

# Пример расчёта теплообмена в смешивающихся потоках

Наумкин В.С.

Лекция №6, 2021

## Постановка задачи

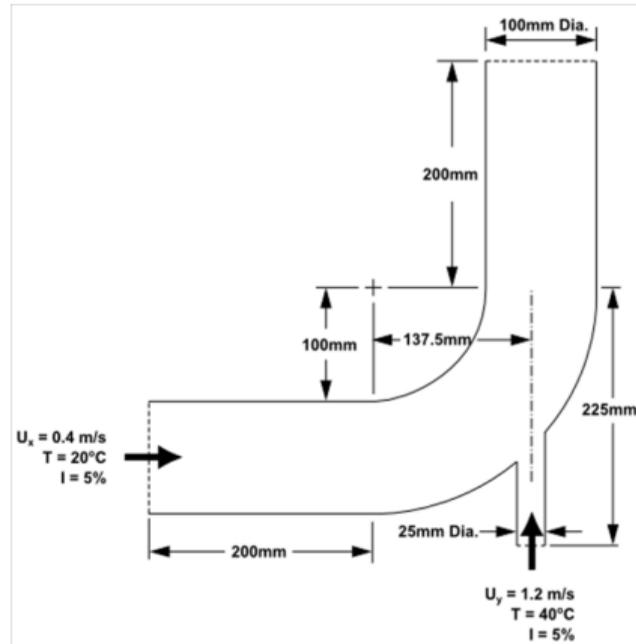
### Введение

- ▶ Данный пример взят из официальной документации Ansys Fluent. В нём рассматривается задача теплообмена в трёхмерной постановке для двух смешивающихся потоков в смесительном колене. Конфигурация смесительного колена встречается в системах трубопроводов на электростанциях и в обрабатывающих отраслях. Для правильного проектирования перехода важно корректно спрогнозировать поля скорости и температуры в зоне перемешивания.

В примере будут рассмотрены:

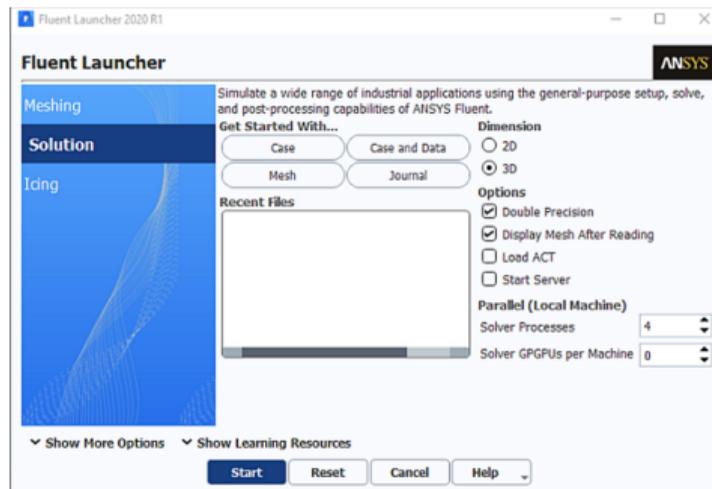
- ▶ Запуск Ansys Fluent
- ▶ Считывание уже готовой расчётной сетки.
- ▶ Системы единиц (СИ и т.п.) для определения геометрических размеров и свойств рабочего тела.
- ▶ Задание свойств материала и граничных условий.
- ▶ Создание контролирующих решение переменных и их использование в качестве критерия сходимости.
- ▶ Расчёт задачи с использованием pressure-based решателя.
- ▶ Визуализация полей скорости и температуры.
- ▶ Адаптация сетки на основе градиента температуры для уточнения решения.

## Геометрия и исходные данные



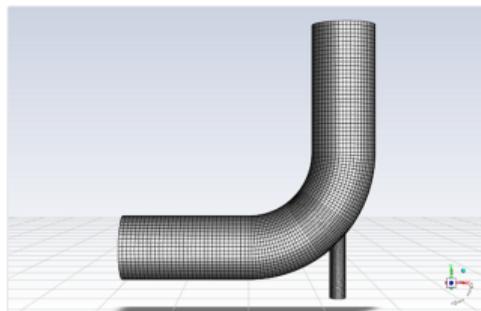
## Подготовка

- ▶ Скачать и распаковать архив Case 1 elbow.zip.
- ▶ Пуск > ANSYS 2020 R1 > Fluent 2020 R1 или Workbench.

