

Интерфейс Design Modeler

The image shows the ANSYS Design Modeler software interface. The main window displays a 3D model of a rectangular block with a coordinate system (X, Y, Z) and a scale bar ranging from 0,000 to 20,000 (m). The interface includes a menu bar, a toolbar, a tree outline, a sketching area, and a details view panel.

Annotations in Russian identify key components:

- Главное меню** (Main menu) - points to the menu bar.
- Панель инструментов** (Tool panel) - points to the toolbar.
- Дерево проекта** (Project tree) - points to the tree outline.
- Эскизирование** (Sketching) - points to the sketching area.
- Моделирование** (Modeling) - points to the 3D model.
- Окно свойств** (Properties window) - points to the details view panel.
- Единицы измерения** (Units of measurement) - points to the coordinate system and scale bar.

The details view panel shows the following information:

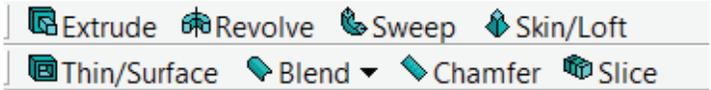
Details of Sketch1	
Sketch	Sketch1
Sketch Visibility	Show Sketch
Show Constraints?	No
Edges: 4	
Line	Ln7
Line	Ln8
Line	Ln9
Line	Ln10

The status bar at the bottom indicates: Ready, 1 Sketch, Meter Degree, 0, 0.

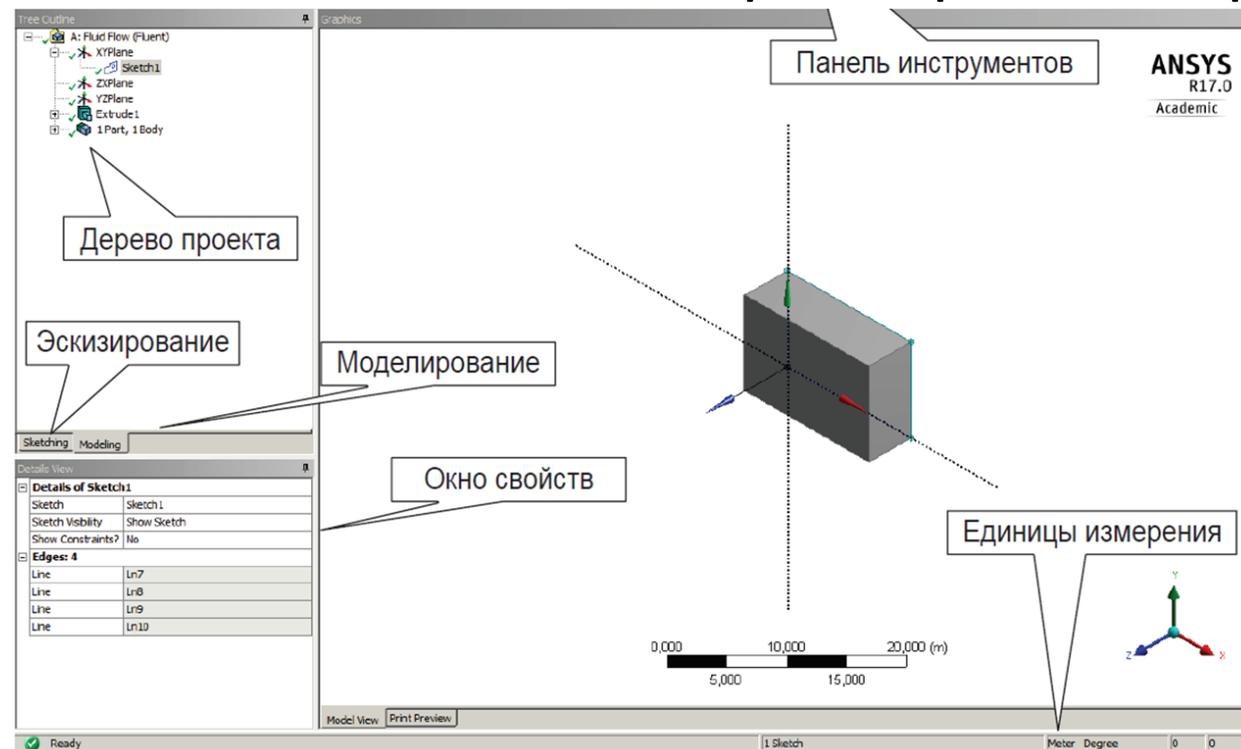
- *Главное меню* включает набор команд для управления файлами проекта, отображением модели в графическом окне, локальными настройками проекта, выбором единиц измерения, а также набор команд для построения 2D/3D геометрических моделей и справочную информацию о программном продукте. Основные команды главного меню приведены в таблице

Команда	Функционал
File	Команды для работы с файлами проекта: сохранение, переименование, импорт, экспорт и т. д.
Create	Инструменты для создания 3D-тел на основе эскизов, а также операции их преобразования (логические операции, удаление, перемещение, масштабирование и т. д.)
Concept	Инструменты концептуального моделирования на основе эскизов: создание точек на плоскости, построение линий по набору точек, создание плоскости на основе эскиза и т. д.
Tools	Расширенный функционал для работы с 3D-моделями, а также средства доработки модели и проведения автоматизированного анализа дефектов геометрии
Units	Выбор единиц измерения
View	Настройки графического отображения модели
Help	Руководство по работе с программным продуктом

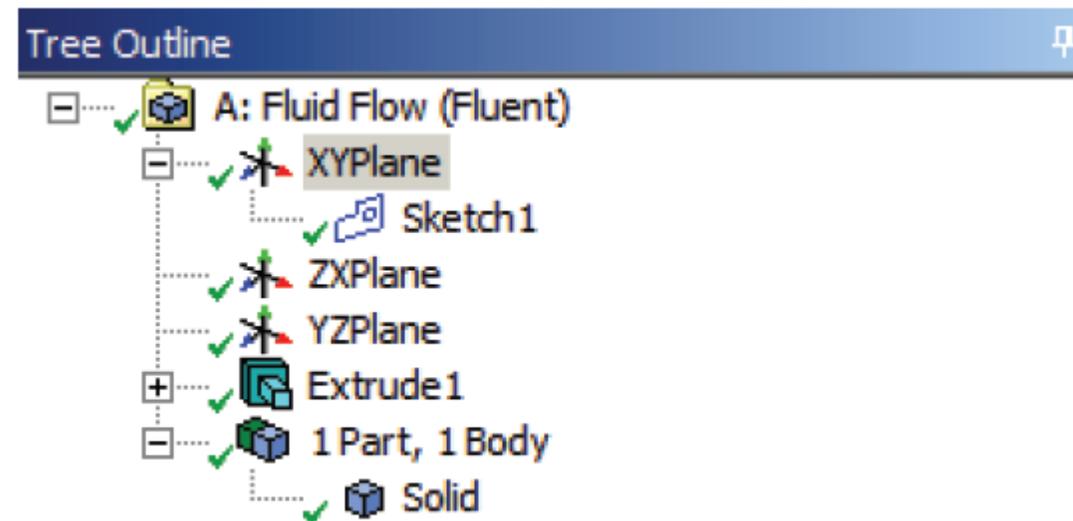
Панели инструментов включают набор инструментов для быстрого доступа к часто используемым командам, выбора элементов геометрии (вершины, ребра, грани, 3D-тела) и опций настройки их отображения в графическом окне. Основные панели инструментов приведены в табл

Панель	Функционал
	Выбор (<i>Select</i>) отдельных вершин, ребер, граней и 3D-тел
	Операции отображения модели в графическом окне: вращение, перемещение, масштабирование и т. д.
	Создание 3D-тел на основе эскизов путем протягивания вдоль прямой (<i>Extrude</i>), операции вращения (<i>Revolve</i>), протягивания вдоль кривой (<i>Sweep</i>), построение 3D-тела по набору сечений (<i>Skin/Loft</i>), рассечение тела по поверхности или плоскости (<i>Slice</i>) и т. д.

- В модуле Design Modeler существуют два основных режима работы: **Modeling** и **Sketching**, переключение между которыми осуществляется с помощью одноименных вкладок. В режиме **Modeling** отображается дерево проекта (**Tree Outline**), которое содержит список декартовых плоскостей в глобальной системе координат, а также все операции, выполненные для построения геометрии, с учетом их взаимосвязей и последовательности добавления в проект. Каждая новая операция представляет собой объект дерева и имеет список свойств и параметров, отображаемых в окне **Details View**.



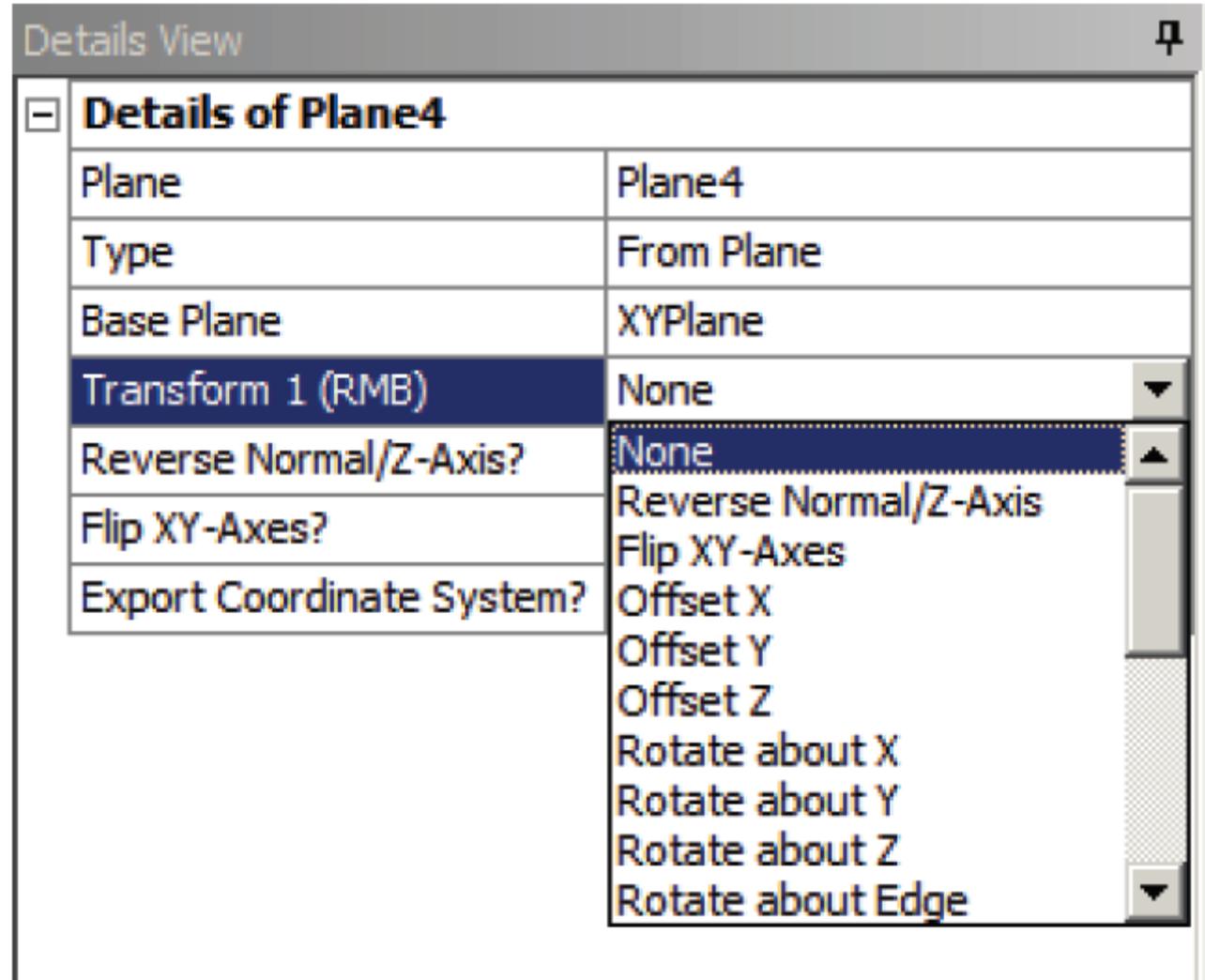
- Режим **Sketching** (Эскизирование) предназначен для построения 2D-эскизов моделей.
- Графическое окно (**Graphics**) – рабочее окно проекта, в котором отображается геометрическая модель.
- Под графическим окном располагается информационная панель, на которой отображаются информация о выбранных единицах измерения, статусе выполняемой на текущий момент операции и данные о выбранном в графическом окне элементе геометрической сборки.
- Разработка геометрической модели начинается с создания начальной геометрии, которая затем преобразуется в окончательную геометрическую модель с помощью функций геометрического процессора. Все действия, выполненные в ходе создания геометрии, отображаются в
- **Tree Outline**. В большинстве случаев основой геометрической модели служит двумерный эскиз, который с помощью специальных операций преобразуется в 1D/2D/3D геометрический объект.



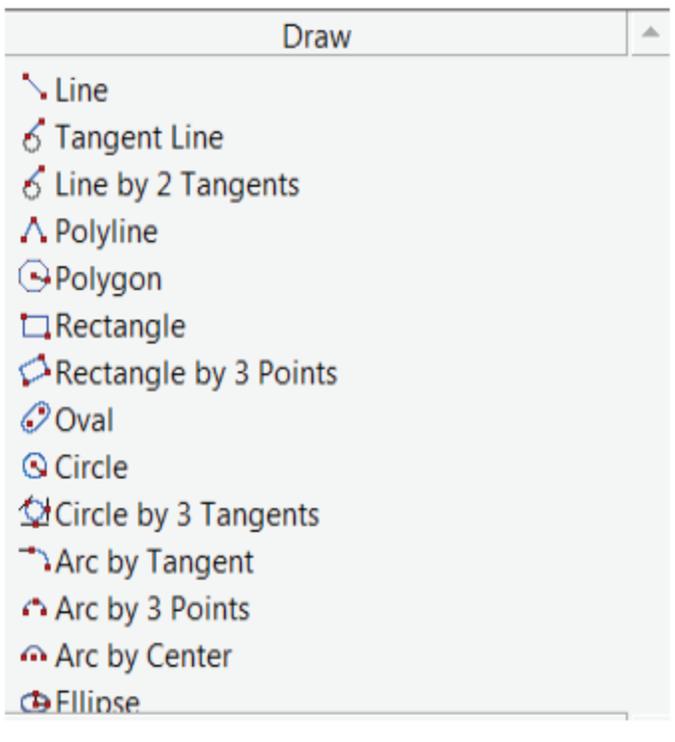
Создание эскиза

- Эскизы в Design Modeler создаются в два этапа:
- 1. Определение плоскости, на которой предполагается создать эскиз. Все эскизы в Design Modeler привязаны к некоторой плоскости. По умолчанию существуют три глобальные плоскости XY, ZX, YZ в глобальной декартовой системе координат.
- Для создания новой плоскости следует выбрать кнопку на панели инструментов. В дереве проекта появится новая плоскость, а в окне **Details View** – ее свойства.
- В Design Modeler существуют шесть вариантов создания плоскостей (поле *Type*):
- •• **From Plane** – на основе существующей плоскости;
- •• **From Face** – на основе грани;
- •• **From Centroid** – новая плоскость создается параллельно плоскости XY с началом координат в точке, проходящей через центр масс выбранной геометрии;
- •• **From Circle/Ellipse** – на основе окружности/эллипса, с началом координат в точке, проходящей через центр окружности или эллипса;
- •• **From Point and Edge** – на основе точки и прямой;
- •• **From Point and Normal** – на основе точки и нормали к плоскости;
- •• **From Three Points** – на основе трех точек;
- **From Coordinates** – на основе точки (задается по координатам) и направление нормали в декартовой системе координат.

- Для создания плоскости можно применять преобразования: операции вращения и перемещения относительно осей глобальной или локальной системы координат (рис). Для завершения процесса создания плоскости необходимо нажать кнопку 



- 2. Создание эскиза на выбранной плоскости. Осуществляется с помощью кнопки . На каждой плоскости может быть создано неограниченное количество эскизов. Для работы с эскизом необходимо выделить его в дереве проекта и переключиться в режим Sketching. Основные инструменты для работы с эскизом содержатся на вкладках Рисование (Draw), Преобразование (Modify), Размеры (Dimensions), Установки (Settings), Ограничения (Constrains). Подробный список инструментов представлен в табл.

