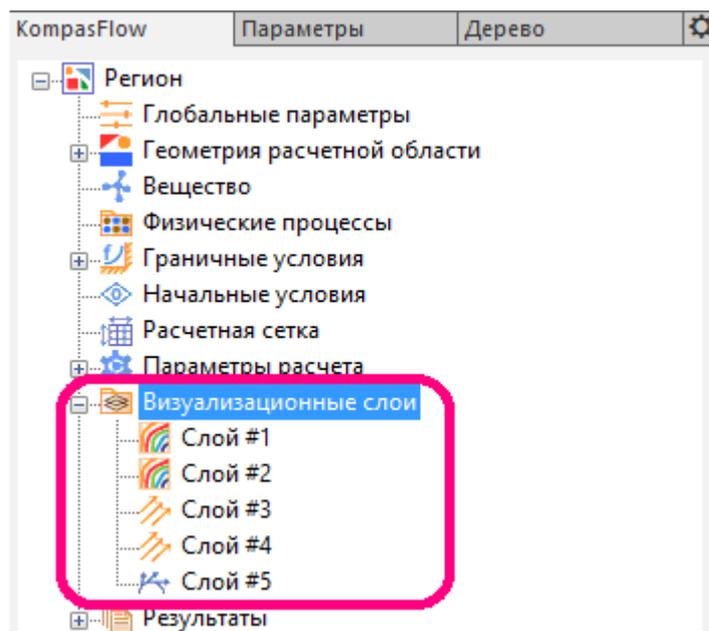
Свойство	Значение
☐ Ограничители	
Плотность, мин.	1e-10
Скорость, макс.	1e+20
Давление абс., мин.	-1e+20
Давление абс., макс.	1e+20
Ню турб., мин.	1e-09
Ню турб./Ню мол., макс.	1e+20
Температура абс., мин.	0
Температура абс., макс.	1e+20

Параметр	Описание
Плотность, мин.	Минимальная плотность, [кг/м <sup>3</sup> ]
Скорость, макс.	Максимальная скорость, [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, [К]. Это значение может быть только положительным.
Температура абс., макс.	Максимально возможная абсолютная температура, [К].



Чаще всего **Ограничители** применяются при расчете сверхзвуковых потоков для сглаживания негативных численных эффектов.

## 5.2.10 Визуализационные слои



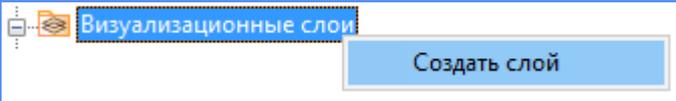
Папка **Визуализационные слои** содержит дочерние элементы **Слой #N**, представляющие слои для визуализации течения, полей переменных или сечения расчетной сетки.

Поддерживаются следующие типы **Слоев**:

- **Заливка** - показывает поле выбранной переменной на поверхности (на плоскости или на граничном условии), 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**

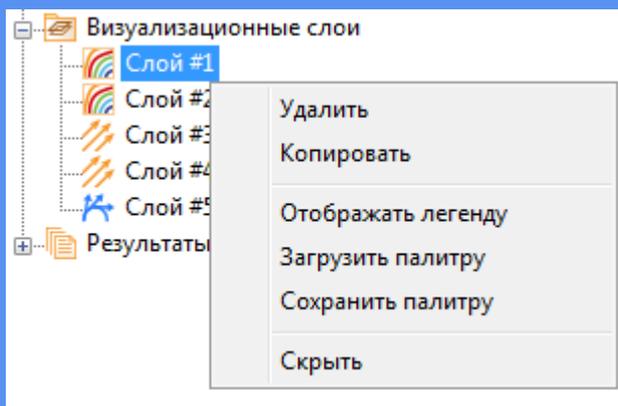
Пиктограмма элемента **Слой #N** соответствует применяемому **Типу слоя**:

Тип слоя	Пиктограмма
Заливка	
Векторы	
Линии тока	
Сечение расчетной сетки	

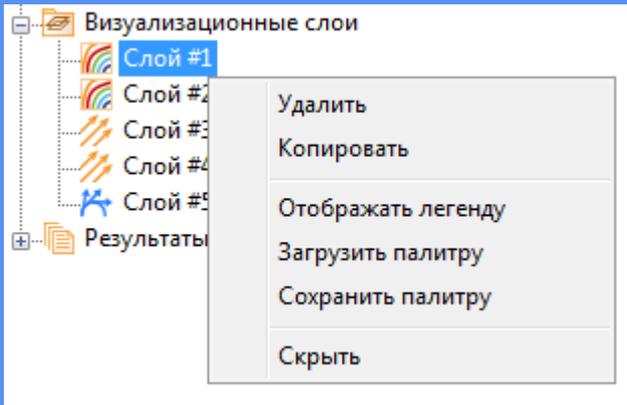
Контекстное меню папки "Визуализационные слои"	
Команда	Описание
<p><b>Создать слой</b></p>	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  </div> <p>Создать новый визуализационный <b>Слой #N</b>.</p> <p>Программа запросит задать некоторые параметры создаваемого <b>Слоя</b> и объект, на котором этот <b>Слой</b> 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 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> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>Визуализационный <b>Слой</b> также можно создать при нажатии на соответствующую пиктограмму ( , , ,  ) в группе команд <b>Визуализация</b> <a href="#">инструментальной панели KompasFlow</a>.</p> </div> </div>

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>
Отображать легенду	<p>Отображать или нет легенду (пояснение) к <b>Слою #N</b>. Если легенда отображается, команда обозначена в меню значком .</p> <p>При желании легенду можно переместить внутри окна программы, нажав левой кнопкой мыши на ее поле или заголовок и, зажав левую кнопку мыши, переместить в другое место. Указатель мыши при этом выглядит как рука:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Легенды можно создавать индивидуально для каждого из нескольких <b>Слоев</b> и размещать их в окне программы произвольным образом.</p>
Загрузить палитру	Загрузить из файла палитру для <b>Слоя #N</b> .
Сохранить палитру	Сохранить в файле палитру для <b>Слоя #N</b> .
Скрыть	Выключить либо включить отображение выбранного <b>Слоя #N</b> в графической области окна <i>КОМПАС-3D</i> .

Контекстное меню элемента "Слой #N"	
	
Команда	Описание
	<p>Если <b>Слой</b> уже скрыт, команда обозначена в меню значком . Пиктограммы скрытых <b>Слоев</b> отображаются в дереве проекта в блеклом виде.</p>

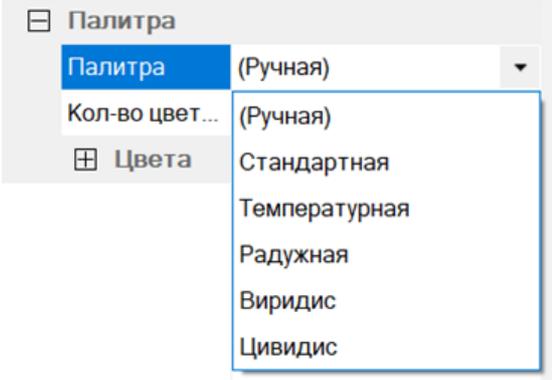
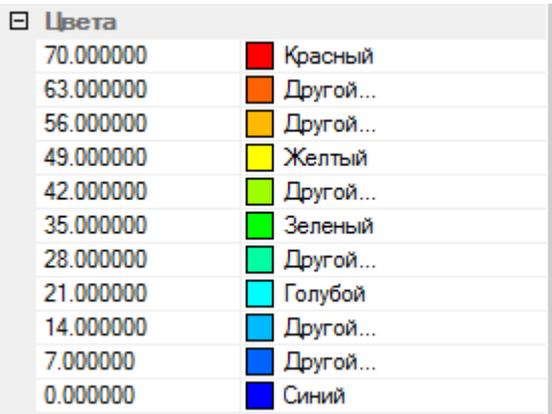
Параметры **Слоев** зависят от их типа. В приведенной ниже таблице перечислены параметры, общие для всех типов **Слоев**.

