

1. Процесс построения сетки в Ansys Meshing

В общем виде процесс построения сетки в Ansys Meshing можно представить в следующем виде (рисунок 1):

1. Установка физики (Physics preference) и метода построения сетки (Method).
2. Глобальные настройки сетки.
3. Локальные размеры сетки.
4. Просмотр и проверка качества сетки.

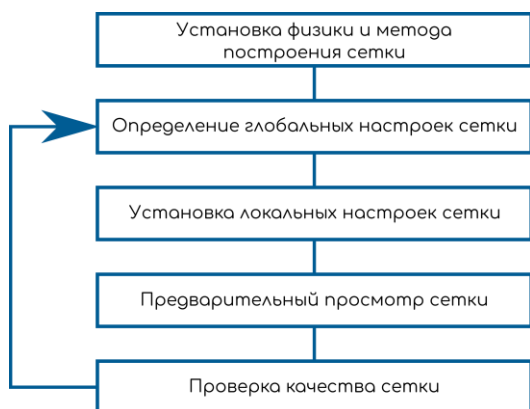


Рисунок 1 Процесс построения расчётной сетки

После загрузки геометрической модели в модуль **Mesh**, откроется дерево проекта примерно следующего вида – рисунок 2. В дереве содержится информация о количестве тел составляющих исходную геометрию (ветка **Geometry/Solid**), материале (**Materials**), системе координат (**Coordinate Systems**) и информация о самой сетке (**Mesh**).

В процессе создания сетки при необходимости можно скрывать части геометрии с экрана или удалять их из расчёта сетки. Данные операции проводятся с помощью контекстного меню, вызываемого по щелчку правой кнопки мыши по выбранному телу. Скрытие части геометрии с экрана можно осуществить, нажав F9. Данное действие позволяет добраться до внутренних граней и поверхностей, чтобы задать на них настройки.

Включение/отключение части геометрии в расчёт сетки позволяет генерировать сетку по частям: на сложных геометриях это иногда ускоряет процесс создания сетки.

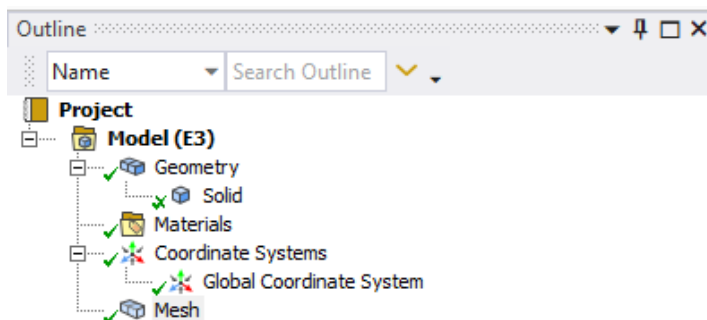


Рисунок 2. Дерево проекта сетки.

2. Общие (глобальные) средства управления сеткой Ansys 2020

Общие средства управления сеткой (глобальные настройки) используются для создания настройки всей расчётной сетки, включает в себя **Sizing function**, **Inflation**, **Smoothing** и т.д. Полезны для разрешения важных особенностей модели с минимальным вводом параметров.

Данных параметров в простейших случаях достаточно, чтобы сгенерировать расчётную сетку.

- Автоматически вычисляет глобальные размеры элементов, основанные на самом малом геометрическом объекте.

- Настройки по умолчанию выбираются на основе физики исследуемого процесса: **Transition ratio**, **Transition**, **Smoothing** и т.д.

Details of "Mesh" ▾ 🔍 ✕

Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	CFD
Solver Preference	Fluent
Element Order	Linear
☐ Element Size	Default (0,68878 m)
Export Format	Standard
Export Preview Surface Mesh	No
Sizing	
Use Adaptive Sizing	No
☐ Growth Rate	Default (1,2)
☐ Max Size	Default (1,3776 m)
Mesh Defeaturing	Yes
☐ Defeature Size	Default (3,4439e-003 m)
Capture Curvature	Yes
☐ Curvature Min Size	Default (6,8878e-003 m)
☐ Curvature Normal Angle	Default (18,°)
Capture Proximity	No
Bounding Box Diagonal	13,776 m
Average Surface Area	59,601 m ²
Minimum Edge Length	6,5577 m
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
☐ Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
☐ Transition Ratio	0,272
☐ Maximum Layers	5
☐ Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Default (6,199e-003 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
☐ Nodes	7271
☐ Elements	1500

Details | Section Planes

Рисунок 3 Глобальные настройки сетки.

