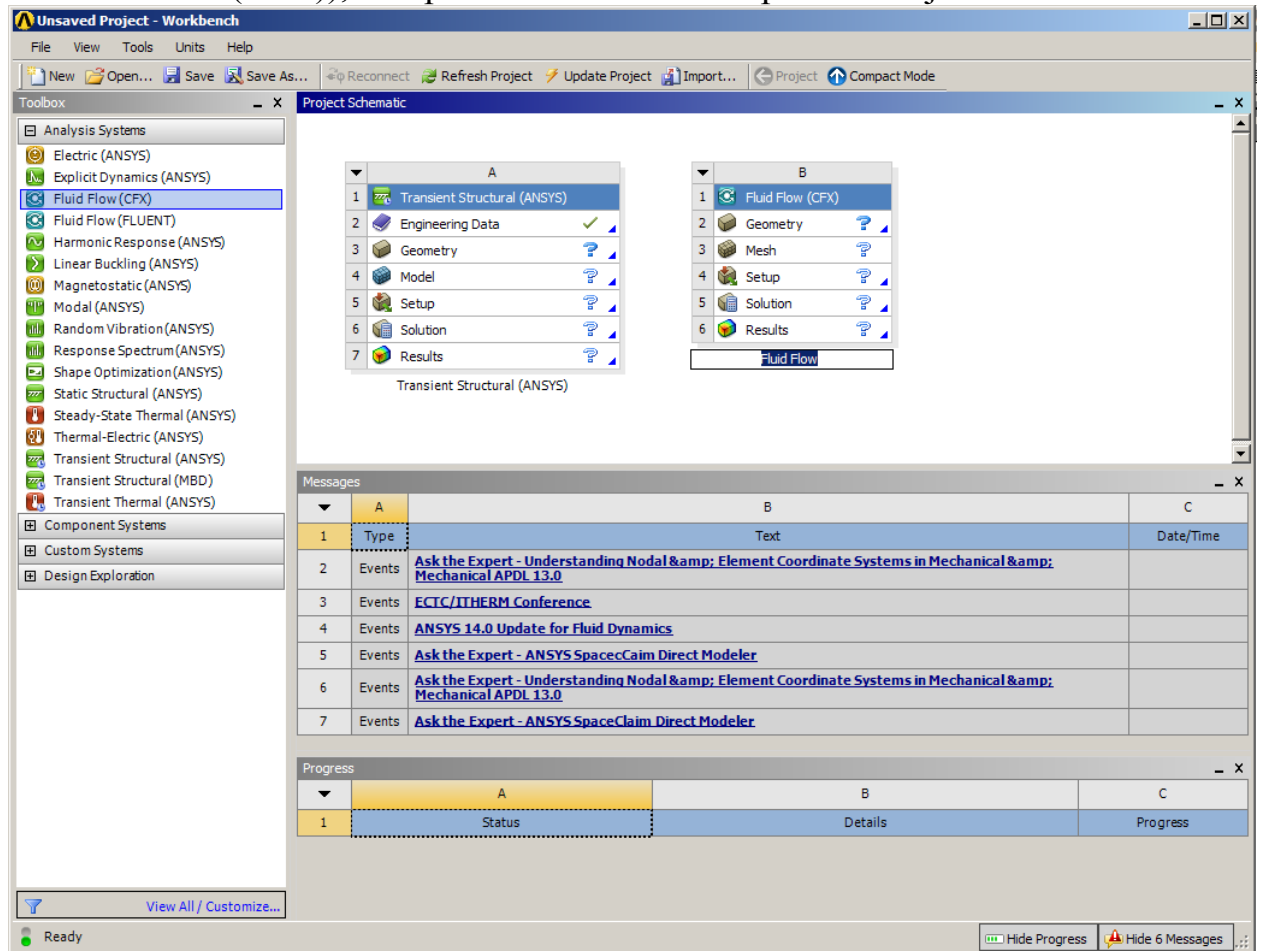
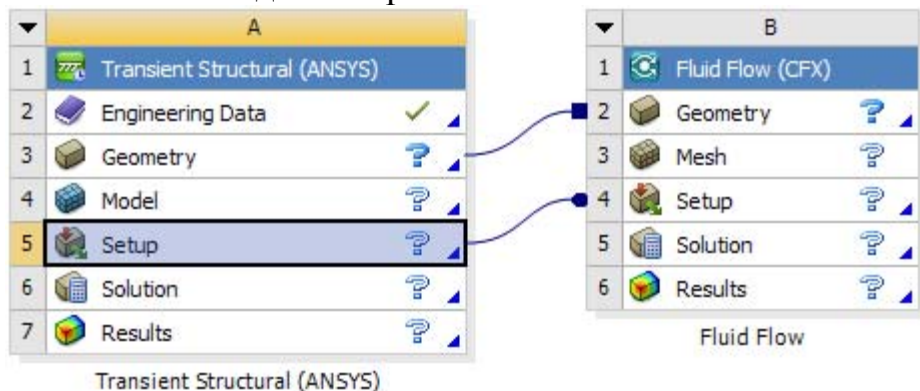


Рассчитать движение жидкости по трубке с податливыми стенками.

1. Запускаем Ansys Workbench. В Toolbox→Analysis System выбираем тип анализа, который будет использоваться (Transient Structural (Ansys) и Fluid Flow (CFX)), и перетаскиваем в поле проекта Project Schematic.



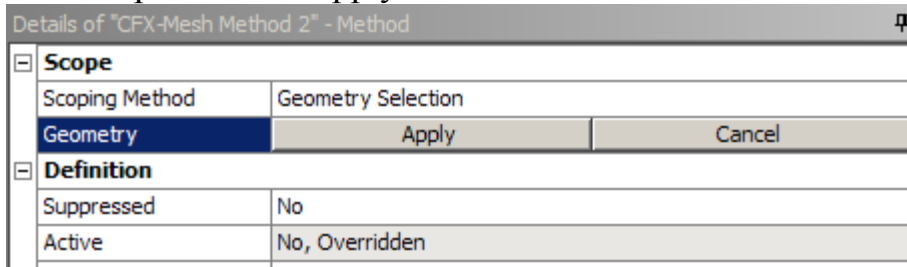
2. Устанавливаем связи между этими типами анализа, как показано на рисунке. Нажимаем левой кнопкой мыши на Geometry в Transient Structural, не отпуская, подводим курсор к Geometry в Fluid Flow. Аналогично для Setup.



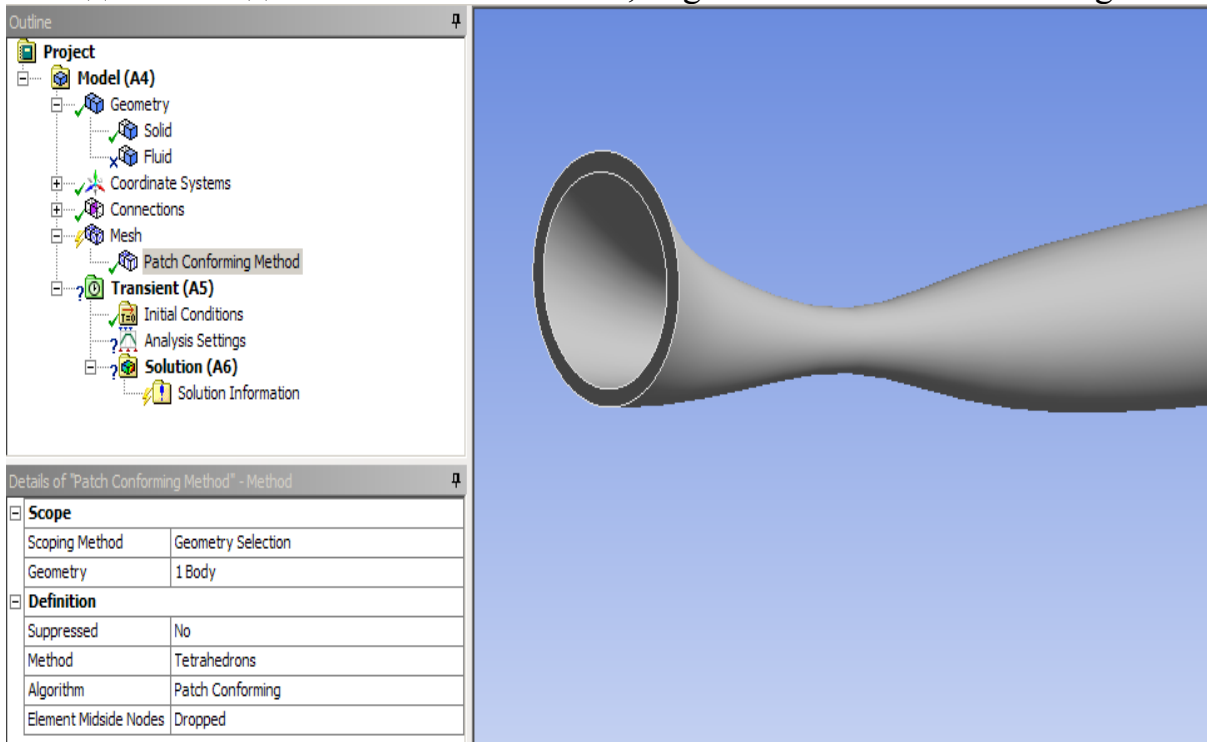
3. Задаем параметры анализа для Transient Structural. Нажимаем правой кнопкой мышки на Geometry →Import Geometry →Browse.. Выбираем файл с геометрией.
4. Transient Structural → Model. В дереве проекта открываем вкладку Model(A4) →Geometry. Исключаем из анализа объем, занимаемый

жидкостью. Нажимаем правой кнопкой мыши на Fluid, выбираем Suppress Body.

5. Model (A4) → Mesh. Нажимаем правой кнопкой мыши на Mesh → Insert → Method. Выбираем объем, соответствующий стенке. Подтверждаем выбор кнопкой Apply.



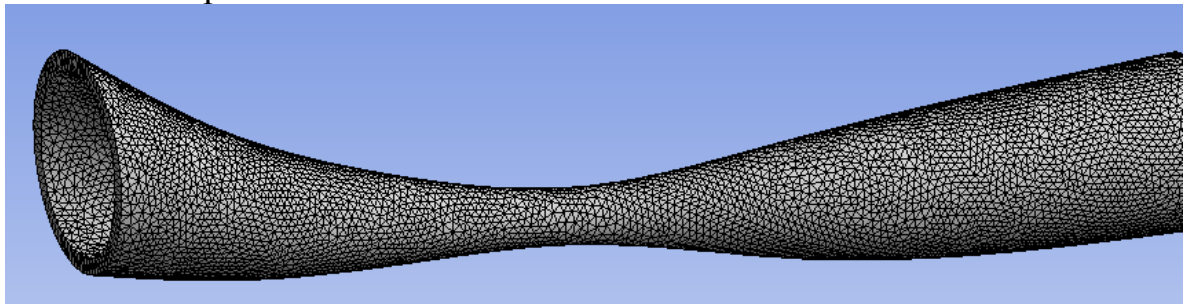
Задаем метод Method – Tetrahedrons, Algorithm – Patch Conforming.




