

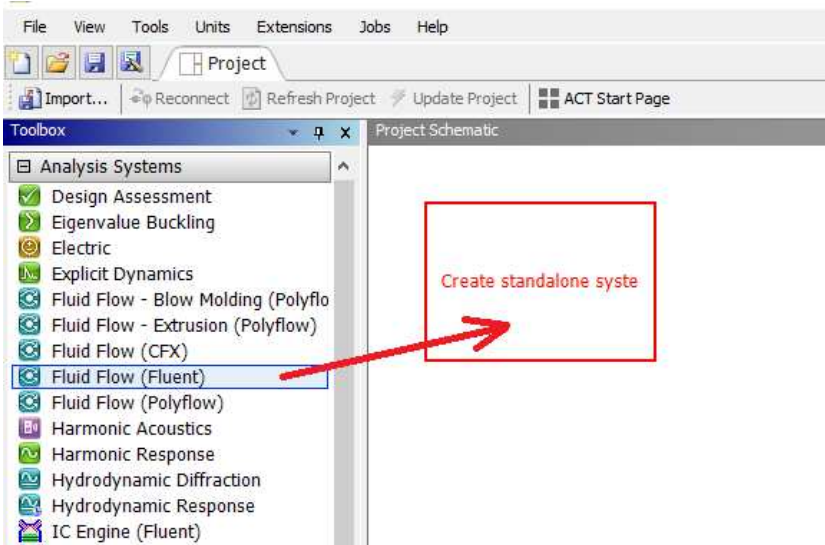
## Лабораторная работа «Течение в камере: решение с помощью ANSYS Fluent».

В меню Пуск открываем **ANSYS -> Workbench** и запускаем проект. Сохраняем его в папке с названием проекта Cavity.

В итоге, в вашей папке появятся следующие файлы:

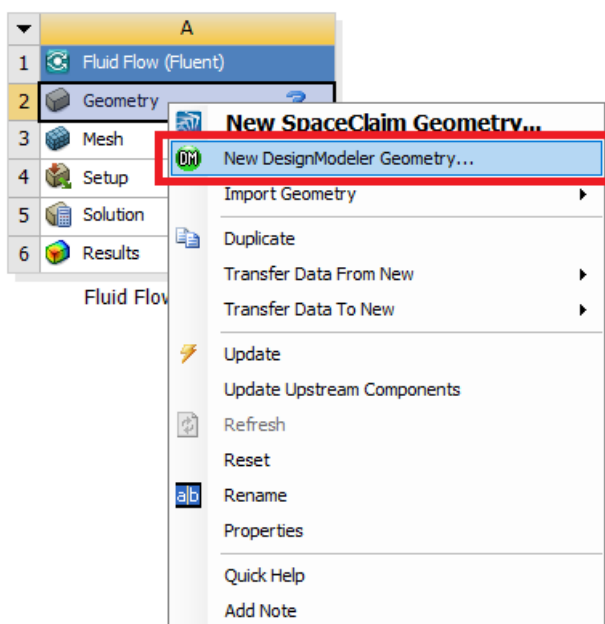
Имя	Дата изменения	Тип
.cavity_files.backup	29.04.2020 16:45	Папка с файлами
cavity_files	29.04.2020 16:45	Папка с файлами
cavity.wbpj	29.04.2020 16:45	ANSYS v191 .wbpj ...

Далее строим геометрию, для этого в пустом проекте переносим в рабочую область компоненту FluidFlow (Fluent).



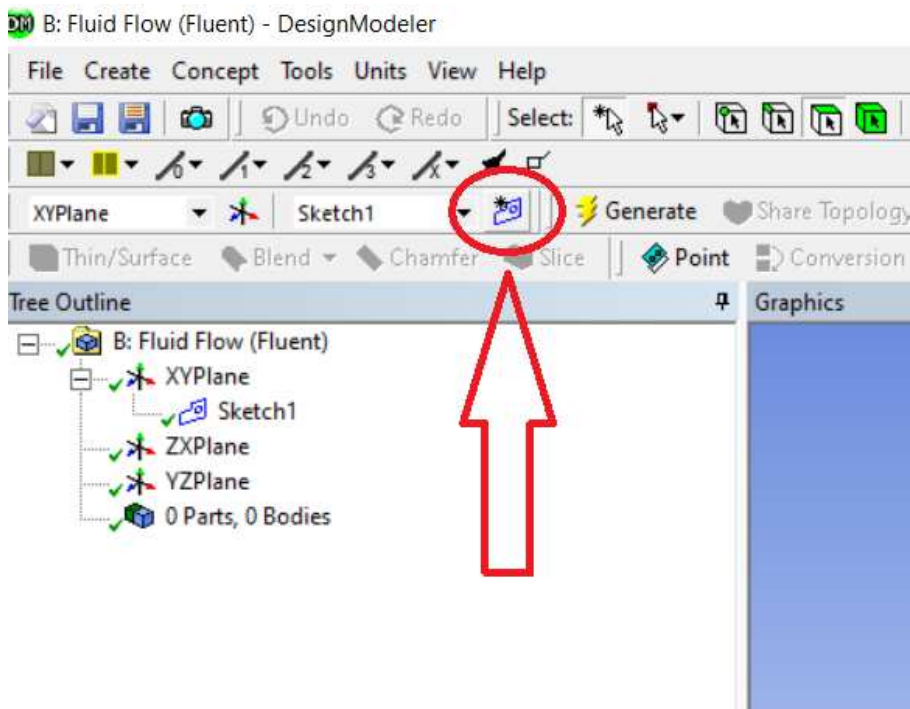
### ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ

Далее нажимаем правой кнопкой мыши на Geometry и во всплывающем списке выбираем New DesignModeler Geometry.

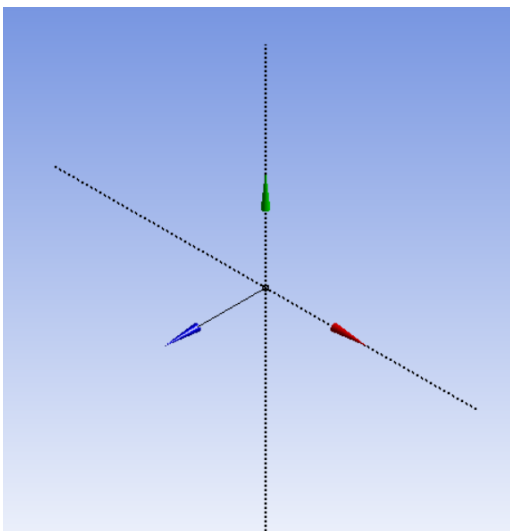


В открывшемся окне мы будем строить геометрию для нашей задачи. Для этого выбираем плоскость, в которой будем работать, в нашем случае **XYPlane**, и нажимаем на иконку **Sketch**.

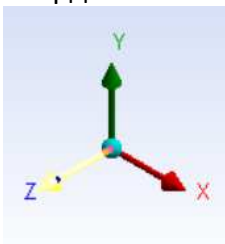
После этого в области **Tree Outline** в плоскости XY появится **Sketch 1**.



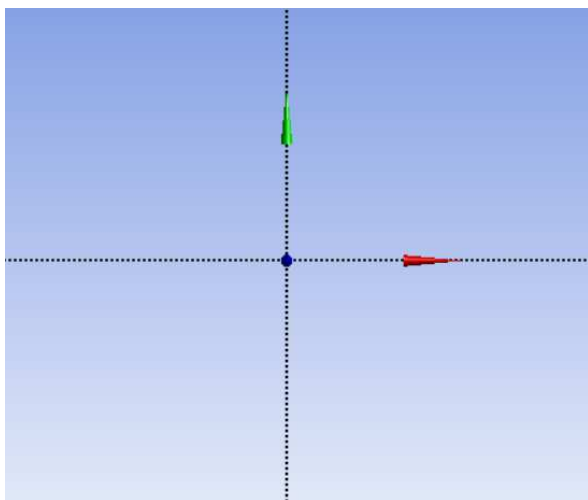
По умолчанию, в начале пространство для геометрии отображается в трехмерном виде.



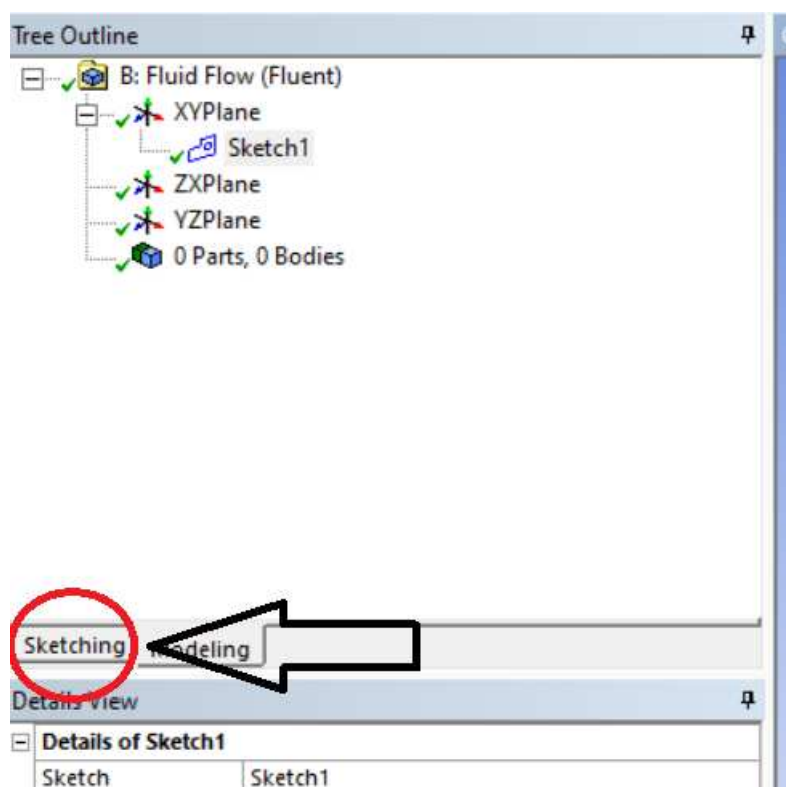
Для того, чтобы отображение было в двумерном виде, в правом нижнем углу на оси координат нажмите на ось Z.



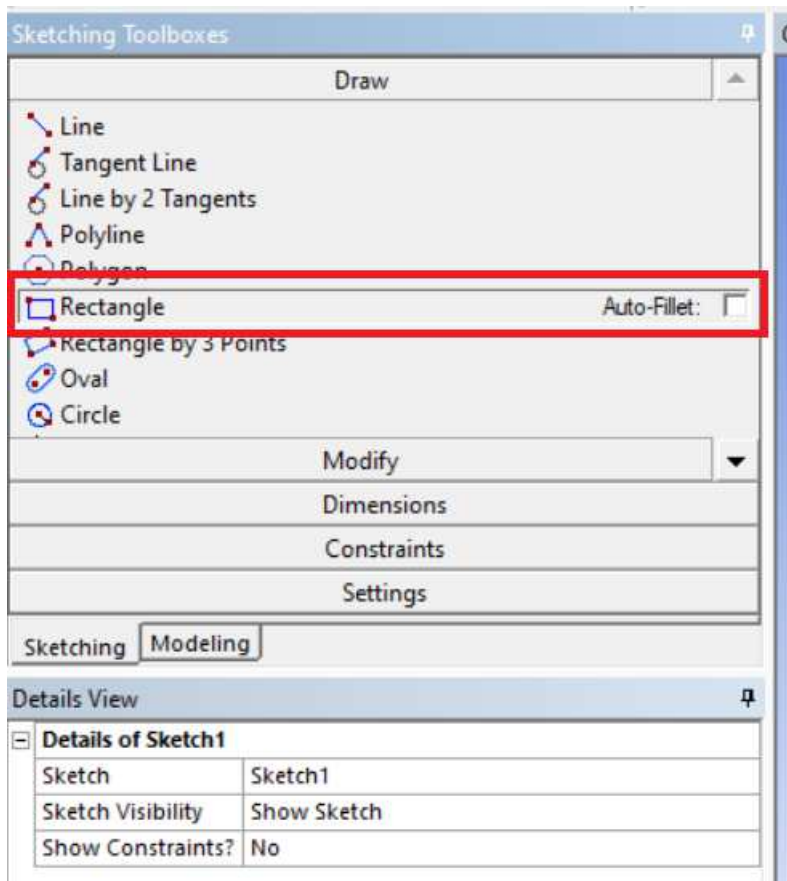
Таким образом, ось Z повернется перпендикулярно к нам и мы увидим плоскость XY.