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

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Поверхность <sup>*)</sup>	Этот параметр указывает <u>Граничное условие</u> , на котором строится <b>Слой</b> . Этот параметр отображается если <b>Объект=Поверхность</b> .
Переменная	<p>Переменная, по которой строится <b>Слой</b>.</p> <p>Если <b>Тип слоя = Векторы</b> или <b>Тип слоя = Линии тока</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   Плотность   Давление   Температура   Число Маха   Полное давление   Полная температура   Y+   Плотность излучения</b>.</p> <p> При визуализации переменной <b>Давление</b>, показываются значения статического давления без учета гидростатической составляющей.</p> <p> <b>Число Маха</b> может визуализироваться слоями <b>Заливка</b>, а также использоваться как дополнительная переменная для закраски <b>Векторов</b> и <b>Линий тока</b>.</p> <p><b>Число Маха</b> не может задаваться для слоев, построенных на граничных условиях типа <b>Стенка</b>.</p> <p> Переменная <b>Y+</b> может визуализироваться только слоями <b>Заливка</b>, построенными на граничных условиях типа <b>Стенка</b>, при включенном моделировании турбулентности (в <u>Физических процессах</u> задано <b>Турбулентность = Да</b>).</p>

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Настройки отображения > Видимость	Отображение <b>Слоя</b> в графической области окна <i>КОМПАС-3D</i> . Этот параметр можно изменить при помощи команды контекстного меню <b>Скрыть</b> . Возможные значения: <b>Да   Нет</b> .
Настройки отображения > Отображать легенду	Отображение легенды (поясняющей надписи) в графической области окна <i>КОМПАС-3D</i> . Этот параметр можно изменить при помощи команды контекстного меню <b>Отображать легенду</b> . Шкала легенды разбита на 10 интервалов и имеет 11 рисок с числами. Возможные значения: <b>Да   Нет</b> .
Настройки отображения > Параметры легенды > Стил	Ориентация легенды . Возможные значения: <b>Вертикальный   Горизонтальный</b> .
Настройки отображения > Параметры легенды > Формат чисел	Формат чисел в легенде. Возможные варианты: <b>Авто   Фиксированный   Научный</b> .
Настройки отображения > Параметры легенды > Точность	Количество значащих цифр в отображении чисел в легенде.
Настройки отображения > Параметры легенды > Рамка	Отображать легенду в рамке. Возможные варианты: <b>Да   Нет</b> .

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Настройки отображения > Параметры легенды > Прозрачность фона	Прозрачность фона легенды, задается в процентах числом в диапазоне от 0 до 100
Настройки отображения > Диапазон	Параметры диапазона для отображения основной визуализируемой <b>Переменной</b> (для слоя <b>Заливка</b> ) или <b>Переменной закрашки</b> (для слоев <b>Векторы</b> и <b>Линии тока</b> ).
Настройки отображения > Диапазон > Режим	Режим выбора диапазона. Возможные значения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Локальный</b> - диапазон простирается 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>
Настройки отображения > Диапазон > Максимум	Максимальное и минимальное значения диапазона
Настройки отображения > Диапазон > Минимум	

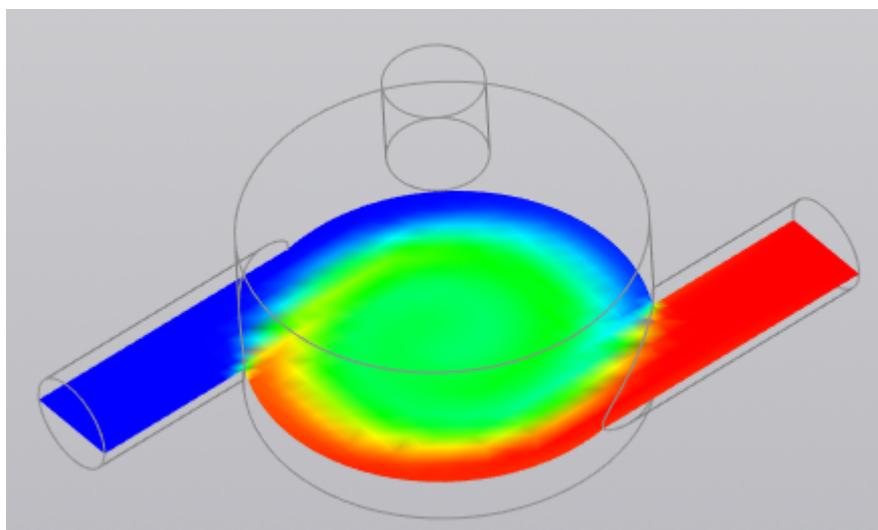
Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
<p> <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Палитра</b> </p>	<p>                             Выбор какой-либо готовой (предустановленной) палитры или нестандартной (настроенной вручную) палитры.                         </p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>                             Имеются следующие готовые палитры: <b>Стандартная   Температурная   Радужная   Виридис   Цивидис.</b> </p> <p>                             Для использования нестандартной палитры выберите <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Палитра = (Ручная).</b> </p> <p>                             Настройки нестандартной палитры задаются параметрами <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Кол-во цветов</b> и <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Цвета &gt; ...</b> (см. ниже).                         </p>
<p> <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Кол-во цветов</b> </p>	<p>                             Количество цветов в палитре, применяемой для визуализации переменной, применяемой для раскраски, и сами цвета палитры:                         </p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>                             Количество цветов в палитре задается в пределах от 2 до 21.                         </p> <p>                             При необходимости изменить какой-либо цвет палитры, нажмите на соответствующую ему строку в таблице, а затем нажмите на символ "▾", после чего задайте цвет в стандартном диалоговом окне операционной системы для задания цвета.                         </p> <p>                             Если количество цветов или какой-либо цвет палитры были изменены, палитра становится настроенной вручную и доступной для                         </p>

Параметры, общие для всех типов Слоев	
Параметр	Описание
Настройки отображения > Палитра > Цвета > ...	последующего использования при выборе <b>Настройки отображения &gt; Палитра &gt; Палитра = (Ручная)</b> , см. выше.
<b>ИНФО</b>	Информационные блоки для основной переменной и переменной закраски, отображаемых <b>Слоем</b> . Эта информация отображается только при доступности данных, получаемых от солвера.

\*) Эти параметры задаются во вкладке **Параметры** при создании **Слоя** и не могут быть изменены.

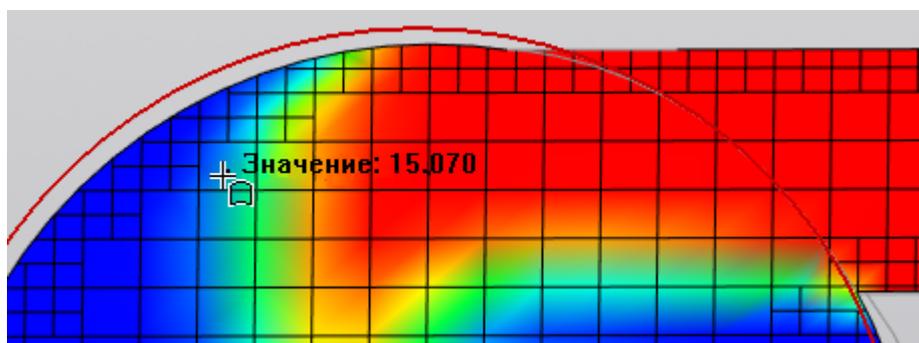
Параметры **Слоев**, зависящие от их типа, описаны в последующих подразделах.