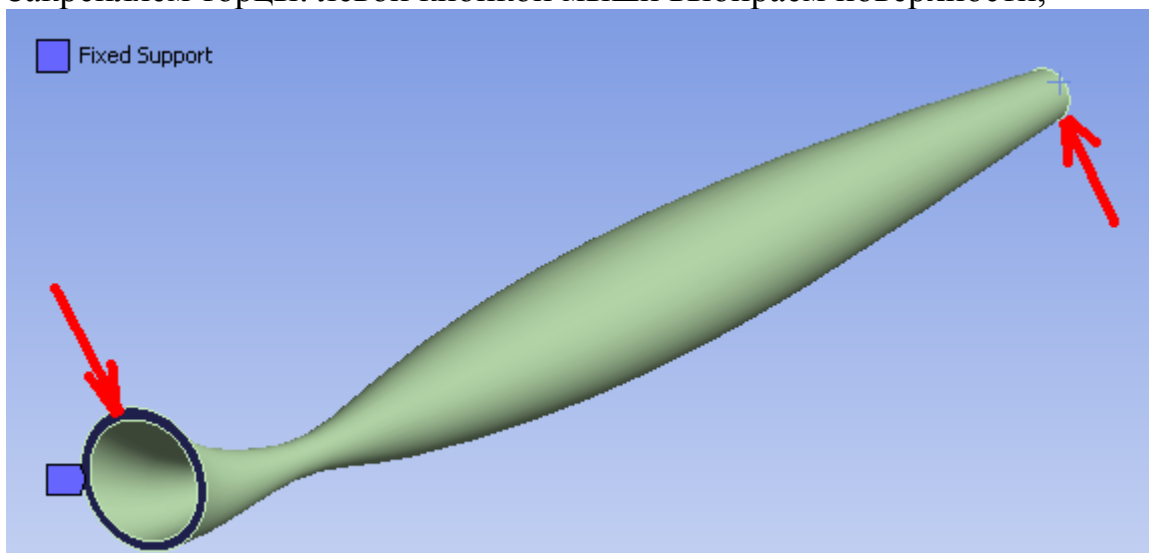
Нажимаем левой кнопкой мыши на Mesh. Внизу слева появляется вкладка Details. Задаем размер элемента в Details → Sizing → Element Size.

Details of "Mesh"	
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Solver Preference	ANSYS Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	5.e-004 m
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	2.8686e-002 m
Inflation	
Advanced	
Pinch	
Statistics	

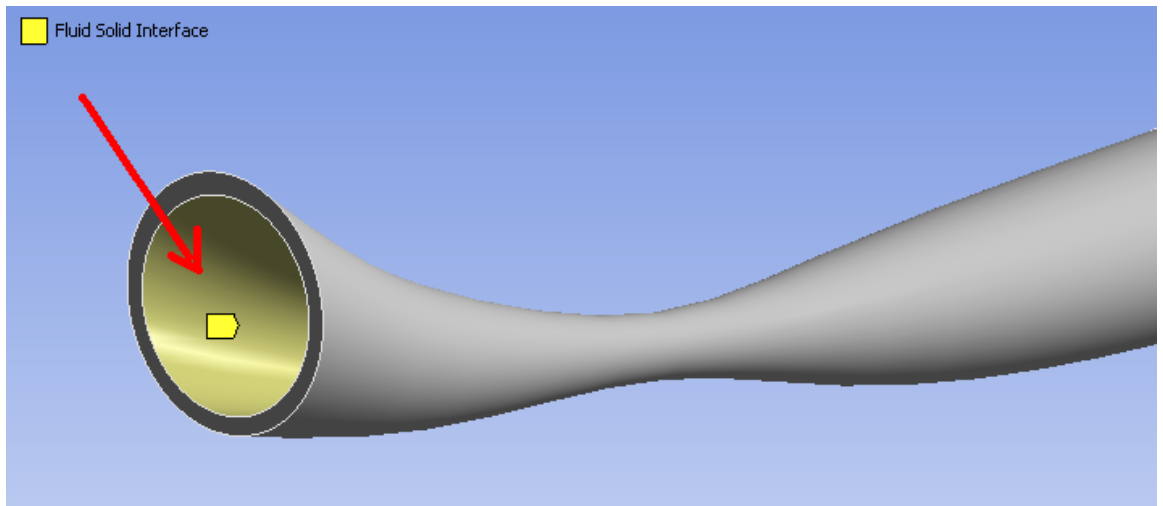
Нажимаем правой кнопкой мыши на Mesh →Generate Mesh.



6. Задаем граничные условия. В дереве проекта выбираем Model(A4) → Transient(A5). Нажимаем на , чтобы выбрать поверхности. Закрепляем торцы: левой кнопкой мыши выбираем поверхности,



нажимаем правую кнопку мыши и выбираем Insert→Fixed Support. Задаем взаимодействие между жидкостью и твердым телом: выбираем поверхности,

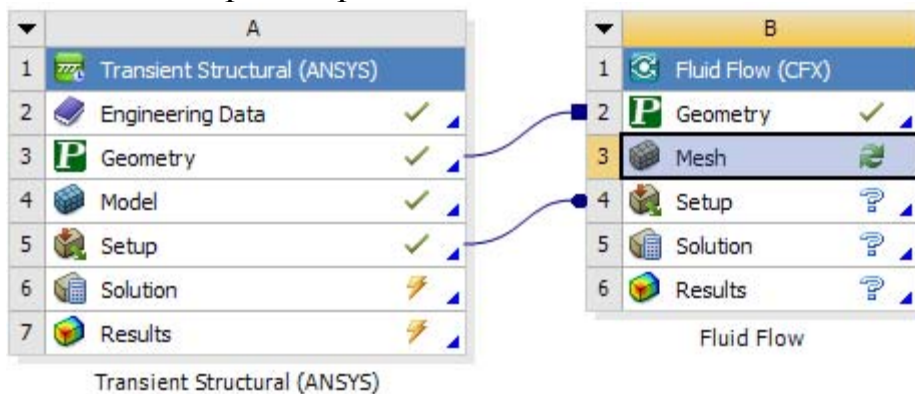



нажимаем правую кнопку мыши и выбираем Insert→Fluid Solid Interface.

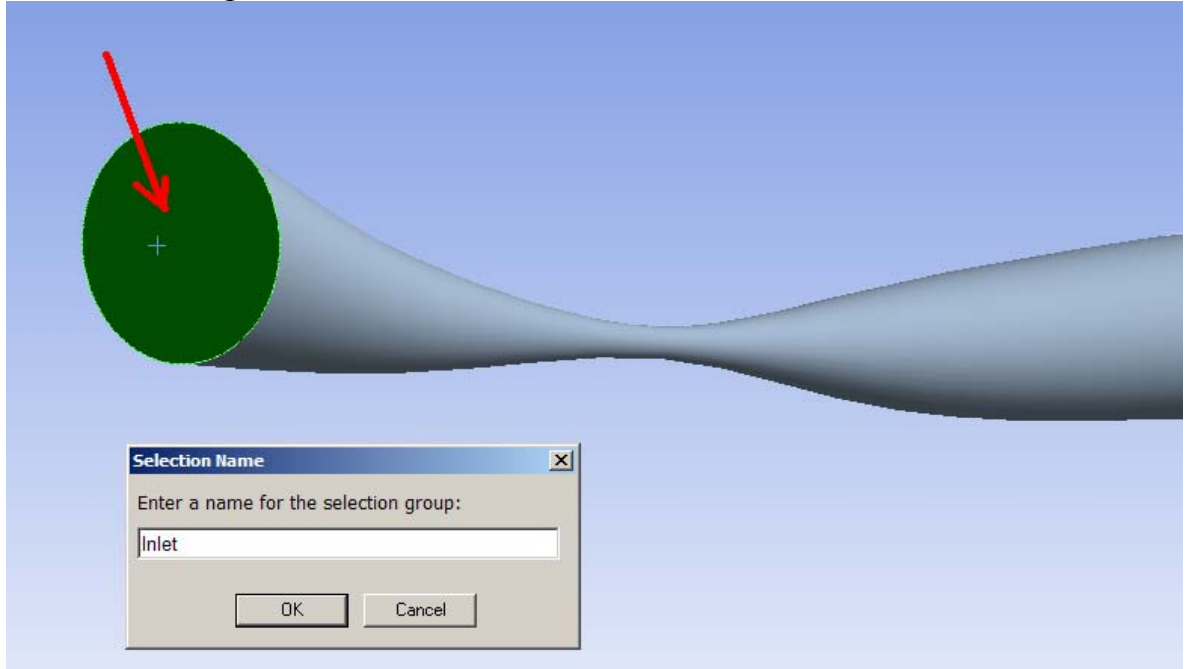
7. Выбираем левой кнопкой мыши Model(A4) →Transient (A5) →Analysis Settings. В Details задаем значения параметров в Step Controls: Step End Time – 1.s, Auto Time Stepping – Off, Time Step – 0.04

Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Off
Define By	Time
Time Step	4.e-002 s
Time Integration	On
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	On
Nonlinear Controls	
Output Controls	
Damping Controls	
Analysis Data Management	

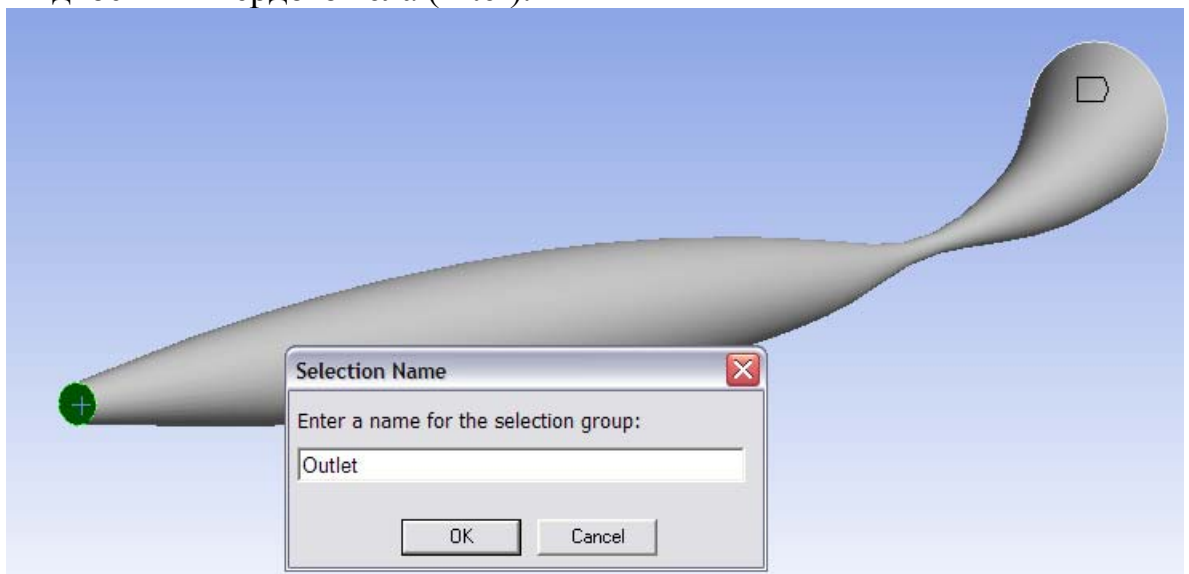
8. Закрываем Transient Structural. Проверяем, что напротив Geometry, Model, Setup стоят зеленые галочки, иначе нажимаем правую кнопку мыши и выбираем Update.