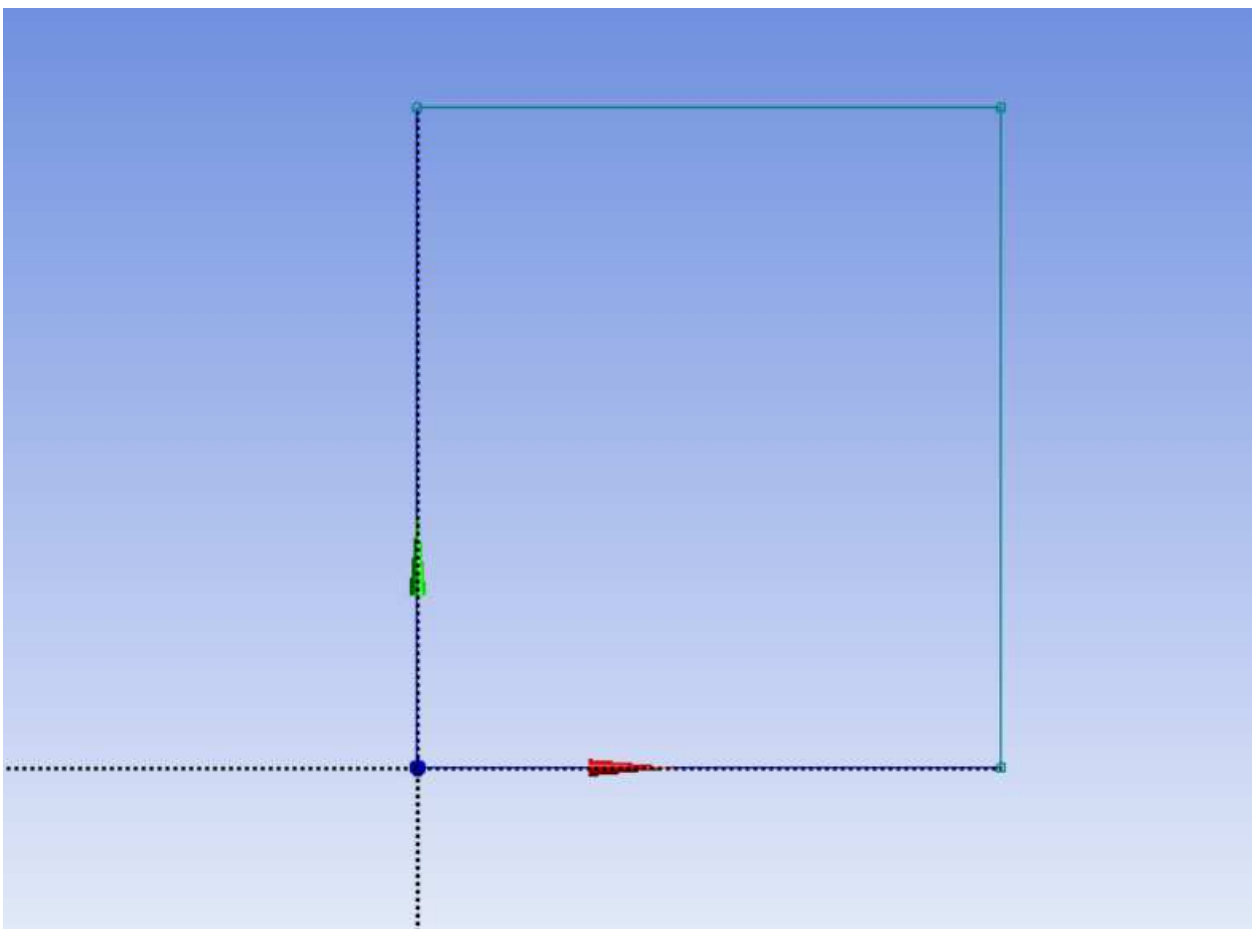
В рабочей области Tree Outline зайдите в раздел **Sketching**.



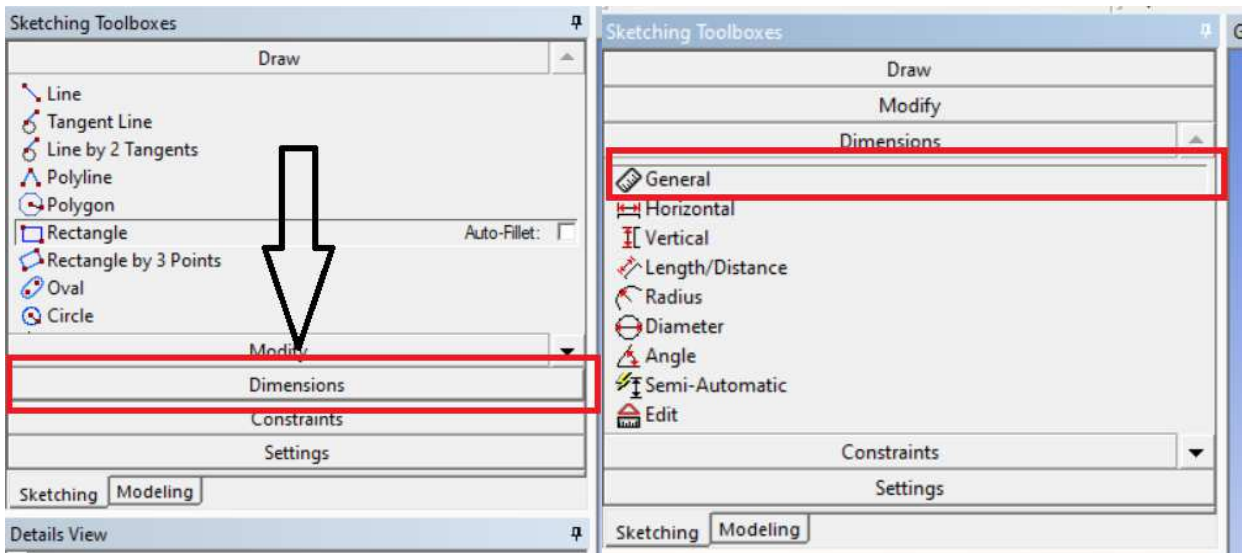
Из предложенных инструментов выберите **Rectangle**.



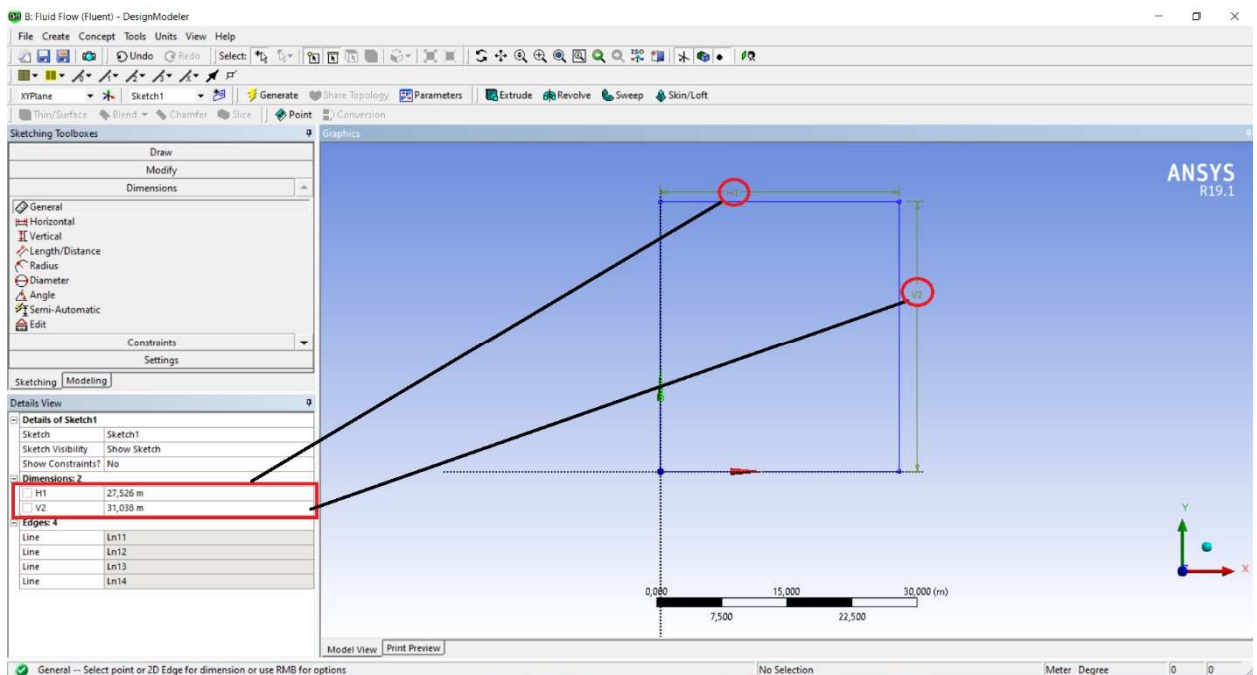
Нарисуйте прямоугольник на плоскости XY.



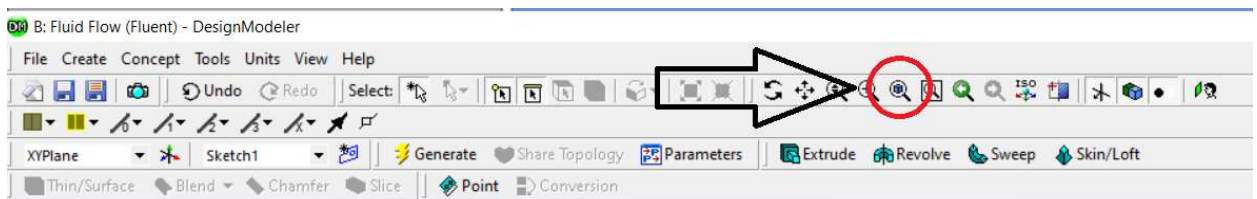
В разделе **Sketching** выберите **Dimensions** → **General**.



Коснитесь ребер прямоугольника и оттяните курсор немного в сторону. У вас появятся настройки для задания необходимого размера сторон геометрии (H1 и V1). Задайте стороны, равные 1 м.

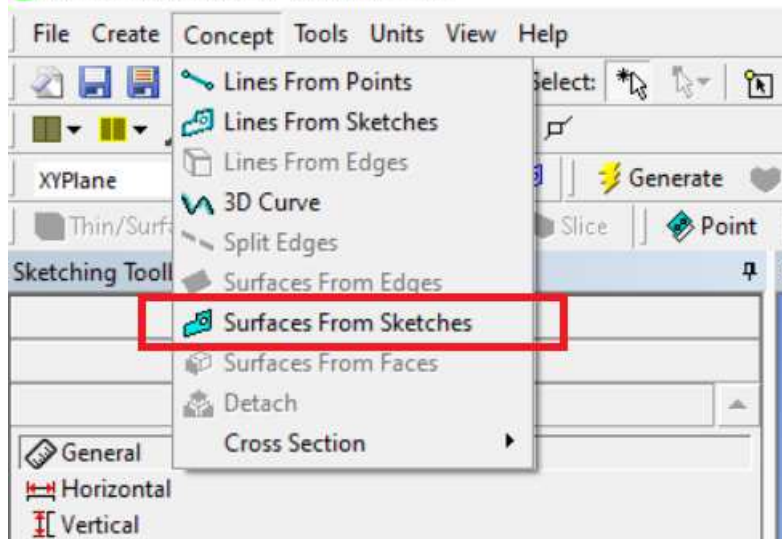


Для того, чтобы геометрия отображалась в полном масштабе, в верхней панели инструментов выберите значок лупы с кубом внутри.



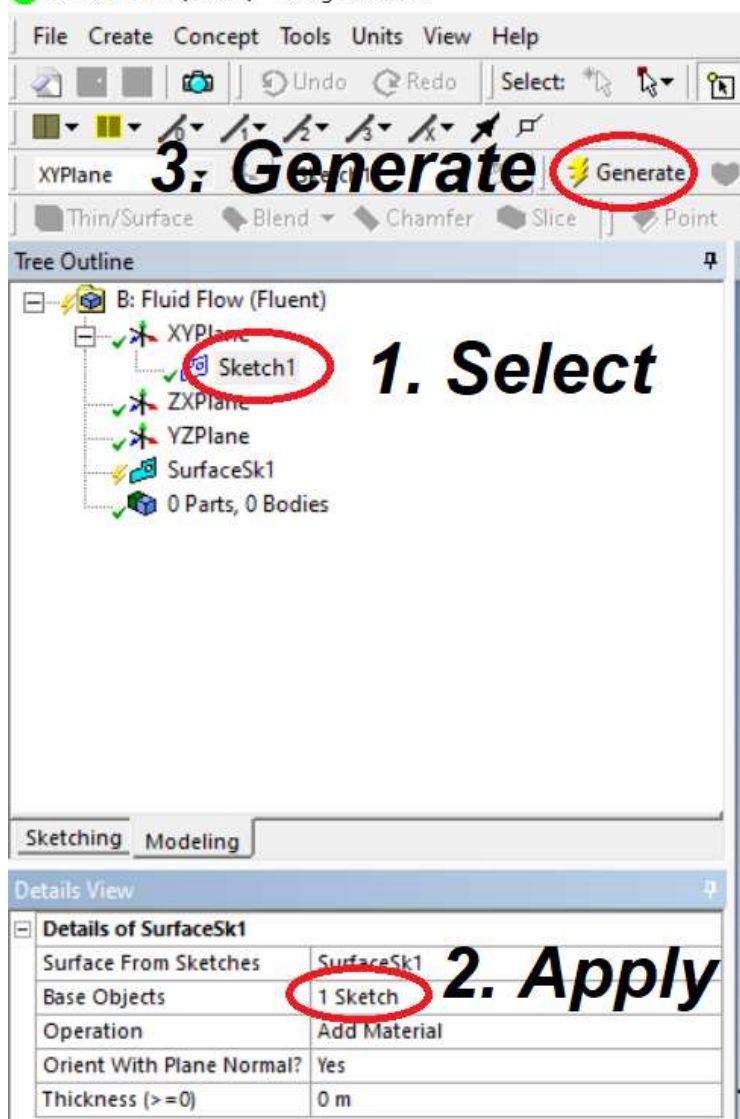
Далее, нам необходимо из нарисованных линий создать плоскость. Для этого в разделе **Concept** выбираем **Surfaces From Sketches**.

DM B: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler



Далее выбираем **Sketch 1** и в нижнем меню в разделе **Base Objects** нажимаем **Apply**, затем в верхнем меню инструментов нажимаем **Generate**.