## Слой "Заливка"



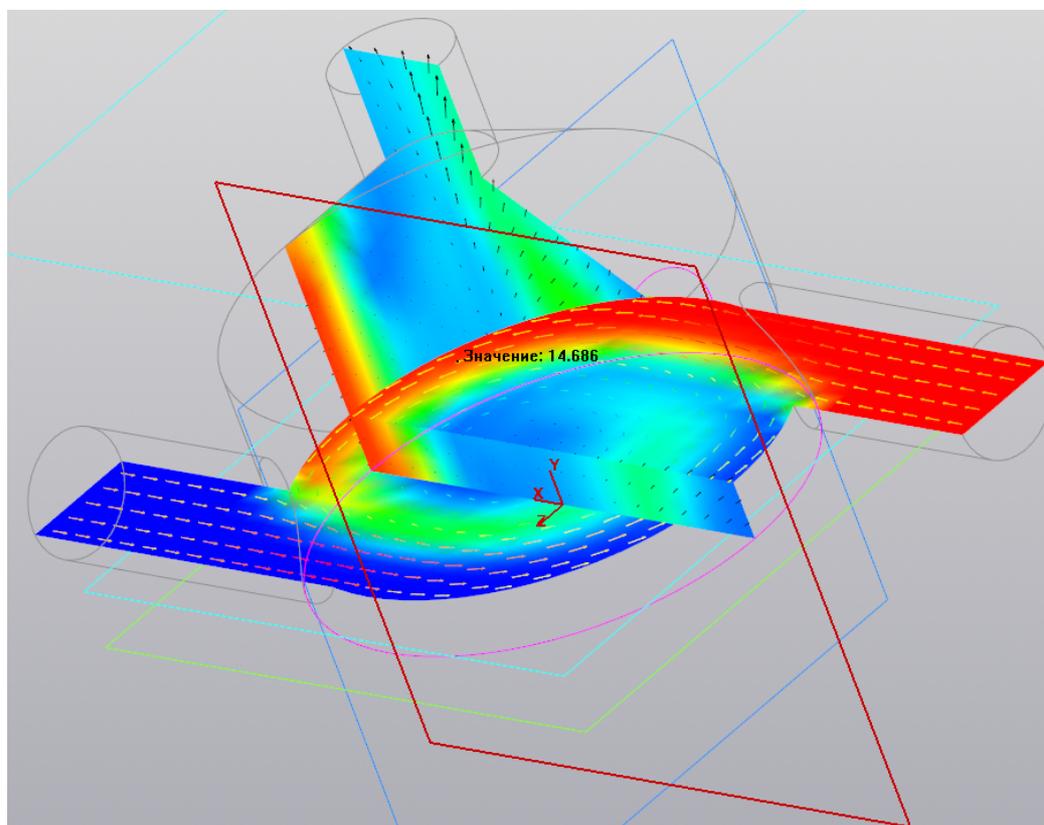
Слой **Заливка** не имеет специфических параметров.

При выделении слоя **Заливка** в дереве проекта, при нажатой клавише **Alt**, рядом с курсором мыши в графической области, значение визуализируемой переменной в точке пересечения линии от наблюдателя до курсора мыши с поверхностью **Слоя** отображается в текстовой строке:

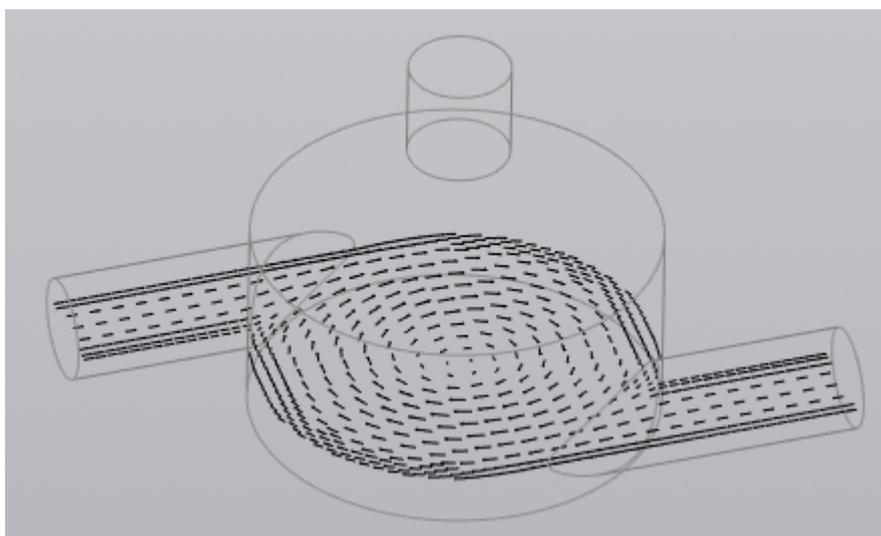


Вне зависимости от количества не скрытых слоёв-**Заливок**, числовое значение будет показываться только для той **Заливки**, которая выбрана в дереве проекта.

**Пример:** На иллюстрации ниже показано, как числовое значение отображается для слоя, выбранного в дереве проекта и построенного на плоскости, обозначенной красным прямоугольным контуром, а не для того слоя, который оказался расположен ближе к наблюдателю (иллюстрация дана в ракурсе со стороны дна смесителя).



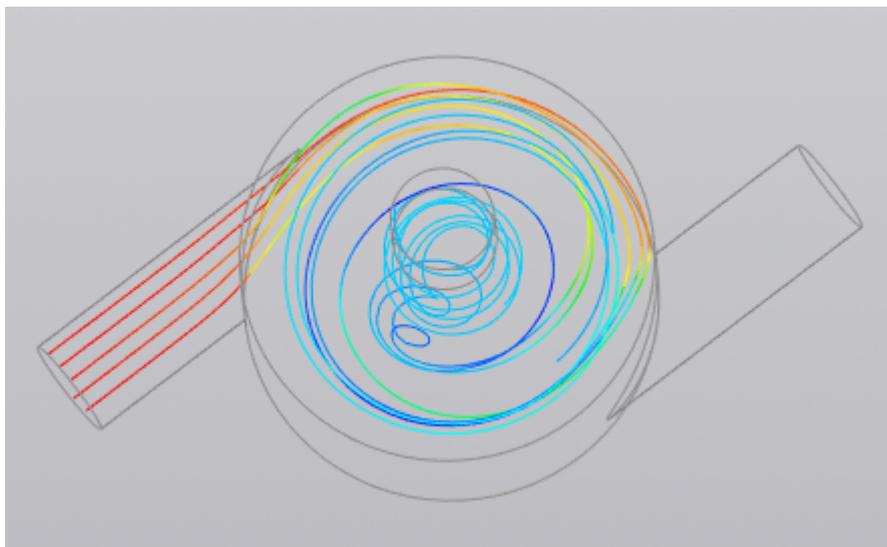
## Слой "Векторы"



 <b>Параметры Слоев с типом "Векторы"</b>	
<b>Параметр</b>	<b>Описание</b>
<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>   <b>Число Маха</b>   <b>Полное давление</b>   <b>Полная температура</b>   <b>Плотность излучения</b>.</p>
<b>Настройки отображения &gt;</b> <b>Постоянная длина</b>	<p>Рисовать все векторы с постоянной длиной.</p> <p>Возможные варианты: <b>Да</b>   <b>Нет</b>.</p>
<b>Настройки отображения &gt;</b> <b>Опорная длина</b>	Значение опорной длины векторов, [мм]
<b>Настройки отображения &gt;</b> <b>Плотность</b>	Плотность отображения векторов (условная величина, задается в процентах)

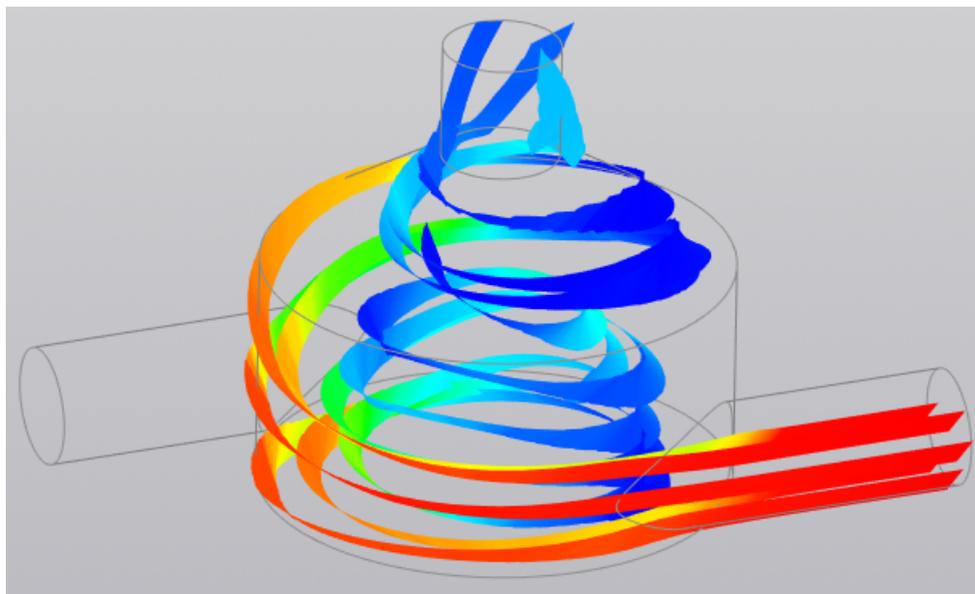
## Слой "Линии тока"

**Линии тока** можно строить как в **Пространстве**, так и на **Плоскости** или на **Поверхности** (этот выбор задается параметром **Объект**).