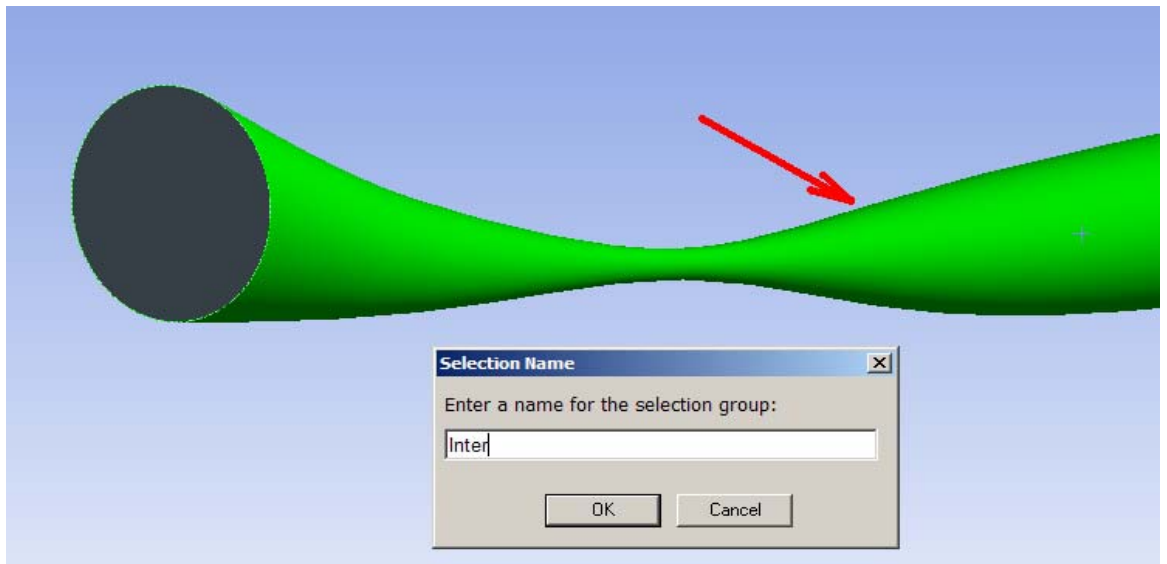


9. Задаем параметры анализа для Fluid Flow. Заходим в Mesh. В дереве проекта открываем вкладку Model(B3) →Geometry. Исключаем из анализа объем, соответствующий твердому телу. Нажимаем правой кнопкой мыши на Solid, выбираем Suppress Body.
10. Выбираем поверхности с помощью . Нажимаем правую кнопку мыши и выбираем Create Named Selection.



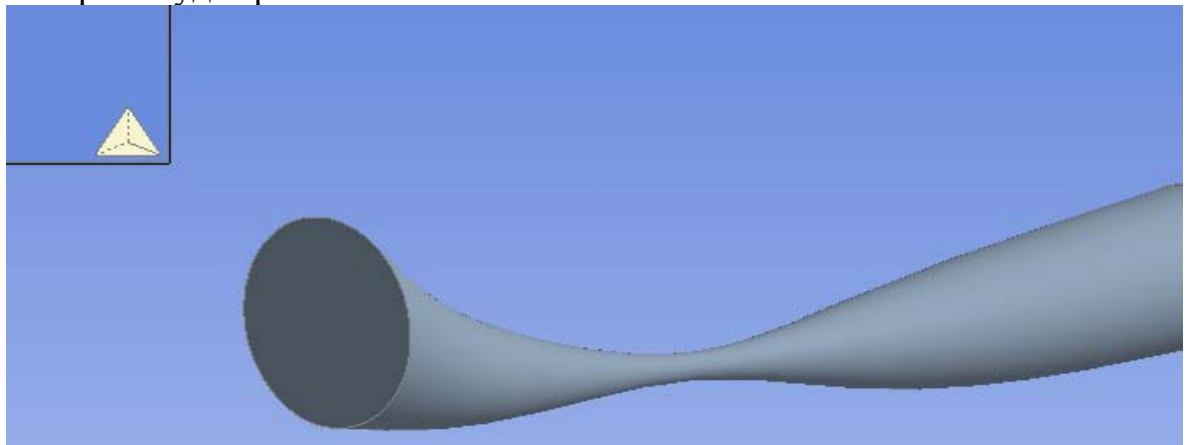
Задаем вход (Inlet), выход (Outlet), поверхность взаимодействия жидкости и твердого тела (Inter).



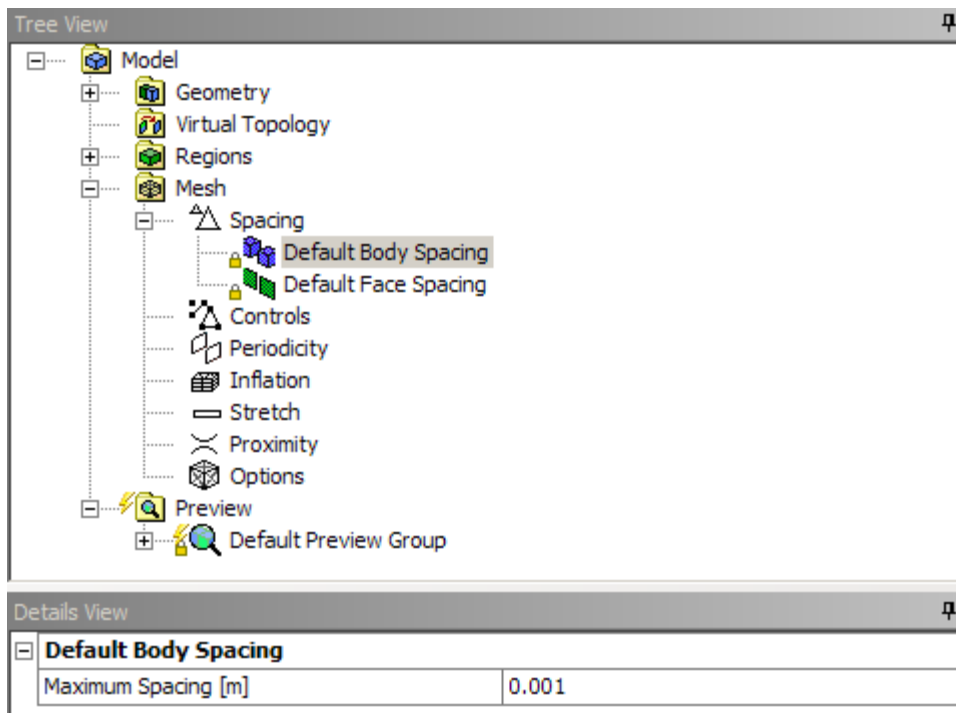


11. Нажимаем правой кнопкой мыши на Model (B3) → Mesh → CFX-Mesh Method → Edit in CFX-Mesh. (Если в дереве отсутствует CFX-Mesh Method, его нужно вставить, как в п.5).

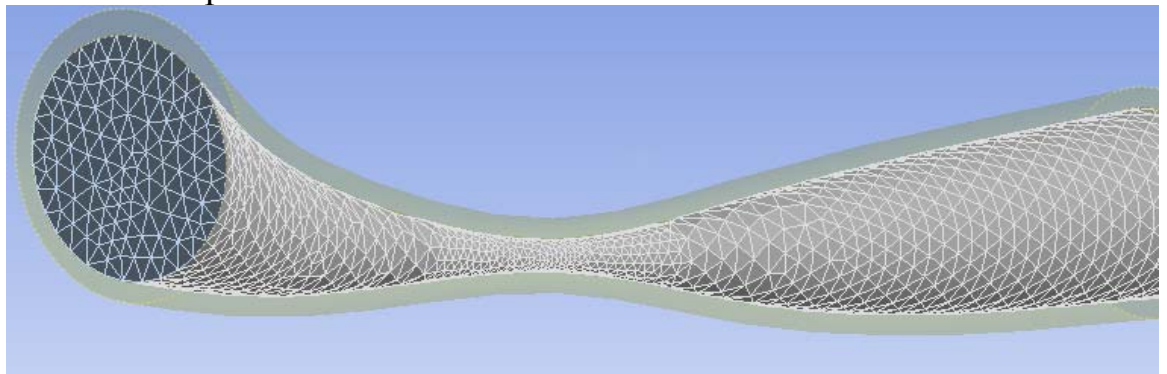
В появившемся окне в дереве выбираем Model → Mesh → Spacing → Default Body Spacing. На экране отображается размер элемента, которым будет разбито тело.



Мы видим, что элемент слишком большой, поэтому уменьшим его размер: зададим Maximum Spacing – 0.001.

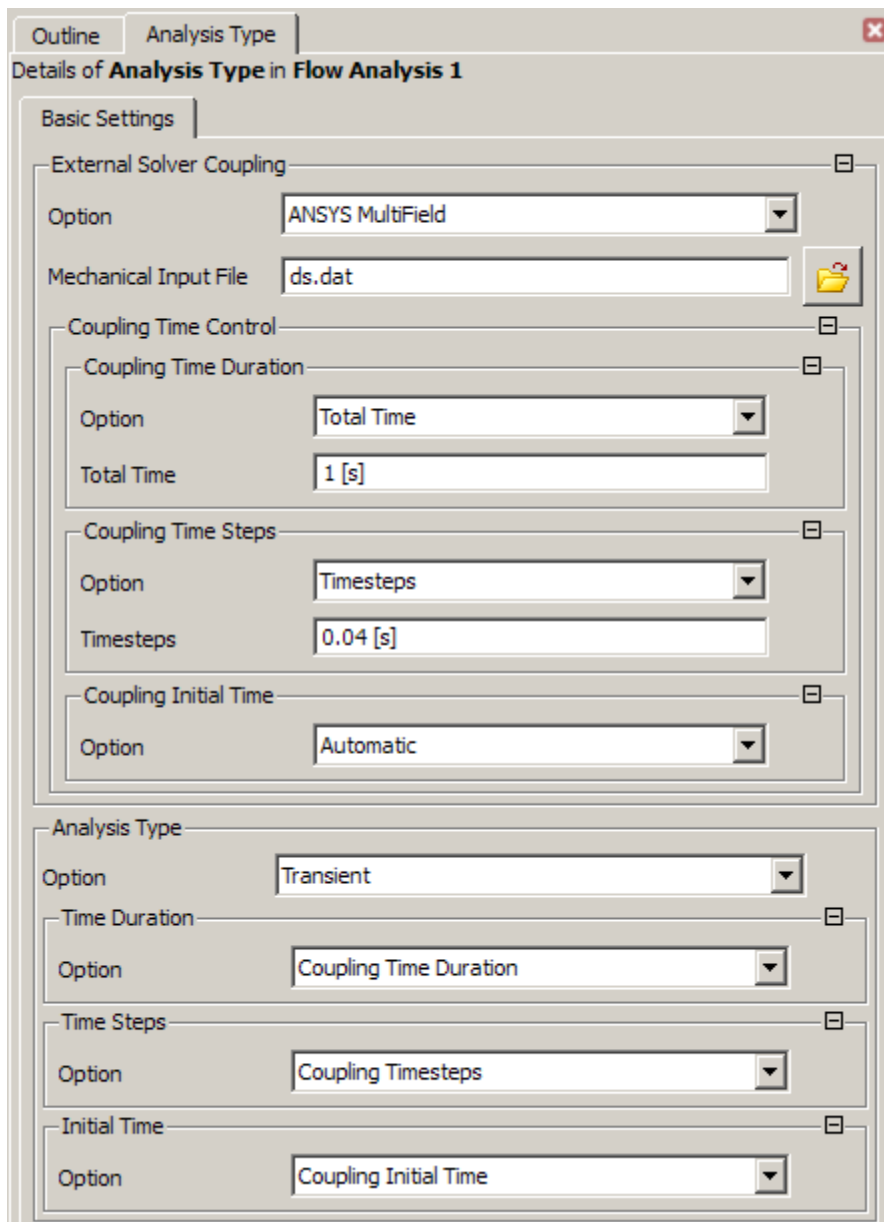



Нажимаем правой кнопкой на Mesh →Generate Volume Mesh.