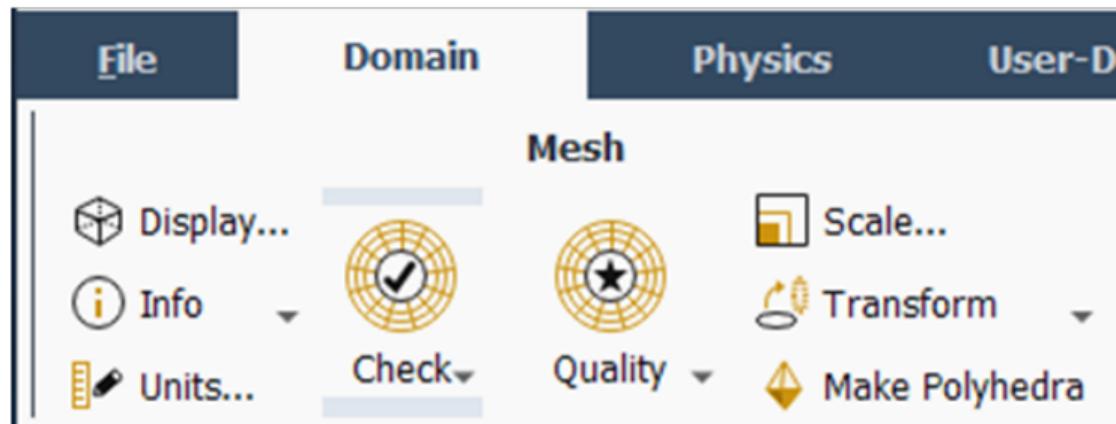


## Считывание сетки

- ▶ *File* → *Read* → *Mesh...elbow.msh*.
- ▶ Во время считывания сетки в консоли будут появляться сообщения о ходе преобразования. ANSYS Fluent сообщит, что было прочитано 13 852 гексаэдрических ячеек с жидкостью, а также ряд граничных поверхностей с различными идентификаторами зон.



## Проверка сетки

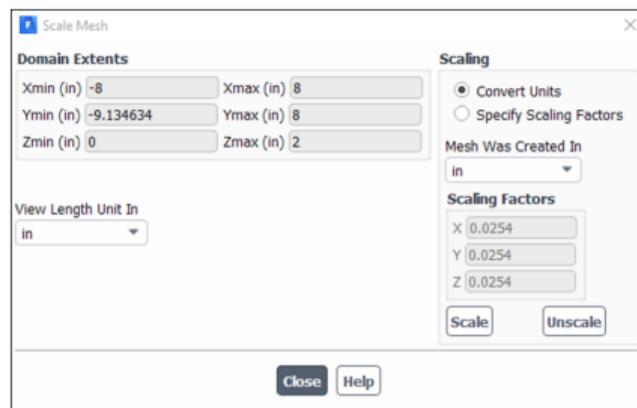


- ▶ *Domain* → *Mesh* → *Check* → *PerformMeshCheck*

## Результат проверки сетки

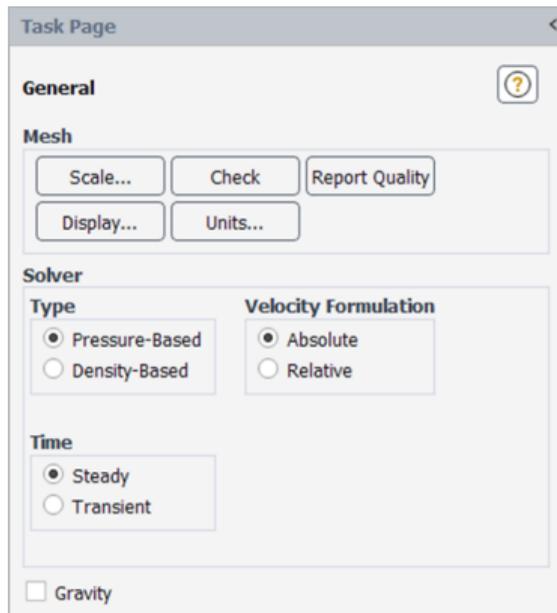
```
Domain Extents:  
  x-coordinate: min (m) = -8.000000e+00, max (m) =  
8.000000e+00  
  y-coordinate: min (m) = -9.134634e+00, max (m) =  
8.000000e+00  
  z-coordinate: min (m) = 0.000000e+00, max (m) =  
2.000000e+00  
Volume statistics:  
  minimum volume (m3): 5.098304e-04  
  maximum volume (m3): 2.330736e-02  
  total volume (m3): 1.607154e+02  
Face area statistics:  
  minimum face area (m2): 4.865882e-03  
  maximum face area (m2): 1.017924e-01  
Checking mesh.....  
Done.
```