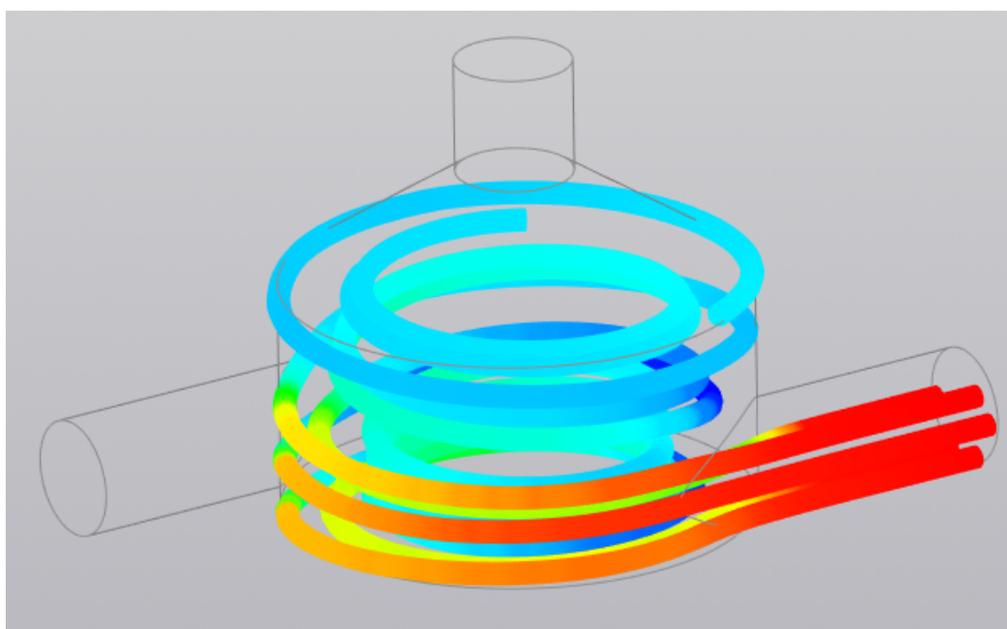


Стандартное отображение линий тока (Режим отрисовки = Линии)

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

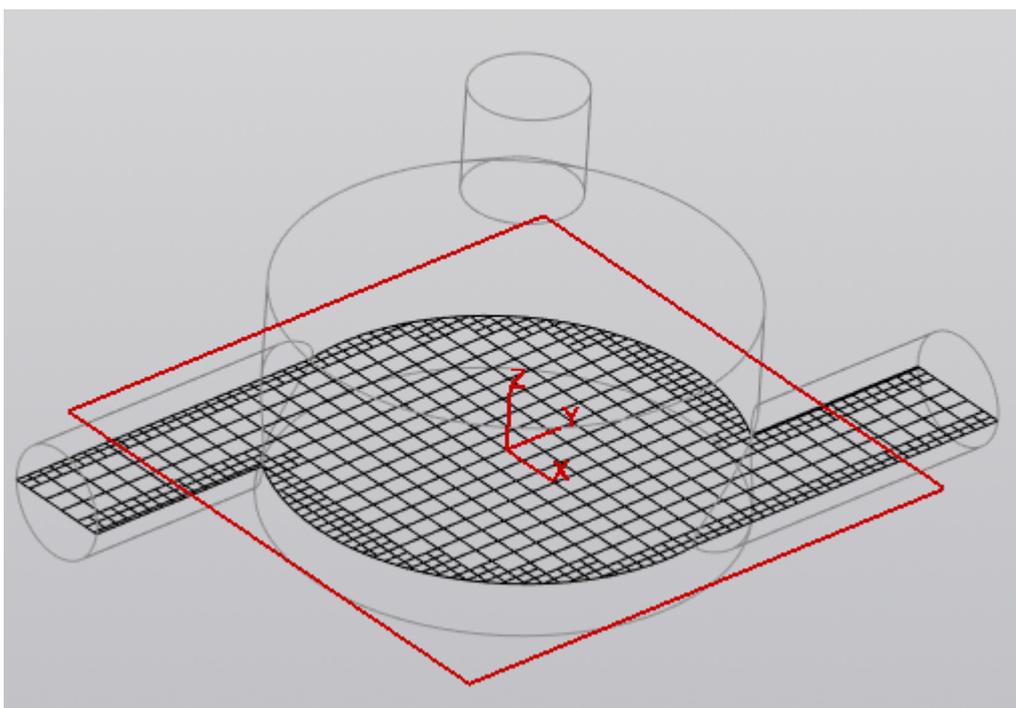


Отображение линий тока в виде лент (Режим отрисовки = Ленты)



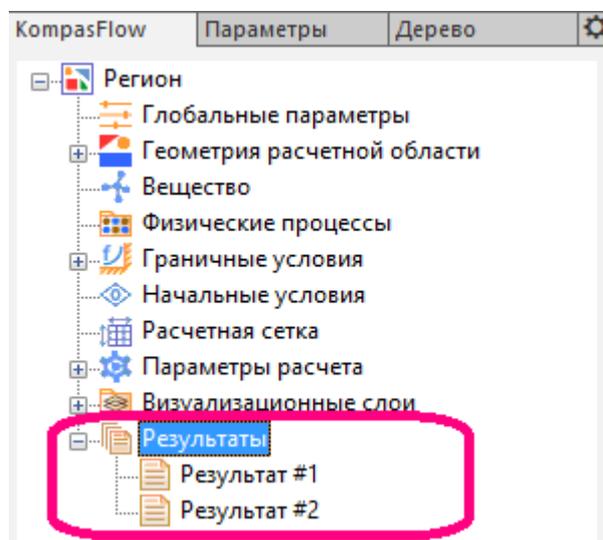
Отображение линий тока в виде лент (Режим отрисовки = Трубки)

## Слой "Сечение расчетной сетки"



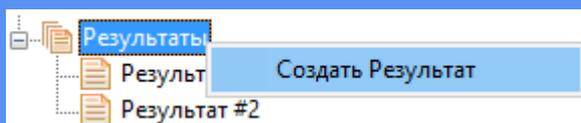
Слой **Сечение расчетной сетки** не имеет специфичных параметров.

### 5.2.11 Результаты



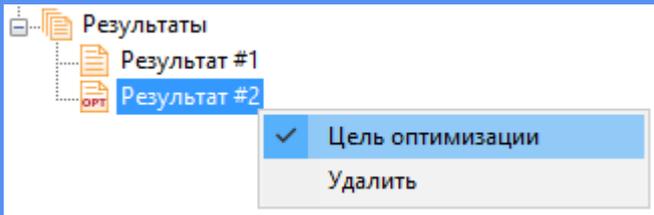
Папка **Результаты** содержит дочерние элементы **Результат #N**, представляющие в дереве проекта результаты расчета, графики которых отображаются в [Окне мониторинга](#).