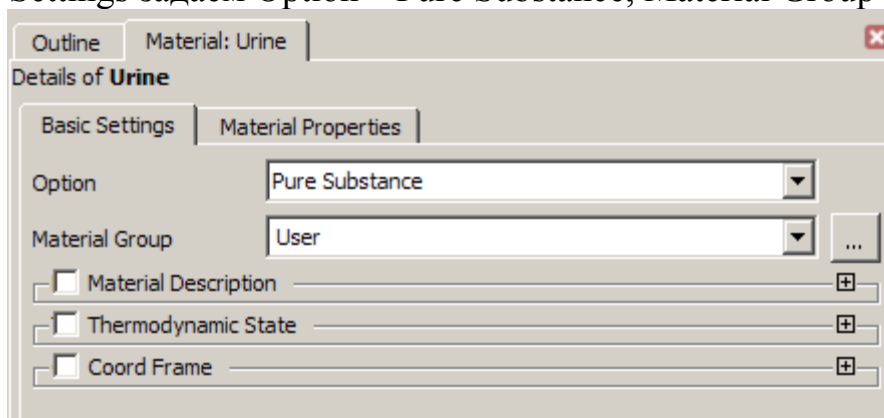


Выходим из Fluid Flow – Meshing.

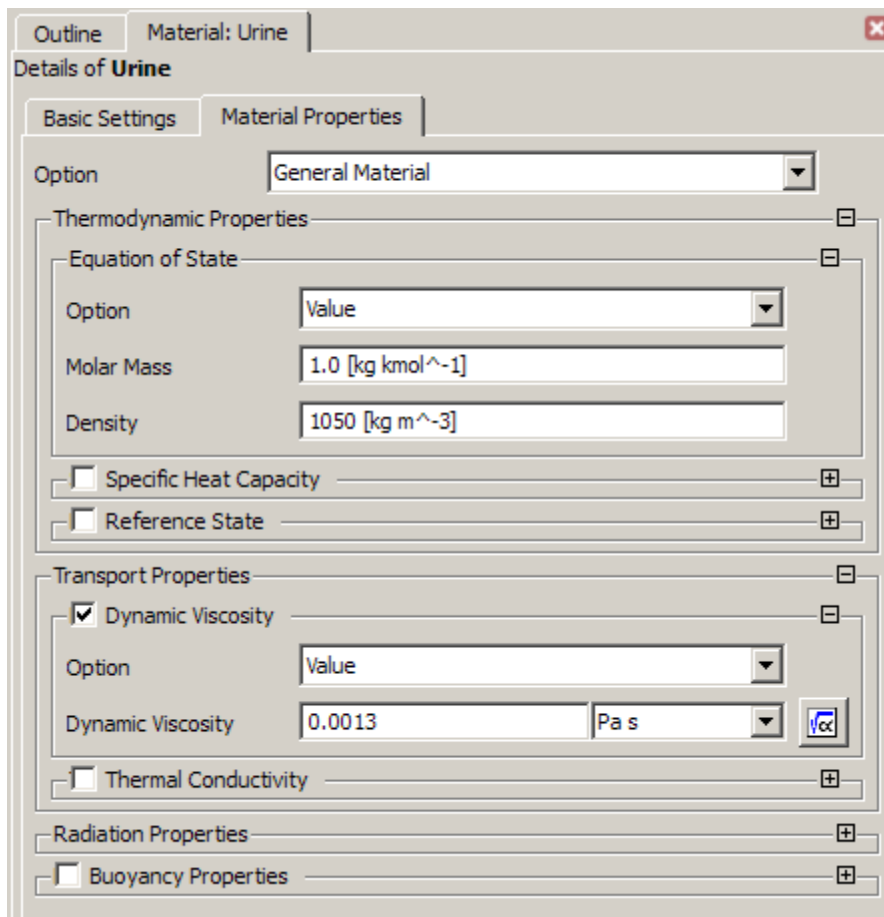
12. В схеме проекта нажимаем правой кнопкой на Fluid Flow →Mesh →Update.
13. Открываем Fluid Flow →Setup. Запускается CFX-Pre. В дереве проекта выбираем Simulation →Flow Analysis1 →Analysis Type (двойной щелчок). Задаем время Total Time – 1s, Timesteps – 0.04s, Analysis Type – Transient. Нажимаем ОК.



14. Создаем жидкость с заданными свойствами. Нажимаем на кнопку  на верхней панели. Называем наш материал Urine. На вкладке Basic Settings задаем Option – Pure Substance, Material Group – User.

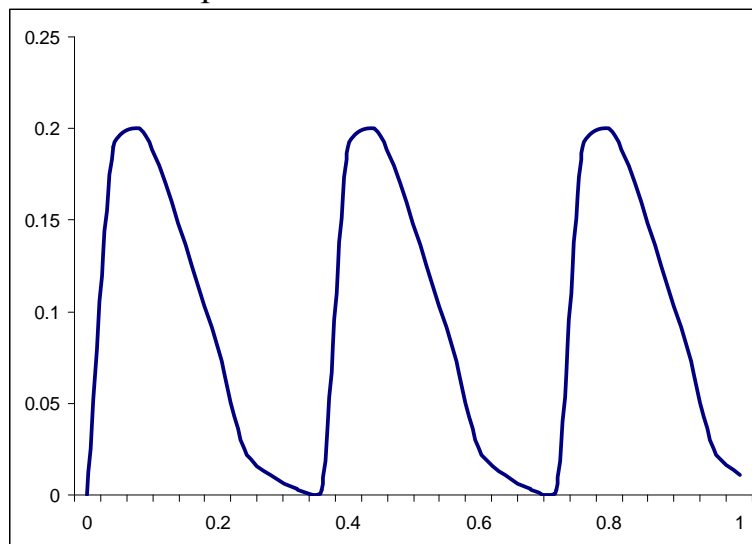



Переходим на вкладку Material Properties. Задаем плотность Density – 1050 kg m^{-3} , задаем вязкость Transport Properties – Dynamic Viscosity – 0.0013 Pa s . OK.



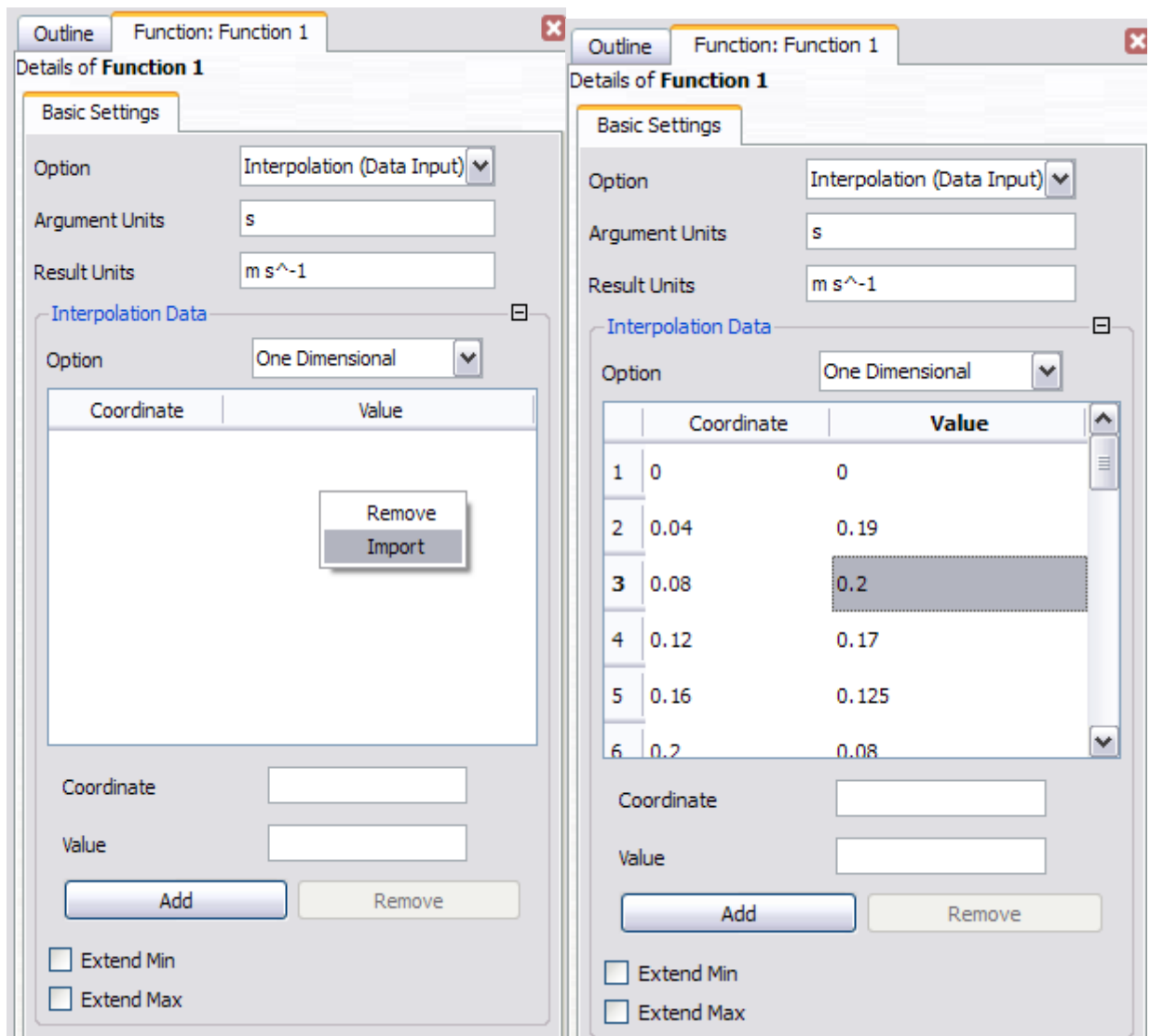
Теперь этот материал будет отображаться в дереве проекта в Simulation →Materials.