Далее рассмотрим каждый пункт глобальных настроек сетки.

Display

- **Display Style: Use Geometry Settings, Element Quality, Aspect Ratio, Jacobian Ratio (MAPDL), Jacobian Ratio (Corner Nodes), Jacobian Ratio (Gauss Points), Warping Factor, Parallel Deviation, Maximum Corner Angle, Skewness, Orthogonal Quality, Characteristic Length**
Use Geometry Settings – отображает сетку в том виде, в котором она построена. Остальные настройки отображения позволяют визуализировать качество сетки (наиболее важные из них **Aspect Ratio** – максимальное аспектное соотношение сторон ячейки, **Skewness** – скошенность ячейки, **Orthogonal Quality** – качество ортогональности).

Defaults

- **Physics Preference: Mechanical, Nonlinear Mechanical, Electromagnetics, CFD, Explicit, Hydrodynamics.** Данный пункт содержит общие настройки качества сетки по умолчанию.
- **Solver Preference (для CFD): CFX, Fluent, Polyflow** – выбор решателя, для которого генерируется сетка.
- **Element Order: Program Controlled, Linear, Quadratic.**
- **Element Size** – максимальный размер ячеек.
- **Export Format: Standart, Large Model Support**
- **Export Preview Surface Mesh**

Sizing

- **Use Adaptive Sizing: No, Yes**
- **Growth Rate** – скорость роста ячеек от мелких вблизи стенок до крупных в ядре потока.
- **Max Size** – максимальный размер ячейки.
- **Mesh Defeathering** – удаляет мелкие особенности геометрии, удовлетворяющие величине допустимого отклонения
 - **Defeature Size**
- **Capture Curvature**
 - **Curvature Min Size**
 - **Curvature Normal Angle** – максимальный угол между нормальными соседних граней
- **Capture Proximity** – управляет сеточным разрешением на близкорасположенных регионах модели. Вставляет определённое число элементов в узкие области. Чем больше ячеек в узкой области, тем качественнее сетка.
 - **Proximity Min Size** – минимальный размер разрешения
 - **Num Cells Across Gap** – количество ячеек на узкие щели
 - **Proximity Size Function Source: Faces and Edge, Faces, Edge**
- **Bounding Box Diagonal**
- **Average Surface Area**
- **Minimum Edge Length**
- **Use Adaptive Sizing: No, Yes**
 - **Resolution**
 - **Mesh Defeathering**
 - **Defeature Size**
 - **Transition: Fast, Slow** – управляет коэффициентом (отношением) роста элементов.

- **Span Angle Center** (центр угла обхвата): **Coarse** (91° - 60°), **Medium** (75° - 24°), **Fine** (36° - 12°) – управление кривизной, основанной на усовершенствовании для рёбер. Позволяет получить качественную сетку на искривлённых поверхностях. Чем меньше градус, тем мельче сетка на искривлённой поверхности.
- **Initial Size Seed: Assembly, Part**

Quality

- **Check Mesh Quality** – проверять качество сетки.
- **Target Skewness** – целевая скошенность ячеек.
- **Smoothing: Low, Medium, High** – улучшение качества сетки с помощью перемещения месторасположения узлов относительно соседних узлов. Улучшает **Orthogonal Quality**.
- **Mesh Metric**: список аналогично **Display Style**.

Inflation – призматические слои.

«Выдавливает» грани перпендикулярные к границе для увеличения разрешения сетки:

Разрешение вязкого пограничного слоя в CFD, разрешение тонких воздушных зазоров в электромагнитном анализе, разрешение областей высоких напряжений в конструкциях.

Могут быть созданы из трёх- и четырёхугольных элементов поверхностной сетки. Могут быть объединены с другими сеточными методами. Для метода **Hex Dominant** не могут быть построены. Обладают большим количеством опций настроек.