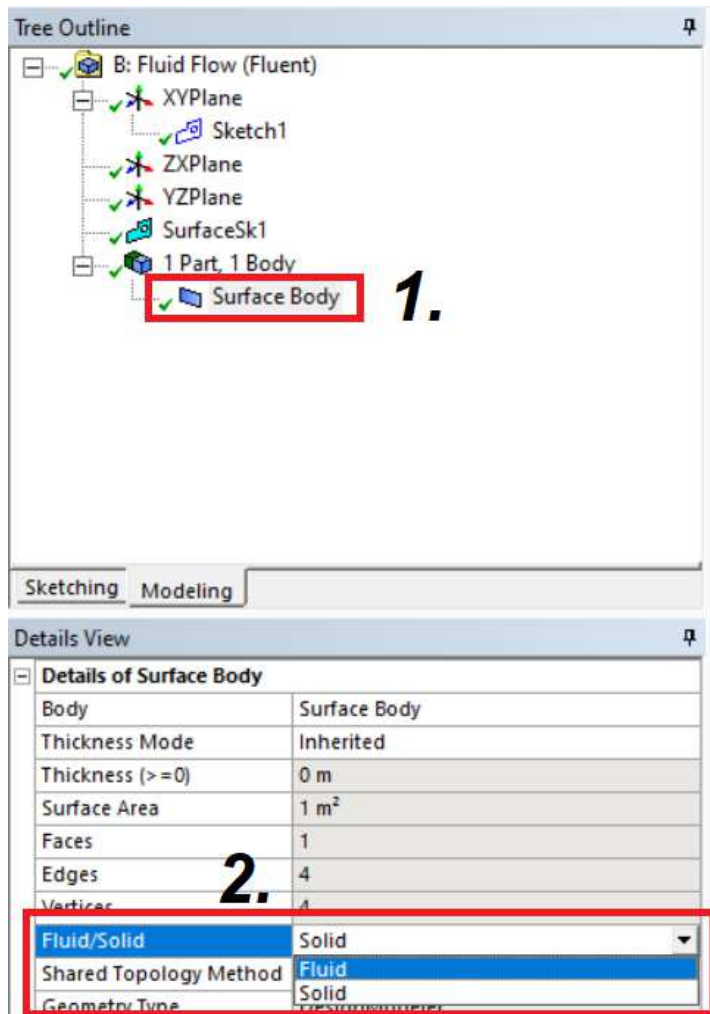
DM B: Fluid Flow (Fluent) - DesignModeler



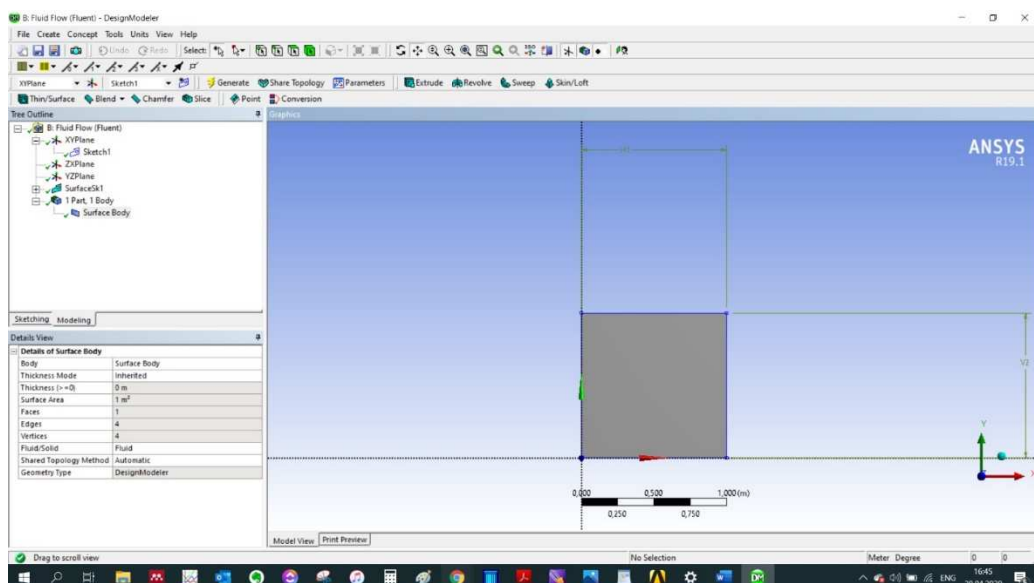


После этих действий в Tree Outline у вас появится 1 Part, 1 Body.

Открываем эту ветку, выбираем **Surface Body**. В нижнем меню в разделе **Fluid/Solid** нажимаем на правый столбик, нажимаем на появившуюся стрелочку и выбираем Fluid, т.к. в нашей задаче внутри нашей области будет проходить течение, нажимаем **Generate**.



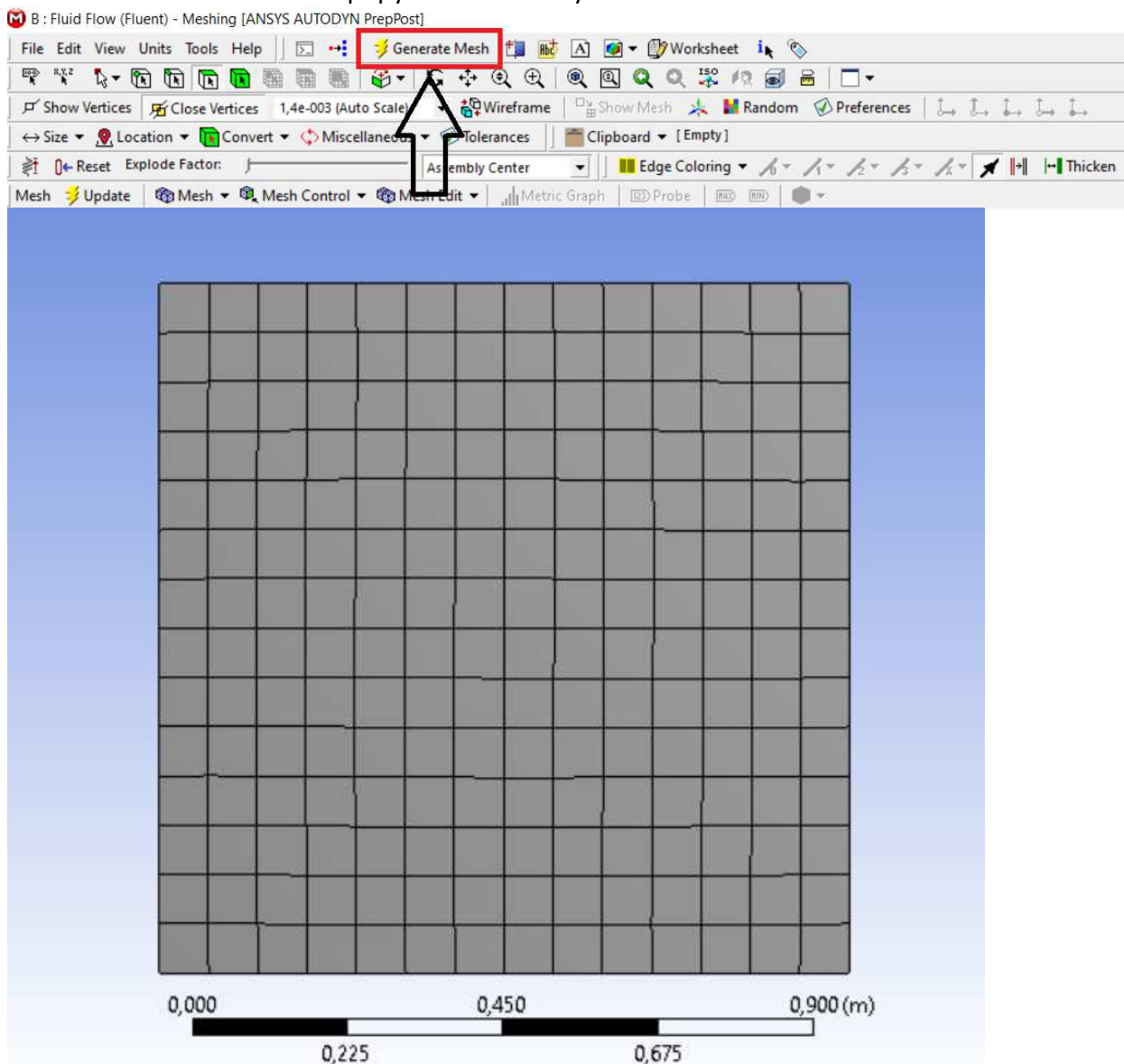
В итоге вы получите квадратную поверхность. Сохраните проект и закройте инструмент Geometry.



## СОЗДАНИЕ СЕТКИ

Откройте компоненту Mesh.

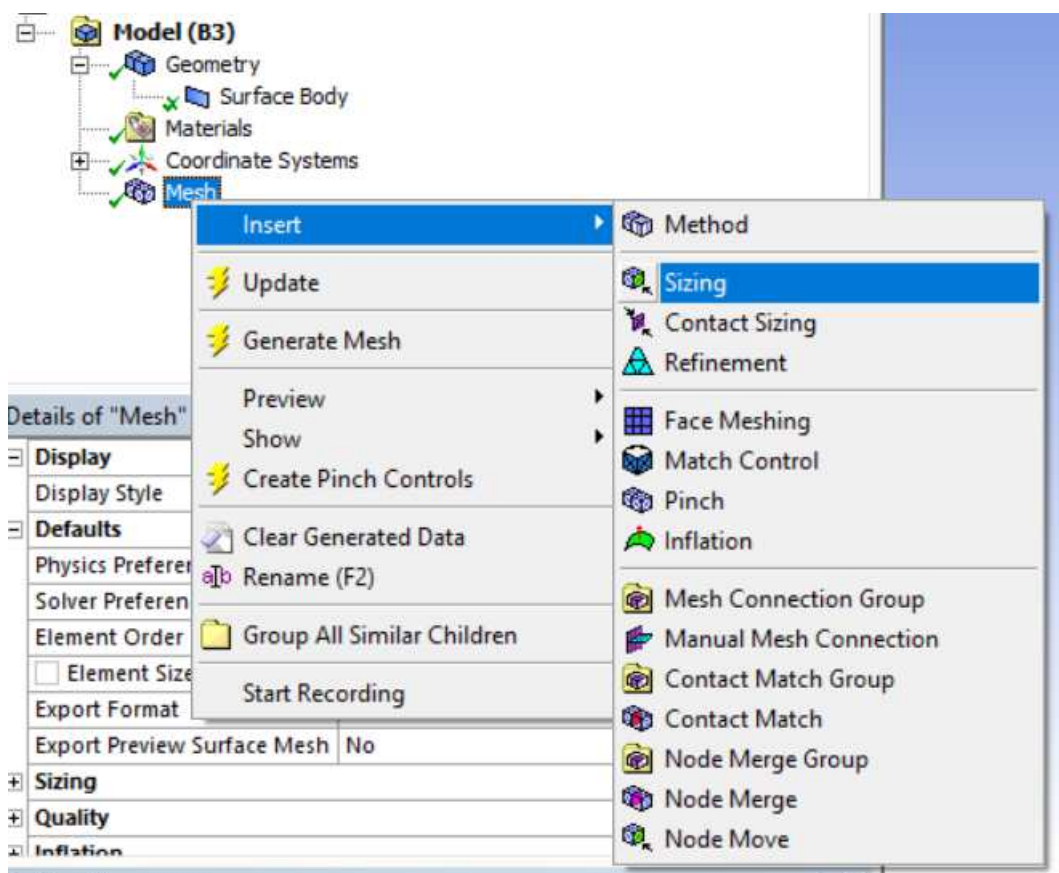
Созданная геометрия автоматически загрузится в рабочую область. Нажмите Generate Mesh. Автоматически сгенерируется сетка по умолчанию.



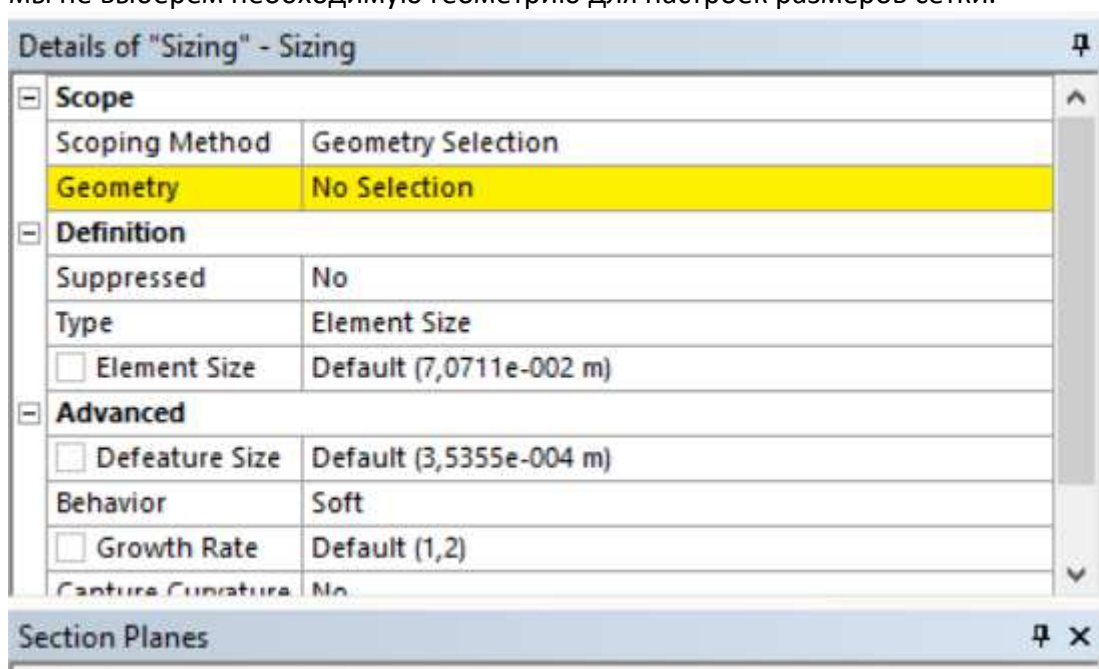
Для того, чтобы увидеть ее, необходимо нажать на **Mesh** в меню слева. Так как качество этой сетки не самого высокого качества, нам необходимо задать размеры сетки и сгустить ее.

Для этого нажимаем правой кнопкой мыши на **Mesh**→**Insert**→**Sizing**. Функция **Sizing** позволяет нам задавать размеры сетки. Мы можем задать размер элементов для всей фигуры в целом, либо ее частей. В данном случае мы зададим размеры ячеек только для ребер нашего квадрата.