Вкладка	Функционал
 <p>Draw</p> <ul style="list-style-type: none"> Line Tangent Line Line by 2 Tangents Polyline Polygon Rectangle Rectangle by 3 Points Oval Circle Circle by 3 Tangents Arc by Tangent Arc by 3 Points Arc by Center Ellipse 	<p>Инструменты для создания линий и фигур: линия; касательная к окружности; касательная к окружности, проходящая через заданную точку; правильный многоугольник; прямоугольник по двум/трем точкам; овал; окружность; дуга; эллипс; сплайн и др.</p>

Вкладка	Функционал
<div data-bbox="140 68 759 802"> <p>Modify</p> <ul style="list-style-type: none">  Fillet  Chamfer  Corner  Trim  Extend  Split  Drag  Cut (Ctrl+ X)  Copy (Ctrl+ C)  Paste (Ctrl+ V)  Move  Replicate  Duplicate  Offset  Spline Edit </div>	<p>Инструменты изменения элементов эскиза: сглаживание угла; подрезка угла; продление линий до точки их пересечения; обрезка одной линии по точке пересечения с другой линией; продление линии до точки ее пересечения с другой линией; разделение линии точкой; перемещение; удаление; копирование; вставка; дублирование элемента; смещение элемента</p>
<div data-bbox="140 802 759 1416"> <p>Dimensions</p> <ul style="list-style-type: none">  General  Horizontal  Vertical  Length/Distance  Radius  Diameter  Angle  Semi-Automatic  Edit  Move  Animate  Display </div>	<p>Инструменты для задания геометрических размеров эскиза: горизонтальный и вертикальный размеры; длина; радиус; диаметр; угол, а также операции редактирования размера и задание всех размеров в автоматическом режиме (Semi-Automatic)</p>

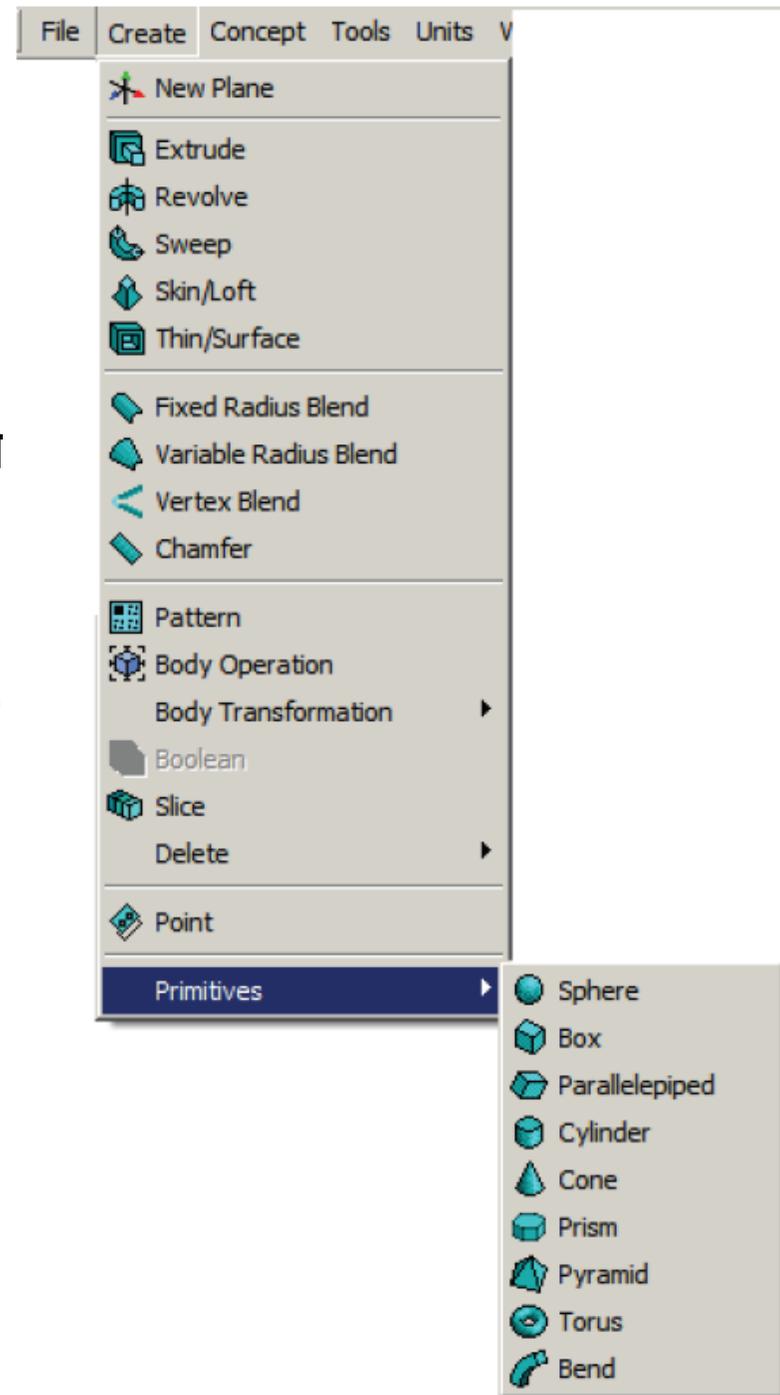
Вкладка	Функционал
<div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;">Settings</div> <ul style="list-style-type: none">  Grid  Major Grid Spacing  Minor-Steps per Major  Snaps per Minor 	<p>Для более удобного построения эскиза графическое окно может быть покрыто сеткой с определенным шагом. Также возможно построение эскиза с привязкой к узлам сетки</p>
<div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;">Constraints</div> <ul style="list-style-type: none">  Fixed  Horizontal  Vertical  Perpendicular  Tangent  Coincident  Midpoint  Symmetry  Parallel  Concentric  Equal Radius  Equal Length  Equal Distance  <small>AUTO</small> Auto Constraints 	<p>Наложение ограничений на отдельные элементы эскиза: запрет изменений элемента (Fixed); горизонтальное положение линии (Horizontal); вертикальное положение линии (Vertical); пересечение линий под углом 90° (Perpendicular); касание элементов модели (Tangent); установка для двух различных элементов одинакового радиуса (Equal Radius), одинаковой длины (Equal Length), расстояний до некоторого элемента (Equal Distance). Инструмент Auto Constraints позволяет создавать привязки и ограничения в автоматическом режиме</p>

Все элементы эскиза имеют цветовую маркировку, позволяющую определять статус эскиза. Если часть линий эскиза отмечена бирюзовым цветом, то для данных линий не определены размеры; если все линии отмечены синим цветом, то все размеры эскиза определены и ввод дополнительной информации не требуется.

- Если эскиз отображается красным цветом, то для него задано больше размеров, чем необходимо, и некоторые размеры переопределяют друг друга.
- Далее рассмотрим некоторые инструменты редактирования эскизов:
 - • Split Edge at Selection – разделяет линию на две части в указанном курсором мыши месте.
 - • Split Edge at Point – разделяет линию на две части в точке. Требует указания точки, по которой предполагается разделение, а также всех линий, которые проходят через эту точку.
 - • Split Edge at All Points – разделяет линию в местах ее пересечения с другими линиями и во всех точках, через которые она проходит.
 - • Split Edge into Equal Segments – разделяет линию на n ($n \leq 100$) равных участков.
 - • Sketch Instancing – позволяет копировать существующий эскиз на другие плоскости. При изменении эскиза-источника эскиз-копия также будет изменена.
 - • Sketch Projection – создание эскиза как проекции 3D-тела на плоскость. При изменении исходной геометрии 3D-тела эскиз-проекция также будет изменена.

Создание 2D/3D-геометрии

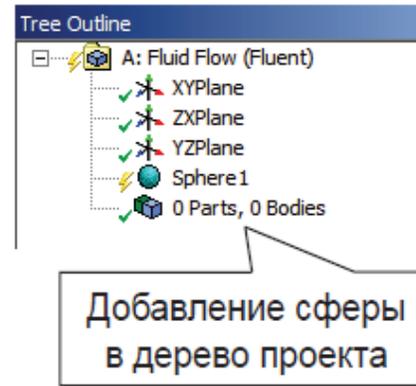
- Геометрические модели в Design Modeler могут быть построены как на основе эскизов, так и с помощью готовых 3D-примитивов (Primitives), набор которых расположен в меню Create. Команда Primitives имеет выпадающий список, с помощью которого пользователь может создавать простые геометрические 3D-фигуры: сферу, четырехугольник, параллелепипед, конус, пирамиду, тор и т. д.



- На рис. представлен пример создания сферы с помощью инструмента Primitives. На первом этапе в дерево проекта добавляется объект Sphere; далее в окне свойств этого объекта (Details View) необходимо задать координаты центра сферы и ее радиус; на последнем этапе производится генерация объекта с помощью команды Generate. К созданным на основе примитивов 3D-телам могут быть применены логические

операции объединения, вычитания и пересечения, которые будут описаны ниже.

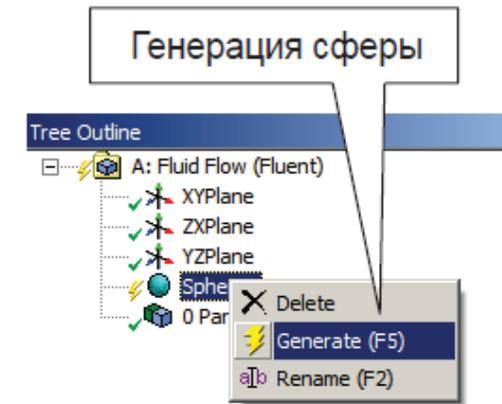
Для создания объемной геометрии на основе эскиза в Design Modeler возможно применение операций выдавливания (Extrude), вращения (Revolve), протягивания по криволинейной траектории (Sweep) и др.



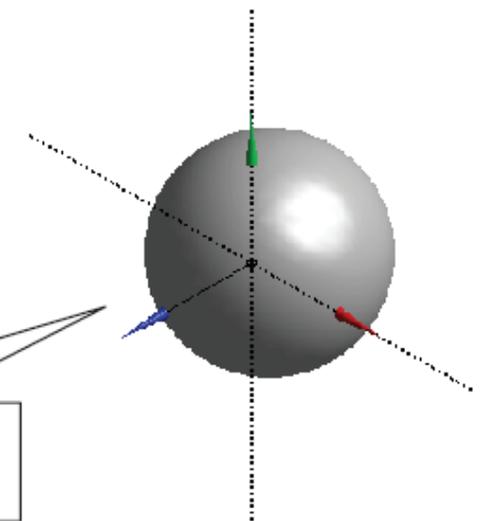
Details View

Details of Sphere1	
Sphere	Sphere1
Base Plane	XYPlane
Operation	Add Material
Origin Definition	Coordinates
<input type="checkbox"/> FD3, Origin X Coordinate	2 m
<input type="checkbox"/> FD4, Origin Y Coordinate	2 m
<input type="checkbox"/> FD5, Origin Z Coordinate	0 m
<input checked="" type="checkbox"/> FD6, Radius (>0)	10 m
As Thin/Surface?	No

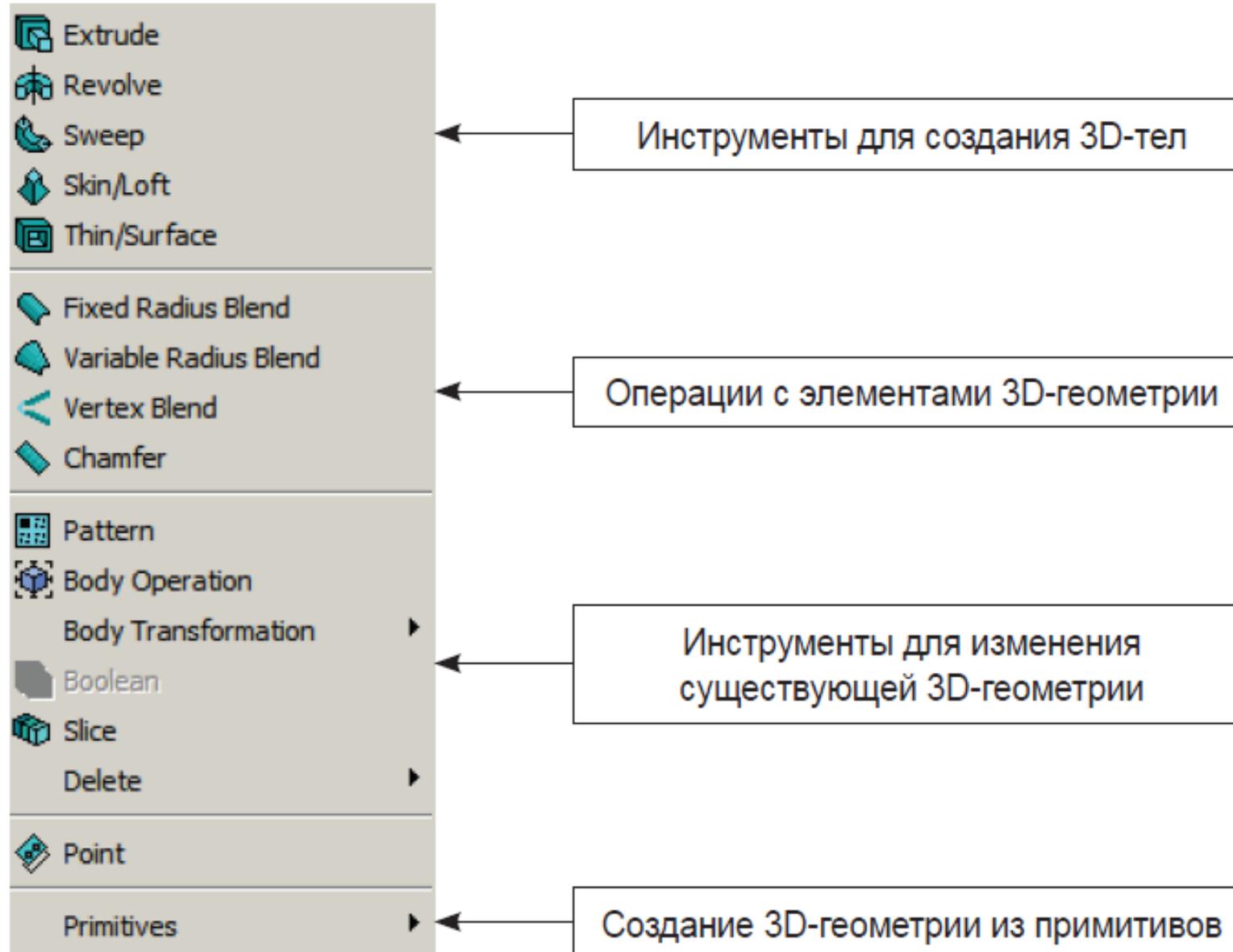
Определение положения сферы относительно начала координат, задание радиуса сферы



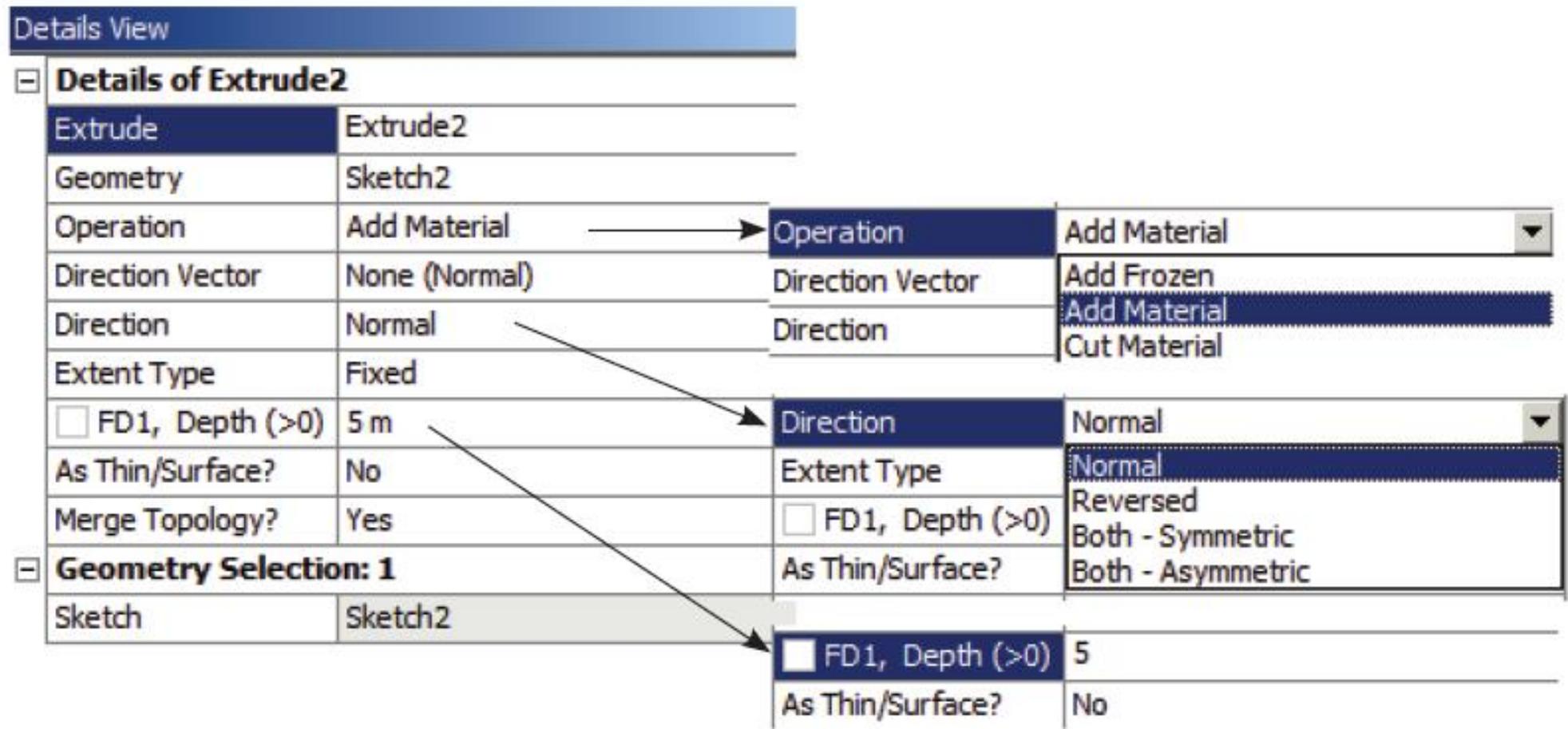
Результат отображения сферы в графическом окне



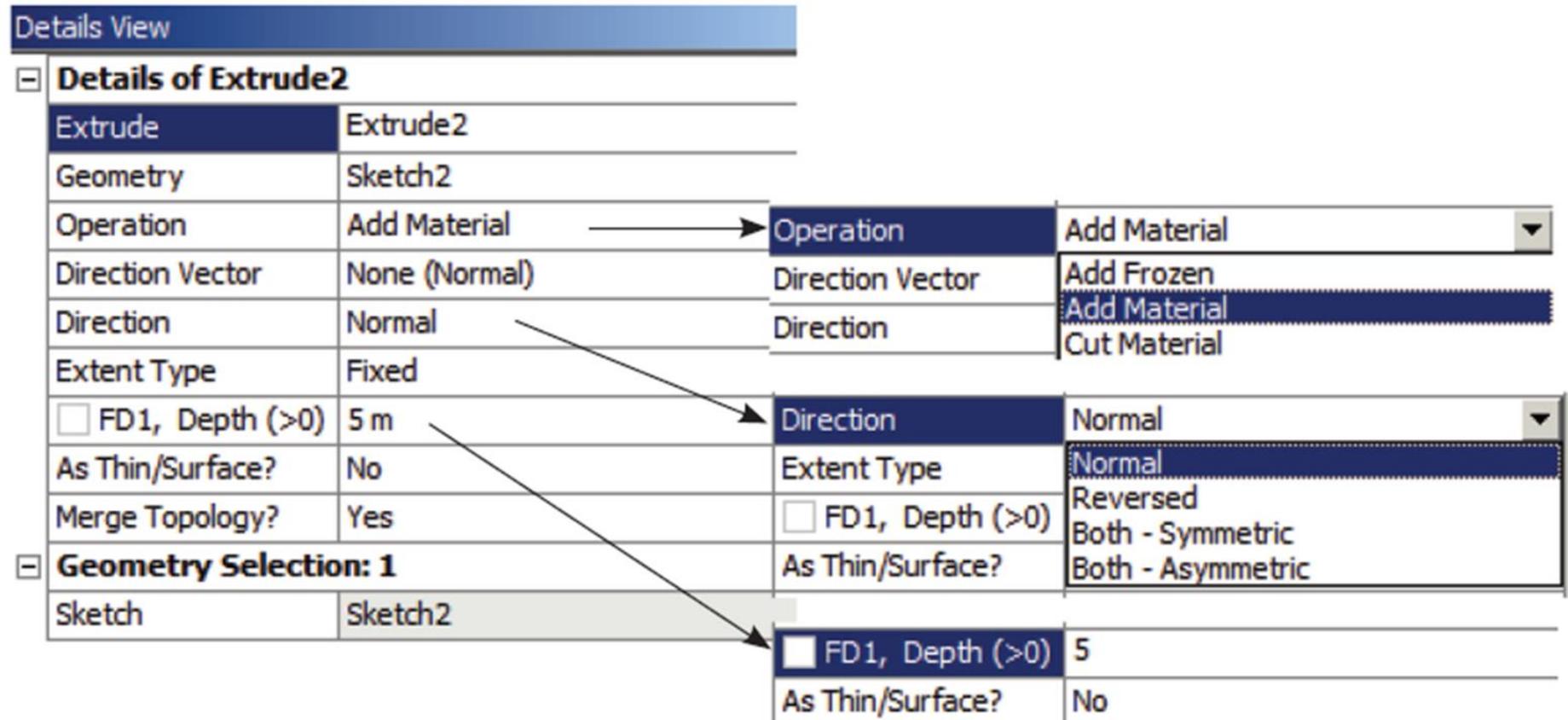
- Рассмотрим более детально основные инструменты для работы с объемной геометрией, расположенные на вкладке Create главного меню