15. Зададим скорость течения жидкости в виде:



Для этого создадим сначала функцию, нажав на кнопку  на верхней панели. В появившемся окне вводим название velocity.

На вкладке Basic Settings задаем размерность: Argument Units – s, Result Units – m s⁻¹. Импортируем значения из текстового файла: нажимаем правой кнопкой мыши на белую область, выбираем Import.



Теперь создадим выражение, нажав на кнопку  на верхней панели. В появившемся окне вводим название `veloc`. На вкладке Definition вводим `velocity(t)`.

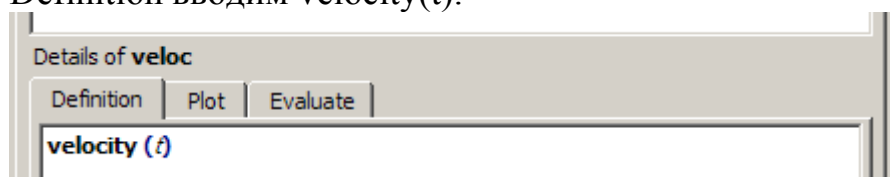
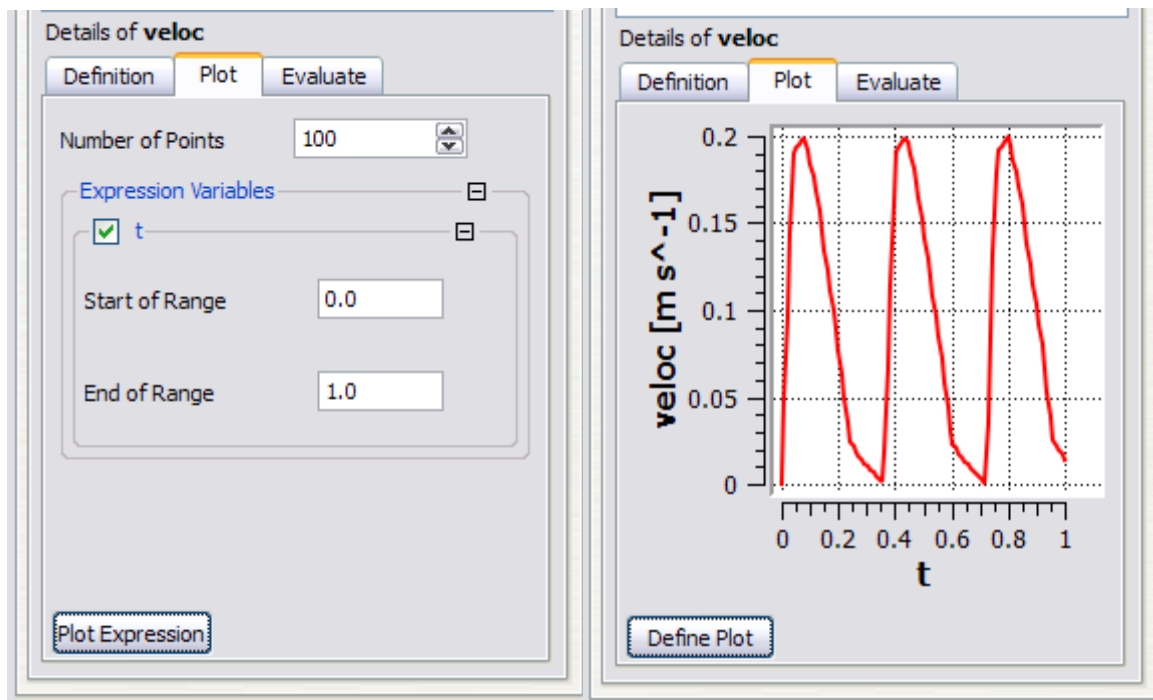
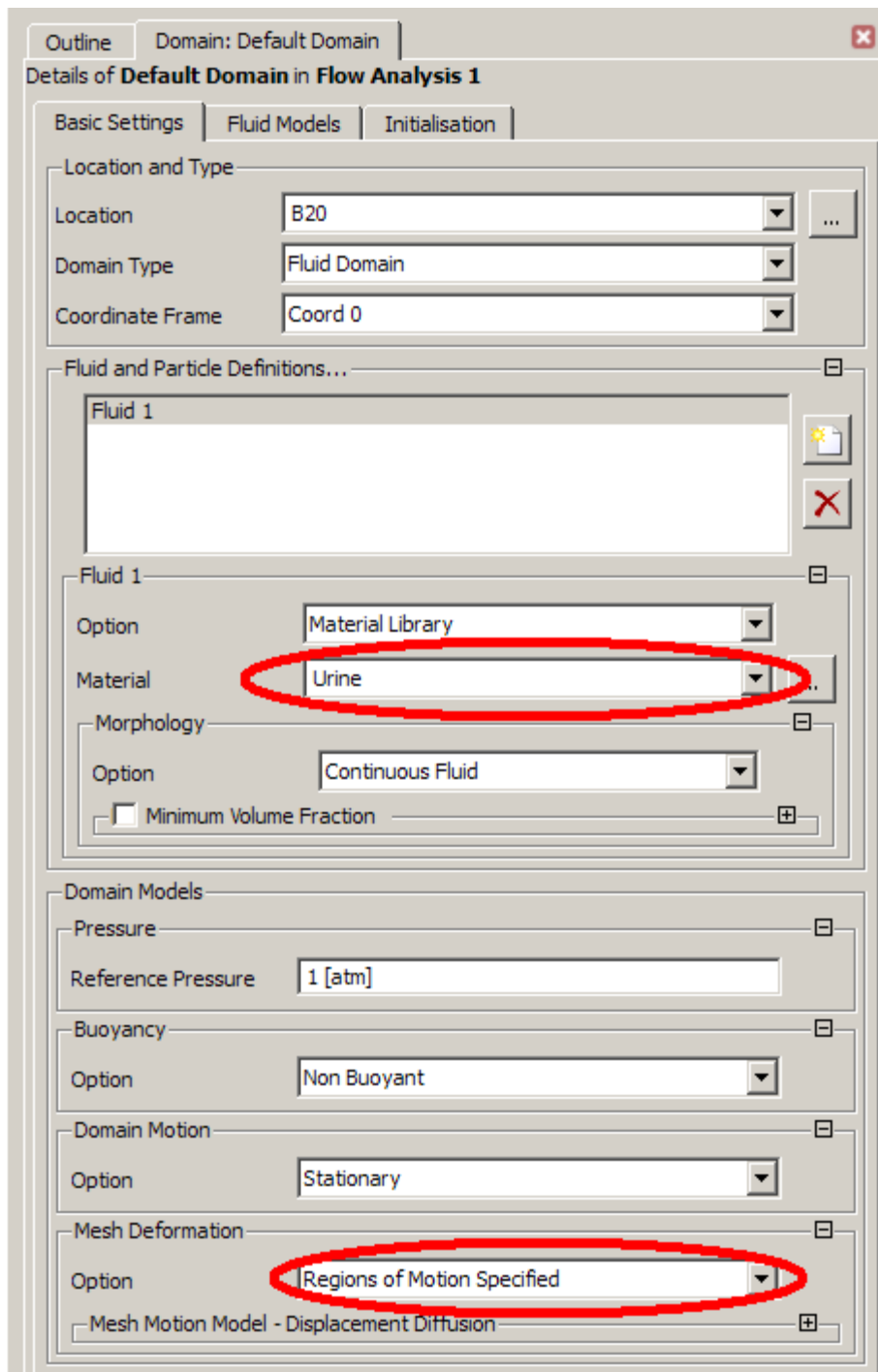


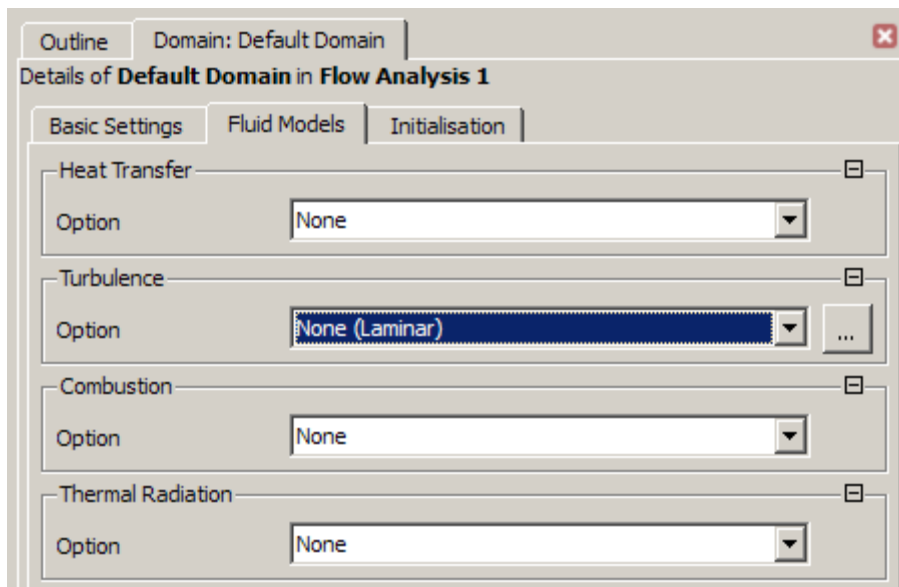
График можно посмотреть, перейдя на вкладку Plot. Поставить галочку напротив `t` и нажать кнопку Plot Expression.



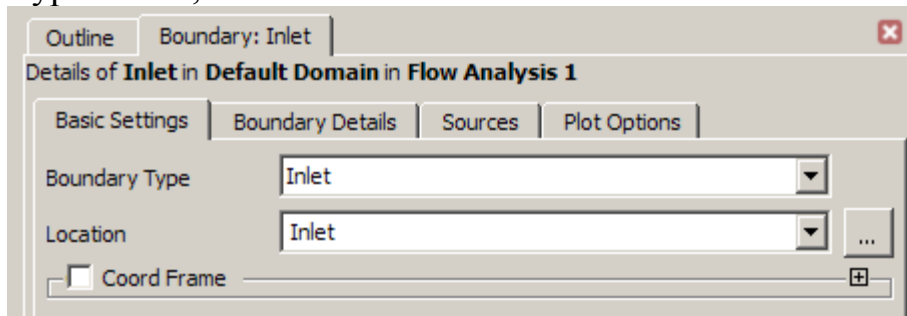
16. В дереве проекта выбираем Simulation → Flow Analysis1 → Default Domain. Нажимаем на него правой кнопкой, выбираем Edit, либо двойной щелчок левой кнопкой. Во вкладке Basic Settings задаем материал Material – Urine, Mesh Deformation – Region of Motion Specified.




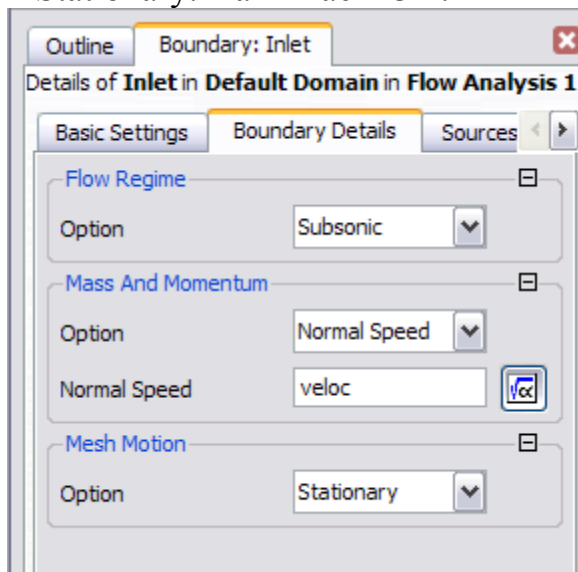
Переходим на вкладку Fluid models, меняем все значения на None. ОК.