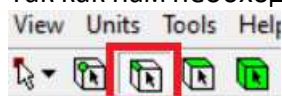




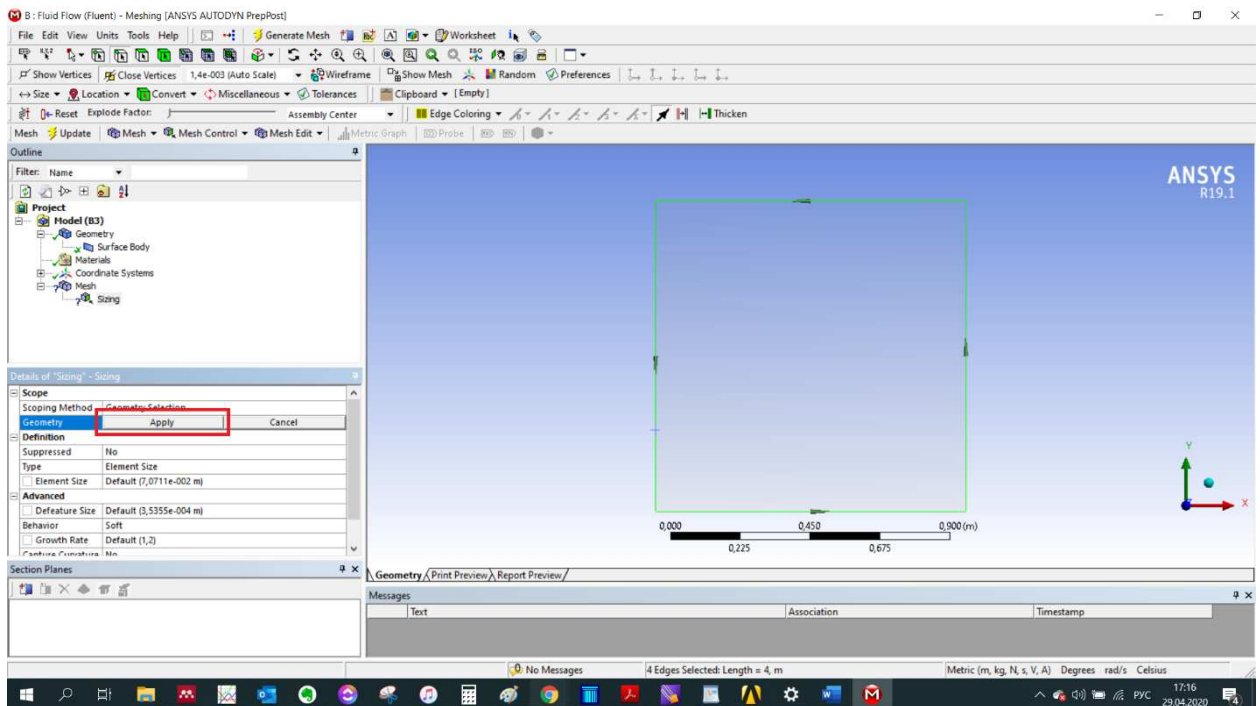
Ниже появится окошко Details для Sizing, область Geometry будет светиться желтым, пока мы не выберем необходимую геометрию для настроек размеров сетки.



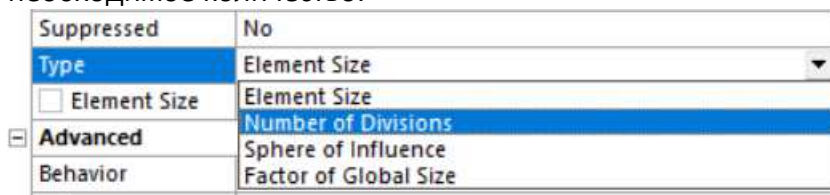
Так как нам необходимо выбрать ребра, на панели инструментов наверху выбираем ребра.



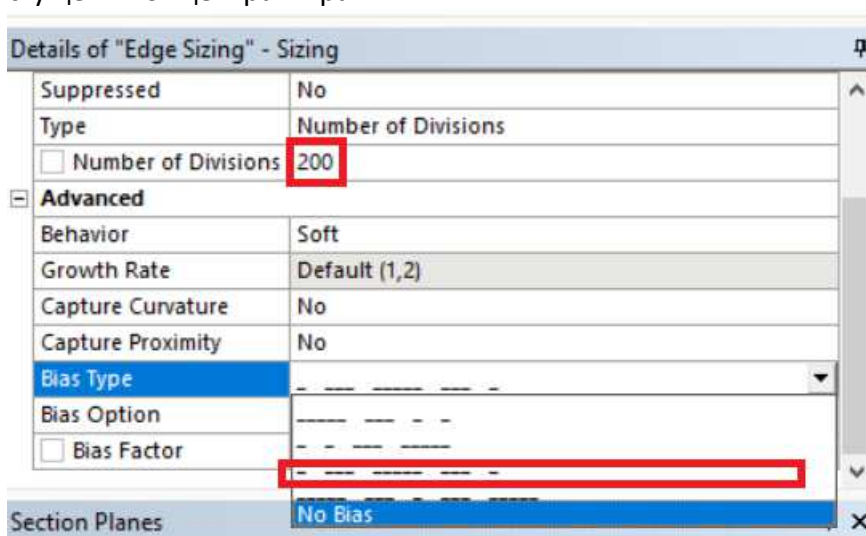
Зажимая Ctrl, выберем все ребра и нажмем **Apply** в разделе **Details->Geometry**.



ANSYS позволяет настраивать размеры сетки разными способами. По умолчанию в настройках появится Element Sizing, который задает единый размер для всех ячеек выбранной геометрии. Однако, нам необходимо задать размер с помощью деления ребер на отрезки, поэтому в Type мы поменяем настройки на Number of Divisions и настроим необходимое количество.



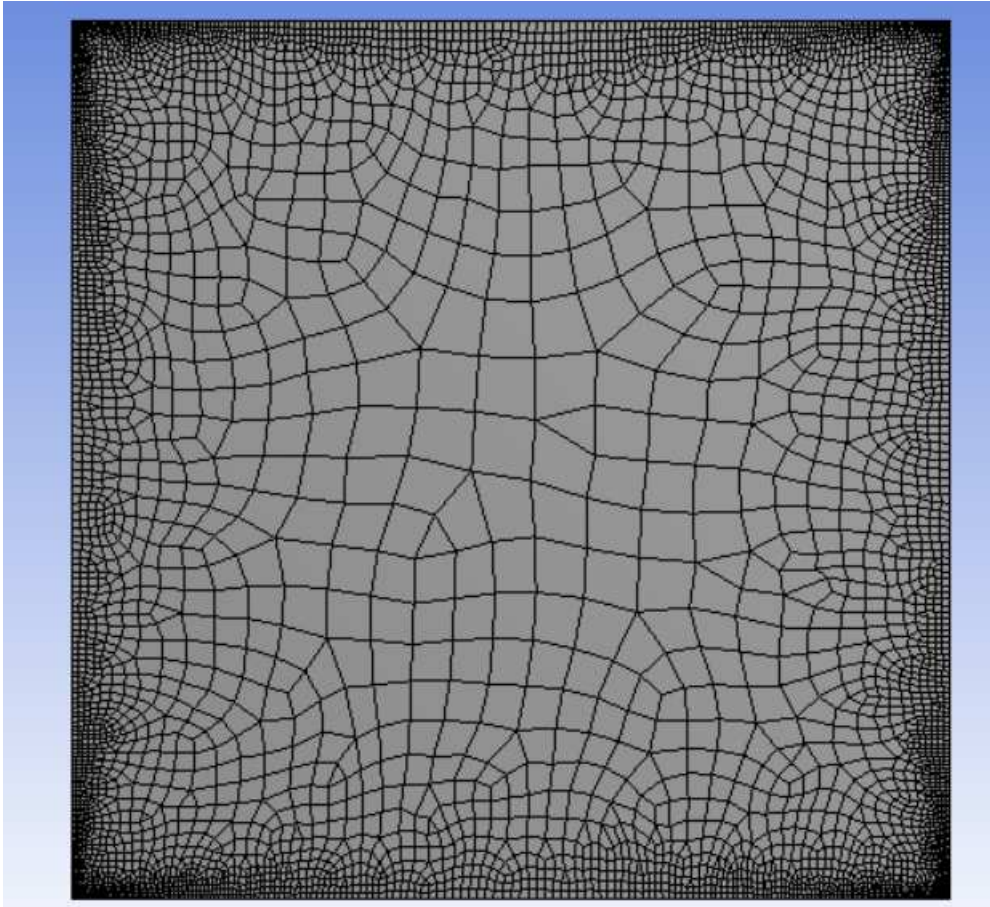
Далее, нам необходимо будет настроить сгущение сетки в пристеночных областях для более аккуратного и точного решения. Для этого мы в разделе Bias Type выбираем тип сгущения от центра к краям.



Далее задаем Bias Factor равным 5, что означает, что наибольший элемент посередине будет в пять раз длиннее наименьшего элемента у края ребра.

Suppressed	No
Type	Number of Divisions
<input type="checkbox"/> Number of Divisions	200
<b>Advanced</b>	
Behavior	Soft
Growth Rate	Default (1,2)
Capture Curvature	No
Capture Proximity	No
Bias Type	-----
Bias Option	Bias Factor
<input checked="" type="checkbox"/> Bias Factor	5

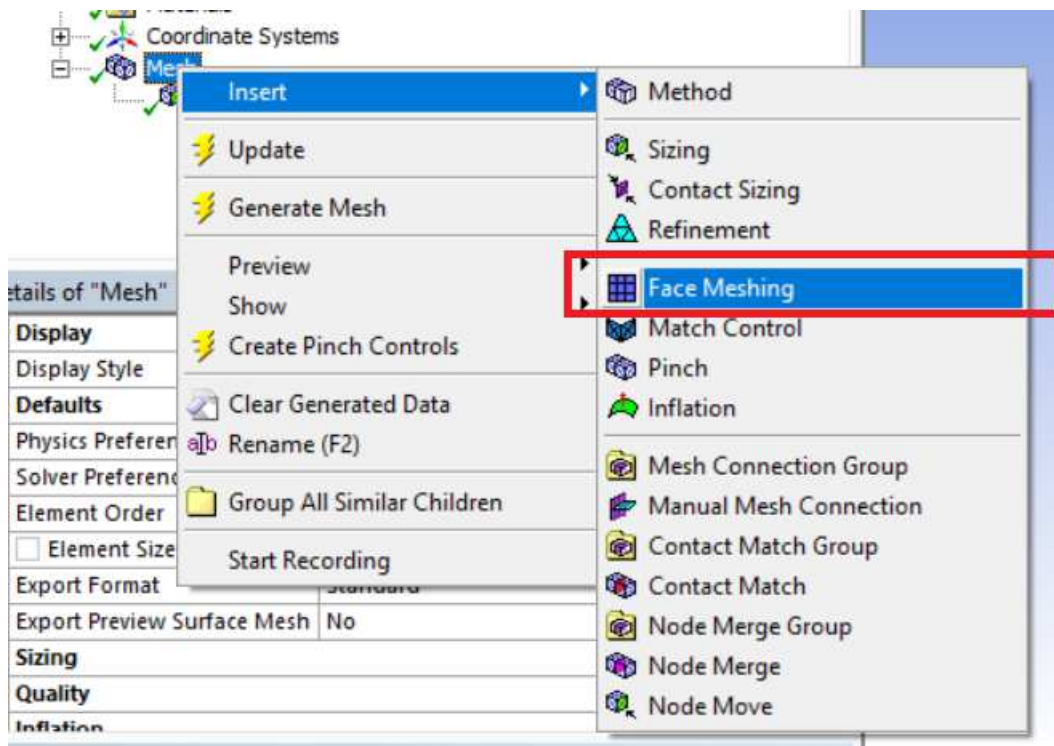
Далее нажимаем Generate Mesh и получаем следующую сетку.



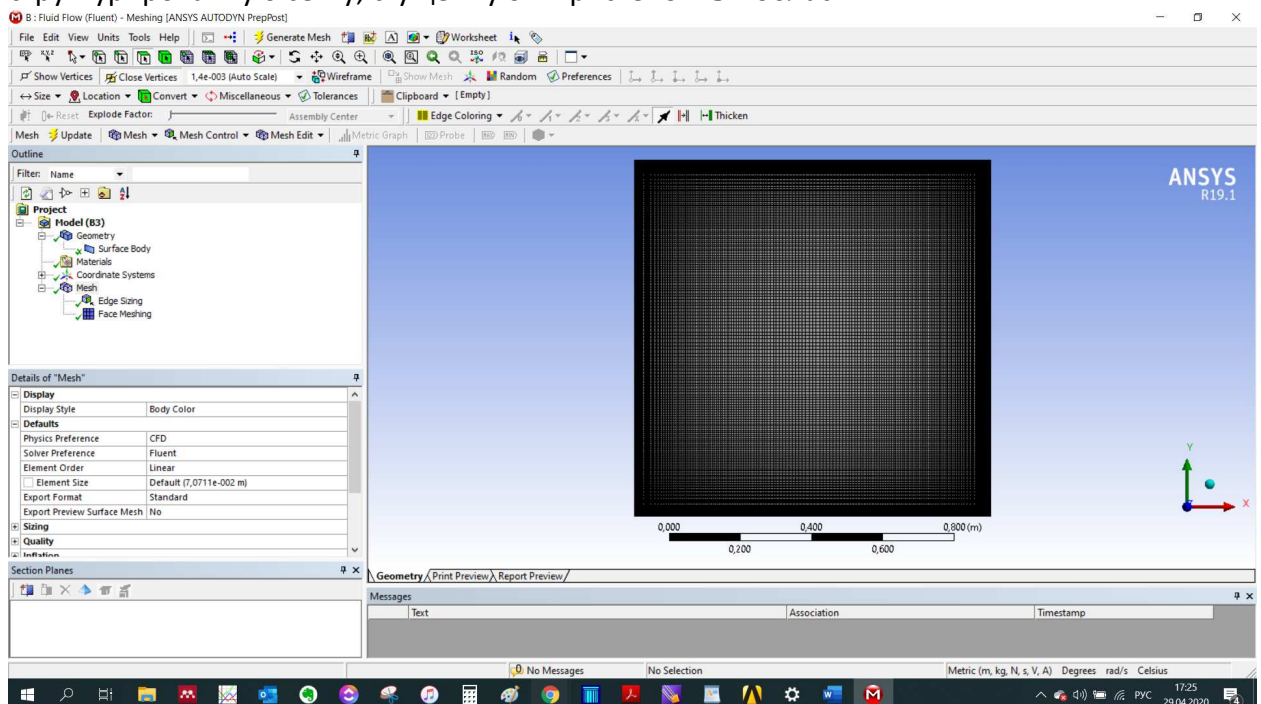
Для нашей задачи необходима структурированная сетка, поэтому мы включаем следующую функцию:

**Mesh (правая кнопка)→Insert→Face meshing.**





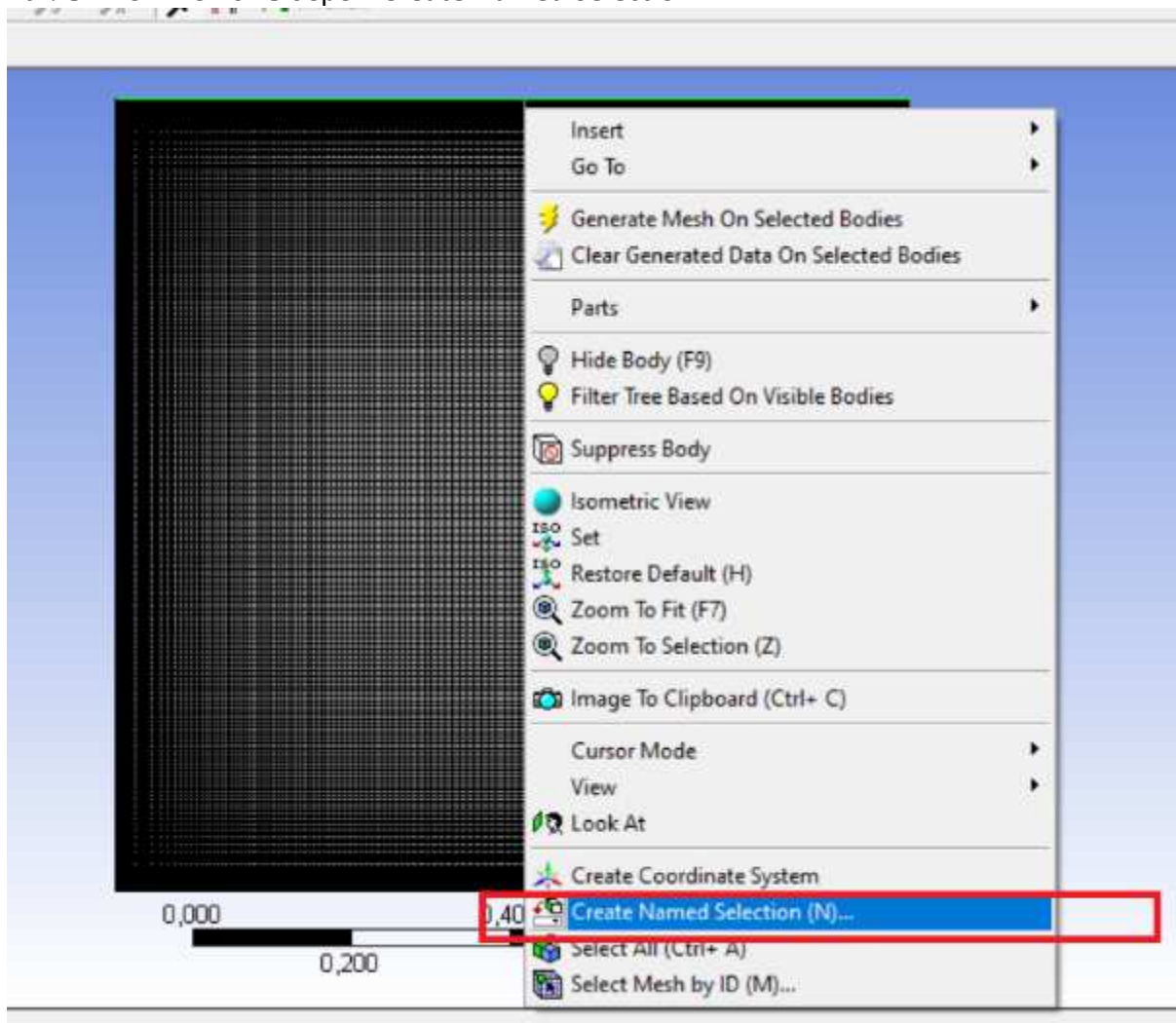
Выбираем всю плоскость и нажимаем Apply. В итоге получим следующую структурированную сетку, сгущенную в пристеночных областях.



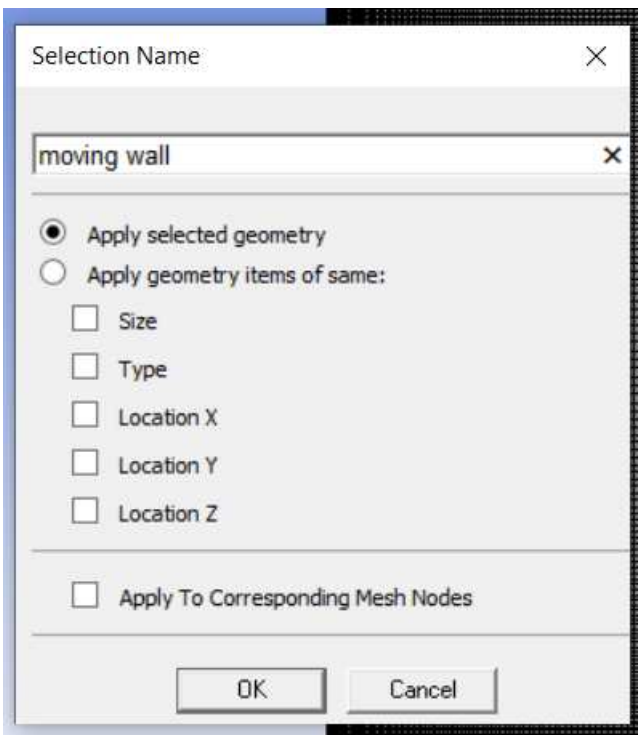
Чтобы узнать, сколько элементов и узлов мы получили, достаточно прокрутить до конца меню Details of Mesh и раскрыть Statistics. Там мы узнаем общее количество элементов и узлов.

Details of "Mesh"	
<input type="checkbox"/> Element Size	Default (7,0711e-002 m)
Export Format	Standard
Export Preview Surface Mesh	No
+ Sizing	
+ Quality	
+ Inflation	
+ Assembly Meshing	
+ Advanced	
- Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	40401
<input type="checkbox"/> Elements	40000

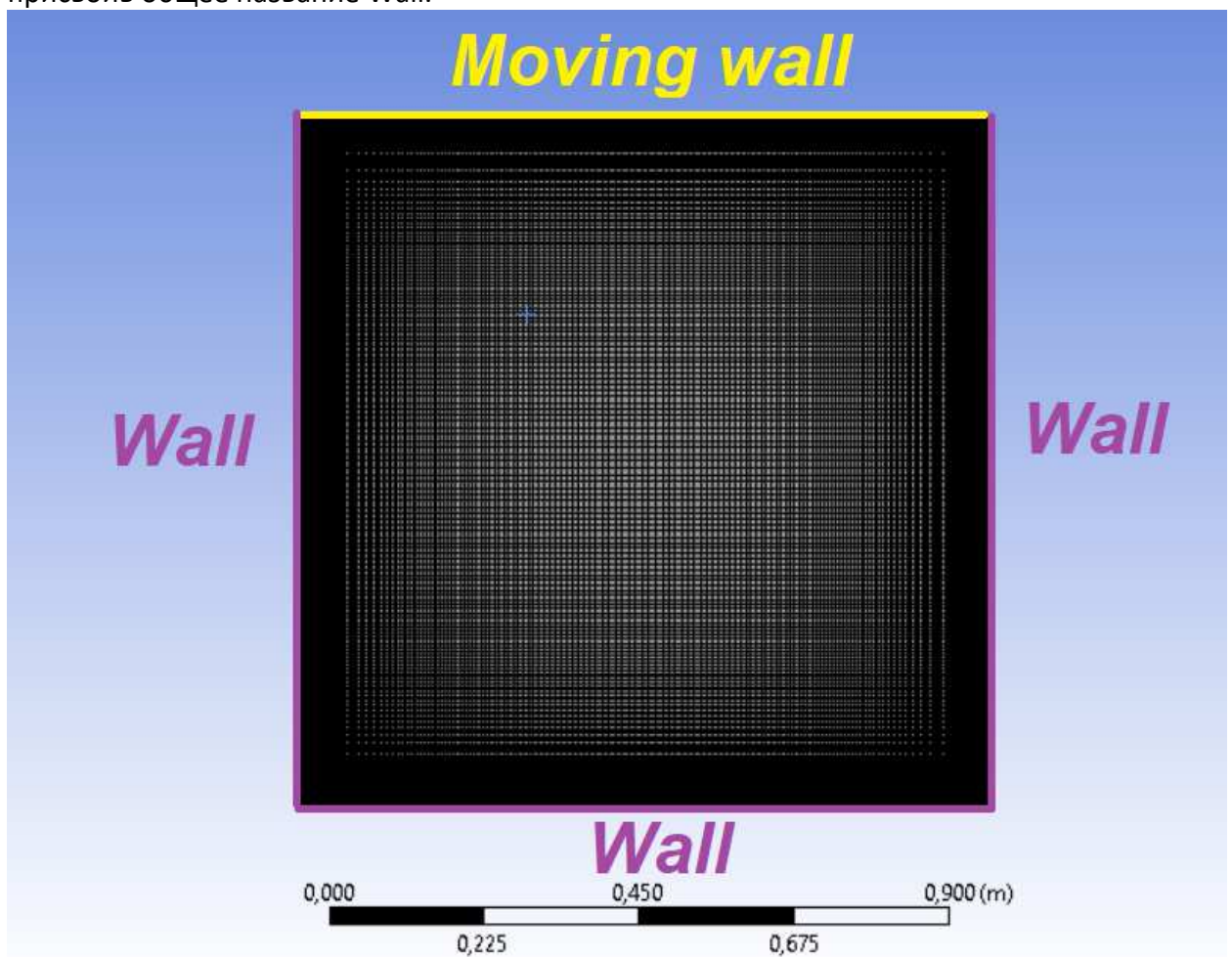
Далее нам необходимо будет идентифицировать граничные условия. Т.к. верхняя стенка у нас по условию движущаяся, выберем верхнее ребро, нажмем правую кнопку мыши и в всплывшем меню выберем **Create Named Selection**.



Присвоим этой стенке название "moving wall", нажмем ОК.

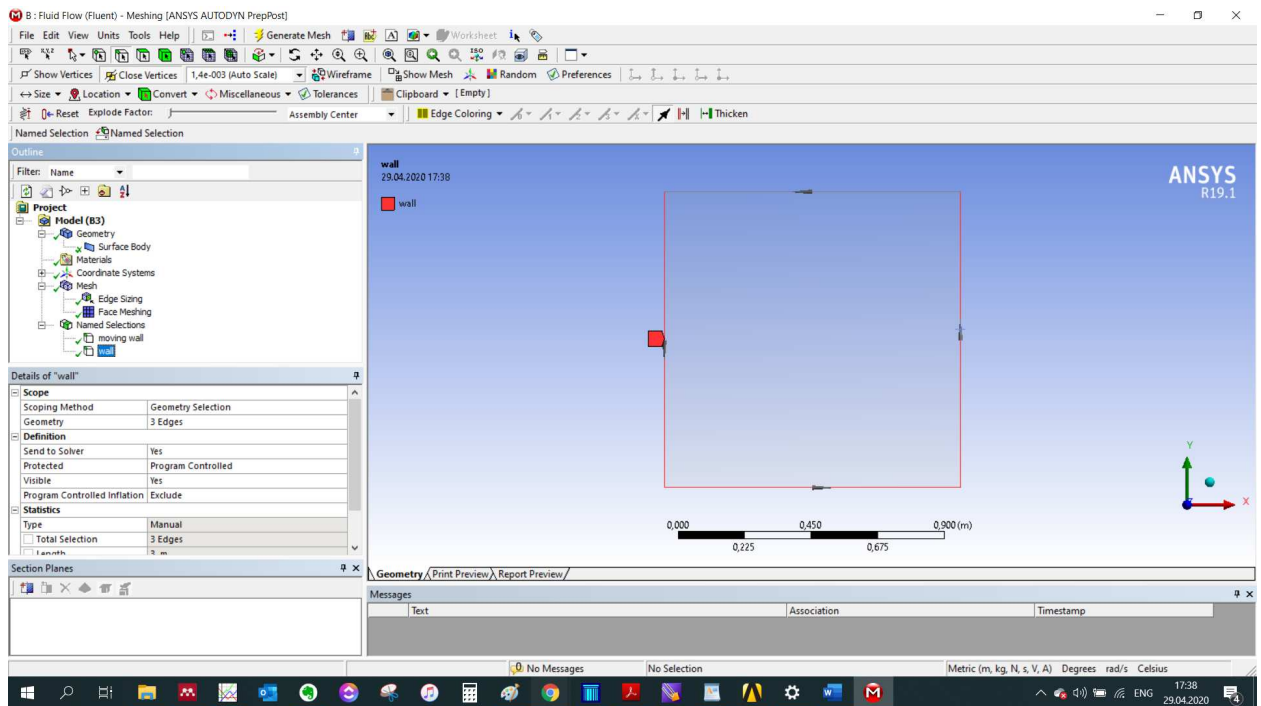


Повторим то же самое с оставшимися тремя стенками, выбрав их вместе с помощью Ctrl и присвоив общее название Wall.