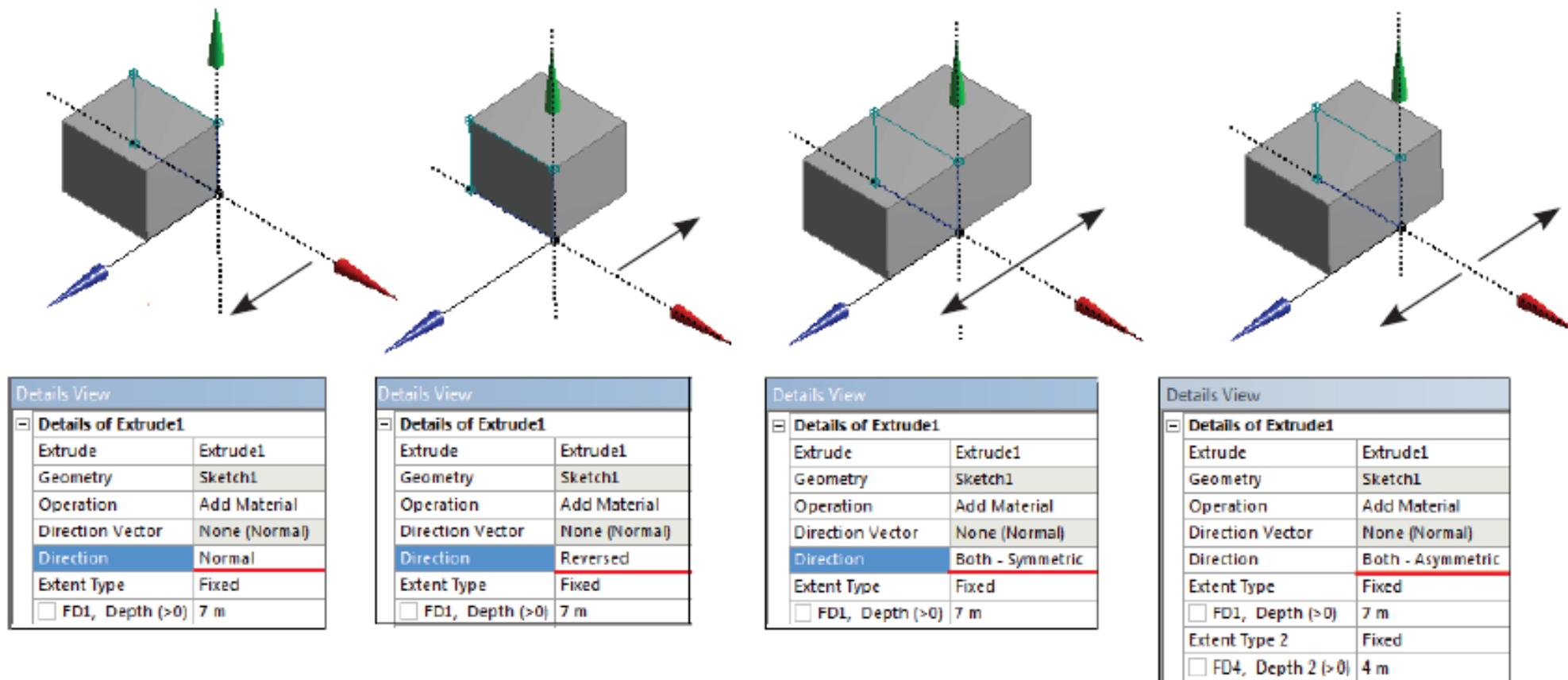
- Extrude позволяет создать 3D-тело выдавливанием замкнутого эскиза по заданному направлению. После добавления объекта Extrude в дерево проекта в окне Details View необходимо задать параметры и свойства операции. В поле **Geometry** окна свойств необходимо указать эскиз, который станет основой для создания объемного тела. На вкладке **Operation** следует выбрать одну из доступных опций:



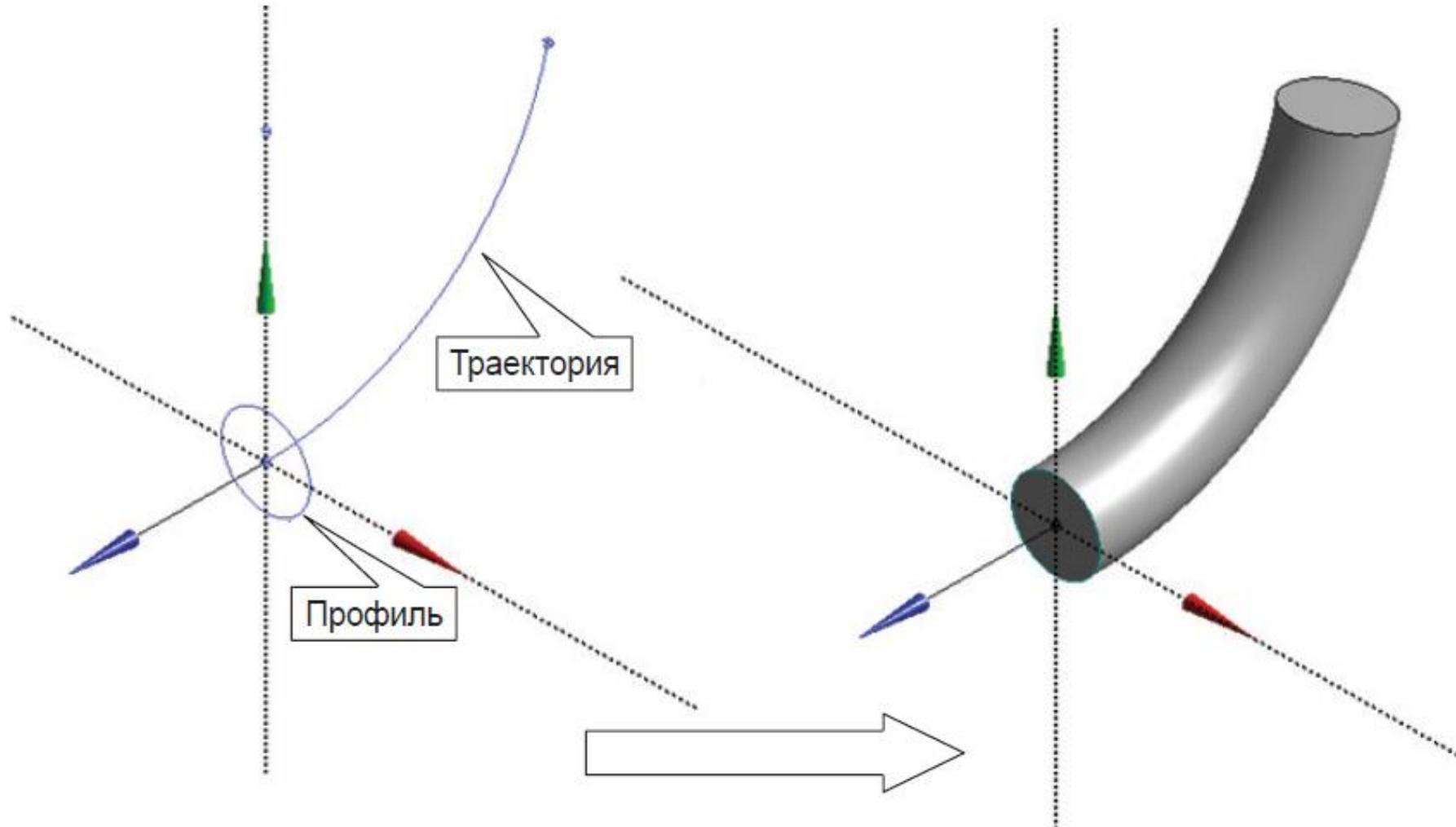
- • • **Add Material:** создает активное тело и объединяет его с существующими активными телами (в том случае, если новый объект пересекается или касается этих тел);
- • • **Add Frozen:** новый 3D-объект будет создан как отдельное «замороженное» тело, независимо от наличия других активных и неактивных тел в модели.



- В поле **Direction** определяется направление протягивания эскиза (рис.): по нормали к плоскости эскиза (**Normal**), в обратном нормали направлении (**Reversed**), симметрично в обе стороны от плоскости эскиза (**Both Symmetric**), асимметрично в обе стороны от плоскости эскиза (**Both Asymmetric**).
- В поле **Depth** необходимо задать расстояние, на которое будет выдавлен ЭСКИЗ.

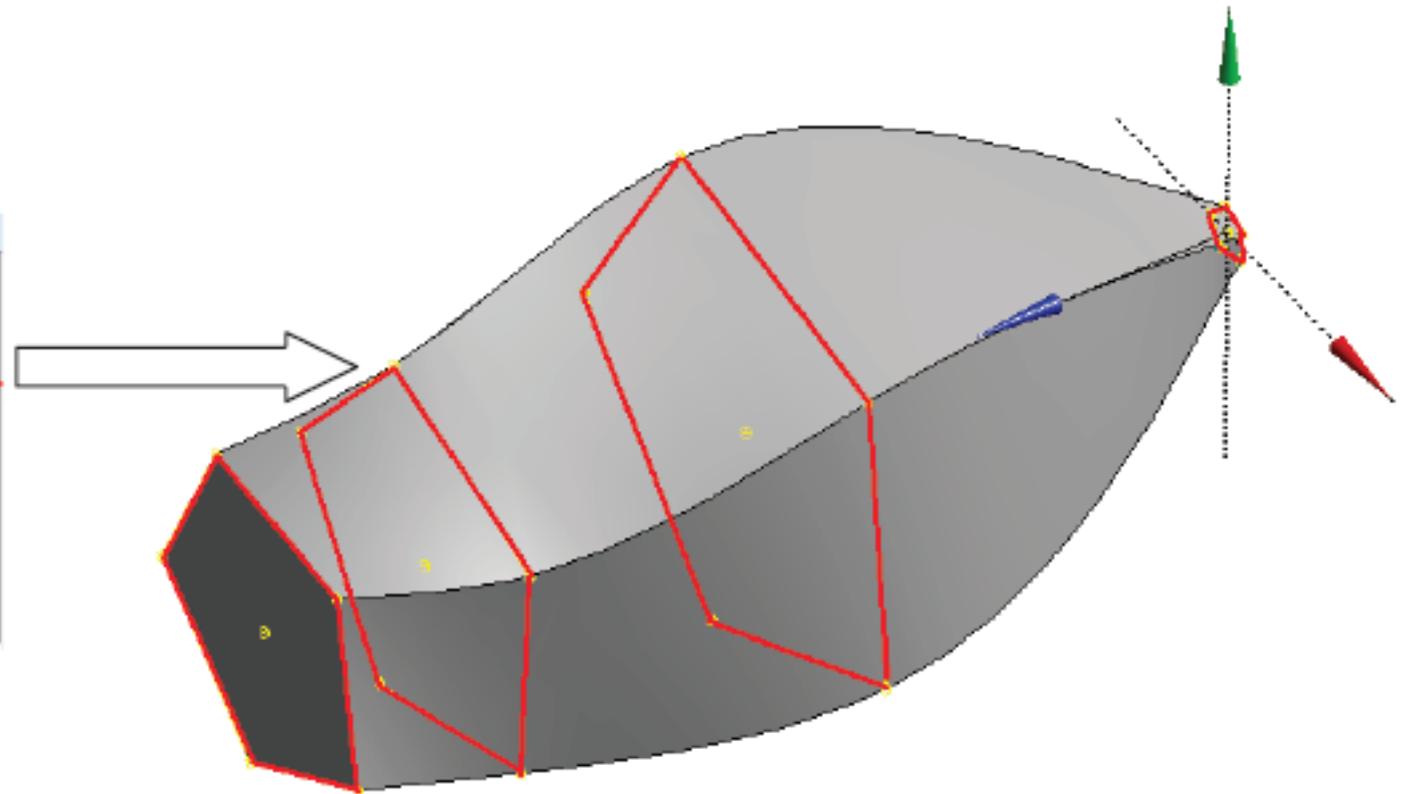


- Sweer позволяет создать 3D-тело путем протягивания замкнутого эскиза (профиля) вдоль некоторой криволинейной траектории. В свойствах операции необходимо выбрать профиль – эскиз (Profile) и траекторию (Path). В качестве траектории может быть выбран как другой эскиз, так и ребро 3D-тела



- **Skin/Loft** позволяет создать 3D-тело на основе набора профилей (поперечных сечений). Инструмент **Skin/Loft** удобен при создании 3D-тел переменного сечения, к которым, однако, возможно применение операции протягивания. Пример создания объекта с помощью опции **Skin/Loft** представлен на рис: в окне свойств **Details View** в данном случае необходимо выбрать набор профилей, которые будут выступать поперечными сечениями конечного 3D-тела.

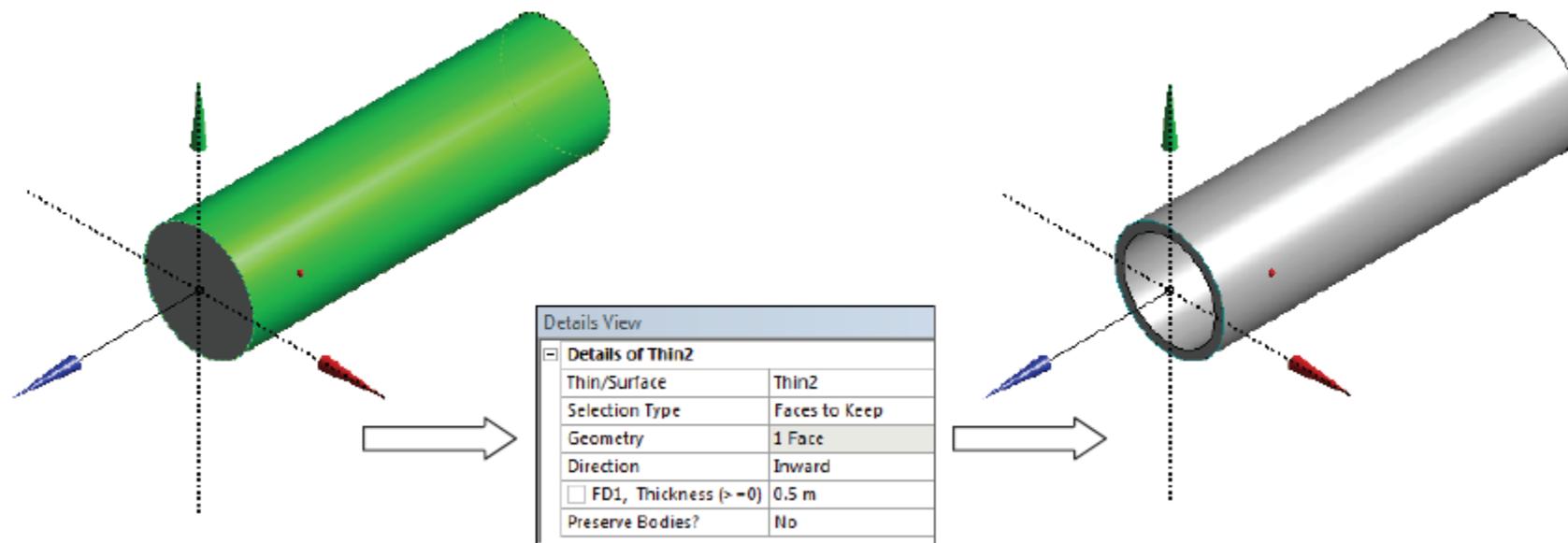
Details View	
Details of Skin3	
Skin/Loft	Skin3
Profile Selection Method	Select All Profiles
Profiles	4 Sketches
Operation	Add Material
As Thin/Surface?	No
Merge Topology?	No
Profiles	
Profile 1	Sketch4
Profile 2	Sketch7
Profile 3	Sketch8
Profile 4	Sketch9



- Thin Surface позволяет создавать тонкостенные оболочки на основе 3D-тел.

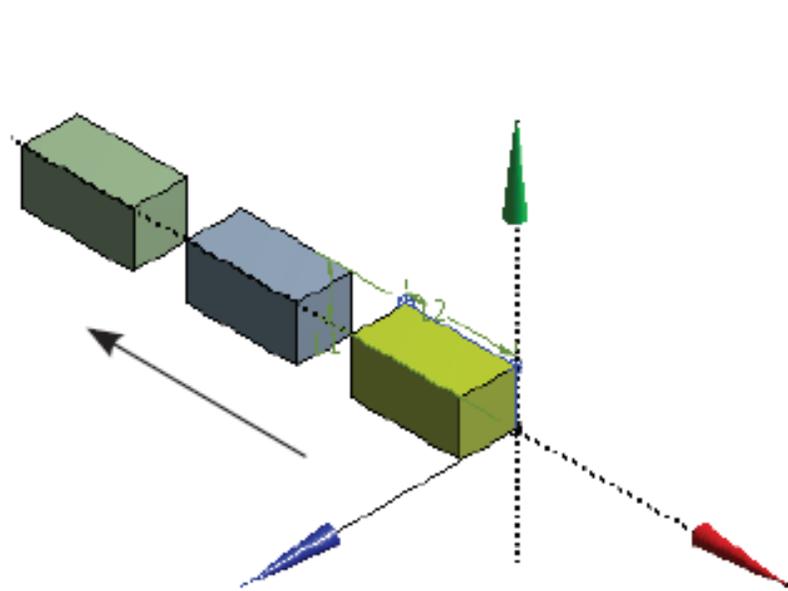
Существуют два основных метода работы с инструментом (поле Selection Type в окне Details View):

- • Face to Keep: в качестве исходной геометрии необходимо выбрать поверхность объемного тела, по которой будет построена оболочка (рис.). Выделенные поверхности объемного тела будут сохранены и станут основой для построения оболочки, а все невыделенные поверхности будут удалены;

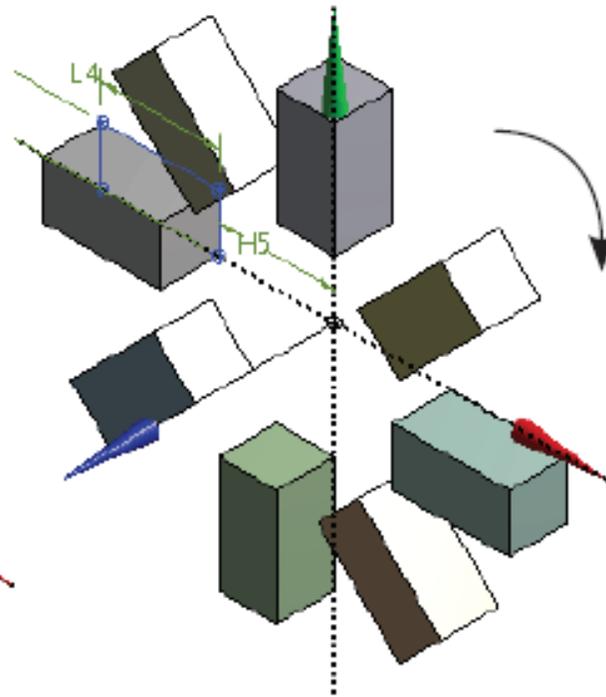


- • Face to Remove: в поле Geometry необходимо выделить все поверхности, которые не будут участвовать в построении оболочки, т. е. будут удалены. При преобразовании твердых тел в оболочки необходимо указать толщину стенок оболочки (Thickness) модели и направление, в котором будет выполняться выдавливание толщины оболочки: внутрь, наружу, на равное в обе стороны расстояние от поверхности-основы оболочки.