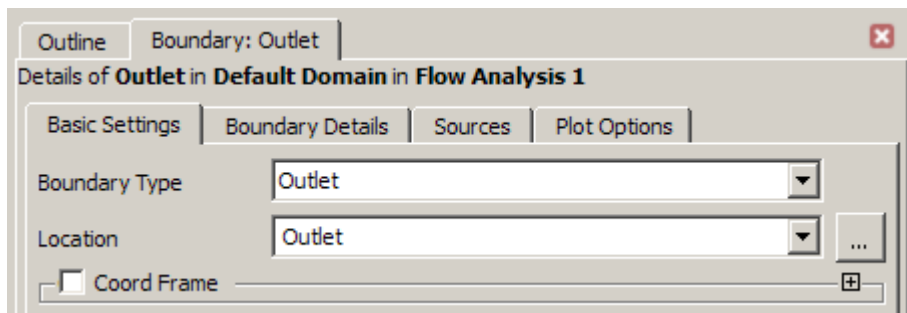
17. Нажимаем на Default Domain правой кнопкой, выбираем Insert → Boundary. Называем Inlet. На вкладке Basic Settings задаем Boundary Type – Inlet, Location – Inlet.



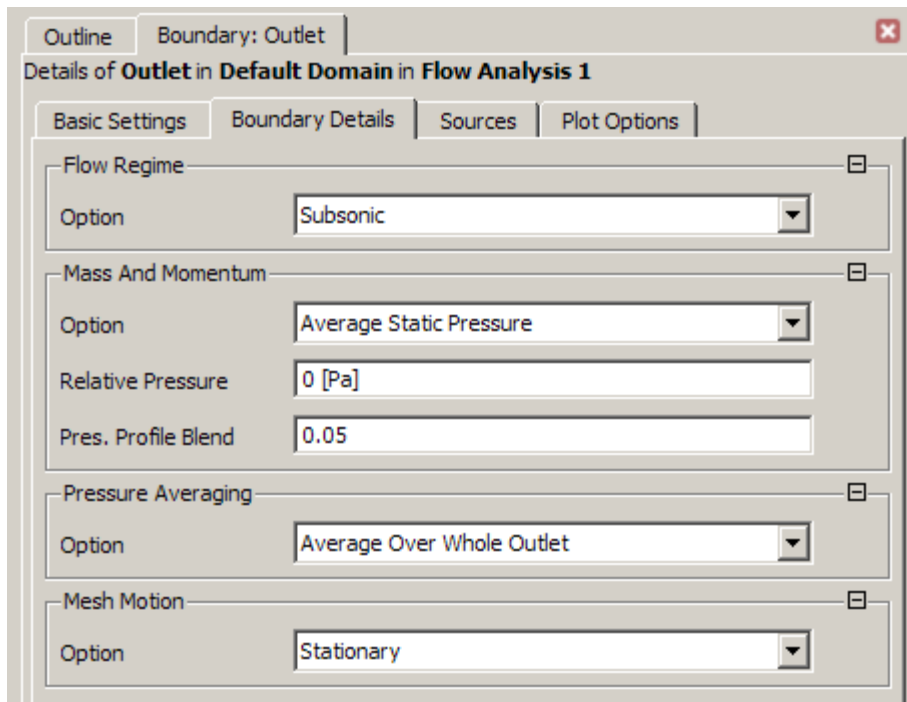
На вкладке Boundary Detail задаем Flow Regime – Subsonic, Mass and Momentum – Normal Speed – veloc (нажать на значок ) , Mesh Motion – Stationary. Нажимаем ОК.



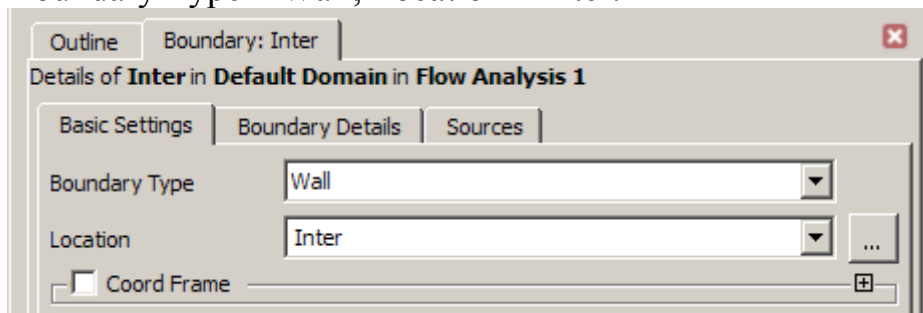
18. Создаем аналогично граничное условие для выхода, называем Outlet. На вкладке Basic Settings задаем Boundary Type – Outlet, Location – Outlet.



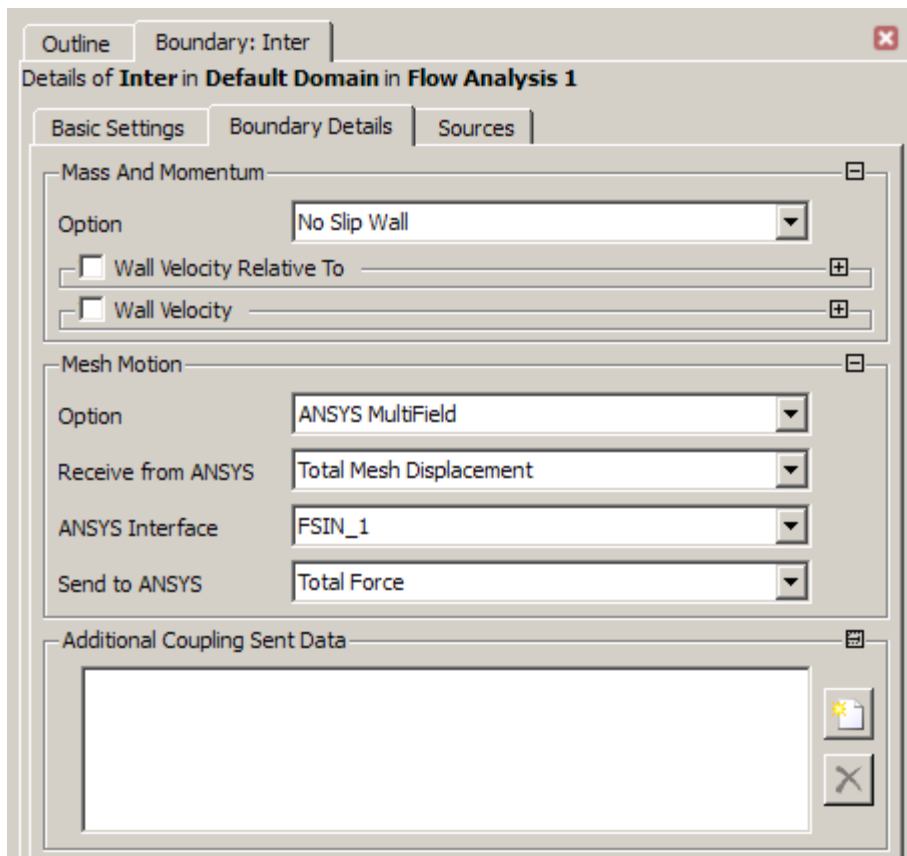
На вкладке Boundary Detail задаем в Mass And Momentum -Average Static Pressure – Relative Pressure 0 Pa. OK.




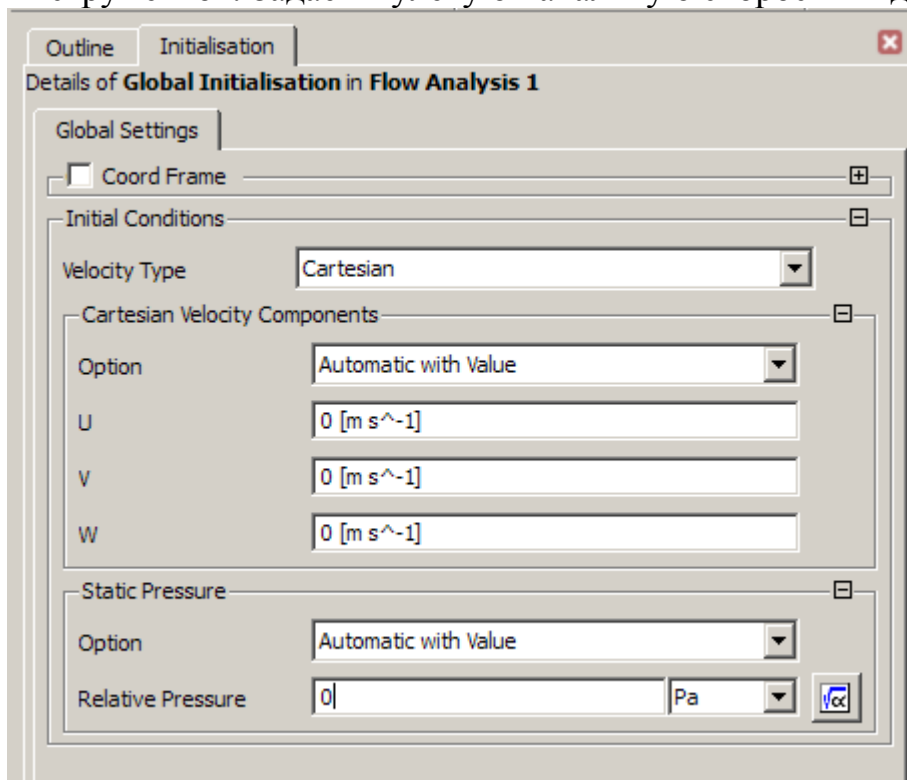
19. Создаем условие FSI. Называем Inter. На вкладке Basic Settings задаем Boundary Type – Wall, Location – Inter.