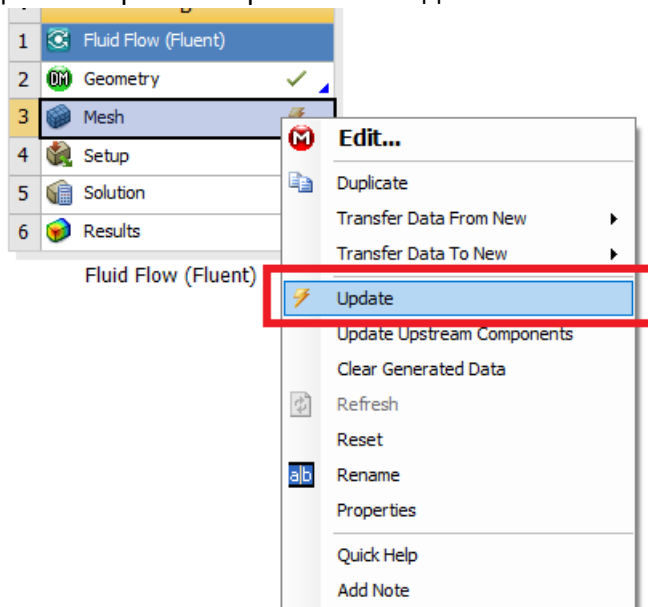


В итоге в левом меню у вас появится раздел Named Selection. Раскрыв эту ветку и выбирая поочередно граничные условия, вы сможете проверить, правильно ли выбрали все границы (при нажатии, они будут выделяться красным).





Далее сохраняем проект и выходим из Mesh.



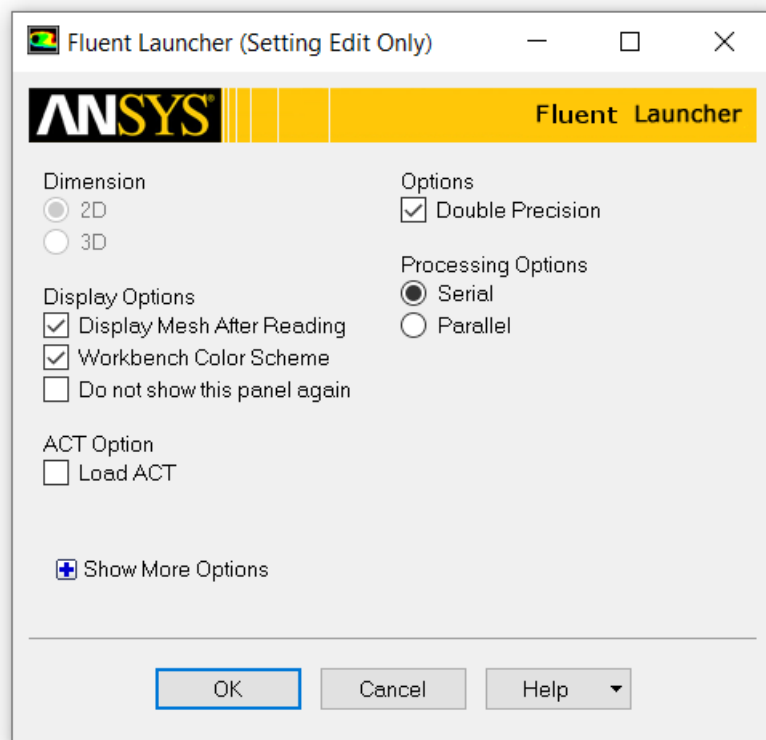
Для того, чтобы у компоненты сетки появилась галочка, необходимо нажать на нее правой кнопкой и выбрать Update.

## НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ЗАДАЧИ

### Внимание!

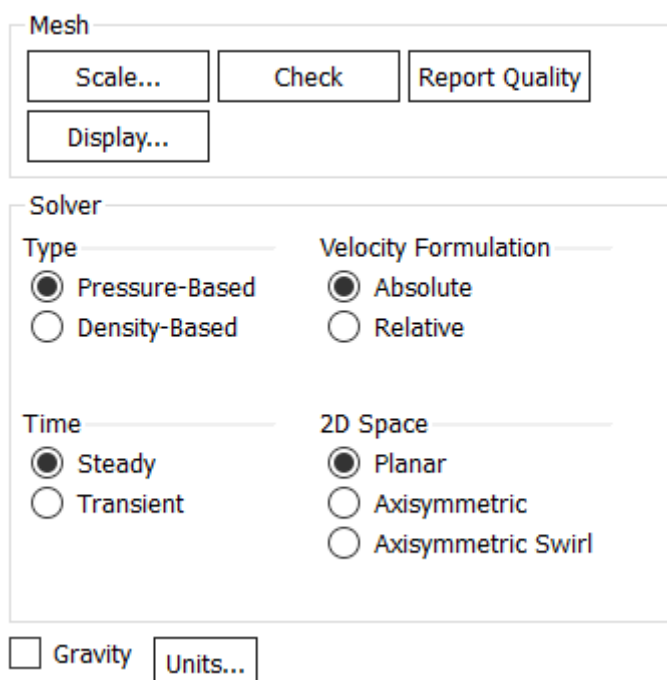
**В Student ANSYS интерфейс может отличаться от данной инструкции, т.к. на моем компьютере более старая версия, но все настройки и их названия те же самые.**

Открываем **Setup**. В появившемся окошке ставим галочку на Double Precision и нажимаем OK.

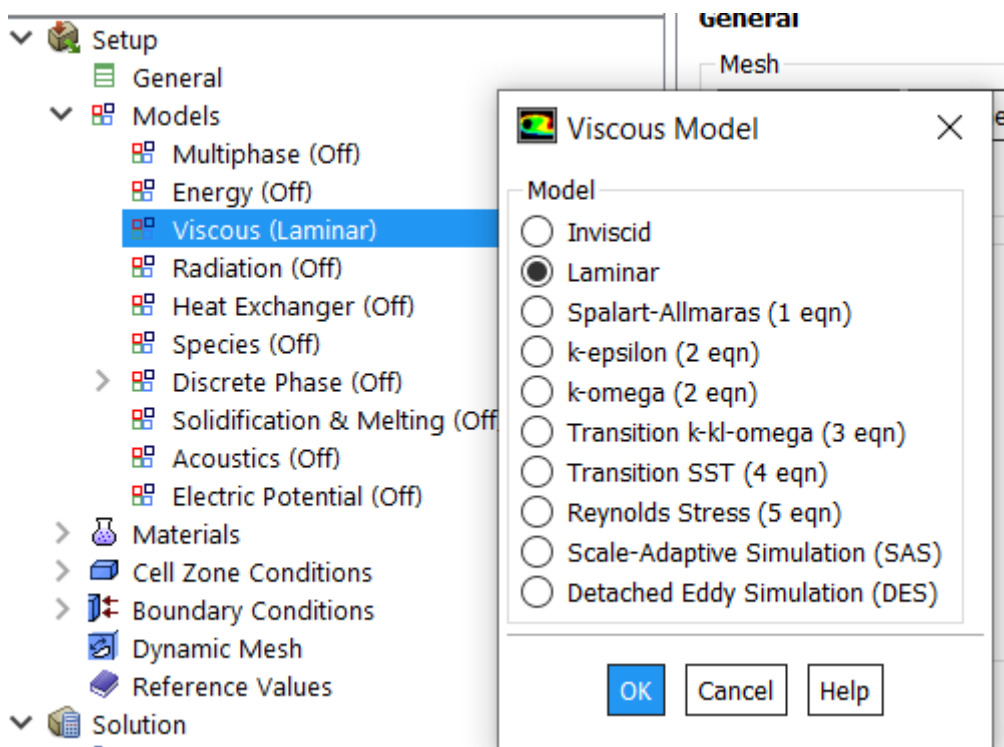


Для начала решим стационарную задачу. Для этого оставим включенным настройку **Steady** в разделе **Time**.

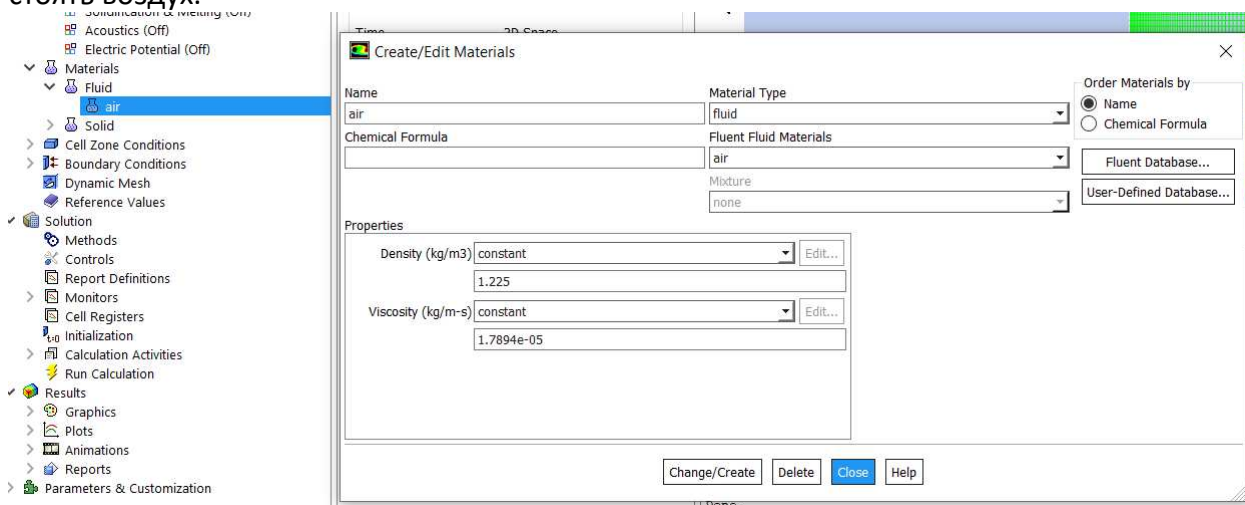
#### General



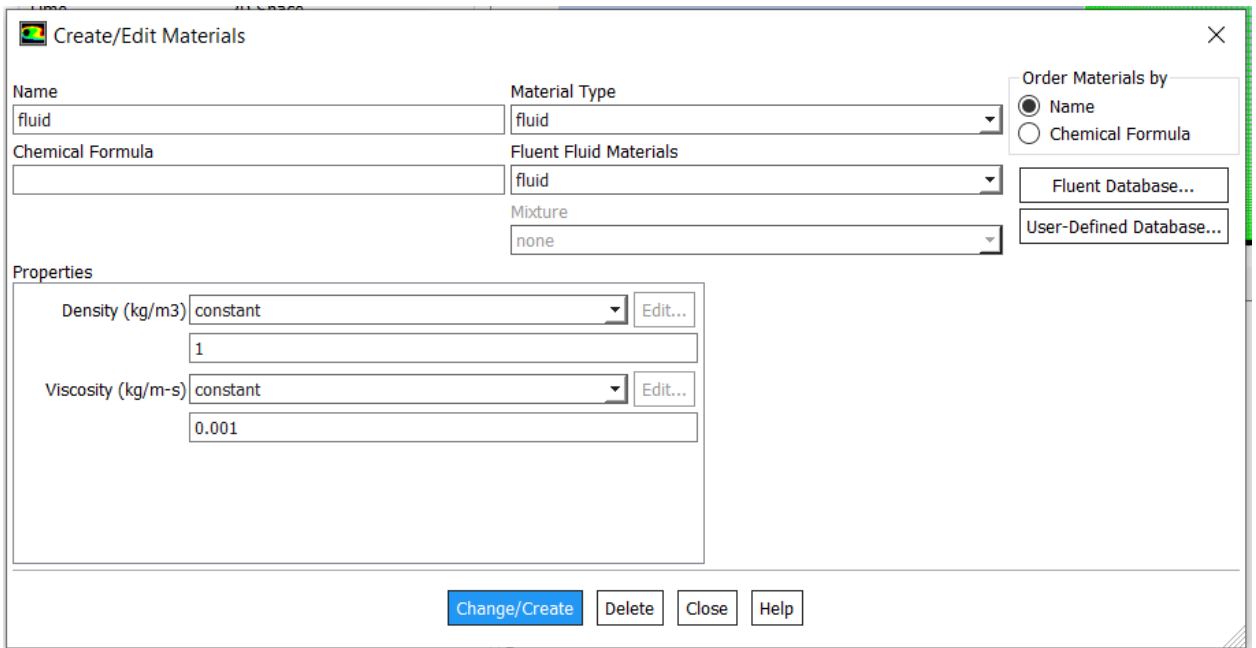
Далее, раскрываем ветку **Models** в левом меню, открываем и убеждаемся, что включена модель **Viscous (Laminar)**.



Далее открываем ветку Materials→Fluid. Там, по умолчанию, в качестве жидкости будет стоять ВОЗДУХ.

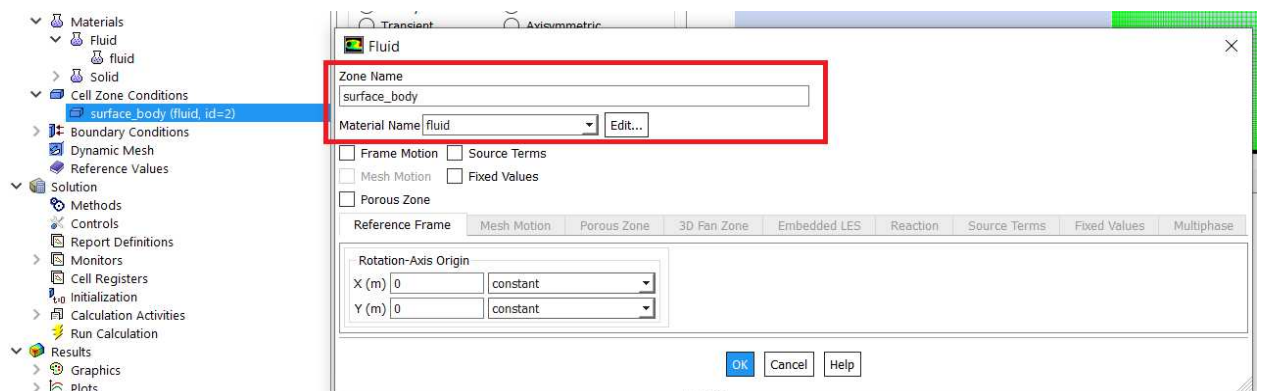


Так как для нашей задачи необходимо рассчитать течение с числом Рейнольдса  $Re=1000$ , «создадим» свою жидкость с нужными нам свойствами. Переименуем air в fluid, плотность зададим равной  $1 \text{ kg/m}^3$ , динамическую вязкость зададим равной  $0,001 \text{ kg/(m*s)}$ . Учитывая, что характеристическая длина равна 1 метру, скорость течения 1 м/с, получим желаемое число Рейнольдса  $Re=1000$ .