## Масштабирование сетки



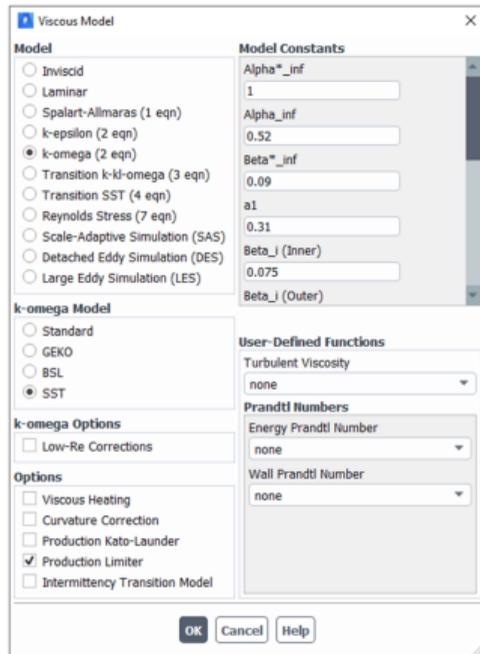
- ▶ *Domain* → *Mesh* → *Scale...* Переведём размеры в дюймы. Выполним проверку сетки. **После любой манипуляции с сеткой лучше выполнять её проверку. После манипуляций иногда проявляются ошибки сетки.**

## Настройка физики



- ▶ Следующий шаг - настройка физики решателя (выбор решателя, свойства, граничные условия и т.д.).  
*Physics* → *Solver* → *General*.
- ▶ Выбираем Pressure-Based решатель и стационарную постановку.
- ▶ Включаем уравнение энергии:  
*Physics* → *Models* → *Energy*.
- ▶ Выбираем  $k - \omega SST$  модель турбулентности.  
*Physics* → *Models* ← *Viscous...*

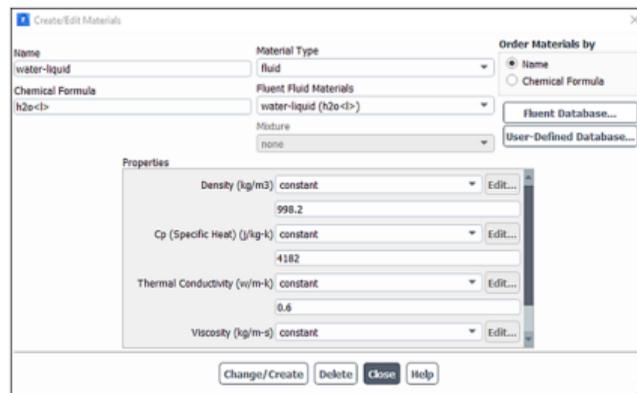
## Настройка физики-модель турбулентности



## Настройка физики-свойства рабочего тела



- *Physics* → *Materials* → *Create/Edit...* → *FluentDatabase...* : *Water – liquid* → *Copy*.



## Настройка физики-Zones

► *Physics* → *Zones* → *CellZones*



## Настройка физики-Zones

Fluid

Zone Name  
fluid

Material Name water-liquid Edit...