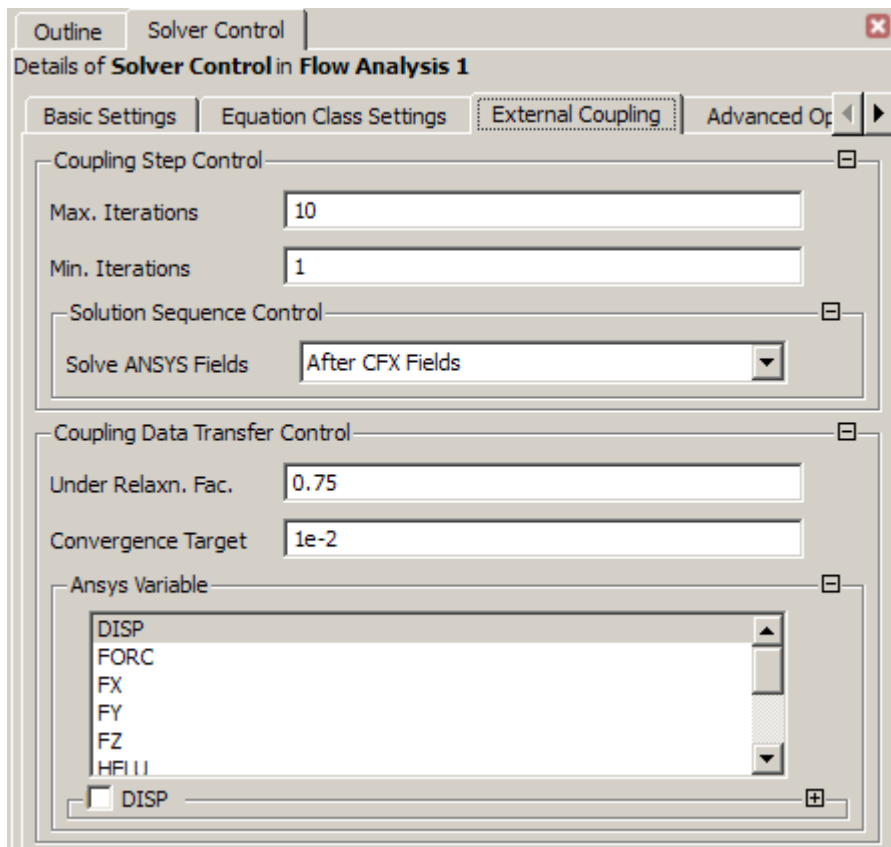
На вкладке Boundary Detail ставим Mass And Momentum – No Slip Wall (условие прилипания частиц потока к стенке). Mesh Motion – Ansys MultiField. OK.




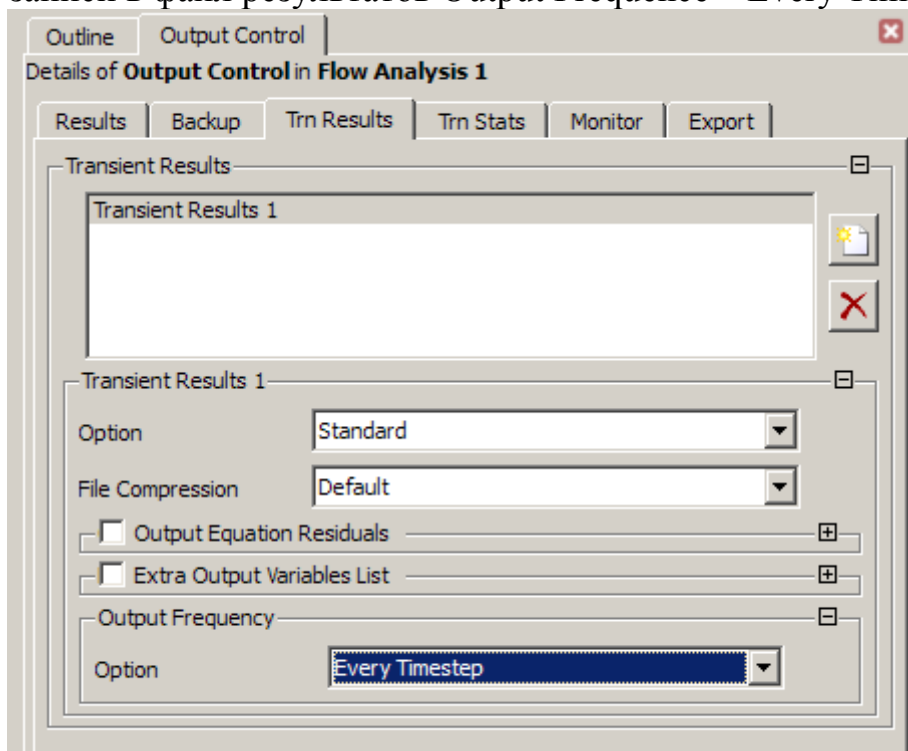
20. Вставляем начальные условия, нажав на кнопку  на верхней панели инструментов. Задаем нулевую начальную скорость и давление.



21. Simulations → Flow Analysis 1 → Solver → Solver Control. На вкладке External Coupling выбираем последовательность решения Solve ANSYS Fields – After CFX Fields. OK.



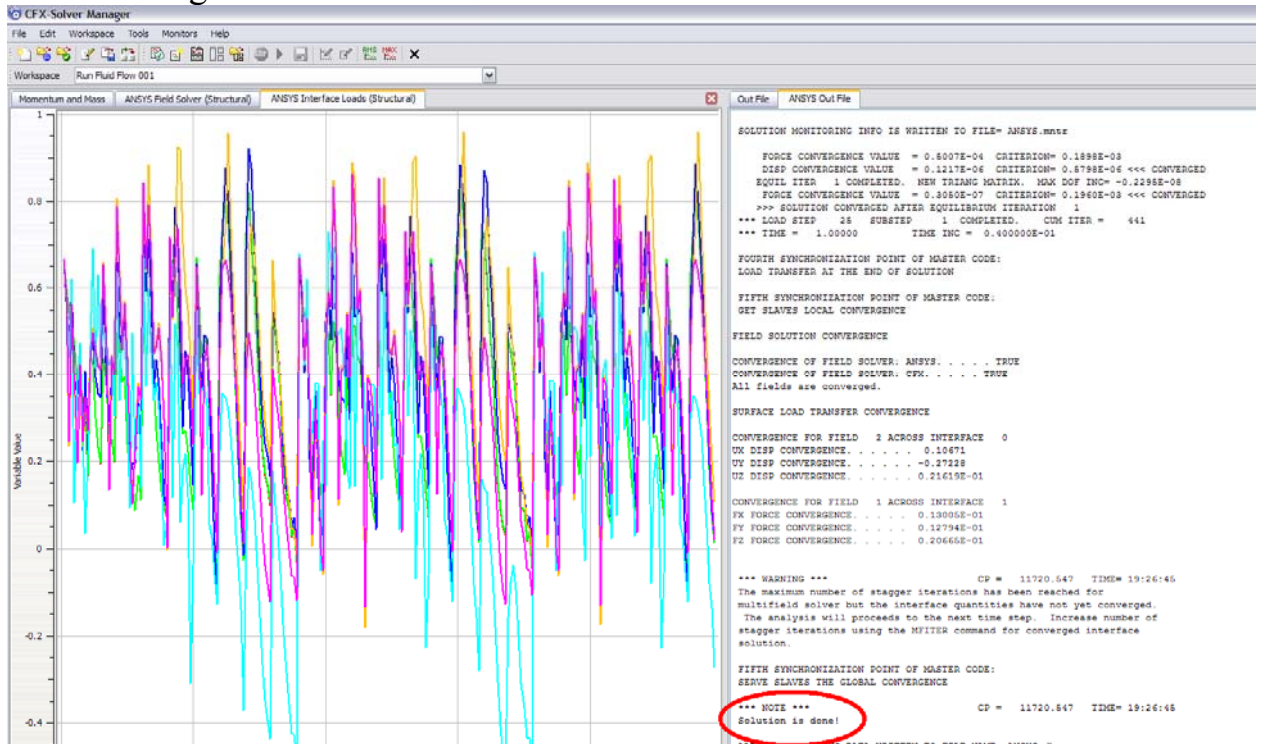
22. Simulations → Flow Analysis 1 → Solver → Output Control. На вкладке Trn Results создаем новые результаты, нажав . Option – Standard, частота записи в файл результатов Output Frequency – Every Timestep. ОК.




23. Выходим из Fluid Flow. Проверяем, что галочки наличие зеленых галочек напротив Geometry, Mesh, Setup. Нажимаем правой кнопкой на Solutions → Refresh.

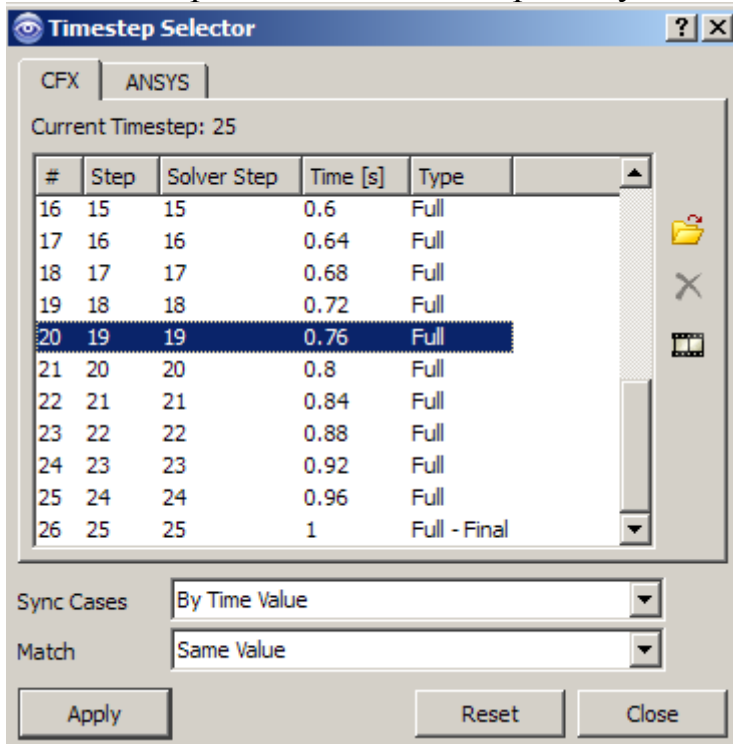
24. Сохраняем проект. File → Save

25. Запуск решения. Правой кнопкой на Fluid Flow → Solution → Update.
 26. Fluid Flow → Solution → Display Monitors. Откроется CFX Solver Manager.

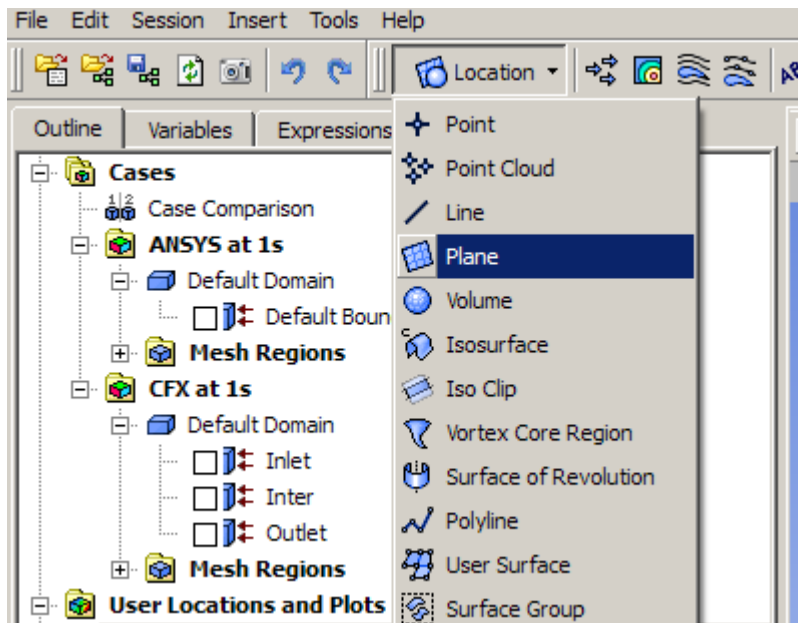


В конце появится сообщение: Solution is done!