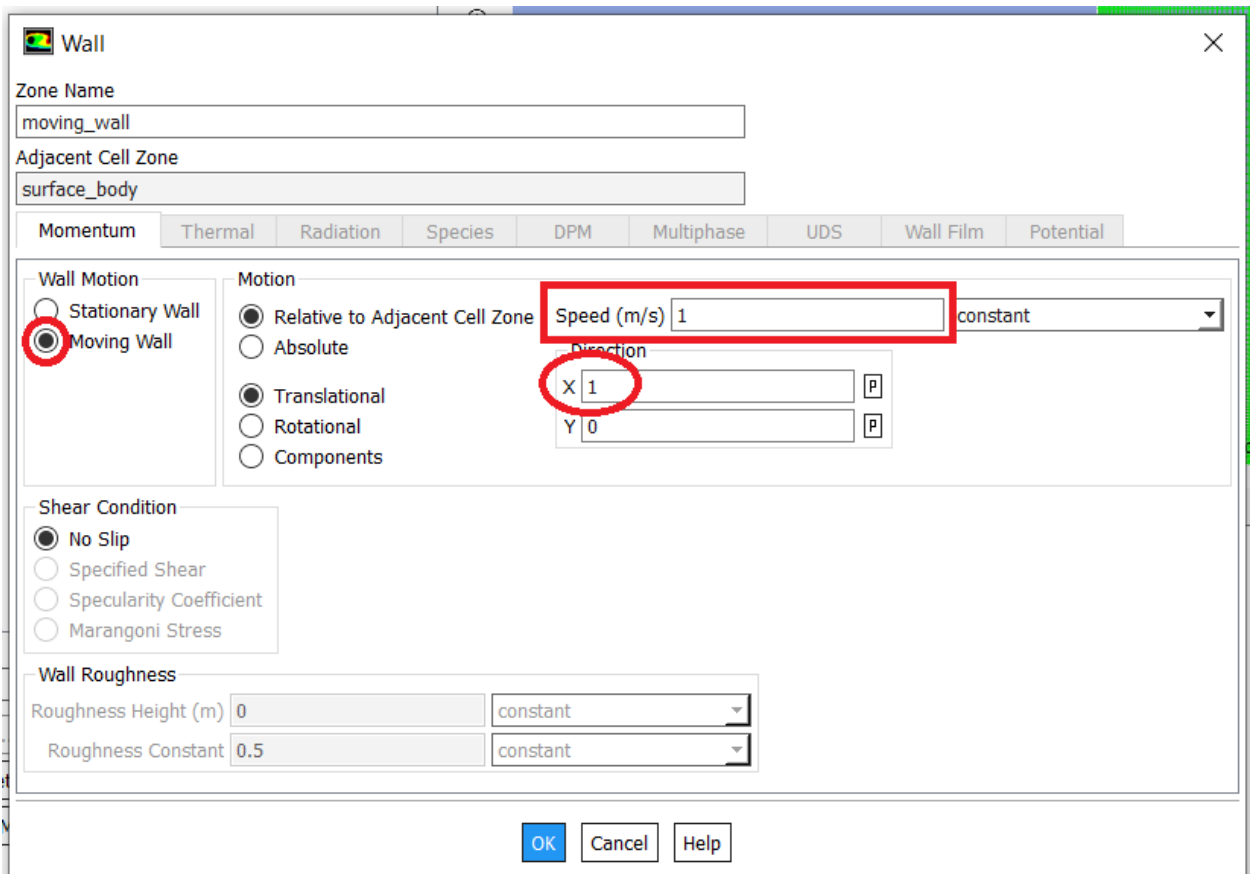
Нажимаем Change/Create и создаем «новую жидкость».

Заходим в **Cell Zone Conditions** и убеждаемся, что основным заполняющим область материалом является наша жидкость fluid.

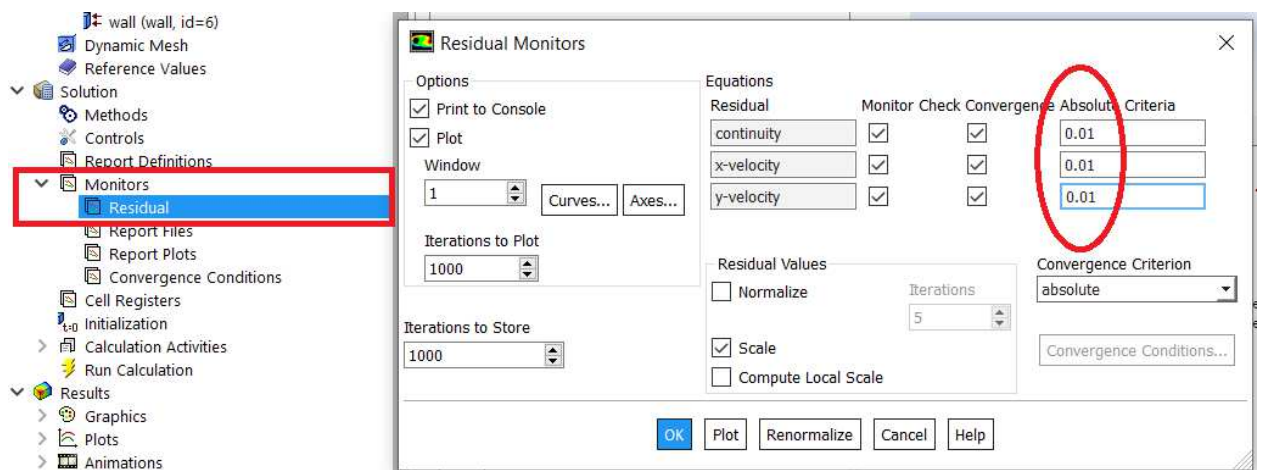


Открываем **Boundary Conditions**. Убеждаемся, что для границы Wall граничным условием также является wall.

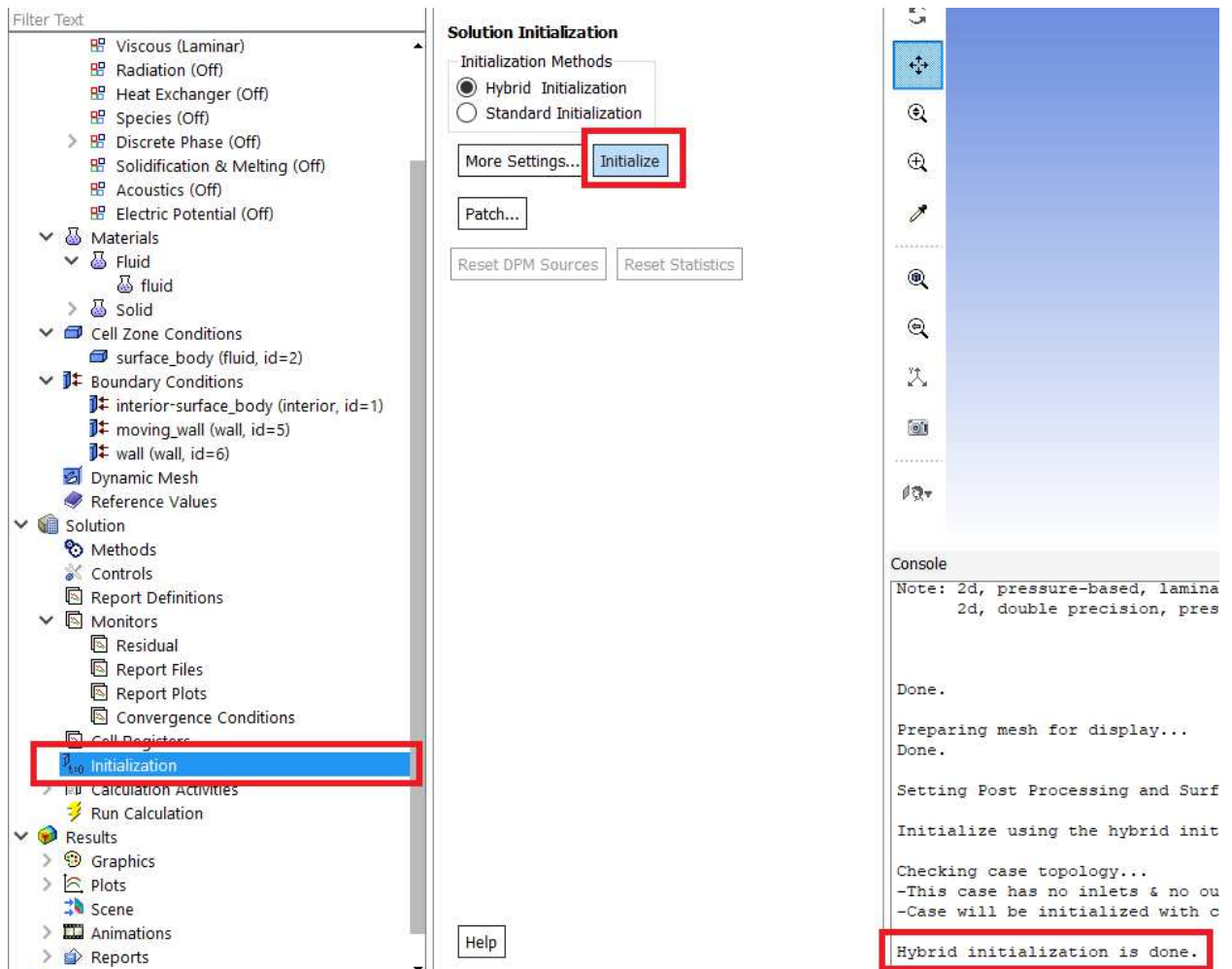
Т.к. для границы moving wall так же стоит wall, дважды кликаем на эту границу. В открывшемся окне ставим метку на moving wall, задаем скорость 1 м/с, направление движения течения оставляем так же по X, нажимаем ОК.



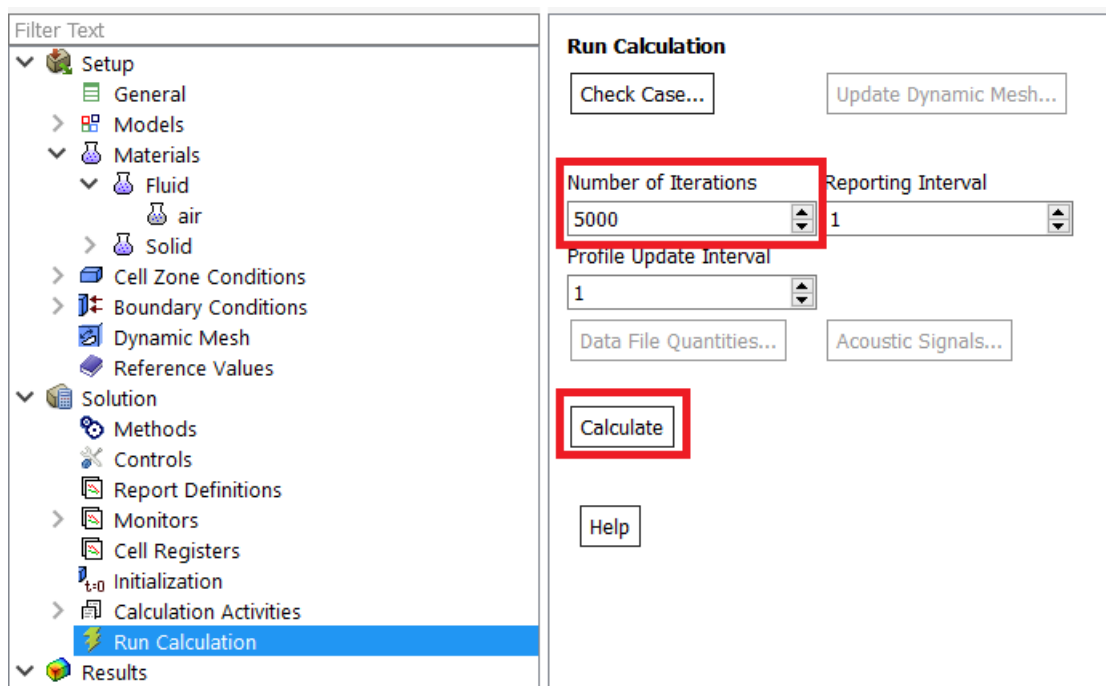
Далее заходим в раздел **Solution->Monitors->Residual** и настраиваем для всех компонентов **Convergence Absolute Criteria** равным 0,01.



Далее заходим в Initialization, нажимаем **Hybrid Initialization->Initialize** и инициализируем все настроенные ранее параметры.



Далее заходим в **Run Calculation**, задаем максимальное количество итераций равным 5000 и запускаем задачу. В случае стационарной (Steady) задачи, ANSYS будет решать ее до момента пока все компоненты не удовлетворяет критерий сходимости 0,01. Т.е., необязательно, что задача проделает 5000 итераций.





## Transient Problem

Для нестационарной задачи алгоритм настроек такой же, как для Steady, за исключением первого и последнего пункта.

В самом начале, в разделе General необходимо выбрать Transient.

### General

Mesh

Scale... Check Report Quality

Display...

Solver

Type

Pressure-Based  Density-Based

Velocity Formulation

Absolute  Relative

Time

Steady  Transient

2D Space

Planar  Axisymmetric  Axisymmetric Swirl

Остальные шаги (кроме последнего) остаются такими же.

В **Run Calculation**, задаем  $dt=0.001$  сек (**Time Step Size**), количество шагов по времени (**Number of Time Steps**) задаем побольше (10000), чтобы в итоге получить распределение поля векторов скорости через 10 секунд. В отличие от **Steady**, в **Transient** ANSYS будет решать столько шагов по времени, сколько вы зададите, даже если течение уже установится и будет удовлетворять критерию сходимости.