### Контекстное меню папки "Результаты"



Команда	Описание
<p><b>Создать Результат</b></p>	<p>Создать новый 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> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;">  <p><b>Результат</b> также можно создать при нажатии на соответствующую пиктограмму (Т, Т', Р, Р', F, M<sub>n</sub>, V, M, Q, J, Q<sub>m</sub>, Q<sub>v</sub>, P) в группе команд <b>Результаты</b> <a href="#">инструментальной панели KompasFlow</a>.</p> </div>

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

Контекстное меню элемента "Результат #N"	
	
Команда	Описание
Цель оптимизации	Объявить выбранный <b>Результат #N</b> целью <a href="#">оптимизации</a> . Пиктограммы <b>Результатов</b> , объявленных целями оптимизации, выглядят так:  .
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 "Результат #N" можно задать другое название.
Результат	Результат расчета. Возможные варианты: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Температура</b> – превышение абсолютной температуры над <a href="#">Опорной температурой</a>, [К]</li> <li>• <b>Полная температура</b>, [К]</li> <li>• <b>Давление</b> – превышение абсолютного давления над <a href="#">Опорным давлением</a>, [Па]</li> <li>• <b>Полное давление</b>, [Па]</li> <li>• <b>Сила</b> – сила, действующая на поверхность, набор поверхностей или тело со стороны потока, [Н]</li> <li>• <b>Момент силы</b> – крутящий момент, действующий на объект (тело) со стороны потока, задается относительно осей, проходящих через начало координат объекта, [Н·м]</li> <li>• <b>Плотность</b>, [кг/м<sup>3</sup>]</li> <li>• <b>Скорость</b>, [м/с]</li> <li>• <b>Число Маха</b></li> <li>• <b>Тепловой поток</b> – полный тепловой поток, [Вт]. <b>Тепловой поток</b> вычисляется без учета радиационной составляющей.</li> <li>• <b>Лучистый поток</b> – радиационная составляющая теплового потока</li> <li>• <b>Массовый расход</b>, [кг/с]</li> <li>• <b>Объемный расход</b>, [м<sup>3</sup>/с]</li> </ul>

Параметры элемента "Результат #N", задаваемые при его создании	
Параметр	Описание
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: <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>
Направление	Направление движения потока при вычислении <b>Массового расхода</b> и <b>Объемного расхода</b> .  Возможные варианты:  <b>Внутри</b>    <b>Наружу</b>
Компонента	Этот параметр позволяет задать компоненту либо модуль векторной величины (вычисление компоненты или модуля производится после усреднения или интегрирования векторной величины).  Возможные варианты:  <b>Модуль</b>    <b>Комп. X</b>    <b>Комп. Y</b>    <b>Комп. Z</b>

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

---

## 5.3 Окно мониторинга

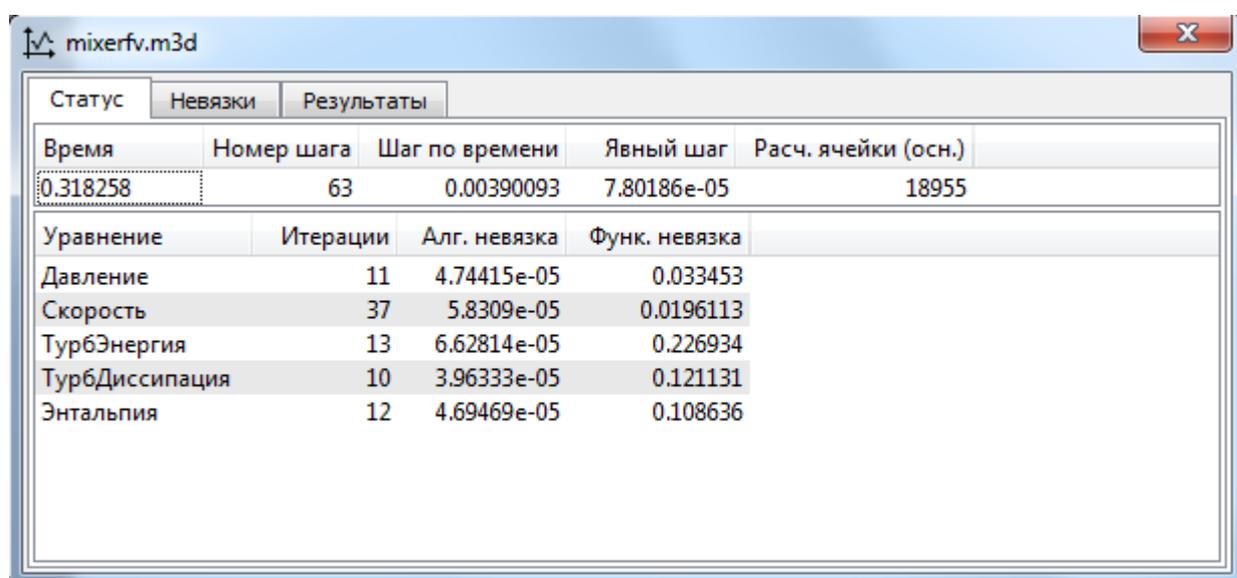
**Окно мониторинга** содержит данные из текущего расчета. При запуске расчета это окно открывается в центральной части окна КОМПАС-3D.

При желании, **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 KompasFlow](#).

**Окно мониторинга** имеет следующие вкладки:

- Статус
- График

### Вкладка "Статус"



Время	Номер шага	Шаг по времени	Явный шаг	Расч. ячейки (осн.)
0.318258	63	0.00390093	7.80186e-05	18955

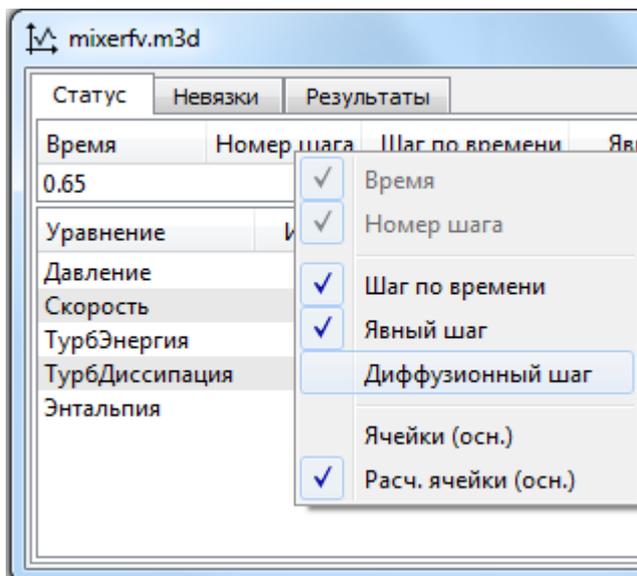
  

Уравнение	Итерации	Алг. невязка	Функ. невязка
Давление	11	4.74415e-05	0.033453
Скорость	37	5.8309e-05	0.0196113
ТурбЭнергия	13	6.62814e-05	0.226934
ТурбДиссипация	10	3.96333e-05	0.121131
Энтальпия	12	4.69469e-05	0.108636

Окно мониторинга, вкладка Статус

Вкладка **Статус** содержит две таблицы.