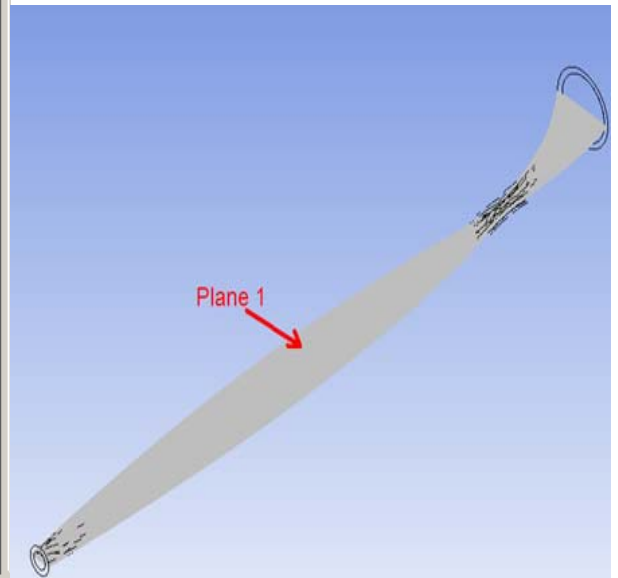
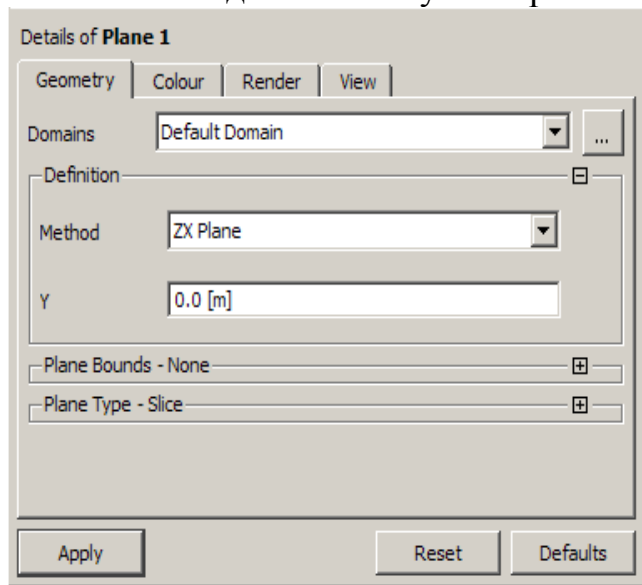
27. Просмотр результатов. Открываем Fluid Flow → Results. Откроется CFD Post.
 28. Выберем шаг, на котором будем просматривать результаты. Нажимаем на  на верхней панели. Выбираем нужный шаг, нажимаем Apply.




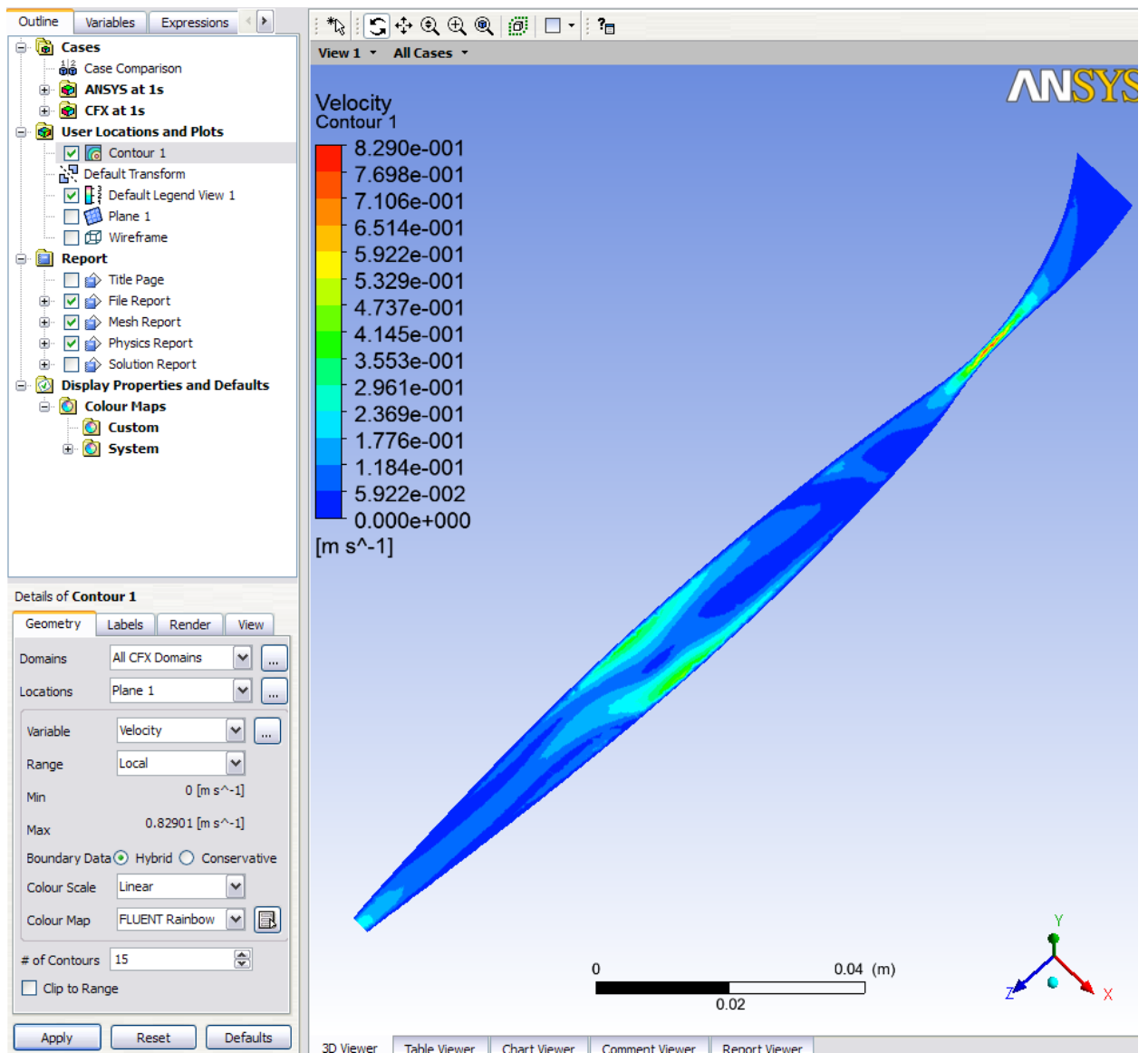
29. Вставим продольное сечение. Location → Plane



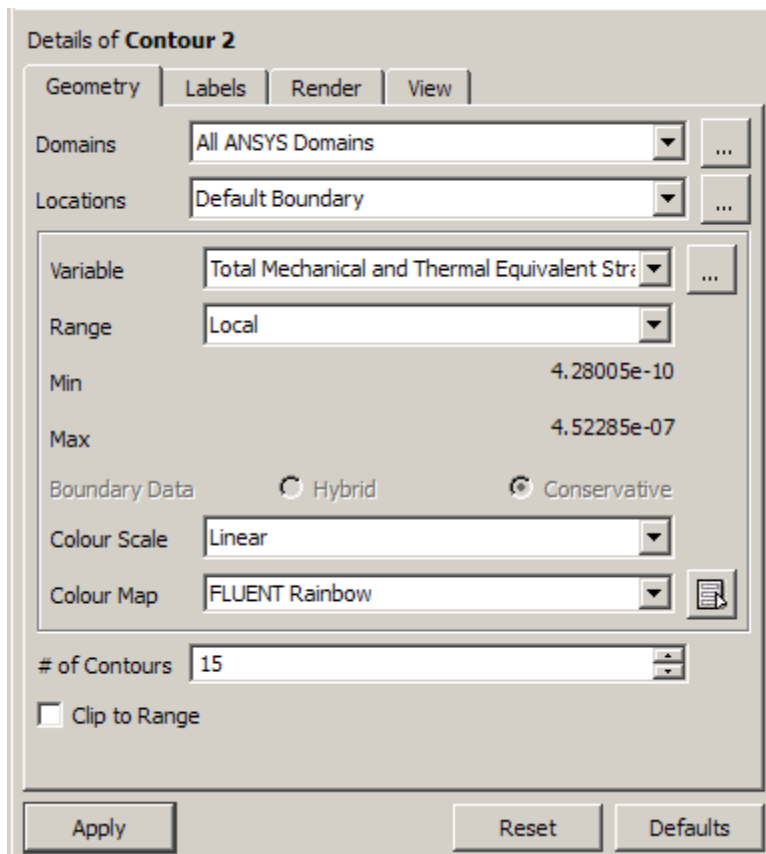
На вкладке Geometry выбираем Definition Method – ZX Plane. Apply.



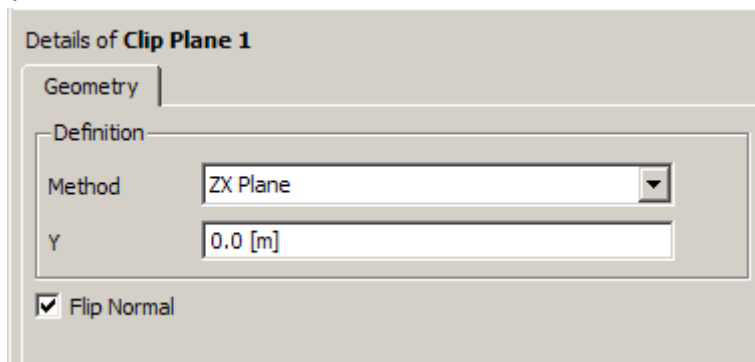
30. Отобразим значения скорости на данном сечении. Нажимаем на “Contour”  на верхней панели. На вкладке Geometry выбираем: Domains – All CFX Domains, Locations – Plane1, Variable – Velocity, Range – Local, Colour Map – FLUENT Rainbow, # of Contours – 15. Apply.



31. Отобразим деформацию стенки. Создадим еще один контур, заполняя поля, как показано на рисунке:

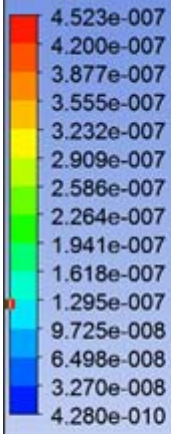


Вставим разрез, нажав на кнопку “Clip Plane”  и выбрав плоскость ZX.



Для того чтобы отобразить разрез, нажимаем правую кнопку мыши в рабочей области и выбираем Clip Scene → Clip Plane 1.

Total Mechanical and Thermal Equivalent Strain
Contour 2



View 1

- Copy to New Figure...
- Show Object
- Copy Camera From
- Predefined Camera
- Fit View
- Auto-Fit View
- Projection
- Deformation
- Clip Scene
 - Clip Plane 1
 - No Clipping
- Default Legend
- Toggle Axis Visibility
- Toggle Ruler Visibility
- Save Picture...
- Viewer Options...