- **Use Automatic Inflation:**
 - **None** – выбирается для ручной установки параметров призматических слоёв с использованием локальных инструментов контроля сетки.
 - **Program Controlled** – выбираются все грани за исключением граней, охватывающих **Named Selection**; граней с призматическими слоями, определёнными в ручную; граней в контактных регионах, граней симметрии; граней, которые принадлежат части геометрии, для которой назначен метод построения сетки, не поддерживающий призматические слои (**sweep, hex-dominant**); граней в оболочечных телах.
 - **All Faces in Chosen Named Selection** – строит призматические слои на гранях в одном **Named Selection**.
- **Inflation Option:**
 - **Total Thickness** – сохраняет везде постоянную общую высоту призматических слоёв
 - **First Layer Thickness** – сохраняет везде постоянной высоту первой ячейки
 - **Smooth Transition** – сохраняет гладкий объёмный рост между соседними слоями. Полная толщина (**Total Thickness**) зависит от изменения основных поверхностных размеров сетки.
 - **First Aspect Ratio** – управляет высотами призматических слоёв, определяя аспектное соотношение слоёв, полученное из **inflation based**.
 - **Last Aspect Ratio**
- **Transition Ratio, Maximum Layers, Growth Rate** – меняются в зависимости от **Inflation Option**
- **Inflation Algorithm:**

- **Post** – сначала строится основная сетка, затем запускается создание призматических слоёв. Основная сетка не меняется, если изменяются опции для призматических слоёв.
- **Pre** – первоначально создаются призматические слои на поверхностной сетке, затем создаётся оставшаяся часть объёмной сетки.
- **View Advanced Options: yes**
 - **Collision Avoidance** (предотвращение конфликтов) – контролирует обнаружение близости регионов и регулирование ячеек в призматическом слое:
 - **None** – не проверяет близость регионов
 - **Layer Compression** – сжимает призматические слои в близкорасположенных регионах, сохраняет заданное число слоёв в близкорасположенных регионах
 - **Stair Stepping** – ступенчатые призматические слои – локальное пошаговое передвижение слоёв во избежание конфликтов, таких как, плохое качество на острых углах.
 - **Fix First Layer**
 - **Gap Factor**
 - **Maximum Height over Base**
 - **Growth Rate Type: Exponential, Geometric, Linear**
 - **Maximum Angle**
 - **Fillet Ratio**
 - **Use Post Smoothing**
 - **Smoothing Iterations**

Advanced

- **Number of CPUs for Parallel Part Meshing** – количество ядер для построения сетки.
- **Straight Sided Elements**
- **Rigid Body Behavior**
- **Triangle Surface Mesher: Program Controlled, Advancing Front**
- **Topology Checking**
- **Pinch Tolerance**
- **Generate Pinch on Refresh**

Statistics

- **Nodes** – количество узлов
- **Elements** – количество элементов

3. Локальные настройки сетки

Для качественного построения сетки лучше всего пользоваться локальными настройками сетки на всех гранях, поверхностях и объёмах, т.к. это позволяет управлять всеми размерами и качеством ячеек. Локальные настройки имеют больший приоритет, чем глобальные. При генерации сетки на элементах будут задаваться характеристики, указанные в локальных настройках. Каждая новая локальная настройка отменяет действие предыдущей локальной настройки.

Локальные настройки вставляются через контекстное меню при нажатии правой кнопкой мыши на ветке Mesh в дереве построения сетки. Доступны следующие локальные настройки (рисунок 4):