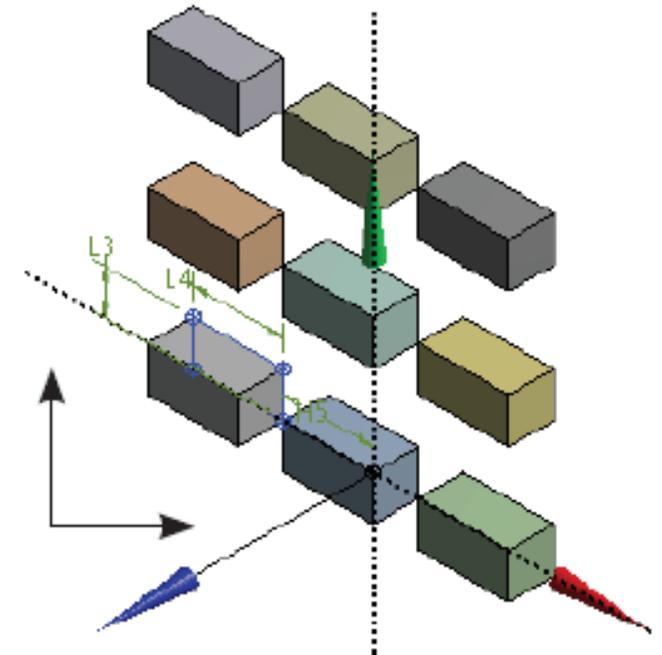
- Pattern позволяет копировать элементы геометрии. Можно создавать одну или несколько копий элемента, расположенных с некоторым шагом (или углом) по заданной траектории: вдоль прямой (Linear), по окружности (Circular), по прямоугольнику (Rectangular) (рис.). Для всех типов траектории необходимо задать направление, количество создаваемых копий и расстояние (угол) между копиями.



Pattern type: Linear

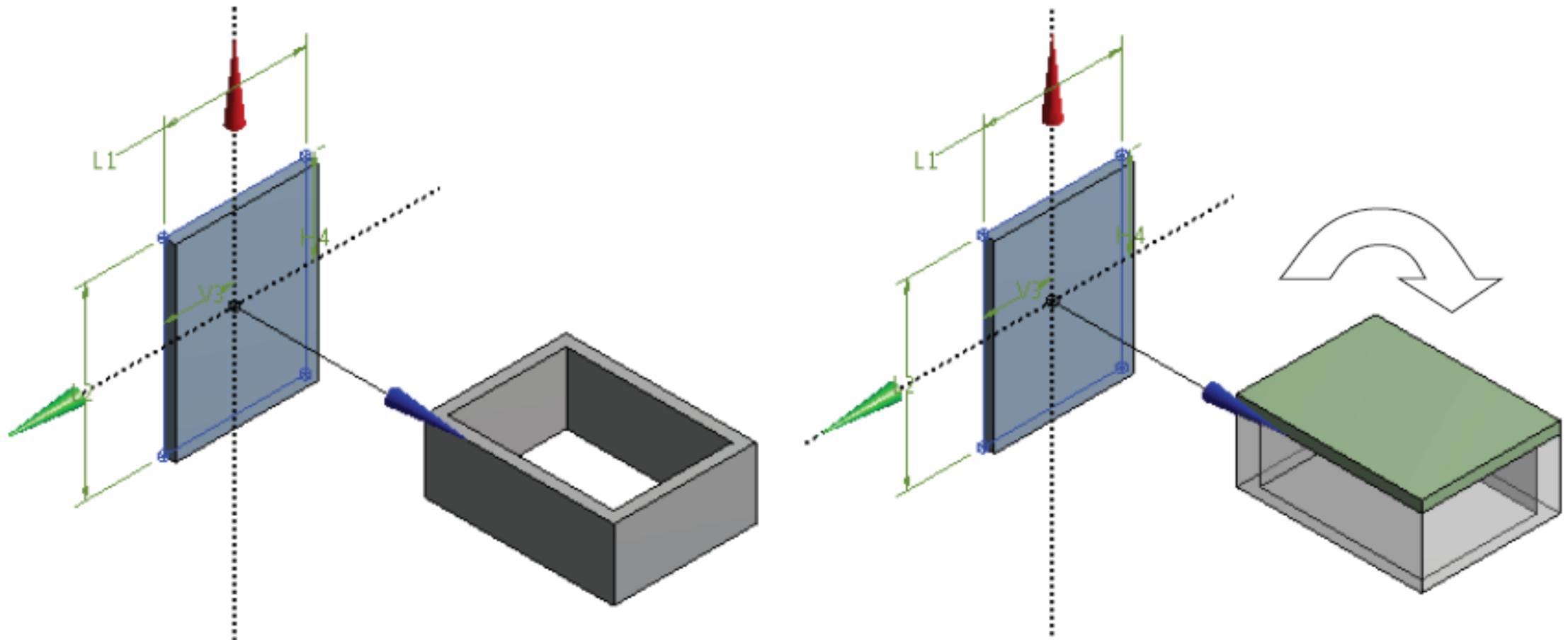


Pattern type: Circular



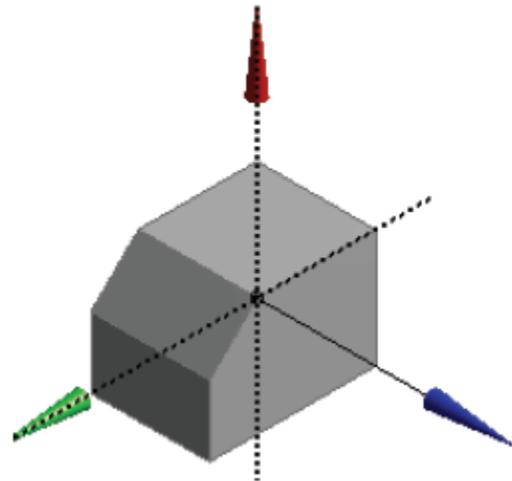
Pattern type: Rectangular

- **Body Transformation** содержит набор инструментов, позволяющих изменять расположение и пространственную ориентацию элементов геометрии:
- **Move** – удобный инструмент для формирования геометрической сборки из отдельных элементов, импортированных из различных CAD-файлов (рис.). Позволяет изменять расположение и ориентацию одного элемента относительно другого, совмещая вершины на двух телах (**Move Type – By Vertices**), вершины и направления ориентации ребер (**Move Type – By Direction**), поверхности элементов через плоскости, которым эти поверхности принадлежат (**Move Type – By Plane**);

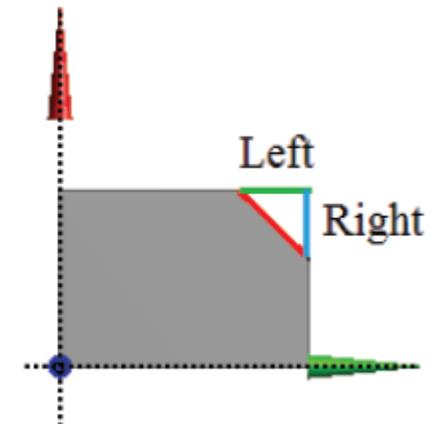


- Translate позволяет переместить элемент геометрии на определенное расстояние (Distance) в указанном направлении (Direction). Возможно задание относительных перемещений по осям в декартовой системе координат или выбор направления (ось, ребро) и величины смещения;
- Rotate позволяет повернуть элемент геометрии вокруг некоторой заданной оси (Axis Selection) на заданный угол (Angle);
- Mirror предназначен для создания полной симметричной модели на основе одной ее половины. Создает зеркальное отражение тела относительно некоторой заданной плоскости (Mirror Plane). Исходный элемент, на основе которого создано зеркальное отражение, может быть удален из модели (Preserve Bodies – No) или сохранен;
- Scale позволяет масштабировать элемент геометрии. Boolean содержит список логических операций для объемных и поверхностных тел:
- Unite объединяет два тела и более в одно, если части этих тел (плоскости/объемы) пересекаются;
- Subtract позволяет «вычесть» (удалить) из целевого (Target) тела объем, соответствующий другому (Tool) телу. Инструмент может быть применен только в том случае, если части этих тел (плоскости/объемы) пересекаются;
- Intersect. Если два тела и более имеют пересекающиеся части, то результатом работы инструмента Intersect будет объем, включающий в себя все пересекающиеся части;
- Imprint Face позволяет получить «отпечаток» эскиза на грани 3D-тела. Используется для формирования областей на гранях, в которых будут заданы различные граничные условия.

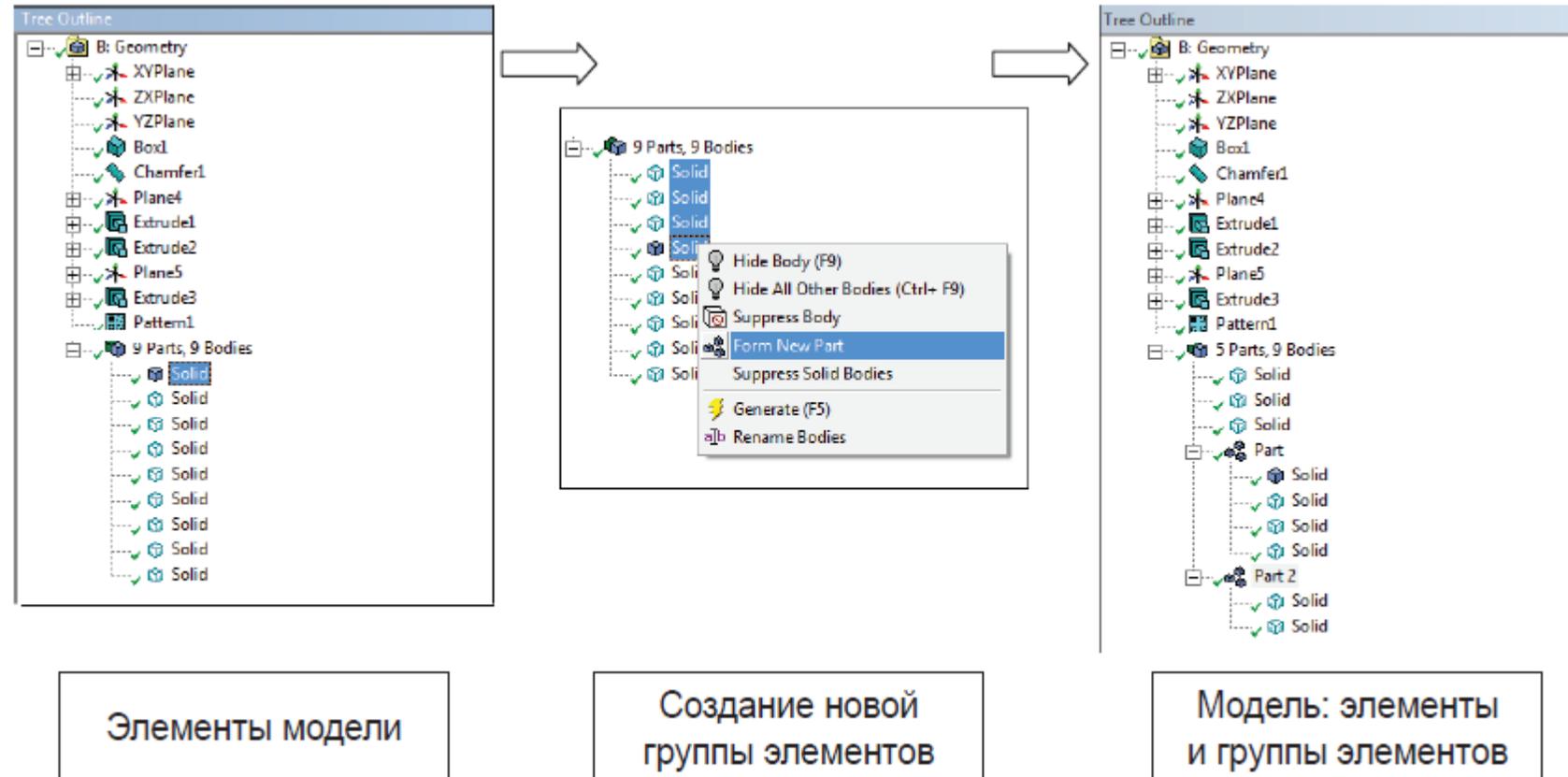
- Slice позволяет разделить тело на несколько частей. Разделение может быть выполнено по некоторой плоскости, «разрезающей» тело (Slice by Plane), по поверхности (Slice by Surface), по группе поверхностей (Slice off Faces) и т. д.
- Для удаления из модели объемных тел, граней и ребер следует использовать инструменты закладки Delete. Fixed Radius Blend позволяет закруглять кромки (с постоянным по длине кромки радиусом) у объемных тел. Для этого в поле Geometry в окне свойств инструмента Details View необходимо выбрать ребро, на котором предполагается закругление, или две грани, общее ребро которых будет закруглено. В поле Radius необходимо задать радиус закругления кромки.
- Variable Radius Blend позволяет закруглять кромки с переменным по длине кромки радиусом для объемных тел. Работает аналогично инструменту Fixed Radius Blend, однако для задания по длине ребра переменного радиуса закругления необходимо задать начальный и конечный радиусы, а также свойство перехода между ними: линейный (Linear Transition) или сглаженный (Smooth Transition). Chamfer позволяет создать скос без закругления на выбранном ребре. Для использования инструмента в окне его свойств Details View в поле Type необходимо выбрать, каким образом будет задан скос на кромке
 - • **Left-Right**: необходимо задать длины катетов треугольника, определяющих скос на ребре (Left Length и Right Length);
 - • **Left-Angle/Right-Angle**: необходимо задать длину левого/правого катета треугольника, определяющего скос на ребре и угол между этим катетом и гипотенузой треугольника – Left/Right Length и Angle.



Details View	
[-] Details of Chamfer1	
Chamfer	Chamfer1
Geometry	1 Edge
Type	Left-Right
<input type="checkbox"/> FD1, Left Length (>0)	2 m
<input type="checkbox"/> FD2, Right Length (>0)	2 m



- В Design Modeler имеется набор инструментов для создания 1D- (**Line**) и 2D- (**Surface**) геометрий. Для построения 1D балочных моделей в задачах механики деформируемого твердого тела (*Mechanical*) используются инструменты **3D Curve (Создание кривой)** и **Cross Section (Выбор формы поперечного сечения балочной модели)** в меню **Concept**. При создании 2D-геометрии необходимо применять инструменты меню **Concept – Surface From Edges (Создание поверхности на основе линий)** и **Surface From Sketches (Создание поверхности на основе эскиза)**.
- На завершающем этапе построения геометрической модели в Design Modeler следует обратиться к последнему разделу в дереве **Tree Outline**, именуемому **Parts, Bodies**

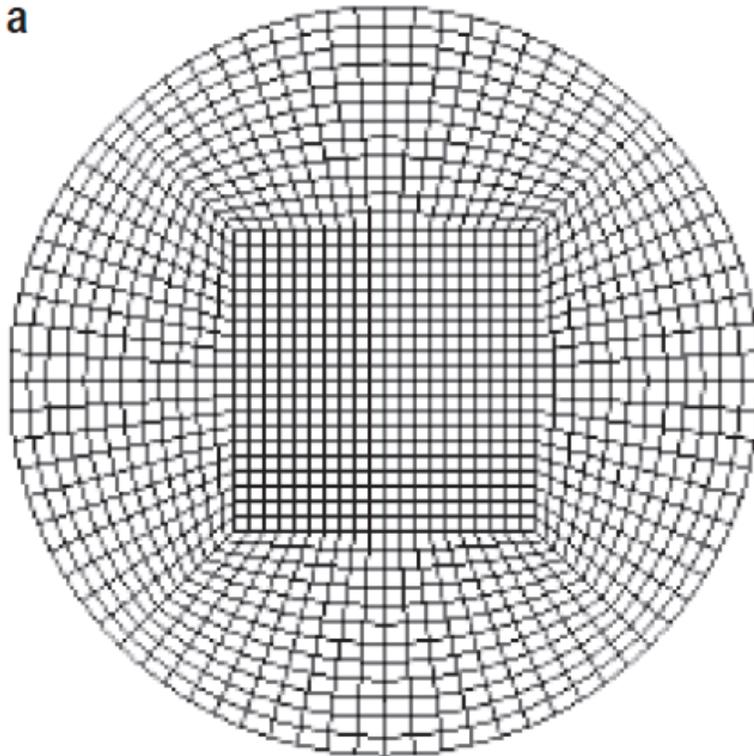


Построение расчетных сеток

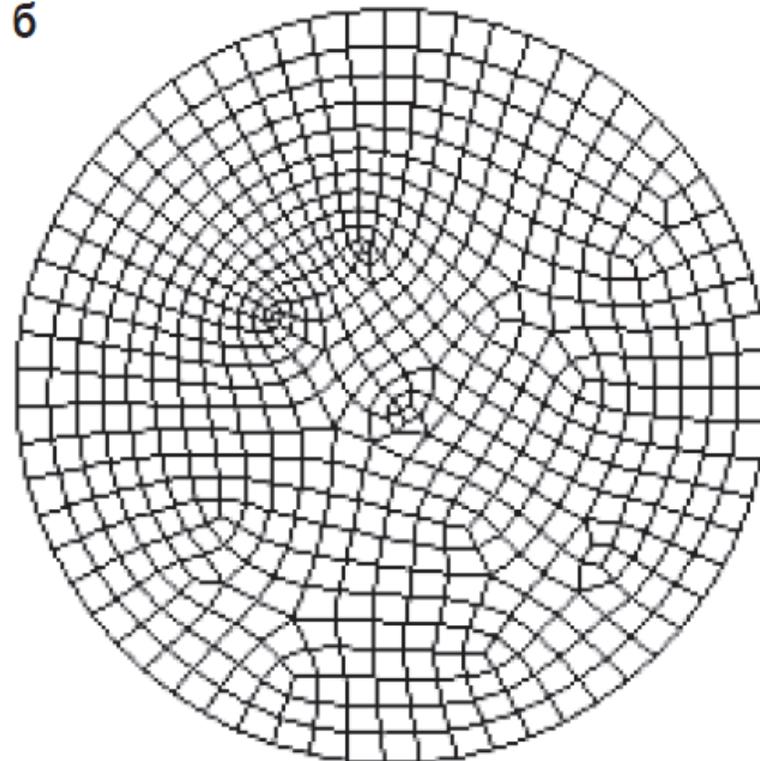
- 1. Введение в построение расчетных сеток
- 2. Приложения ANSYS для генерации сеток
- 3. Работа в сеточном препроцессоре Meshing
- 4. Методы построения сеток в Meshing
- 5. Глобальные и локальные параметры сетки
- 6. Критерии качества расчетных сеток..