Frame Motion  3D Fan Zone  Source Terms  
 Mesh Motion  Laminar Zone  Fixed Values  
 Porous Zone

Reference Frame Mesh Motion Porous Zone 3D Fan Zone Embedded LES Reaction Source Terms Fixed Values Multiphase

Rotation-Axis Origin

X (in) 0  
Y (in) 0  
Z (in) 0

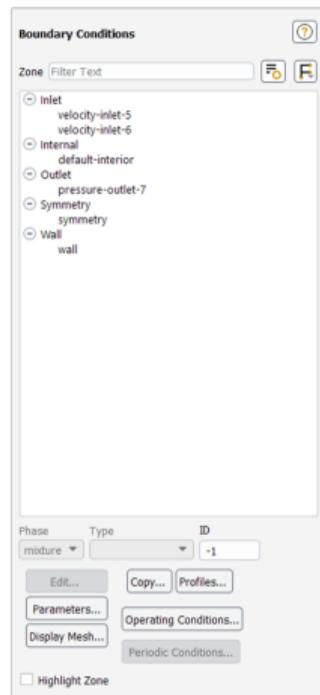
Rotation-Axis Direction

X 0  
Y 0  
Z 1

OK Cancel Help

## Настройка физики-Граничные условия

► *Physics* → *Zones* → *Boundaries*



## Настройка физики-Граничные условия: velocity-inlet-5

Velocity Inlet

Zone Name  
velocity-inlet-5

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method: Magnitude, Normal to Boundary

Reference Frame: Absolute

Velocity Magnitude (m/s): 0,4

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal): 0

**Turbulence**

Specification Method: Intensity and Hydraulic Diameter

Turbulent Intensity (%): 5

Hydraulic Diameter (in): 4

OK Cancel Help

Velocity Inlet

Zone Name  
velocity-inlet-5

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Temperature (k): 293.15

OK Cancel Help

## Настройка физики-Граничные условия: velocity-inlet-6

- ▶ Velocity Specification Method: Magnitude, Normal to Boundary
- ▶ Velocity Magnitude: 1.2 [m/s]
- ▶ Specification Method: Intensity and Hydraulic Diameter
- ▶ Turbulent Intensity: 5 [%]
- ▶ Hydraulic Diameter: 1 [inch]
- ▶ Temperature: 313.15 [K]

## Настройка физики-Граничные условия: pressure-outlet-7

Pressure Outlet

Zone Name  
pressure-outlet-7

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Backflow Reference Frame Absolute

Gauge Pressure (pascal) 0

Pressure Profile Multiplier 1

Backflow Direction Specification Method Normal to Boundary

Backflow Pressure Specification Total Pressure

Radial Equilibrium Pressure Distribution

Average Pressure Specification

Target Mass Flow Rate

**Turbulence**

Specification Method Intensity and Hydraulic Diameter

Backflow Turbulent Intensity (%) 5

Backflow Hydraulic Diameter (in) 4

OK Cancel Help

## Настройка физики-Граничные условия: wall

Wall

Zone Name  
wall

Adjacent Cell Zone  
fluid

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase UDS Wall Film Potential Structure