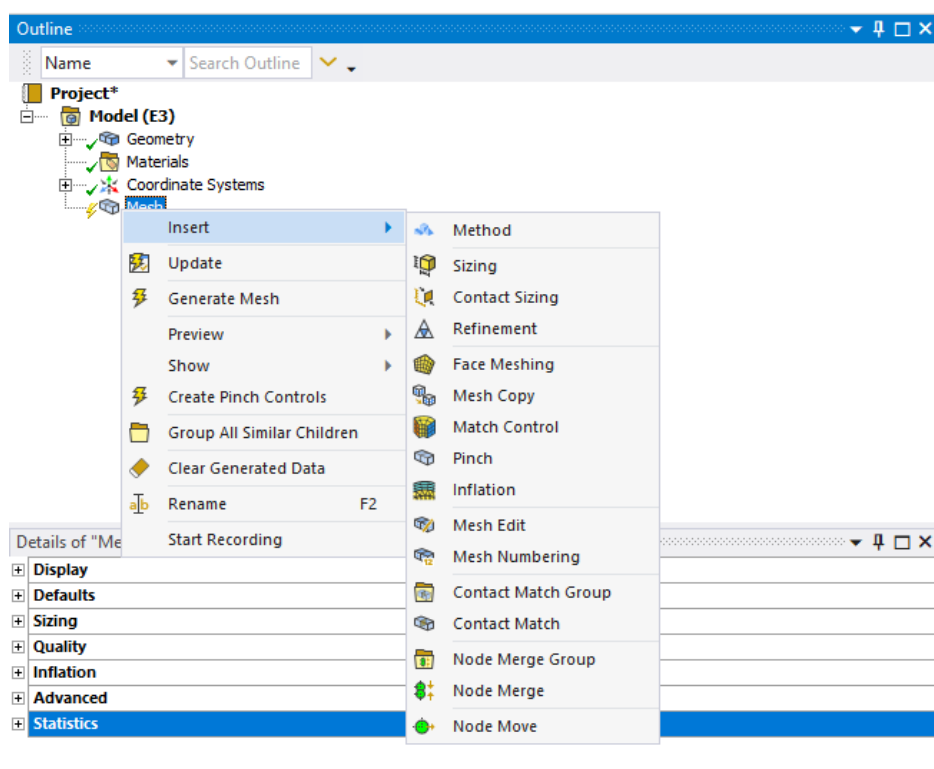


Рисунок 4 Локальные настройки сетки

Method: Automatic, Tetrahedrons, Hex Dominant, Sweep, MultiZone, Cartesian, Layered Tetrahedrons.

Первые два метода мало отличаются друг от друга – строится сетка преимущественно из тетрагональных элементов. **Hex Dominant** – основная часть ячеек – гексаэлементы. **Sweep** – вытягивает сетку с одной границы вдоль геометрии. **MultiZone** – расширенный метод **Sweep** – строит структурированную сетку вдоль нескольких направляющих. **Cartesian** – строит равномерную сетку из гексаэлементов (жёстко привязан к наименьшему геометрическому размеру). **Layered Tetrahedrons** – строит слоистую сетку из тетраэлементов.

Sizing – размер элементов. Задаёт размер элемента (грань, поверхность, объем). На рисунке 5 представлены настройки размеров для граней. В **Geometry** указываются все грани, на которые накладываются одинаковые размеры. В **Type** указывается тип задаваемого размера (доступны размер одной ячейки, количество разбиений, сфера влияния и доля от глобального размера). В зависимости от выбранного типа размера, ниже **Type** отображается соответствующая настройка. Так на рисунке 5 показана настройка для типа «Количество разбиений» - указано 20 ячеек на каждую грань.

Behavior - важная настройка в размерах, говорит о том, как проводить разбиение. Доступны два варианта: **Hard** – будет построено строго указанное количество разбиений, **Soft** – будет построено количество разбиение примерно соответствующее указанному, данная настройка опирается на другие локальные и глобальные параметры сетки.

Bias Type – сжатие сетки к началу или концу грани, к обоим концам или к середине (позволяет сделать пограничный слой вручную). **Type** – отношение размеров максимальной ячейки к

минимальной (рекомендуется от 5 до 15). При групповом задании сжатия на гранях может получиться разнонаправленное сжатие на гранях. Для однонаправленного сжатия необходимо выбрать в **Revert Bias** грани, на которых требуется сделать сжатие в противоположную сторону.