Введение в построение расчетных сеток

а



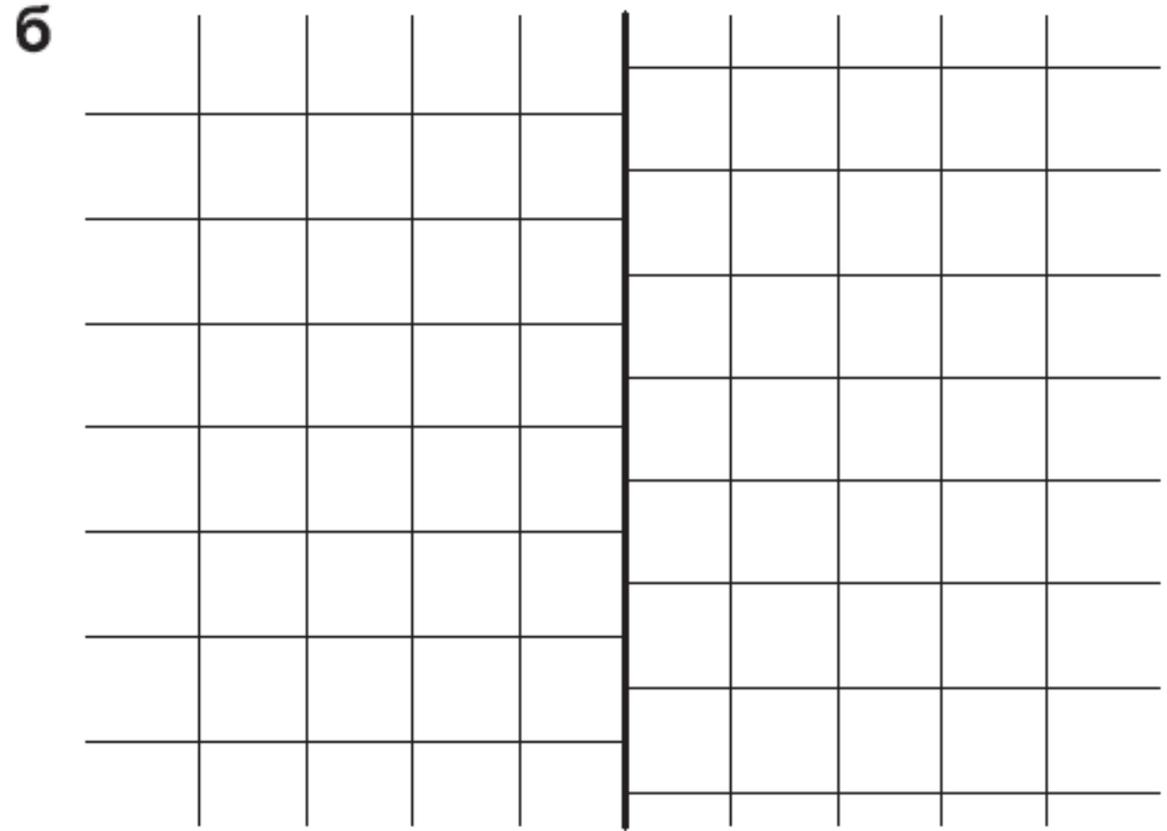
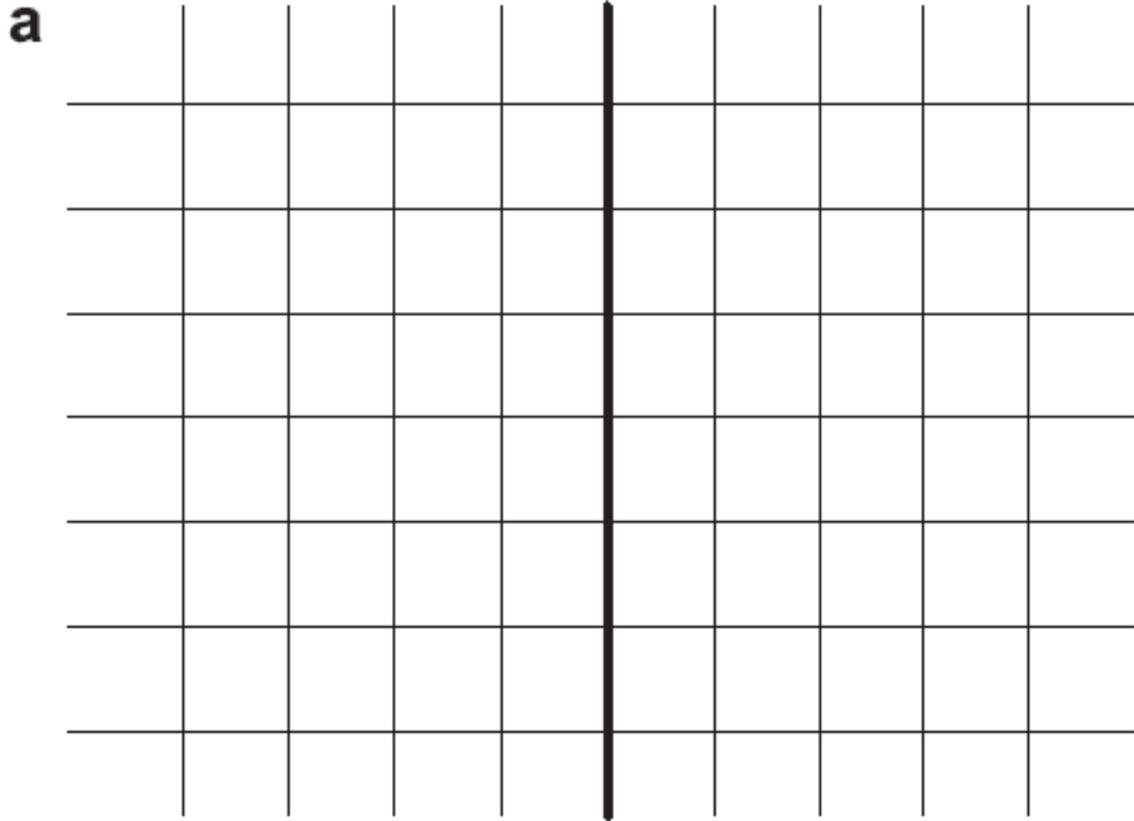
б



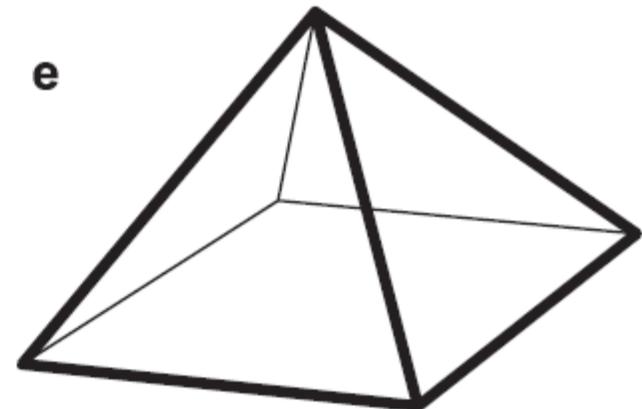
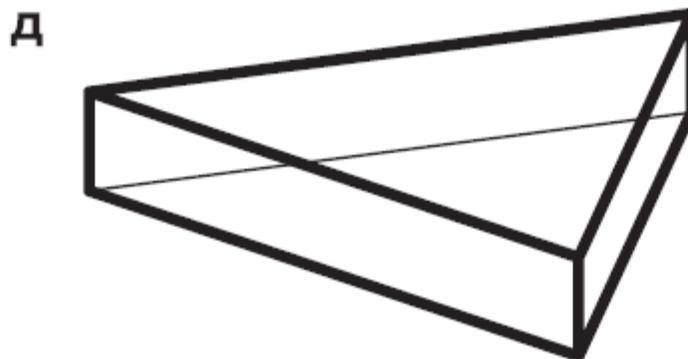
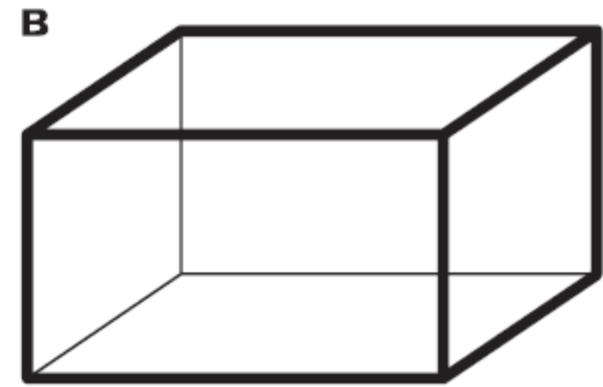
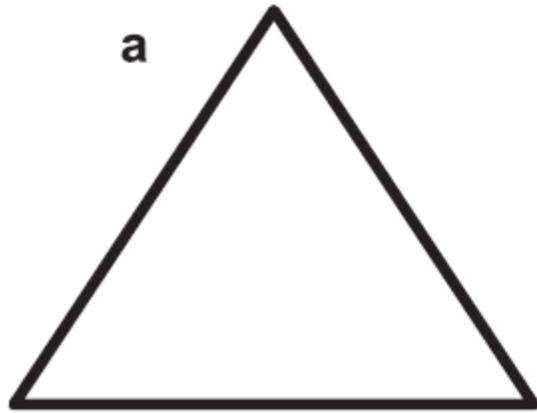
- 1. **Структура.** Примеры регулярной (а) и нерегулярной (б) сеток, построенных для одной геометрической области.

- **2. Конформность (согласованность).**

- *а) конформная сетка; б) неконформная сетка*



- **3. Форма элементов.** элементы, построенные на основе треугольников (а) и четырехугольников (б). Для объемных (3D) геометрий выделяют сетки с ячейками на основе гексаэдров (в), тетраэдров (г), призм (д) и пирамид (е)



4. Размеры сетки и сеточных элементов.

5. Деформации сеточных элементов

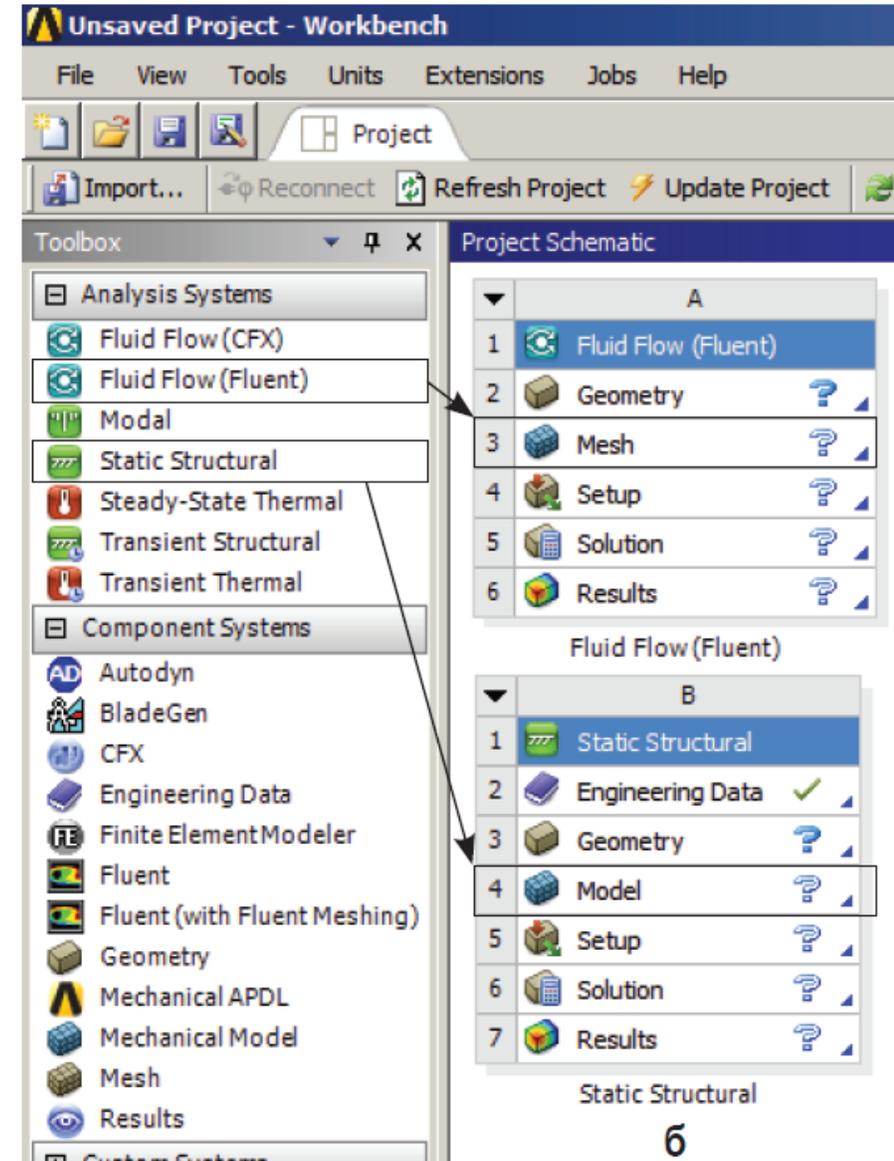
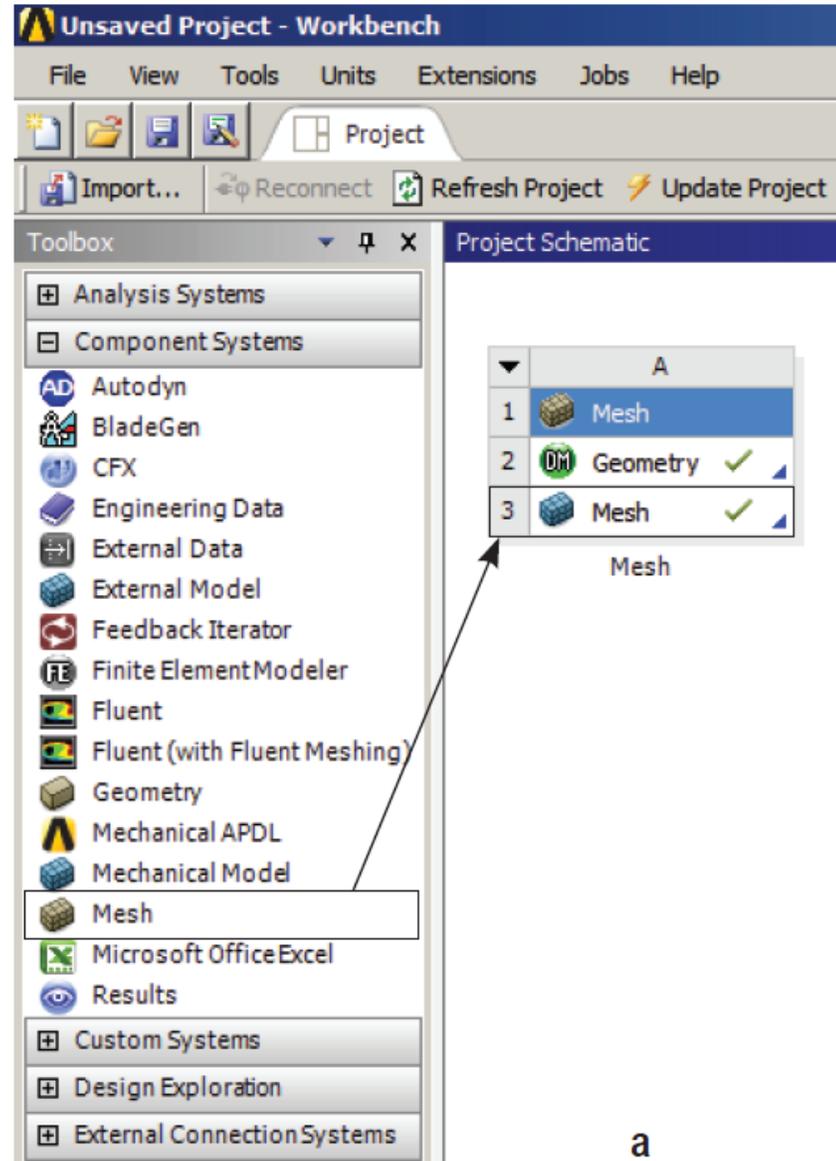
- При построении расчетных сеток необходимо учитывать перечисленные выше характеристики. Следует помнить, что наилучшей для расчета можно считать такую сетку, которая позволит достигнуть максимальной эффективности при вычислении искомых физических величин в заданной геометрии.

Приложения ANSYS для генерации сеток

- Программная среда ANSYS Workbench включает обширный набор инструментов для построения расчетных сеток. В зависимости от типа решаемой задачи могут быть применены сеточные препроцессоры:
 - 1) ANSYS Meshing
 - 2) ANSYS TurboGrid
 - 3) ANSYS ICEM CFD
- В данном курсе мы рассмотрим основы работы в сеточном препроцессоре ANSYS Meshing.

Работа в сеточном препроцессоре Meshing

- Запуск препроцессора



Интерфейс Meshing

The screenshot shows the ANSYS Meshing R17.0 Academic interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a hexahedral mesh. A scale bar below the model indicates dimensions from 0,000 to 7,000 (m), with intermediate markers at 1,750 and 5,250. A coordinate system (X, Y, Z) is visible in the bottom right of the main window.

Key interface components are labeled with callouts:

- Graphic Window:** The main 3D visualization area.
- Outline:** A tree view on the left showing the project hierarchy: Project > Model (A3) > Geometry > Coordinate Systems > Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing mesh properties for the selected entity. It includes sections for Display, Defaults, Sizing, Inflation, Advanced, and Statistics.
- Selection Information:** A table at the bottom left of the Details Window showing the selected entity's properties.
- Message/Mesh Metrics:** A bar chart at the bottom right showing the number of elements for different mesh metrics. The Y-axis is 'Number of Elements' (0,00 to 660,00) and the X-axis is 'Element Metrics' (0,22 to 0,81). Two data series are shown: Hex20 (purple bars) and Wed15 (green bars).
- Entity Details Bar:** A status bar at the bottom center showing '1 Edge Selected: Length = 12,566 m'.
- Units Bar:** A status bar at the bottom right showing 'Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius'.