Tree

Filter Text

- Setup
  - General
  - Models
  - Materials
    - Fluid
      - air
      - Solid
  - Cell Zone Conditions
  - Boundary Conditions
    - Dynamic Mesh
    - Reference Values
- Solution
  - Methods
  - Controls
  - Report Definitions
  - Monitors
  - Cell Registers
  - Initialization
  - Calculation Activities
  - Run Calculation**
- Results
  - Graphics
  - Plots
  - Animations
  - Reports
  - Parameters & Customization

Task Page

### Run Calculation

Check Case... Preview Mesh Motion...

Time Stepping Method: Fixed

Time Step Size (s): 0.001

Number of Time Steps: 10000

Options

Extrapolate Variables

Data Sampling for Time Statistics

Sampling Interval: 1

Time Sampled (s): 0

Solid Time Step

User Specified

Automatic

Max Iterations/Time Step: 20

Reporting Interval: 1

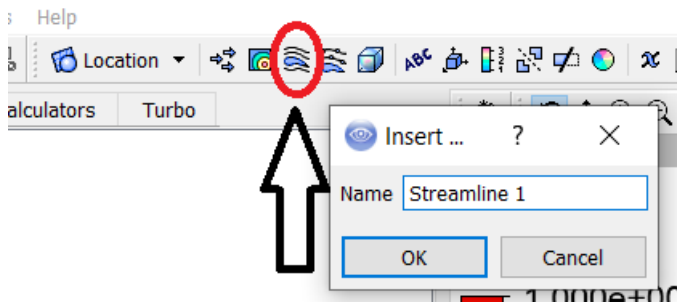
Profile Update Interval: 1

Data File Quantities... Acoustic Signals...

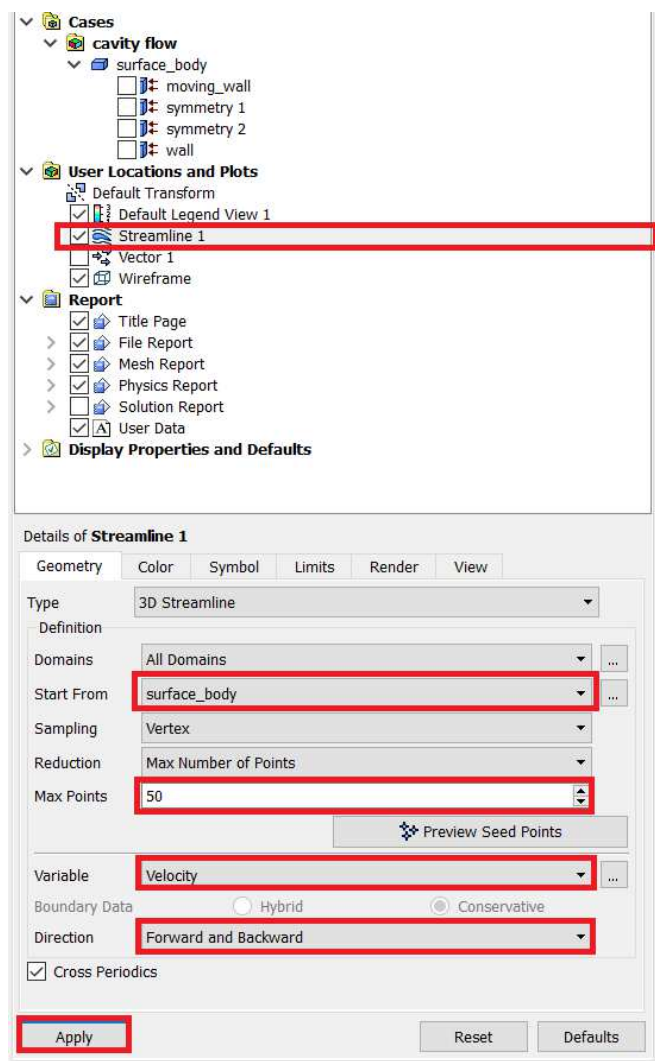
Calculate

Когда солвер закончит решение, сохраняем проект и переходим в компонент **Results**.

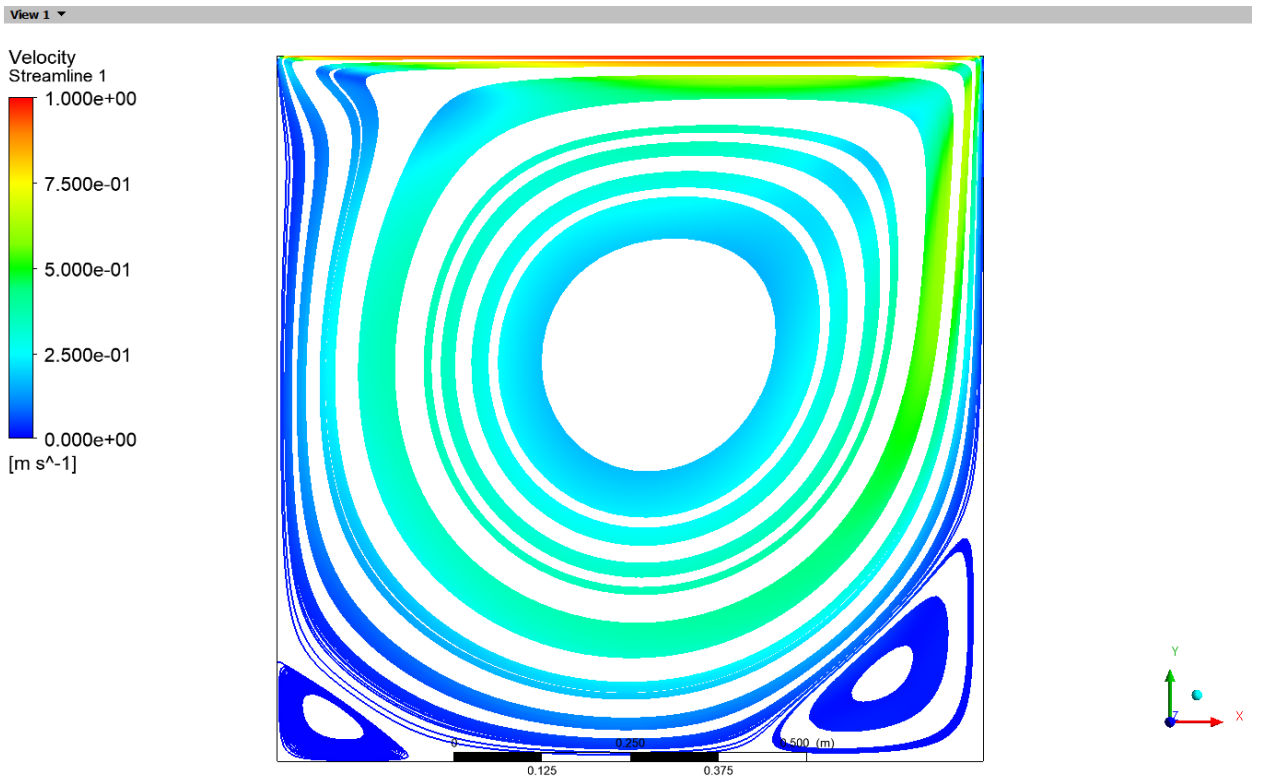
## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ (POSTPROCESSING)



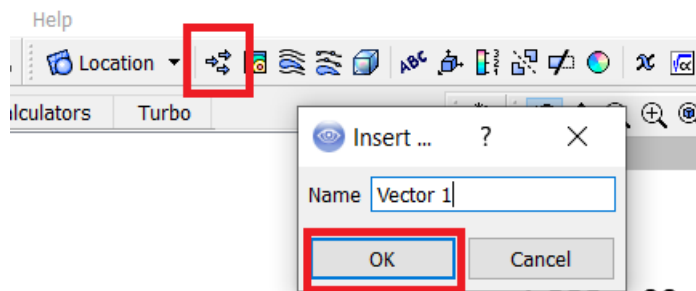
Нажимаем на иконку Streamlines, нажимаем ОК. Настраиваем в появившемся меню Streamlines все следующим образом, как показано на рисунке.



Получаем следующий график:



Далее нажимаем на иконку Vector, нажимаем ОК. Настраиваем в появившемся меню Vector все следующим образом, как показано на рисунке.



**User Locations and Plots**

- Default Transform
- Default Legend View 1
- Streamline 1
- Vector 1**
- Wireframe

**Report**

- Title Page
- >  File Report
- >  Mesh Report
- >  Physics Report
- >  Solution Report
- User Data

> **Display Properties and Defaults**

Details of **Vector 1**

Geometry   Color   **Symbol**   Render   View   **3**

Domains   All Domains   **1**   ...

Definition

Locations   **surface\_body**   ...

Sampling   Vertex

Reduction   Reduction Factor

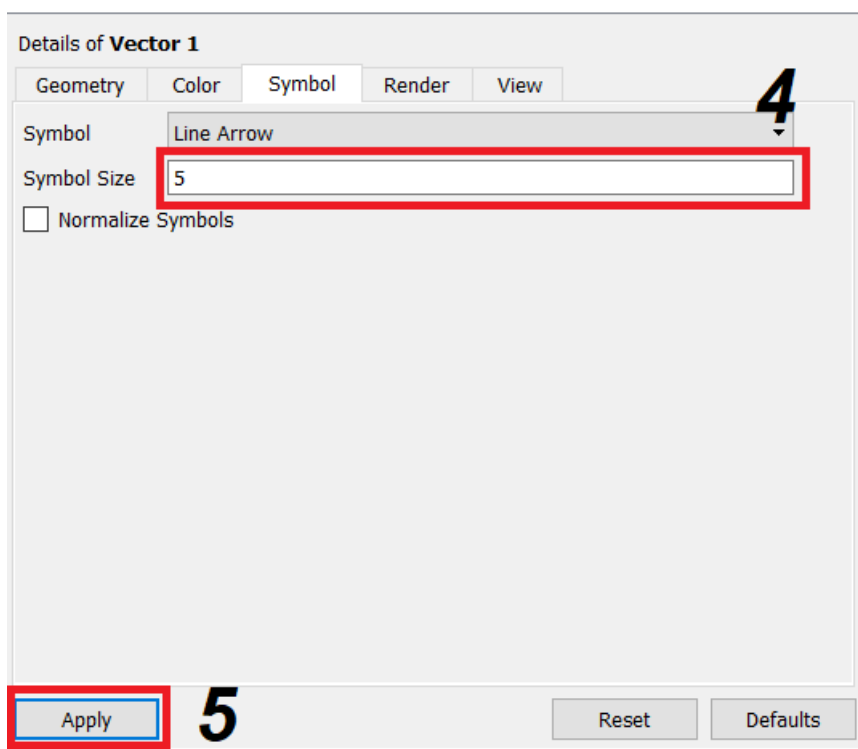
Factor   1.0   **2**

Variable   **Velocity**   ...

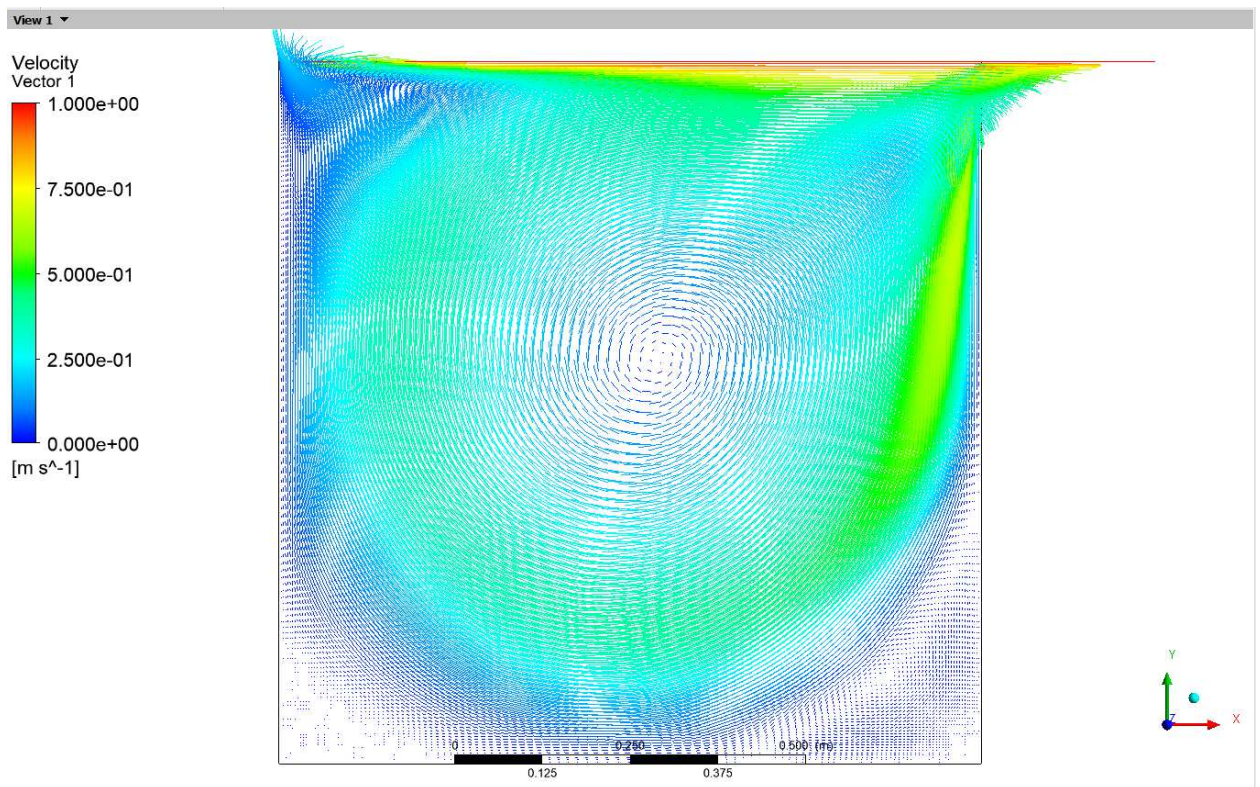
Boundary Data    Hybrid    Conservative

Projection   None

**Apply**   Reset   Defaults



В итоге получим, следующий график:



Задание:

1. Освоить настройки ANSYS Fluent и разобрать стационарную задачу течения жидкости в каверне.
2. Решить самостоятельно нестационарную задачу, сравнить графики с предыдущими решениями.