**Wall Motion**

Stationary Wall  
 Moving Wall

**Motion**

Relative to Adjacent Cell Zone

**Shear Condition**

No Slip  
 Specified Shear  
 Specularity Coefficient  
 Marangoni Stress

**Wall Roughness**

Roughness Height (in) 0

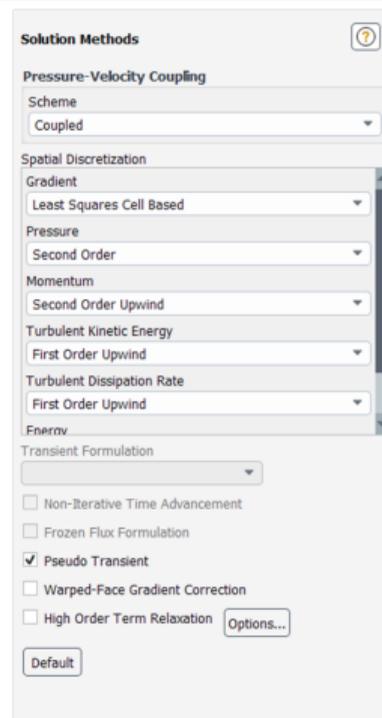
Roughness Constant 0.5

OK Cancel Help

## Настройки решения

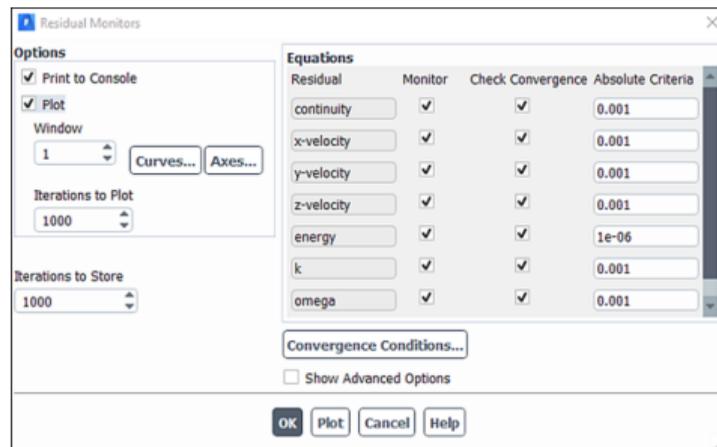
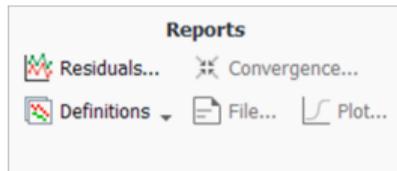
## Выбор метода решения

► *Solution* → *Solution* → *Methods...*



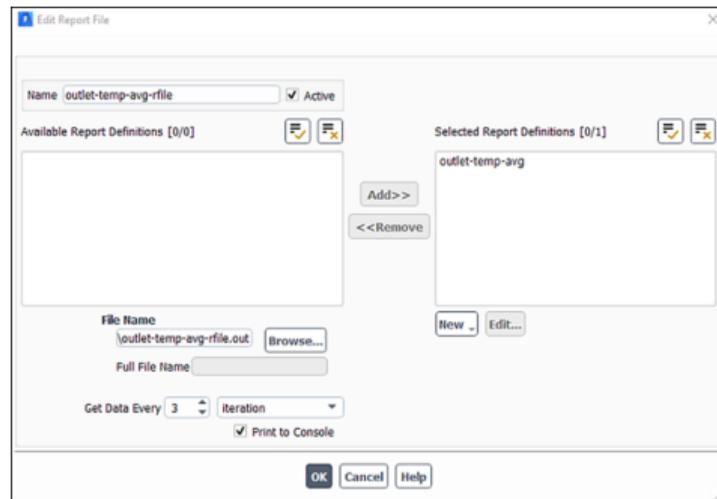
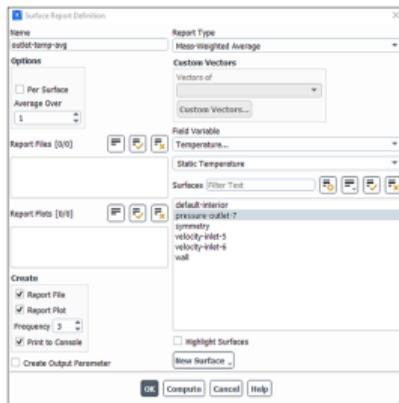
## Reports

► *Solution* → *Reports* → *Residuals...*



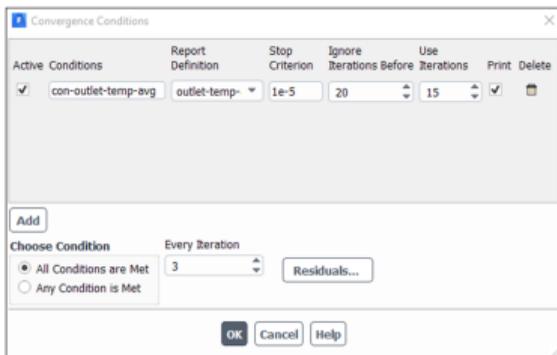
## Reports пользователя

- *Solution* → *Reports* → *Definitions* → *New* → *SurfaceReport* → *Mass – WeightedAverage...*

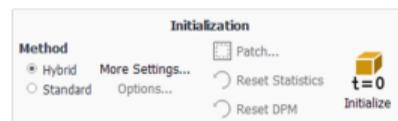


## Критерий сходимости пользователя / инициализация решения

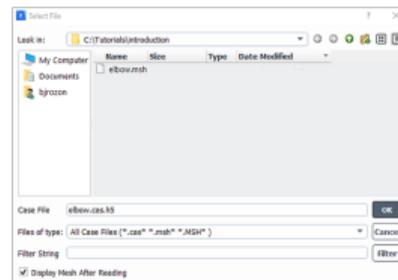
- ▶ *Solution* → *Reports* → *Convergence...*