В верхней таблице указаны текущее время, номер текущего шага 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»**

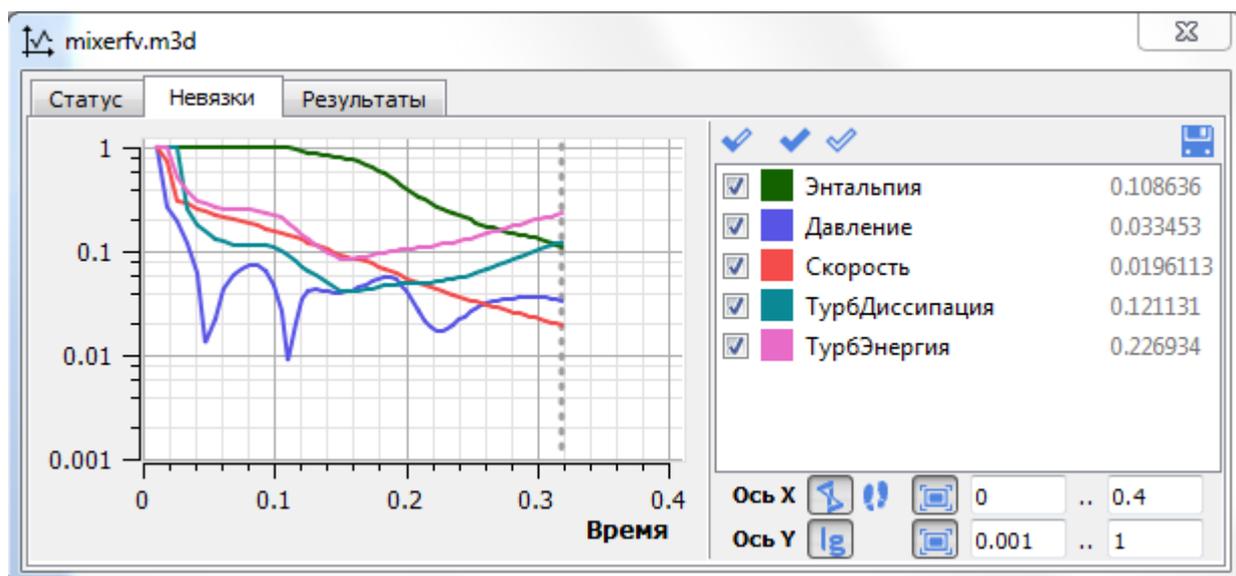
<p><b>Наименование колонки</b></p> <p>(состав отображаемых колонок настраивается в контекстном меню, открываемом при нажатии правой кнопки мыши на заголовке таблицы)</p>	<p><b>Содержимое колонки</b></p>
<p><b>Время</b></p>	<p>текущее время, <math>T</math></p>
<p><b>Номер шага</b></p>	<p>номер текущего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

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

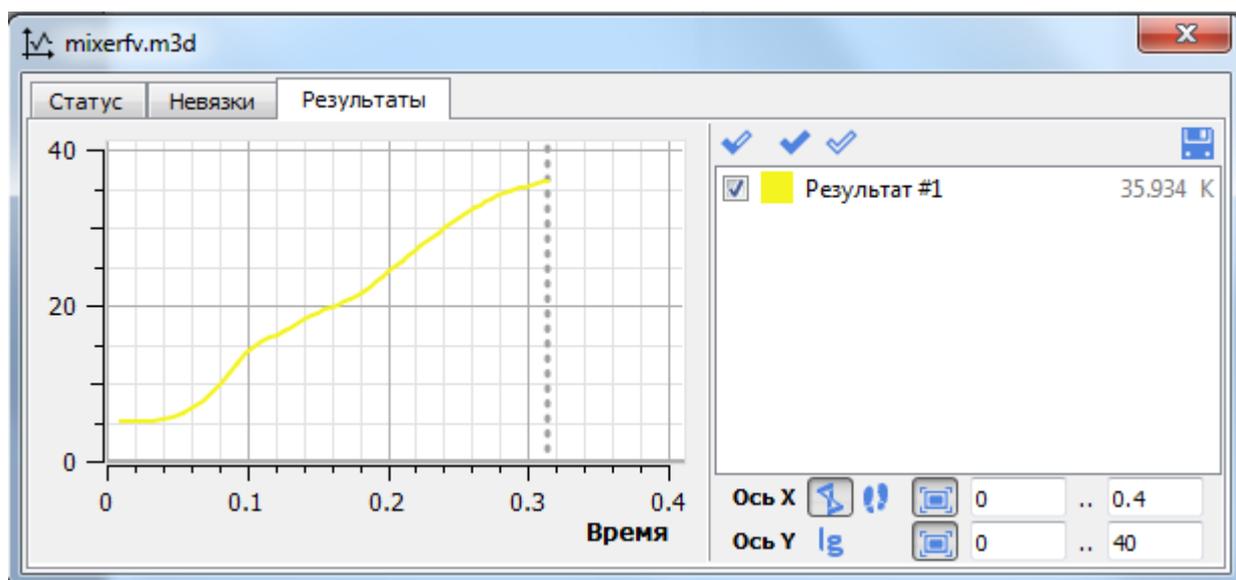
Данные, отображаемые в *нижней* таблице вкладки «Статус» окна «Мониторинг»

<b>Наименование колонки</b>	<b>Содержимое колонки</b>
<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 $R_{\text{norm}}(t^n)$ , максимальная по расчетной области скорость изменения основной рассчитываемой переменной

## Вкладки "Невязки" и "Результаты"



Окно мониторинга, вкладка Невязки



Окно мониторинга, вкладка Результаты

Ось абсцисс графика соответствует времени или количеству шагов. Ось ординат соответствует величине функциональной невязки расчетной переменной либо заданным [Результатам](#).

Текущий момент или шаг обозначен на графике вертикальной пунктирной линией.

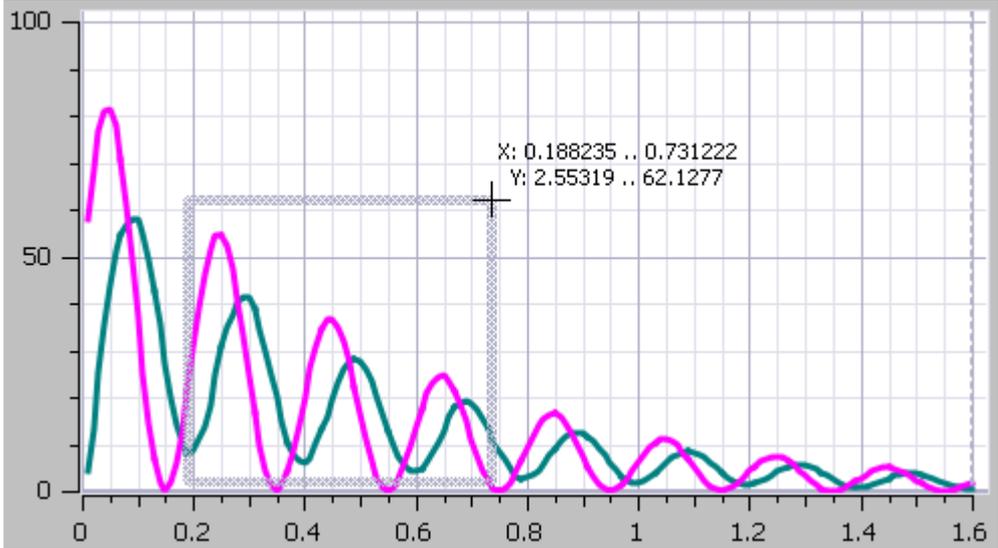
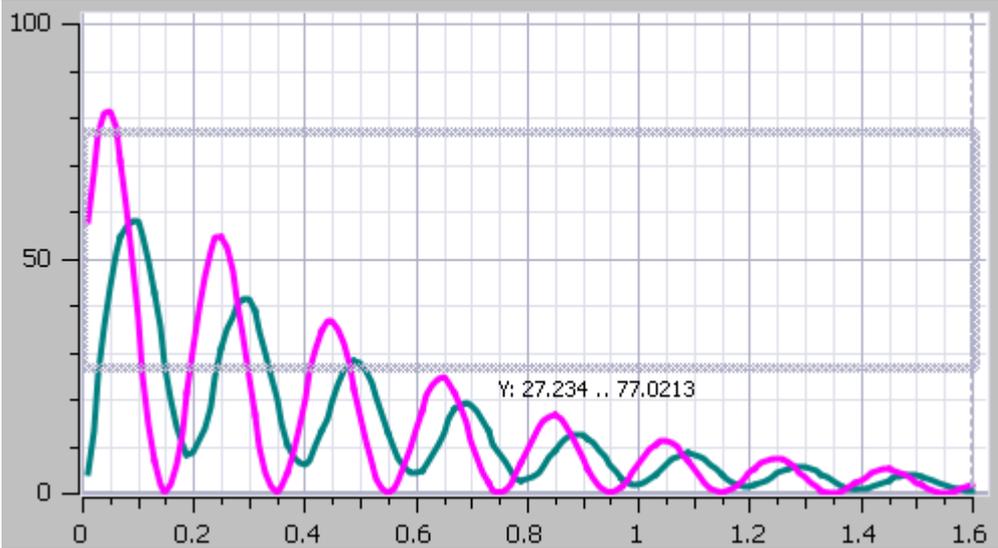
Справа от графика расположена панель со списком линий графика (с указанием цветов графиков и значениями на последнем шаге с указанием размерности) и элементами интерфейса для настройки графика:

Элемент интерфейса	Описание
<i>Список линий графика</i>	
	<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>	
	<b>Инvertировать выбор</b> отображаемых и скрытых графиков
	<b>Показать все</b> графики
	<b>Скрыть все</b> графики
<i>Настройки для оси абсцисс ("Ось X")</i>	
	<p>Выбор переменной для оси абсцисс:</p> <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)
	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>	
	<p>Включение/отключение режима логарифмического масштаба оси ординат.</p> <p>По умолчанию <b>Невязки</b> отображаются в логарифмической шкале, а <b>Результаты</b> - в обычной.</p>

	<p>Автоматическая настройка масштаба по оси ординат (так, чтобы весь график уместился по вертикали)</p>																																				
	<p>Поля для ручного ввода диапазона графика по оси ординат. Введите данные и нажмите на клавишу <b>Enter</b> на клавиатуре.</p>																																				
<p><i>Сохранение графика в текстовый файл</i></p>																																					
	<p>Данные из графика можно сохранить в текстовом файле с разделением колонок данных символами табуляции.</p> <p>После нажатия на эту кнопку откроется стандартное диалоговое окно операционной системы, в котором указывается файл, в который нужно сохранить данные.</p> <p>Пример текстового файла:</p> <table border="1" data-bbox="608 763 1286 1055" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Step</th> <th>Time</th> <th>Давление</th> <th>Скорость</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>200</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300</td> <td>1</td> <td>0.904514</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>400</td> <td>0.594614</td> <td>0.766632</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>500</td> <td>0.0251451</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>600</td> <td>0.132585</td> <td>0.779342</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>700</td> <td>0.239844</td> <td>0.555458</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>800</td> <td>0.351604</td> <td>0.422173</td> </tr> </tbody> </table>	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
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																																		

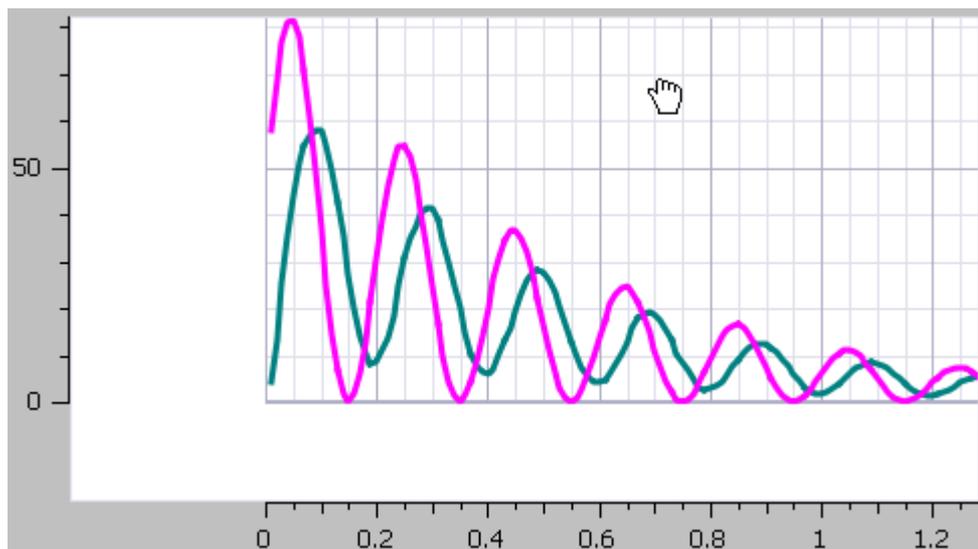
## Ручное масштабирование и/или сдвиг графика при помощи мыши

Масштабирование и/или сдвиг графика можно выполнять 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>
<p>Растянуть диапазон вдоль одной оси графика на все поле</p>	<p>Нажмите левой кнопкой 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.</p>  <p>Рядом с указателем мыши отображаются новые границы диапазона графика по соответствующей оси.</p>

### Сдвиг всего графика

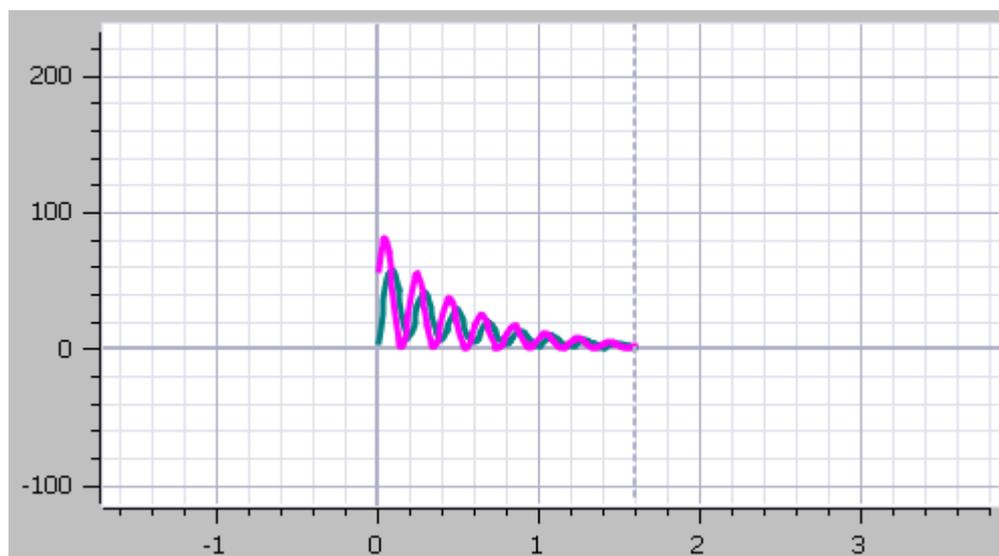
Нажмите правую кнопку мыши в поле графика и, не отпуская ее, сдвиньте график.



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

### Масштабирование всего 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 вкладки документа КОМПАС) открытое **Окно мониторинга** останется в старом окне КОМПАС. Чтобы открыть **Окно мониторинга** в новом окне КОМПАС, закройте его в старом окне КОМПАС, перейдите в новое окно КОМПАС и примените команду  **Открыть окно мониторинга** в [инструментальной панели KompasFlow](#).

## 5.4 Изменение проекта на связи с солвером

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 изменения 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>
<u>Глобальные параметры</u>	
<u>Геометрия расчетной области</u>	
<u>Вещество</u>	
<u>Физические процессы</u>	
<u>Граничные условия &gt; Граничное условие #N</u>	
<u>Начальные условия</u>	
<u>Расчетная сетка</u>	 ,  *)
<u>Расчетная сетка &gt; Адаптация #N</u>	

Возможность изменения параметров проекта на связи с солвером и во время расчета	
<u>Параметры расчета</u>	✓
<u>Параметры расчета &gt; Ограничители</u>	✗
<u>Визуализационные слои &gt; Слой #N</u>	✓, ✗ <sup>**)</sup>
<u>Результаты &gt; Результат #N</u>	✗, ✗ <sup>***)</sup>

<sup>\*</sup>) Параметры начальной сетки не могут быть изменены на связи с солвером. Параметры адаптации могут быть изменены на связи с солвером, но для этого потребуется приостановка расчета.

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

<sup>\*\*\*)</sup> 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.