Entity	Length (m)	Centroid X(m)	Centroid Y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-01
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-01

Element Metric	Hex20 (Number of Elements)	Wed15 (Number of Elements)
0,22	~100,000	0
0,30	~100,000	0
0,40	~50,000	0
0,50	~10,000	~10,000
0,60	~10,000	~10,000
0,70	~50,000	~10,000
0,81	~100,000	~10,000

Entity Details Bar

Units Bar

Графическое ОКНО (Graphic Window)

The screenshot shows the ANSYS Meshing software interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface includes several panels and toolbars:

- Toolbars:** Located at the top, containing various icons for file operations, meshing, and visualization.
- Outline:** A tree view on the left showing the project structure: Model (A3), Geometry, Coordinate Systems, and Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing mesh details, including Display Style (Body Color), Defaults (Physics Preference: Mechanical, Relevance: 0, Shape Checking: Standard Mechanical, Element Midside Nodes: Program Controlled), Sizing, Inflation, Advanced, and Statistics.
- Selection Information:** A table showing the selected entity's properties.
- Message/Mesh Metrics:** A bar chart showing the number of elements for different mesh metrics (Hex20 and Wed15).
- Entity Details Bar:** A status bar at the bottom showing the selected entity's length: "1 Edge Selected: Length = 12,566 m".
- Units Bar:** A status bar at the bottom showing the current units: "Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius".

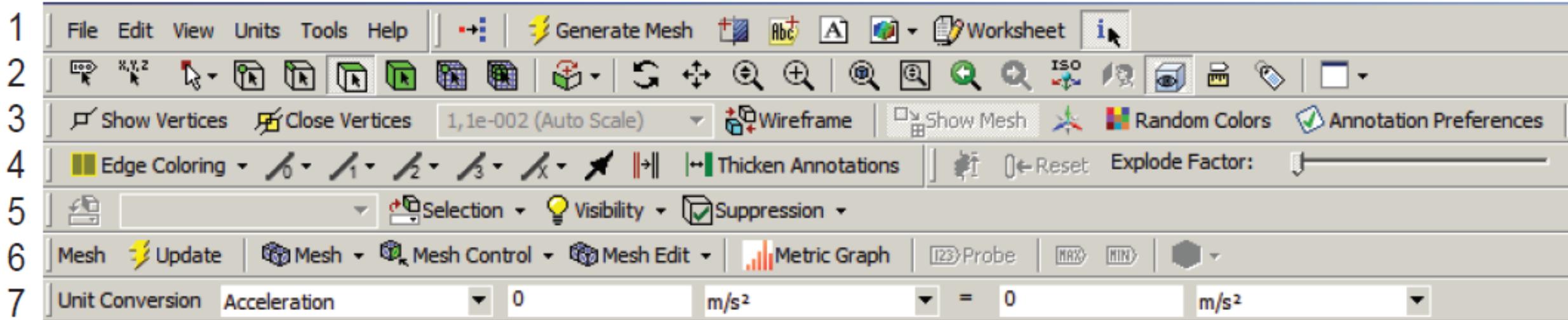
Entity	Length (m)	Centroid x(m)	Centroid y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-01
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-01

Element Metrics	Hex20 (Number of Elements)	Wed15 (Number of Elements)
0,22	~500	0
0,30	~500	0
0,40	~200	0
0,50	~50	0
0,60	~50	~50
0,70	~50	0
0,81	~50	0

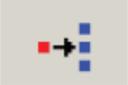
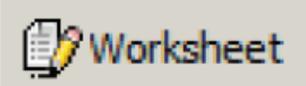
Entity Details Bar

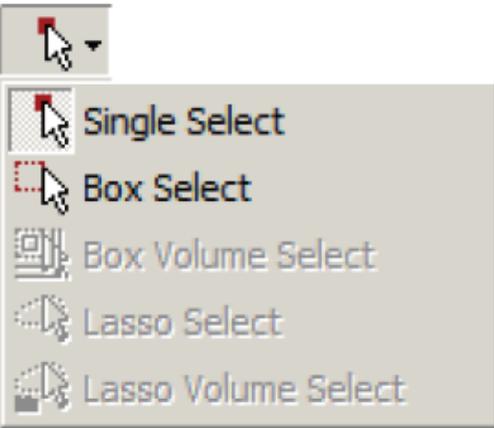
Units Bar

Панели инструментов (Toolbars)



Инструменты панели Standard Toolbar

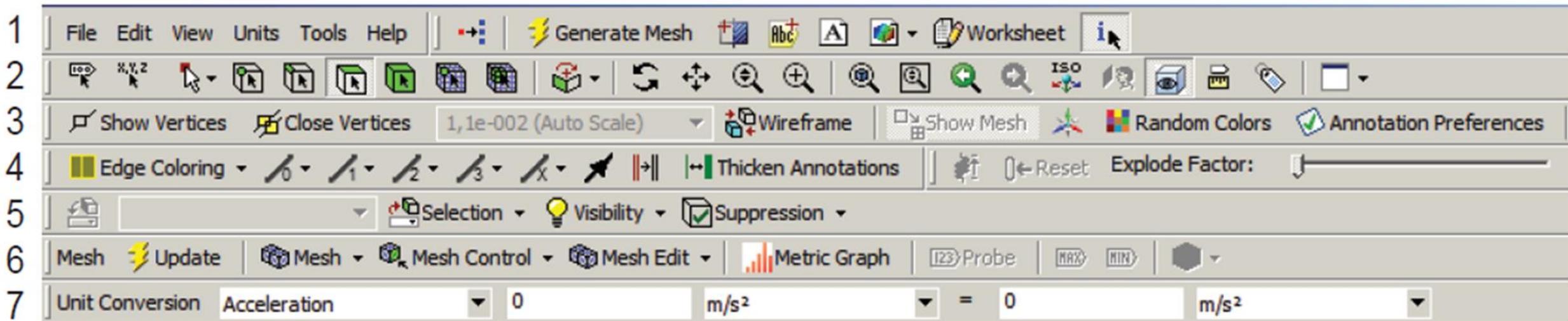
Инструмент	Описание
	Вызывает окно Mechanical Application Wizard . Позволяет в автоматическом режиме создавать множественные копии объектов дерева проекта, привязанные к различным элементам геометрической модели
 Generate Mesh	Запускает процесс генерации расчетной сетки
	Позволяет отображать модель в разрезе (расположение сечения определяется пользователем в интерактивном режиме)
	Добавляет пользовательские текстовые комментарии (аннотации) к отдельным элементам модели в графическом окне
	Добавляет пользовательские комментарии в дерево проекта (Outline), которые будут отображены при выводе отчета на печать
	Вставляет в отчет графическое изображение, полученное в виде скриншота графического окна или из внешнего файла
	Инструмент последовательной генерации сетки на отдельных телах. При построении новой сетки на элементе геометрии учитываются особенности сеток на примыкающих к элементу телах. Применяется, когда автоматическая генерация сетки не дает приемлемых результатов
Инструмент	Описание
	Активирует окно Selection Information , которое выводит доступную информацию о выделенном объекте (подробнее см. стр. 51, «Панель описания выделенного объекта»)

Инструмент	Описание
	<p>Отображает координаты выбранной точки на поверхности модели</p>
 <ul style="list-style-type: none">  Single Select  Box Select  Box Volume Select  Lasso Select  Lasso Volume Select 	<p>Устанавливает режим выбора геометрических элементов или узлов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Single Select – выделение одного элемента (узел, точка, ребро, поверхность, 3D-тело). Для выделения нескольких элементов в данном режиме необходимо последовательно выбирать элементы с нажатой клавишей <Ctrl>; • Box Select – выбирает один или несколько элементов модели, которые попадают в прямоугольную рамку выделения (в случае выбора элементов сеточной модели Select Mesh выделение применяется только к элементам, расположенным на поверхности модели). Рамка выделения определяется двумя точками в графическом окне: в случае протягивания рамки от верхнего левого ее угла к правому нижнему углу выделение будет применено только к тем объектам, которые полностью попали в рамку. В случае протягивания рамки от нижнего правого угла к левому верхнему выделение будет применено ко всем объектам, полностью или частично попадающим в рамку; • Box Volume Select – применяется для выбора элементов сеточной модели. Работает аналогично Box Select, однако позволяет выделить один или группу сеточных элементов как на поверхности, так и во всем объеме модели; • Lasso Select – применяется для выбора элементов сеточной модели, работает аналогично Box Select, однако рамка выделения может иметь произвольную форму и определяется пользователем; • Lasso Volume Select – применяется для выбора элементов сеточной модели, работает аналогично Box Volume Select, однако рамка выделения может иметь произвольную форму и определяется пользователем
	<p>Набор инструментов для выделения в графическом окне элементов геометрической модели: точек (Vertex)/ребер(Edge)/граней(Face)/3D-тел(Body), а также узлов сетки (Node) и сеточных элементов (Element)</p>

Инструмент	Описание
 <ul style="list-style-type: none">  Extend to Adjacent (Shift+ F1)  Extend to Limits (Shift+ F2)  Extend to Connection (Shift+ F3)  Extend to Instances (Shift+ F4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Extend to Connection – может быть использован для автоматического выделения поверхностей контакта тела с другими телами в сборке в случае выделения одной из поверхностей этого тела; • Extend to Instances – может быть использован в том случае, если исходная геометрическая модель, построенная в стороннем CAD-редакторе или Design Modeler, включает набор ассоциативных копий элементов (Instance). В этом случае, используя инструмент Extend to Instances, можно выбрать остальные копии элементов, выделив лишь одну из них
	<p>Стандартные операции управления отображением модели в графическом окне: вращение; перемещение; масштабирование; масштабирование рамкой; масштабирование по размеру окна; локальное увеличение части модели, попадающей в рамку, при сохранении исходного масштаба общей модели (эффект увеличительного стекла)</p>
	<p>Переключение между пользовательскими видами в графическом окне</p>
	<p>Отображение модели в изометрии</p>
	<p>Отображение модели в плоскости, параллельной выделенной поверхности геометрической модели или выделенной плоскости</p>
 <ul style="list-style-type: none">  Extend to Adjacent (Shift+ F1)  Extend to Limits (Shift+ F2)  Extend to Connection (Shift+ F3)  Extend to Instances (Shift+ F4) 	<p>Инструмент Extend Selection позволяет оптимизировать работу пользователя при выделении в графическом окне группы элементов. Extend Selection может быть применен только при выборе ребер и граней геометрической модели и включает следующие режимы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extend to Adjacent – позволяет автоматически выделить все поверхности/ребра, присоединенные к выделенным вручную, при условии, что угол α между выделенной и присоединенной поверхностями/ребрами не превышает установленного допуском. Допуск угла α устанавливается пользователем в настройках главного окна проекта Workbench (не модуля Meshing) Options ⇒ Graphics Interaction ⇒ Extend Selection Angle Limit и по умолчанию равен 20°; • Extend to Limits – позволяет автоматически выбрать все поверхности/ребра, соприкасающиеся с выделенными вручную, а также все поверхности/ребра, соприкасающиеся с выделенными автоматически, при условии, что угол α между выделенной и соприкасающейся поверхностями/ребрами не превышает установленного допуском;

Инструмент	Описание
	<p>Геометрическая модель может включать несколько типов ребер. Порядковый номер типа ребра соответствует количеству поверхностей, к которым это ребро присоединено. Так, если ребро имеет тип 0, это означает, что оно не присоединено ни к одной поверхности. Все ребра геометрической модели вне зависимости от типа могут быть отображены в графическом окне со стандартной толщиной линии (Show) или с увеличенной толщиной линии (Thick). Опция Hide позволяет не отображать ребер</p>
	<p>Позволяет отобразить в графическом окне направления ребер в модели. Инструмент полезен при разбиении ребра на сеточные элементы со сгущением к одной из вершин ребра (с помощью инструмента Edge Sizing)</p>
	<p>Добавление панели управления видами в интерфейс (Manage Views)</p>
	<p>Автоматическая корректировка размеров символов аннотаций</p>
	<p>Добавление панели тегов (Tags) в интерфейс. Панель позволяет назначать тег и отдельным компонентам дерева Outline для быстрого поиска по нему (через панель Filter в окне Outline)</p>
	<p>Разделение графического окна на n видовых окон ($n \leq 4$) для одновременного отображения нескольких видов модели</p>
 Show Vertices	<p>Отобразить/скрыть все узловые элементы в геометрической модели</p>
 Wireframe	<p>Режим отображения геометрической/сеточной модели в графическом окне: отображает контурную модель (без заполнения элементов модели цветом)</p>
 Show Mesh	<p>Отображение сеточной модели в графическом окне. Доступен в том случае, если не выбрана сеточная модель (Mesh) в дереве Outline</p>
 Random Colors	<p>По умолчанию все именованные грани, контактные поверхности и другие объекты отображаются в едином цвете. Инструмент Random Colors позволяет выделить каждый объект индивидуальным цветом</p>
 Annotation Preferences	<p>Управление видом аннотаций в графическом окне</p>
 Edge Coloring	<p>Опция позволяет отобразить ребра (Edges) геометрической модели в трех режимах:</p> <ul style="list-style-type: none"> • By Body Color (значение по умолчанию) – цвета ребер соответствуют цветам поверхностей и 3D-тел, которым они принадлежат; • By Connection – отображает ребра пятью различными цветами в зависимости от топологии и количества присоединенных поверхностей; • Black – все ребра отображаются черным цветом

Панели инструментов (Toolbars)



Дерево проекта (Outline)

The screenshot shows the ANSYS Meshing R17.0 Academic interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface is divided into several panels:

- Outline:** A tree view on the left showing the project structure: Project > Model (A3) > Geometry > Coordinate Systems > Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing mesh details for the selected edge, including Display Style (Body Color), Physics Preference (Mechanical), and Sizing options.
- Selection Information:** A table below the Details Window showing selection data for the Global Coordinate System.
- Message/Mesh Metrics:** A bar chart at the bottom right showing the number of elements for different mesh metrics (Hex20 and Wed15).
- Entity Details Bar:** A status bar at the bottom center showing "1 Edge Selected: Length = 12,566 m".
- Units Bar:** A status bar at the bottom right showing "Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius".

Entity	Length (m)	Centroid X(m)	Centroid Y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017

Element Metric	Number of Elements
Hex20	~660
Wed15	~660

Окно свойств (Details)

The screenshot displays the ANSYS Meshing software interface. The main window shows a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface is divided into several panels and toolbars:

- Toolbars:** Located at the top, containing various icons for file operations, meshing, and visualization.
- Graphic Window:** The central area displaying the 3D model of the cylinder with a mesh. A scale bar below it indicates dimensions from 0,000 to 7,000 (m).
- Outline:** A panel on the left showing the project hierarchy, including Model (A3), Geometry, Coordinate Systems, and Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing the properties of the selected mesh element. It includes sections for Display, Defaults, Sizing, Inflation, Advanced, and Statistics.
- Selection Information:** A panel on the left showing the coordinates and length of the selected entity.
- Message/Mesh Metrics:** A panel at the bottom right showing a bar chart of the number of elements versus element metrics for Hex20 and Wed15 elements.
- Entity Details Bar:** A bar at the bottom center showing the length of the selected entity: 1 Edge Selected: Length = 12,566 m.
- Units Bar:** A bar at the bottom right showing the units: Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius.

Entity	Length (m)	Centroid X(m)	Centroid Y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017

Element Metrics	Hex20	Wed15
0,22	660,00	0,00
0,30	660,00	0,00
0,40	660,00	0,00
0,50	660,00	0,00
0,60	660,00	0,00
0,70	660,00	0,00
0,81	660,00	0,00

Окно сообщений (Messages)/Статистика сетки по критериям качества (Mesh Metrics)

The screenshot shows the ANSYS Meshing software interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface includes several panels and toolbars:

- Toolbars:** Located at the top, containing various icons for file operations, meshing, and visualization.
- Outline:** A panel on the left showing the project hierarchy, including Model (A3), Geometry, Coordinate Systems, and Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing the properties of the selected mesh element, including Display Style, Defaults, Sizing, Inflation, and Statistics.
- Selection Information:** A panel on the left showing the selection information for the selected entity, including the coordinate system and the length and centroid of the edge.
- Message/Mesh Metrics:** A panel at the bottom showing a bar chart of the number of elements versus element metrics for Hex20 and Wed15 elements.
- Entity Details Bar:** A bar at the bottom showing the length of the selected edge (12,566 m).
- Units Bar:** A bar at the bottom showing the units used in the simulation (m, kg, N, s, V, A).

The 3D model of the cylinder is shown with a mesh. The dimensions of the cylinder are indicated by a scale bar below it, ranging from 0,000 to 7,000 (m). The mesh is composed of hexagonal and wedge-shaped elements.

Entity	Length (m)	Centroid X(m)	Centroid Y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017

Element Metrics	Hex20	Wed15
0,22	660,00	0,00
0,30	660,00	0,00
0,40	660,00	0,00
0,50	660,00	0,00
0,60	660,00	0,00
0,70	660,00	0,00
0,81	660,00	0,00

Панель единиц измерения (Units Bar)
Панель описания выделенного объекта (Entity Details Bar)

The screenshot shows the ANSYS R17.0 Academic Meshing software interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface includes several panels and toolbars:

- Graphic Window:** The main 3D view area showing the cylinder mesh and a coordinate system.
- Details Window:** A panel on the left showing the details of the selected mesh element, including a table with columns for Entity, Length (m), Centroid X(m), and Centroid Y(m).
- Selection Information:** A panel on the left showing the selection information for the current entity.
- Message/Mesh Metrics:** A panel at the bottom right showing a bar chart of the number of elements versus element metrics for Hex20 and Wed15 elements.
- Entity Details Bar:** A bar at the bottom center showing the selected entity and its length: "1 Edge Selected: Length = 12,566 m".
- Units Bar:** A bar at the bottom right showing the current units: "Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius".