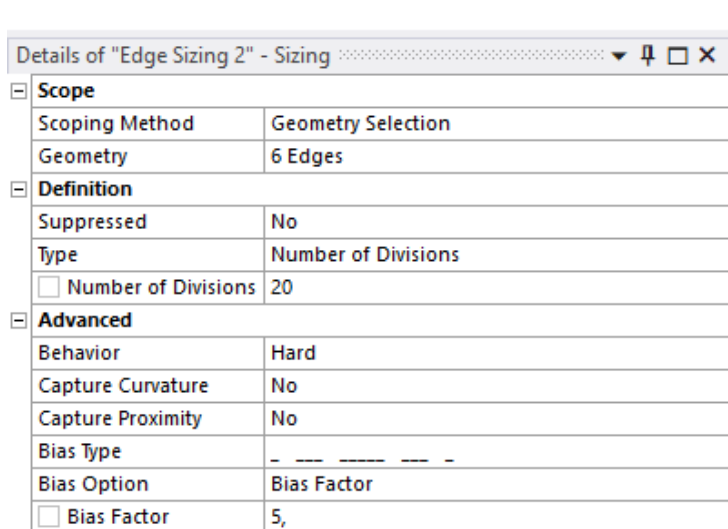


Рисунок 5. Настройки размеров элементов.

Contact Sizing – задаёт размер ячеек на границе соприкосновения двух тел (интерфейсах). Важно при решении сопряжённых задач теплообмена.

Refinement – позволяет в два раза уменьшить ячейки на выбранной части сетки.

Face Meshing – настройка, позволяющая создавать структурированную сетку.

Mesh Copy – копирование сетки с одного элемента на другой.

Match Control – задаёт на периодических границах одинаковую сетку (топология и размер).

Pinch – удаление мелких особенностей сетки.

Inflation – позволяет создавать призматические слои (пограничные слои) на гранях/поверхностях. Сначала выбирается объём затем границы, на которые накладывается призматический слой, если добавляется сжатие к поверхности. Если добавляется сжатие на грань, то в начале выбирается поверхность, которой принадлежит данная грань. Настройки локального **Inflation** аналогичны глобальным настройкам глобального **Inflation**.

Mesh edit – ручное редактирование сетки.

Mesh numbering – перенумеровывает узлы сетки.

Contact Match Group и **Contact Match** – задаёт размер отличия сетки на интерфейсах. Для не конформных сеток.

Node Marge Group, **Node Marge** и **Node Move** – позволяют оперировать с отдельными узлами сетки (подвинуть/объединить).

Update и **Generate mesh** – создают расчётную сетку. Первая кнопка при связи модуля сетки с модулем решателя позволяет сразу передать расчётную сетку в решатель.

Preview – позволяет посмотреть сетку на поверхности и в призматических слоях без генерации сетки в основном объёме. **Show** – подсвечивает поверхности, на которых можно построить структурированную сетку и границы, которые можно использовать для **Sweep** (рисунок 6).

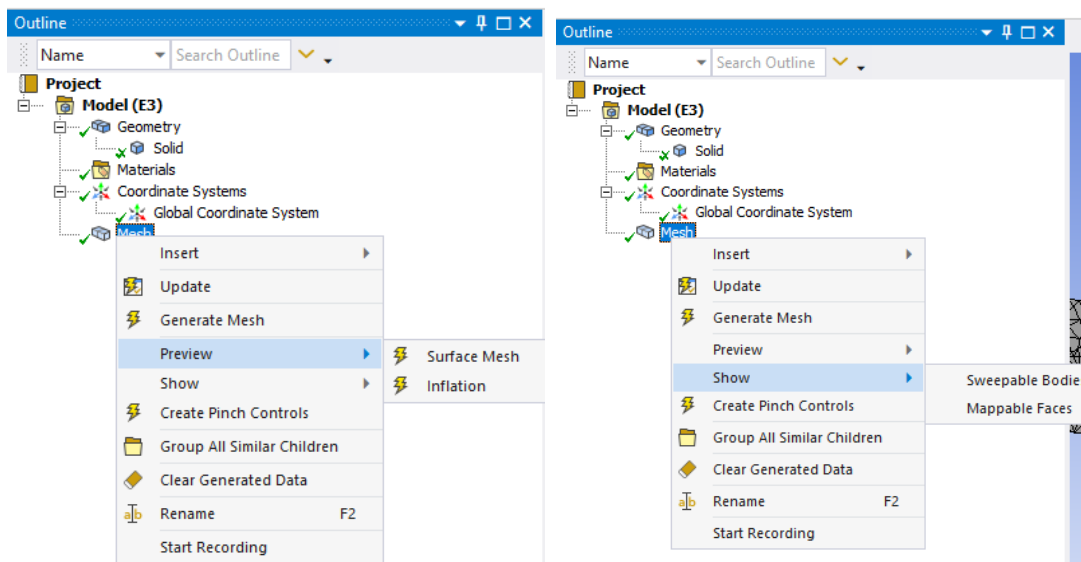


Рисунок 6 Предпросмотр сетки.