- ▶ *Solution* → *Initialization*

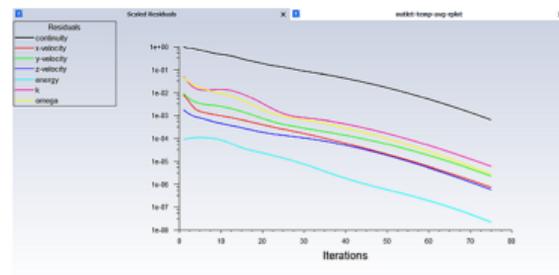
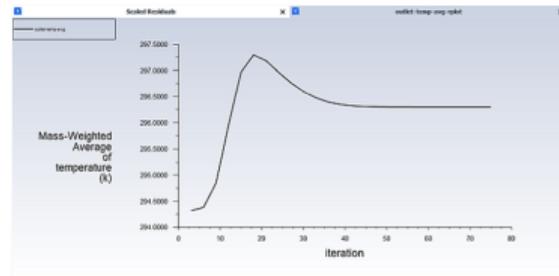
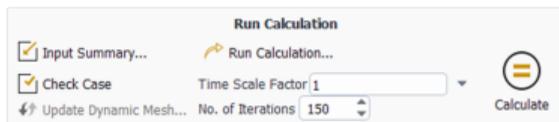


- ▶ *File* → *Write* → *Case...*



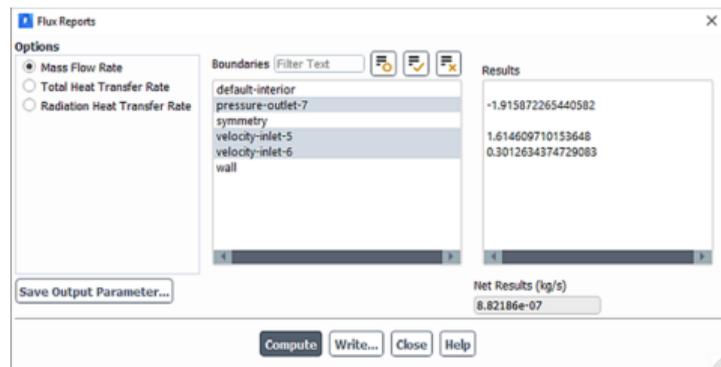
## Запуск решения

► *Solution* → *RunCalculation*



## Проверка балансов

► *Results* → *Reports* → *Fluxes...*



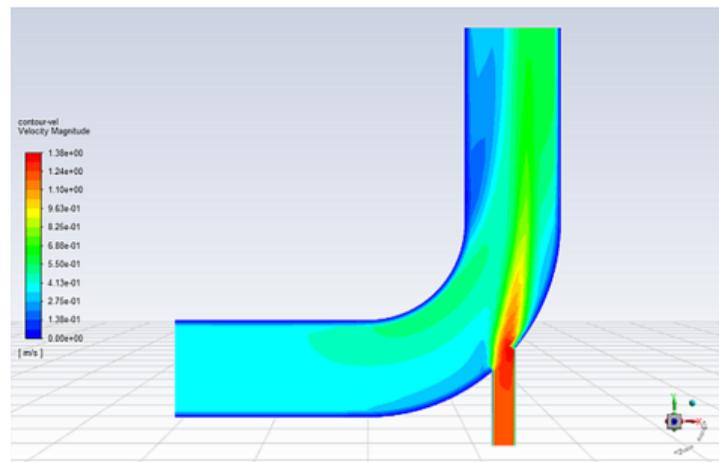
► Сохранение результатов:

► *File* → *Write* → *Data...*

## Обработка данных

## Визуализация течения: поля

- *Results* → *Graphics* → *Contours* → *New...*



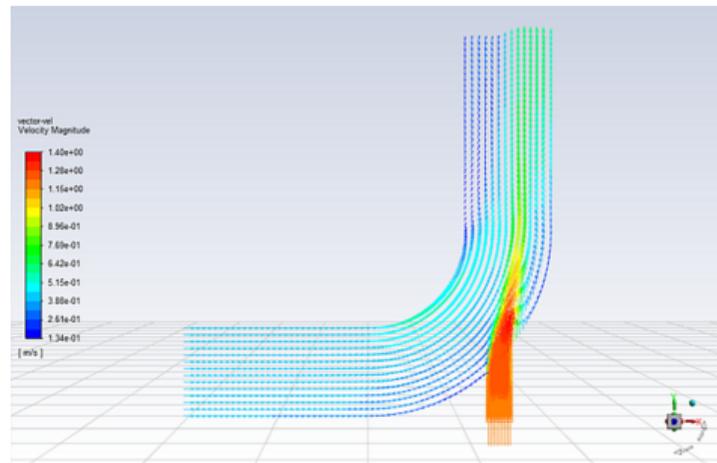
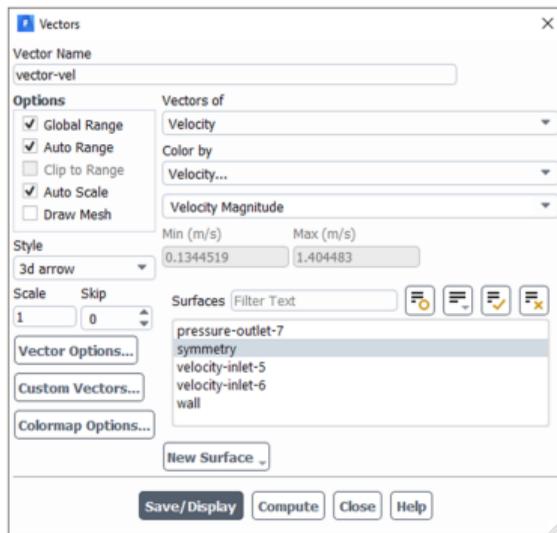
- *View* → *Display*



- Аналогично для поля температуры.

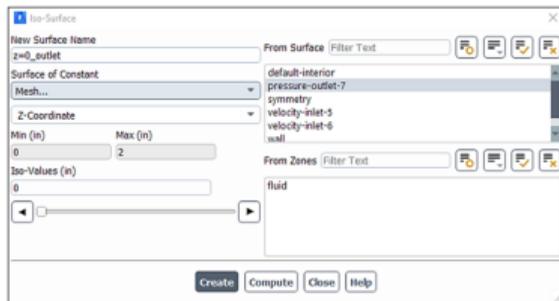
## Визуализация течения: векторные поля

- *Results* → *Graphics* → *Vectors* → *New...*



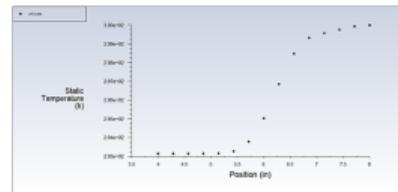
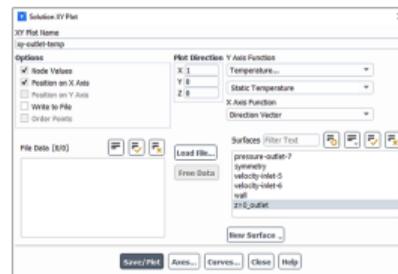
## Профили переменных

- *Results* → *Surface* → *Create* → *Iso – Surface...*



- Появится новая линия, представляющая собой пересечение плоскости  $Z=0$  и поверхности **pressure-outlet-7**. Имя линии **z=0-outlet** появится в списке доступных поверхностей.

- *Results* → *Plots* → *XYPlot* → *New...*

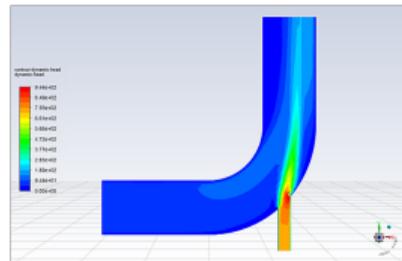
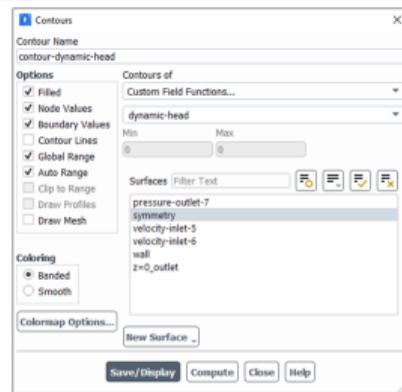