Entity	Length (m)	Centroid X(m)	Centroid Y(m)
1 Edge, Summary	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017
Edge 1	12,566	7,0769e-017	-2,3774e-017

Element Metrics	Hex20	Wed15
0,22	660,00	0,00
0,30	660,00	0,00
0,40	660,00	0,00
0,50	660,00	0,00
0,60	660,00	0,00
0,70	660,00	0,00
0,81	660,00	0,00

Entity Details Bar
Units Bar

Панель управления
видами (Manage
Views)

Панель управления
отображением модели
в разрезе (Section
Planes)

Панель информации о
выделенном объекте
(Selection Information)

The screenshot shows the ANSYS Meshing software interface. The main window displays a 3D model of a cylinder with a mesh. The interface includes several panels and toolbars:

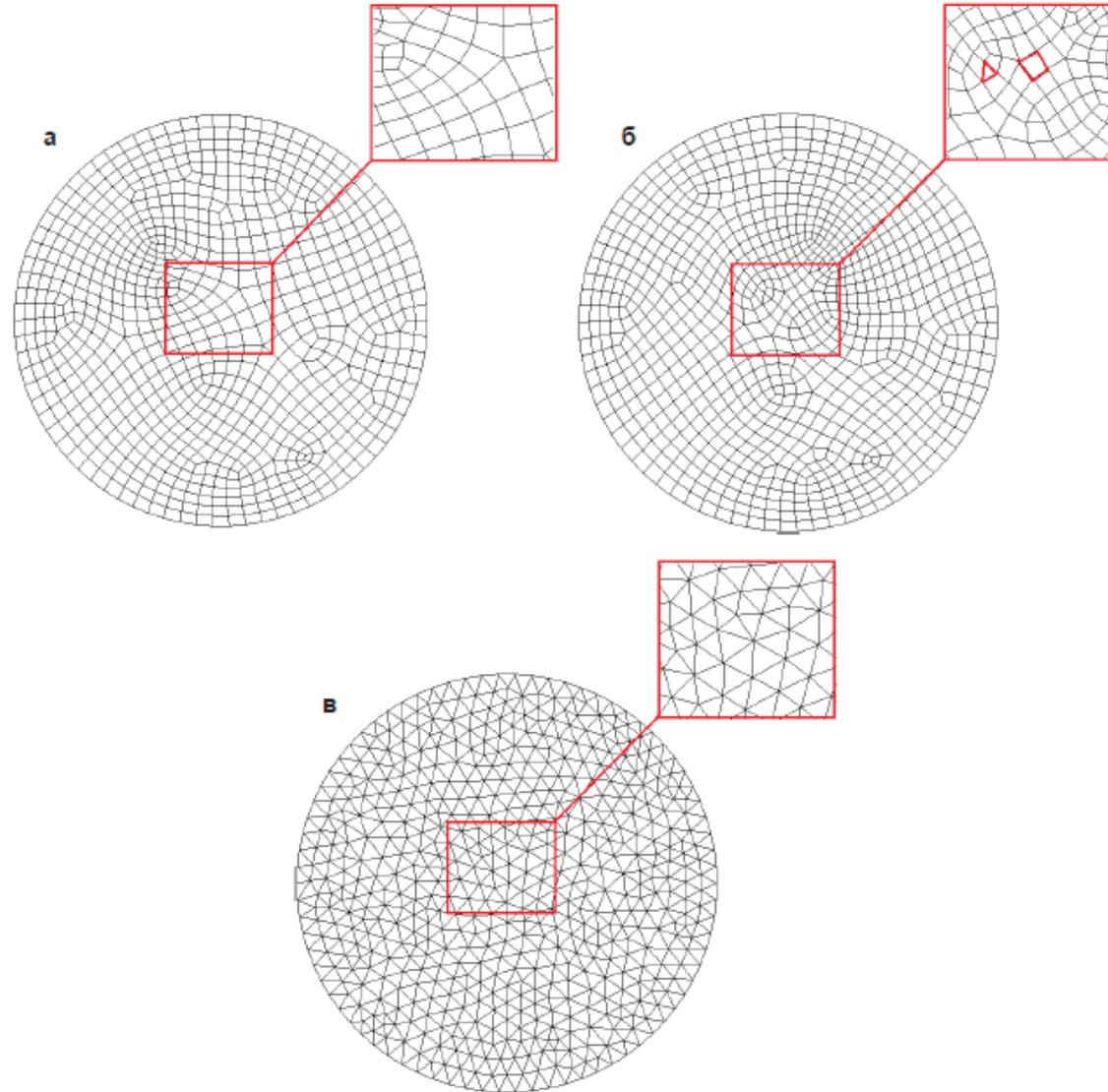
- Toolbars:** Located at the top, containing various icons for meshing and visualization.
- Outline:** A tree view on the left showing the project structure: Project, Model (A3), Geometry, Coordinate Systems, and Mesh.
- Details Window:** A panel on the left showing properties for the selected entity (Edge 1), including Length (12,566 m), Centroid X (7,0769e-017), and Centroid Y (-2,3774e-017).
- Selection Information:** A panel on the left showing the selected entity (Edge 1) and its properties.
- Graphic Window:** The main 3D view showing the cylinder model with a mesh. A scale bar at the bottom indicates dimensions from 0,000 to 7,000 (m).
- Message/Mesh Metrics:** A panel at the bottom right showing a bar chart of element metrics for Hex20 and Wed15 elements. The x-axis is labeled "Element Metrics" and ranges from 0,22 to 0,81. The y-axis is labeled "Number of Elements" and ranges from 0,00 to 660,00.
- Entity Details Bar:** A bar at the bottom center showing "1 Edge Selected: Length = 12,566 m".
- Units Bar:** A bar at the bottom right showing "Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius".

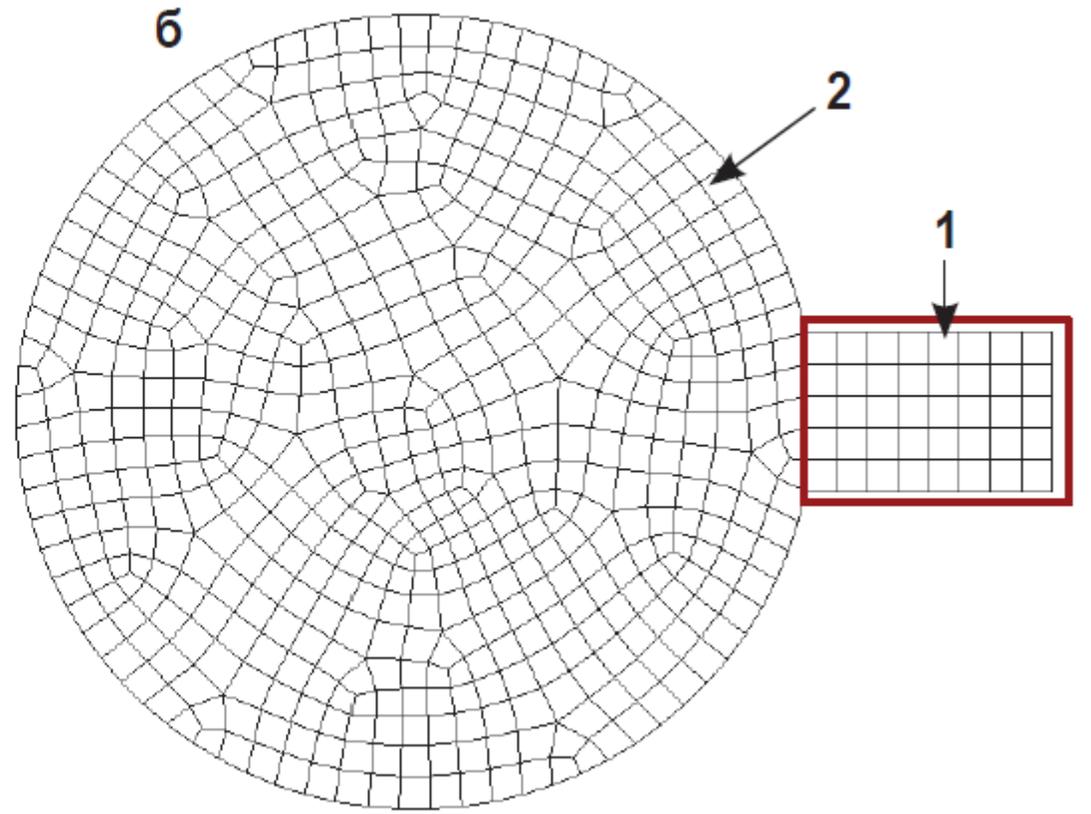
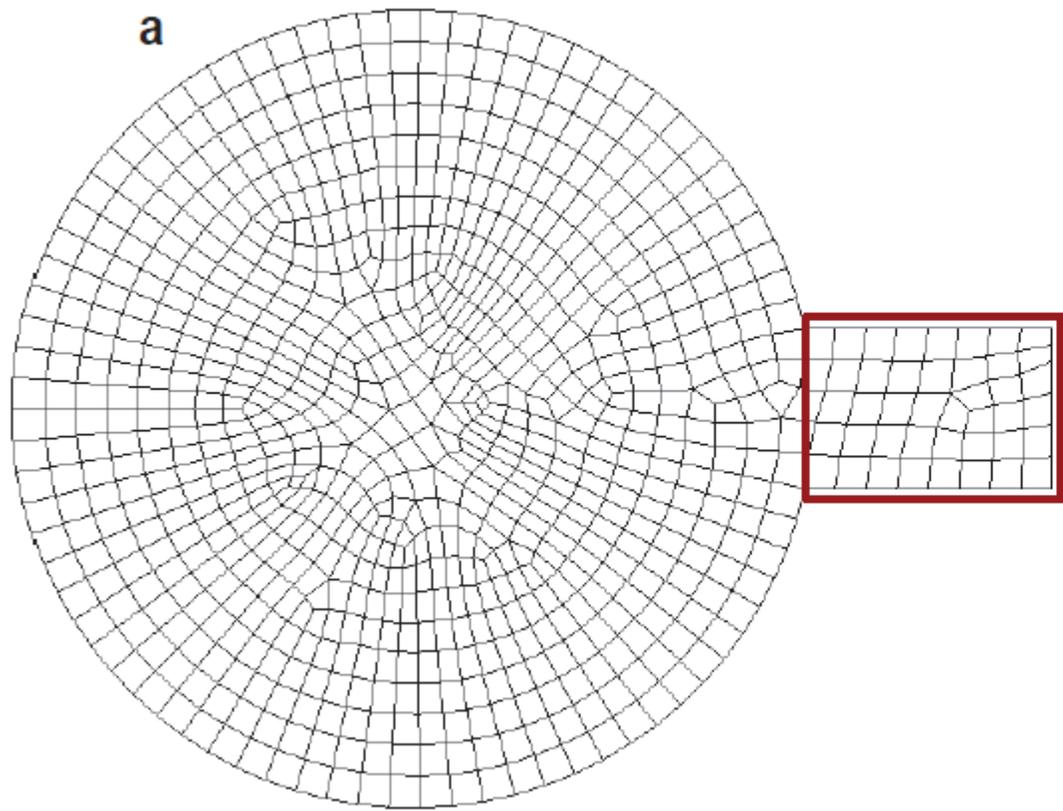
Entity Details Bar

Units Bar

Методы построения сеток в Meshing

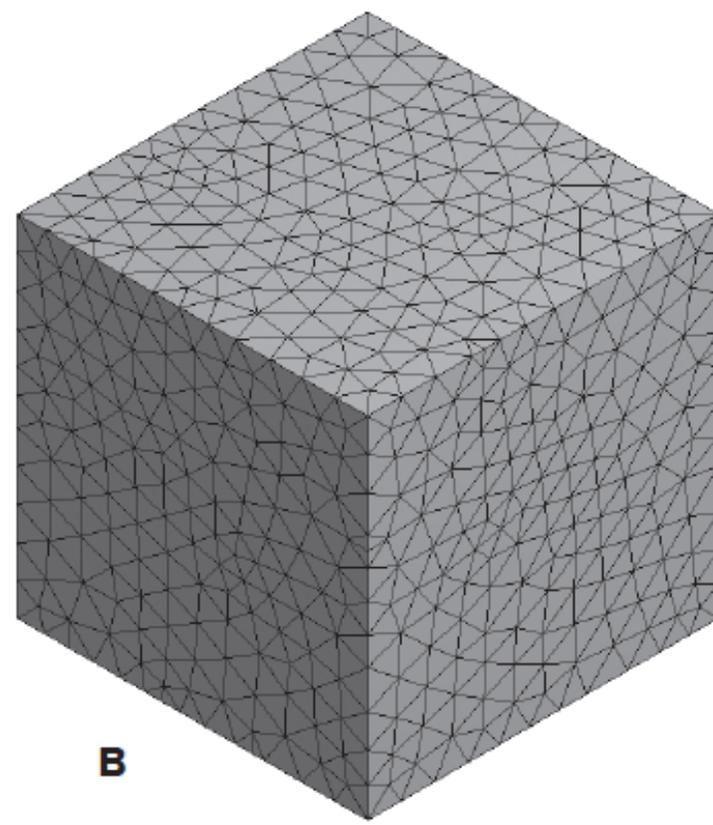
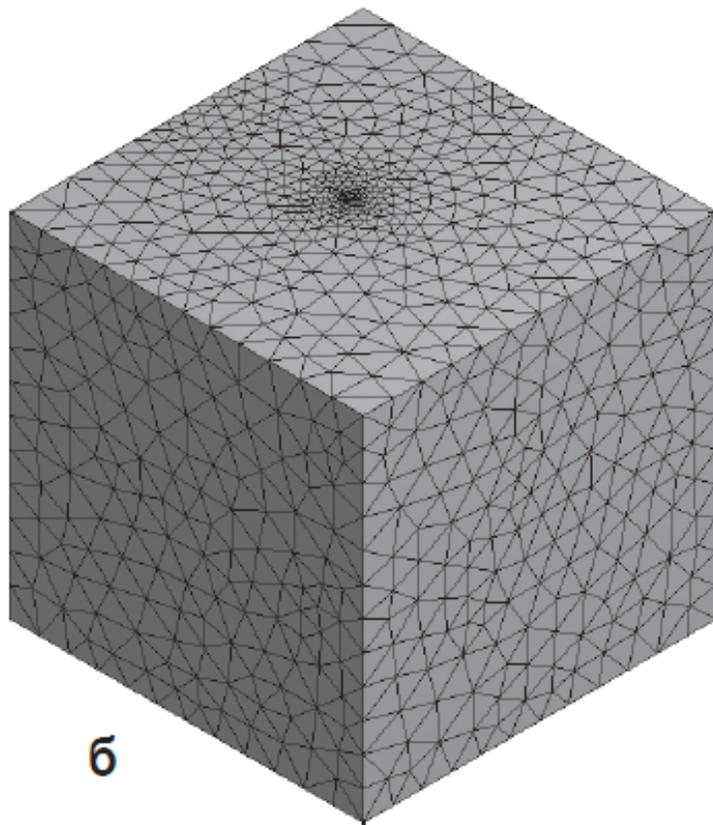
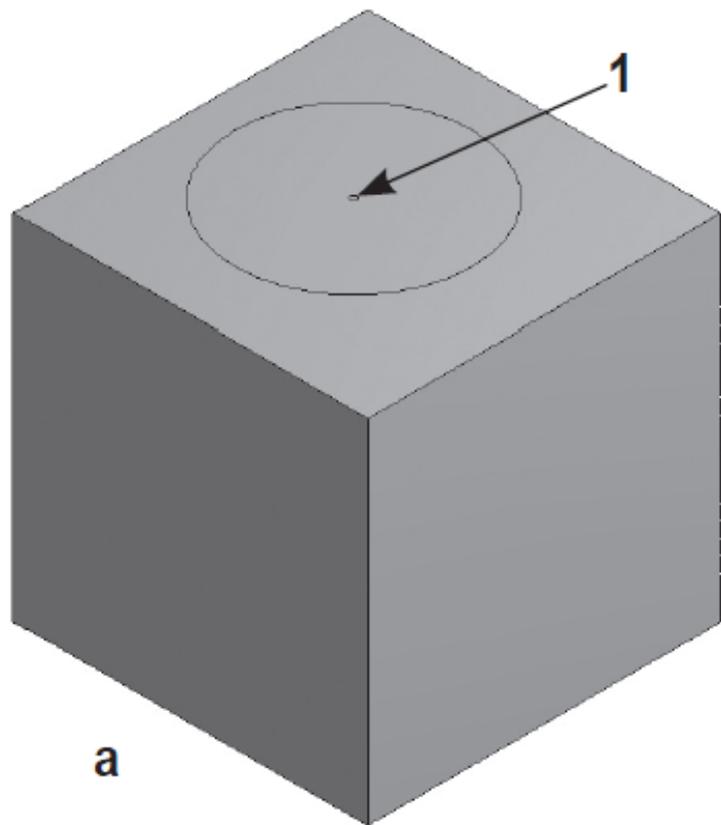
- *a) Quadrilateral Dominant (All Quad);*
- *б) Quadrilateral Dominant (Quad/Tri);*
- *в) Triangle Meshing*