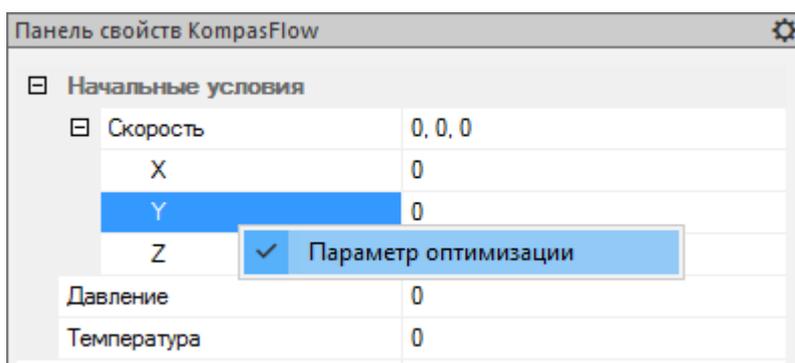
## 5.5 Оптимизация

В *KompasFlow* имеются средства для связи в приложении *Оптимизация IOSO-K*.

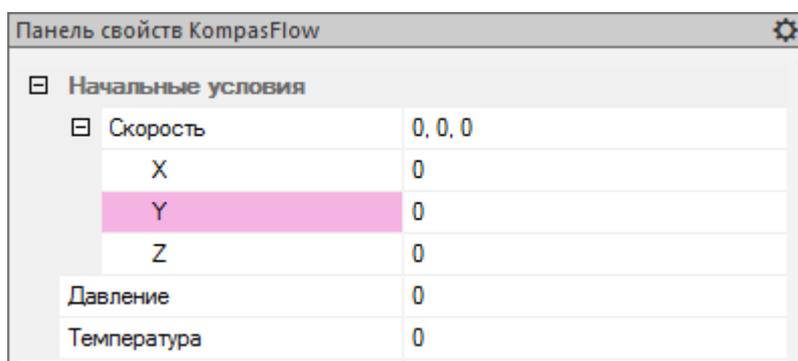
### Параметры оптимизации

Параметрами оптимизации могут быть числовые значения, задаваемые в свойствах [Граничных условий](#) и/или [Начальных условий](#).

Для назначения параметра оптимизации применяется команда **Параметр оптимизации** в контекстном меню параметра:

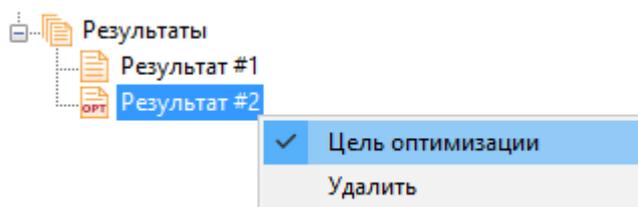


Параметры оптимизации выделены в панели свойств розовым цветом:



### Цели оптимизации

В качестве **Целей оптимизации** задаются один или несколько [Результатов](#). Чтобы назначить какой-либо **Результат** в качестве **Цели оптимизации**, откройте в дереве проекта его контекстное меню и включите опцию **Цель оптимизации**:



Пиктограммы **Результатов**, объявленных целями оптимизации, выглядят так: .

## Таблица параметров оптимизации

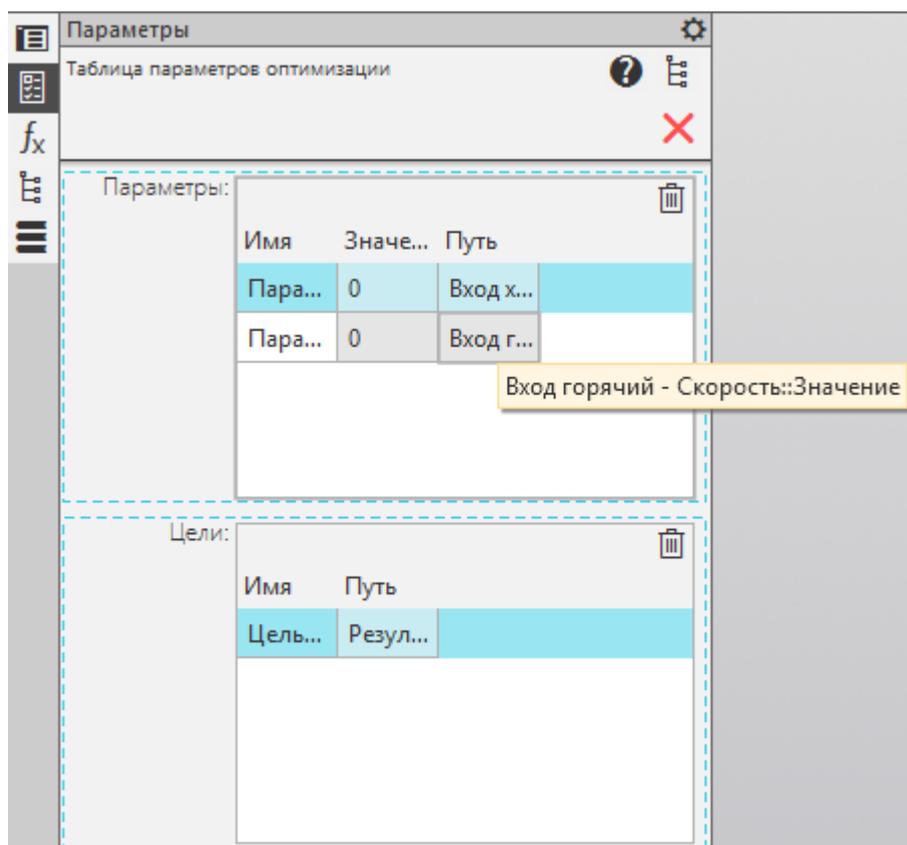


Таблица параметров оптимизации содержит два поля, **Параметры** и **Цели**.

Эти поля содержат, соответственно, список параметров и список целей оптимизации. Данные из полей передаются в приложение *Оптимизация IOSO-K*.

Имена **Параметров** и **Целей** можно редактировать, но при этом они должны быть уникальными.

При нажатии на пиктограмму  происходит удаление из списка выделенного параметра или цели оптимизации.

Чтобы открыть таблицу параметров оптимизации, нажмите на пиктограмму  **Параметры оптимизации** в [Инструментальной панели KompasFlow](#).

## 6 Решение проблем

- [Возможные проблемы](#)
  - [Сообщения об ошибках и предупреждения](#)
  - [Техническая поддержка](#)
-

## 6.1 Возможные проблемы

Проблема	Описание, рекомендации
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.
Выводится сообщение об ошибке или предупреждение	См. раздел <a href="#">Сообщения об ошибках и предупреждения</a> .

## 6.2 Сообщения об ошибках и предупреждения

Сообщение об ошибке или предупреждение	Описание
<p>Не удалось найти подходящее тело для создания CFD-задачи.</p>	<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>
<p>Данные предыдущего расчета будут потеряны! Продолжить?</p>	<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="#">Открыть решение</a>.</p>
<p>Задача была сохранена для другой версии геометрии</p>	<p>В проекте отслеживается версия геометрии на основе геометрических параметров граней. Для каждой грани данные записываются в m3d-файл вместе с задачей для отслеживания изменений, которые могли произойти вне работы программы.</p>
<p>Изменилась геометрия модели, отключаемся от солвера</p>	<p>Если таковые изменения произошли, то при открытии проекта выводится сообщение "<b>Задача была сохранена для другой версии геометрии</b>". На новые грани устанавливается первое граничное условие <b>Стенка</b>, либо, при отсутствии такового граничного условия, устанавливается первое граничное условие, имеющееся в проекте.</p>
<p>Данные расчета были созданы для другой версии геометрии, подключение запрещено!</p>	<p>При запуске на расчет версия геометрии отправляется на солвер и хранится в файлах проекта. Если при подключенном солвере происходит изменение геометрии, то связь с солвером разрывается и выводится сообщение "<b>Изменилась геометрия модели, отключаемся от солвера</b>".</p> <p>При попытке загрузить данные расчета, сначала производится сравнение текущей версии геометрии и той, с которой производился расчет. Если версии геометрии не совпадают, то выводится сообщение "<b>Данные расчета были созданы для другой версии геометрии, подключение запрещено!</b>".</p>



## 6.3 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*.