## Переменные пользователя

- *User – Defined* → *FieldFunctions* → *Custom....*



- *Results* → *Graphics* → *Contours* → *New...*



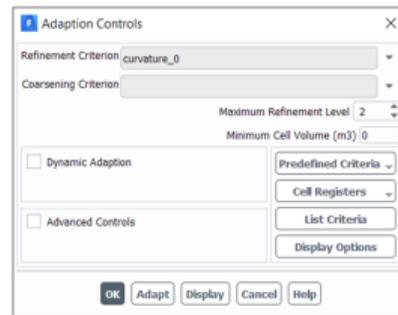
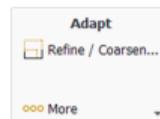
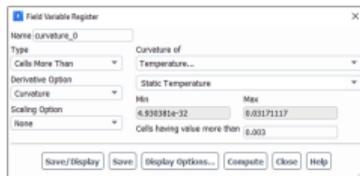
## Адаптация сетки

## Адаптация сетки

Измельчение сетки в области больших градиентов

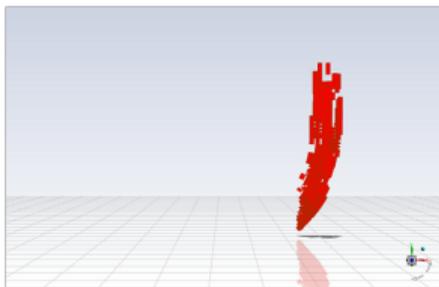
► *Solution* → *CellRegistersNew* → *FieldVariable...*

► *Domain* → *Adapt* → *Refine/Coarsen...*

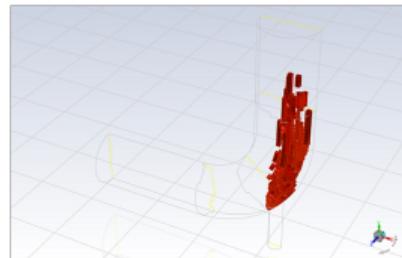


## Адаптация сетки

- *Solution* → *CellRegistersNew* → *FieldVariable...*

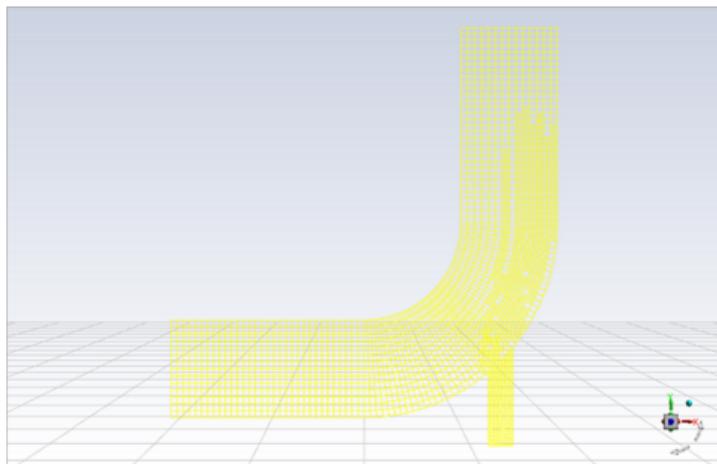


- Отображение адаптированной сетки с границами.

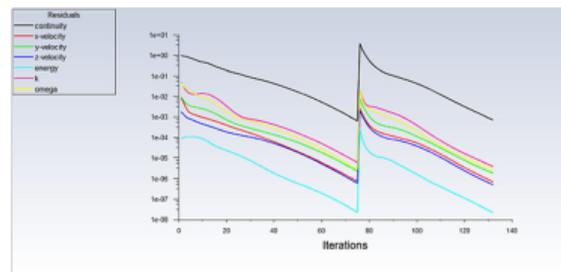


## Адаптация сетки

- ▶ Адаптированная сетка на поверхности симметрии:



- ▶ Запускаем новый расчёт.



- ▶ *File* → *Write* → *Case & Data....*
- ▶ Можно сделать визуализацию полей, вывести профиль температуры на выходе и записать его в файл.

## Результаты на адаптированной и не адаптированной сетках

► *Results* → *Plots* → *DataSources...*