Кнопка **Section Plane** позволяет посмотреть поперечное сечение сетки. Можно строить несколько поперечных сечений. Включать/выключать отображение сечений можно во вкладке **Section Planes**, она появляется при создании первого сечения.

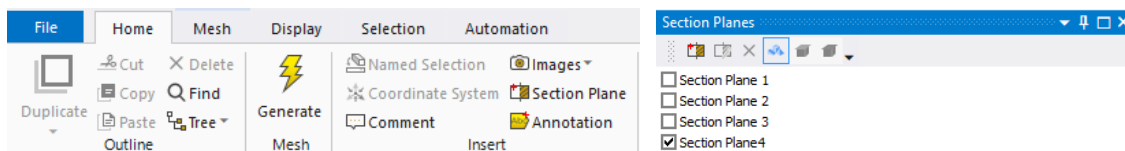


Рисунок 7 Section Plane

4. Виртуальная топология

Виртуальная топология позволяет добавлять дополнительные (виртуальные) грани в исходную геометрию, с помощью которых можно задавать дополнительные размеры и настройки сетки. Добавление виртуальной топологии показано на рисунке 8.

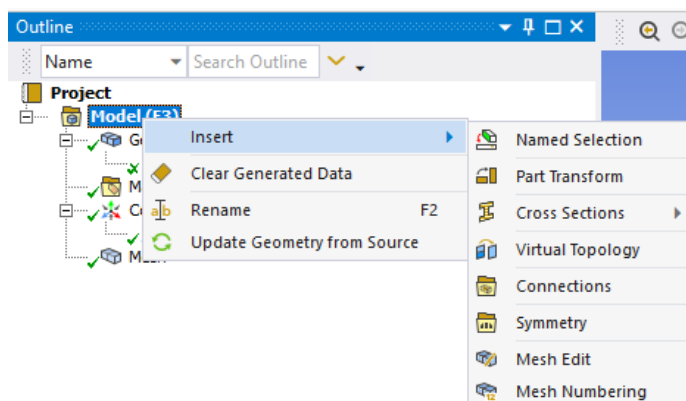


Рисунок 8 Добавление виртуальной топологии.

После создания виртуальной топологии и выборе в дереве проекта ветви **Virtual Topology** в ленте инструментов появится вкладка **Virtual Topology**. Инструменты на данной вкладке позволяют разбивать грани пополам или в выбранной точке, разбивать поверхности пополам по выбранным точкам. Основы работы с виртуальной топологией, так же как и основы создания расчётной сетки показаны в разделе, посвященному моделированию процессов теплообмена в теплообменнике вида труба в трубе.

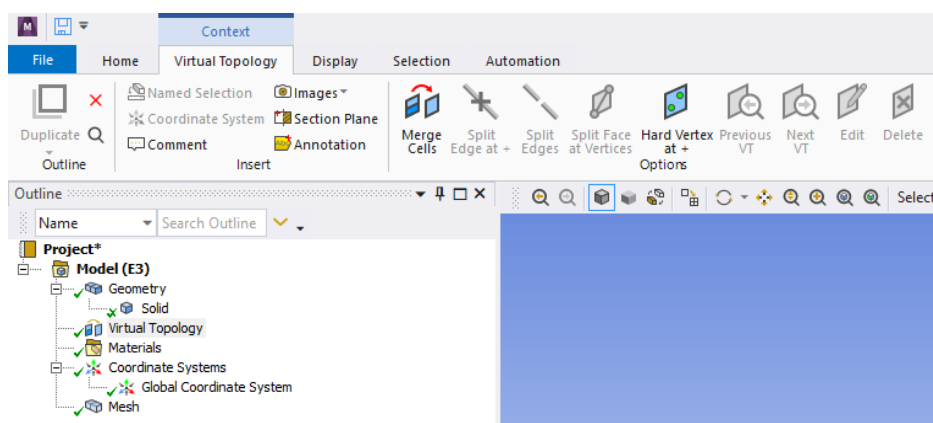


Рисунок 9 Вкладка Virtual Topology