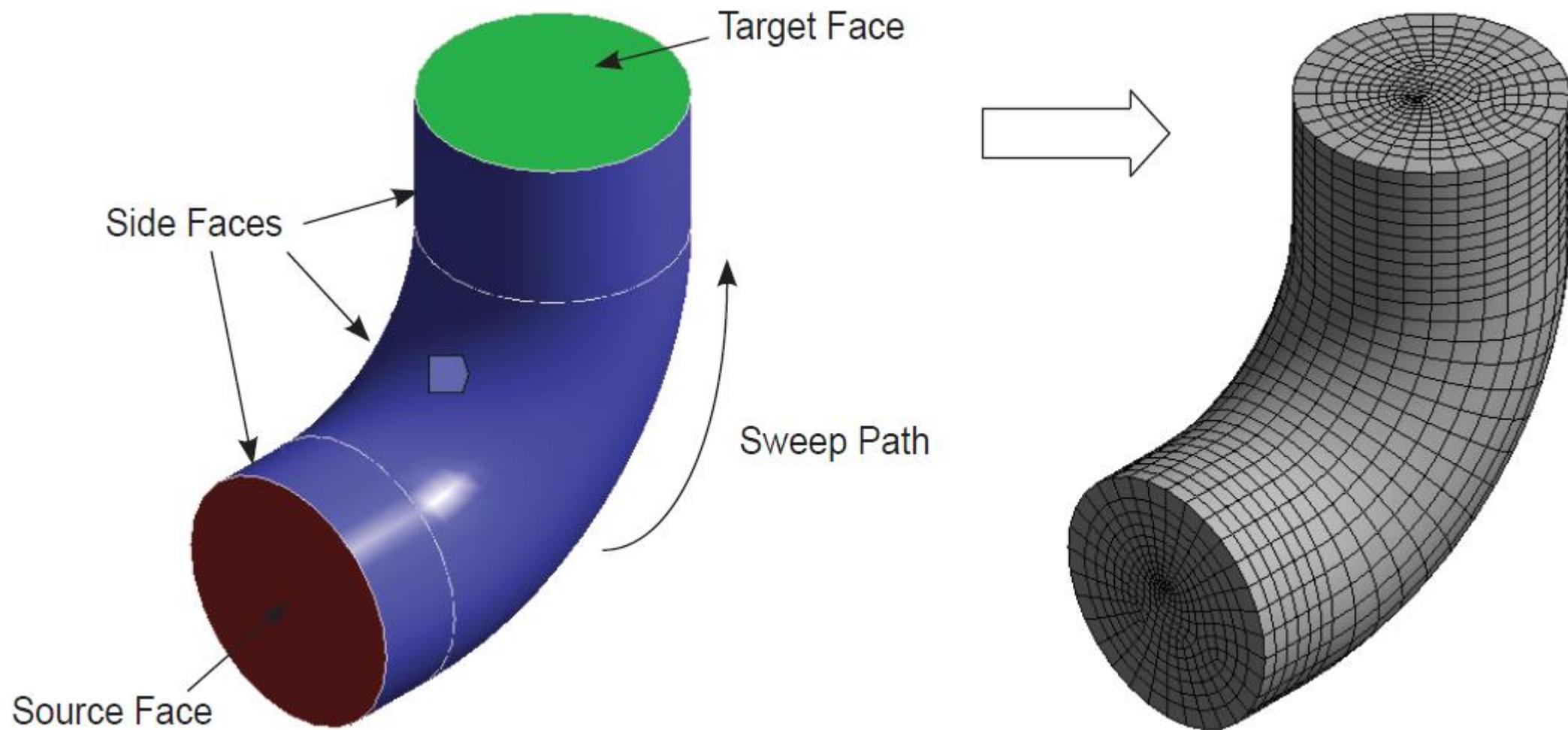




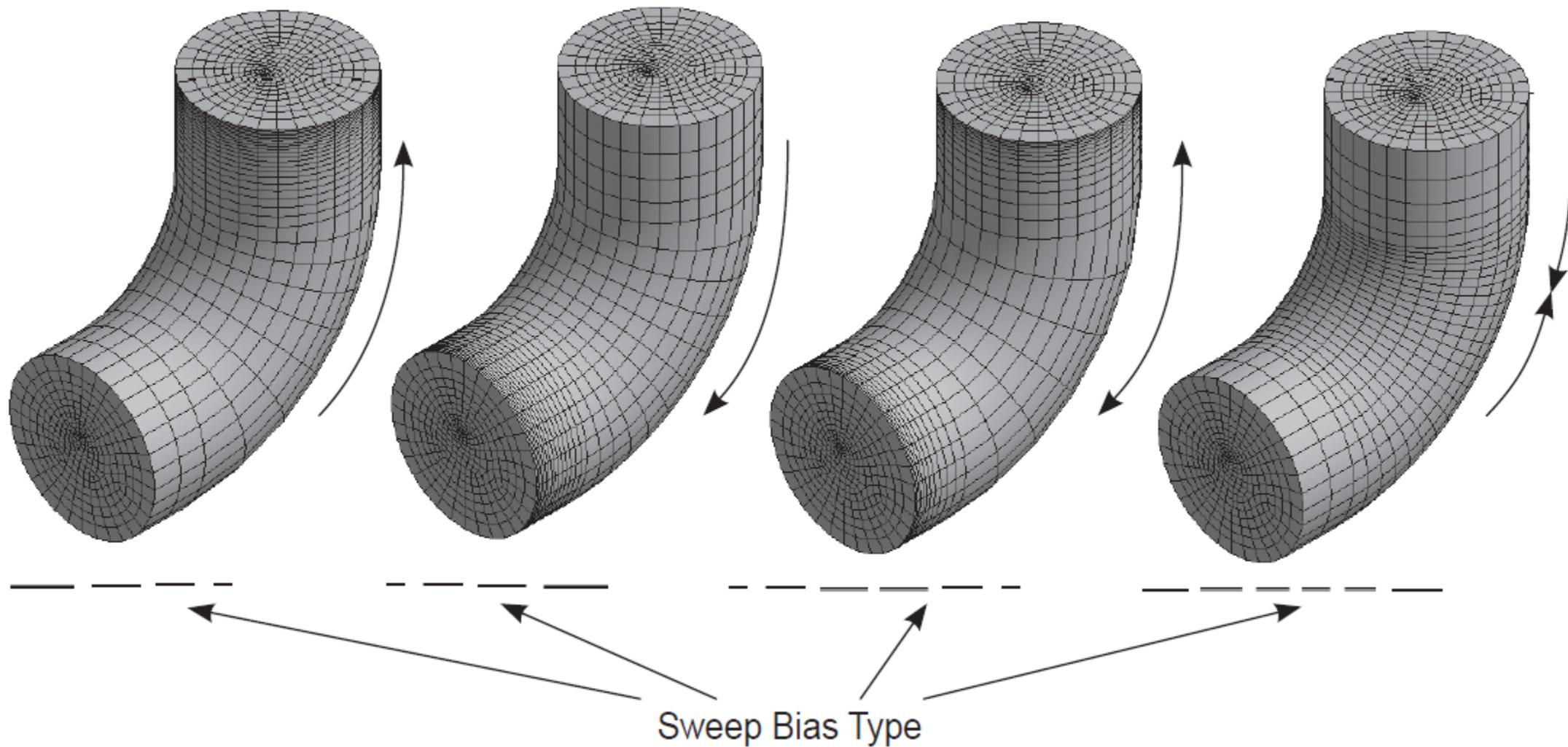
*a) Quadrilateral Dominant (All Quad);
б) MultiZone Quad/Tri (All Quad)*

Геометрическая модель (а) и сетка, построенная с помощью методов **Patch Conforming** (б) и **Patch Independent** с учетом опции **Defeaturing Tolerance** (в)

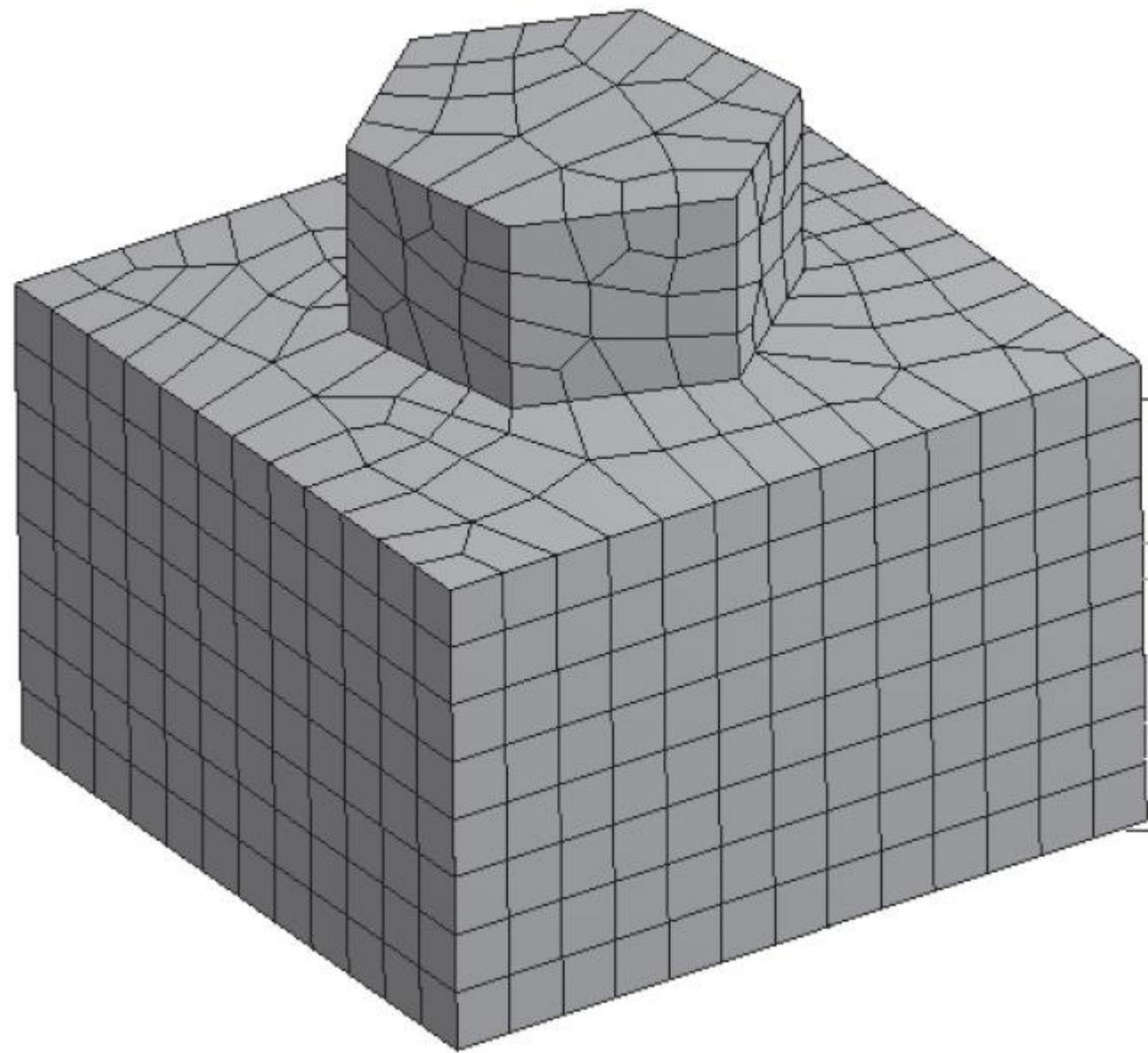




- *Пример построения сетки на основе гексаэдров с помощью метода **Sweep***



- *Типы сгущения сеточных элементов по толщине протягивания*
Sweep Bias Type



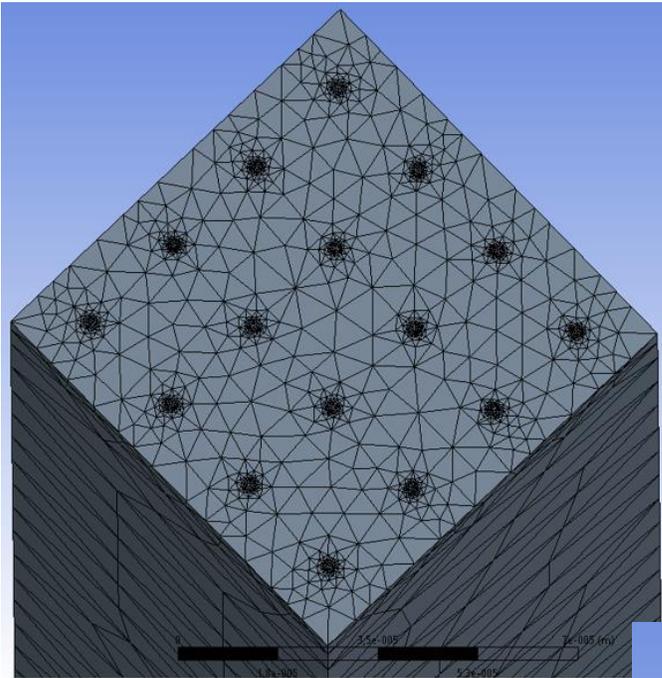
Создание вычислительной сетки.

Вычислительная сетка создается на всей расчетной модели. В плоском случае вычислительная сетка может быть треугольной или четырехугольной.

Пространственная сетка – тетраэдрическая или гексаэдрическая. Чем качественнее построена вычислительная сетка, тем точнее и качественнее результат расчета.

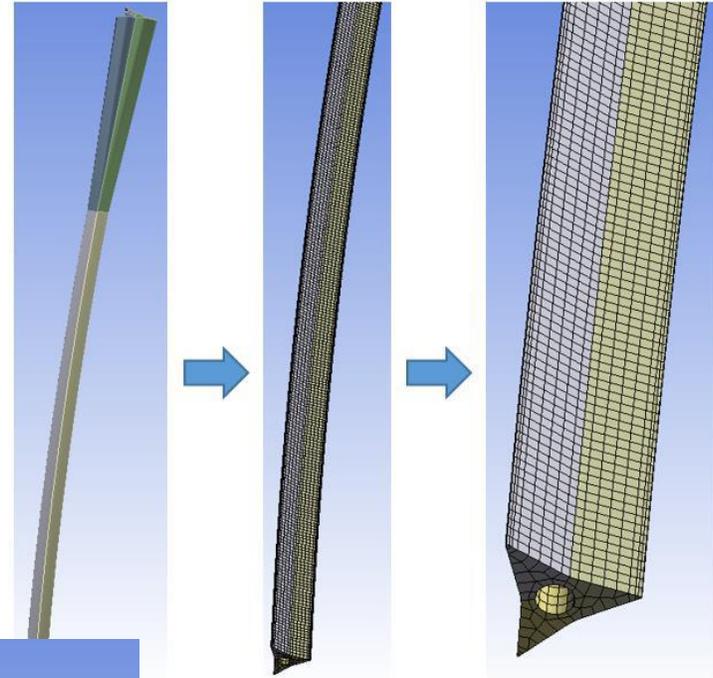
Если множество узлов сетки упорядочено, то такая сетка называется структурированной или регулярной. Регулярные сетки требуют более длительного этапа подготовки геометрической модели и времени на создание сетки. При этом регулярные сетки обычно дают более качественные результаты. Более того, регулярная гексаэдрическая сетка содержит меньшее количество элементов и узлов, чем аналогичная тетраэдрическая сетка.

Вычислительная сетка при необходимости может быть измельчена в нужных областях или участках для повышения точности расчета, учета особенностей геометрии или физики задачи.

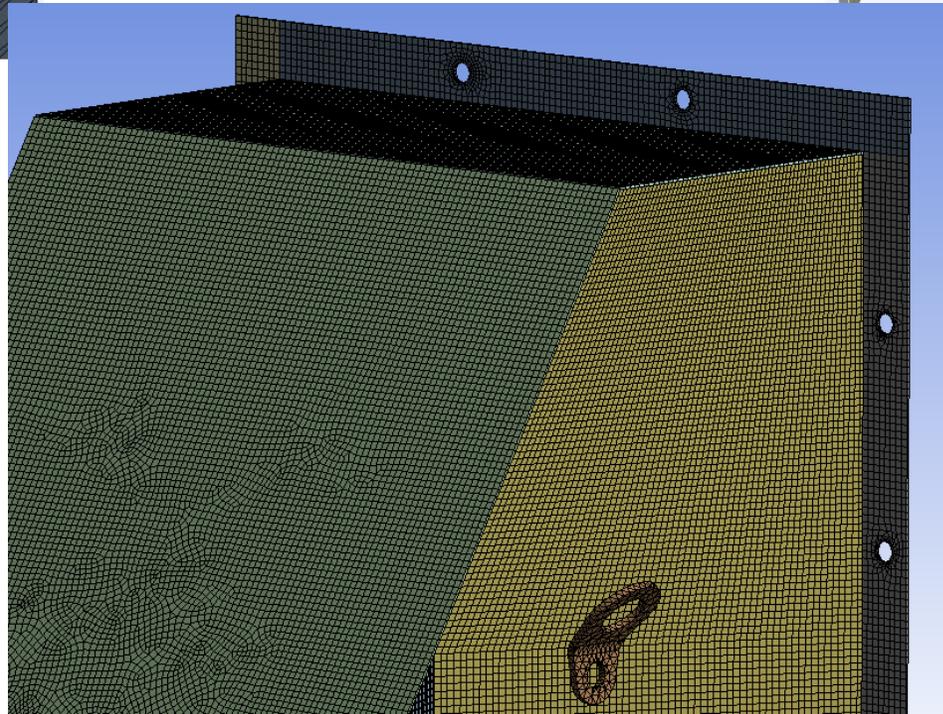


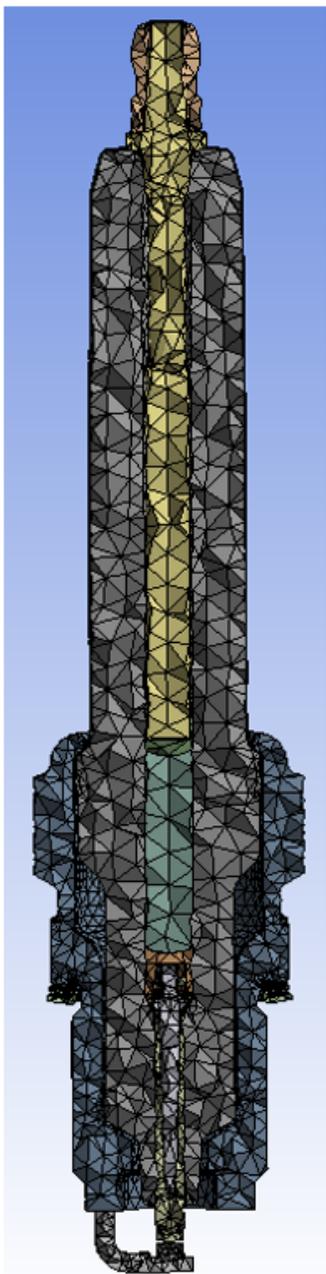
Тетраэдрическая сетка со сгущениями

Гексаэдрическая сетка на оболочечной модели вентиляционного патрубка



Регулярная Гексаэдрическая сетка на модели интрамедуллярного стержня

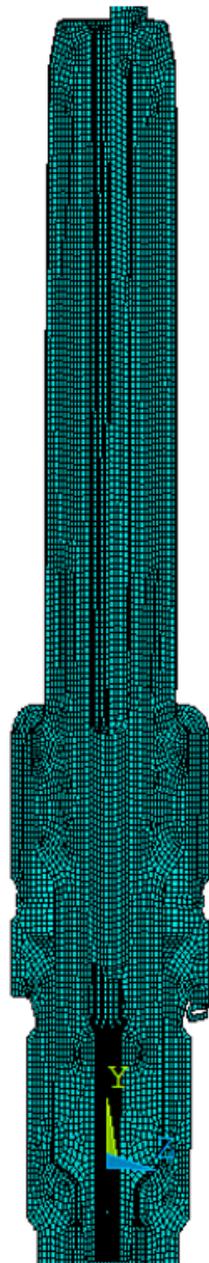
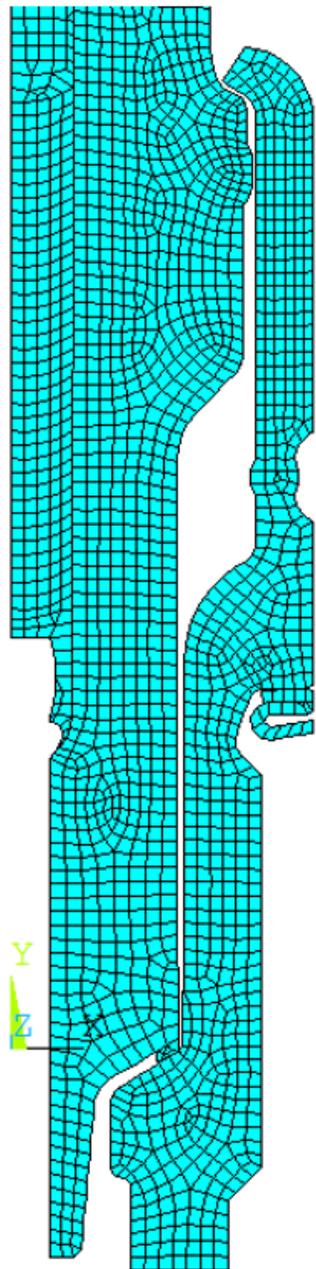




Default tetrahedral mesh



Swept hexahedral mesh (plane 2D and 3D)



Виды вычислительных сеток
(слева-направо: тетраэдрическая
с настройками
«по умолчанию»,
плоская четырехугольная и
объемная гексаэдрическая сетки)

