

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Лешихина И. Е.

Пирогова М.А.

Сборник лабораторных работ

по курсу

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, часть 2

Лабораторная работа №4. Способы создания трехмерных поверхностных моделей в системе AutoCAD. Пользовательская и мировая системы координат. Способы построения стандартных сетевых примитивов – базовых поверхностных моделей в AutoCAD

Цель лабораторной работы

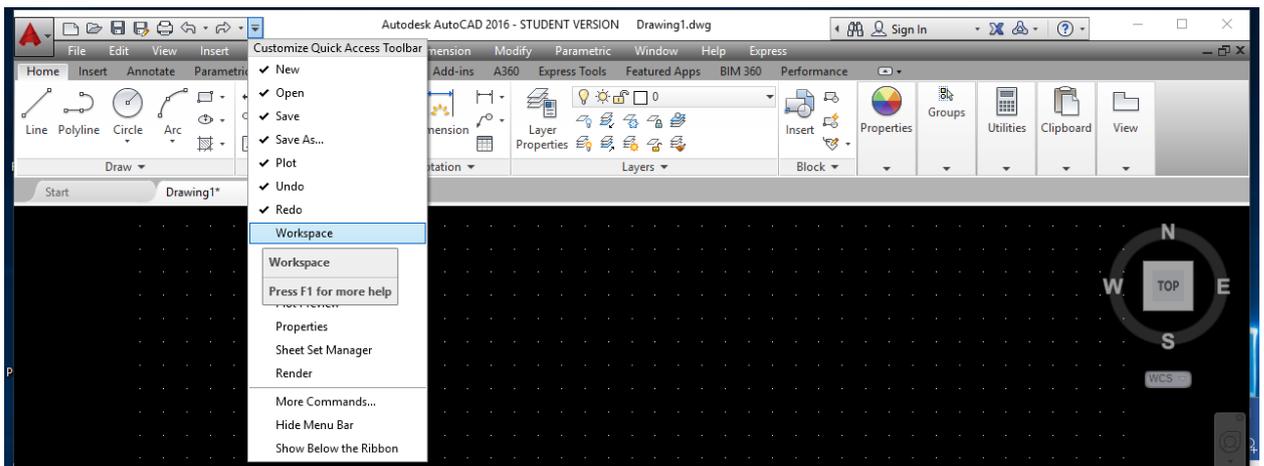
Целью лабораторной работы является освоение команд **AutoCAD**, которые используются при создании трехмерных моделей, как поверхностных, так и твердотельных (проецирование, пользовательская и мировая система координат); изучение способов создания поверхностных моделей в **AutoCAD** на основе стандартных сетевых примитивов – **Meshes**.

I. Пояснение к заданию

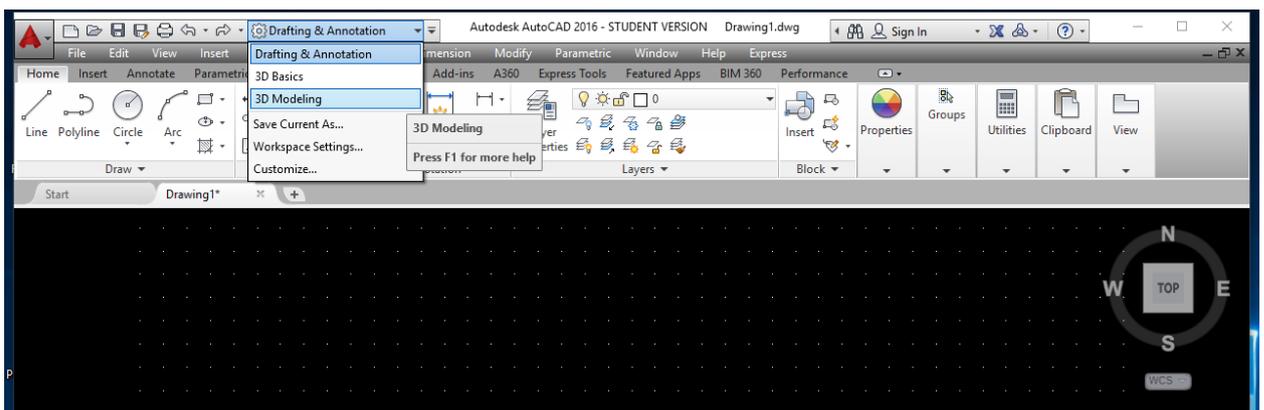
Геометрическая модель (ГМ) объекта проектирования – это основное понятие в системах автоматизации проектирования (САПР). Основной способ классификации *трехмерных моделей* – по информационной насыщенности. По этому принципу трехмерные модели разделяются на *поверхностные и твердотельные*.

1. Для работы с командами трехмерного моделирования в **AutoCAD** старших версий существует много возможностей. В данной лабораторной работе будем максимально использовать инструменты ленты.

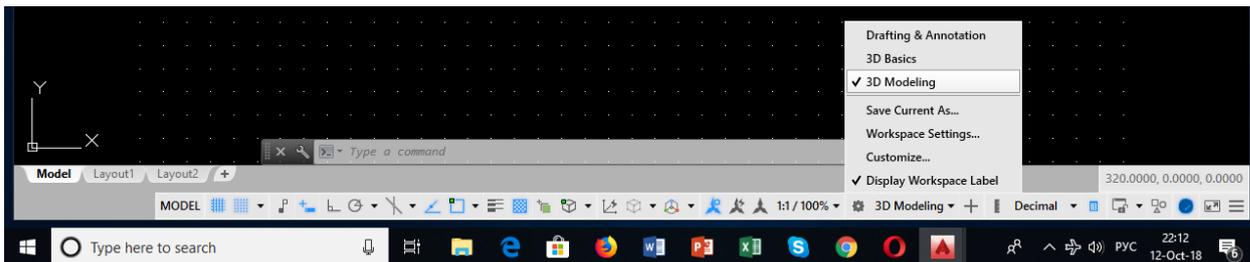
В первую очередь необходимо вывести на панели инструментов поле **Workspace**, что возможно с использованием кнопки быстрого доступа:



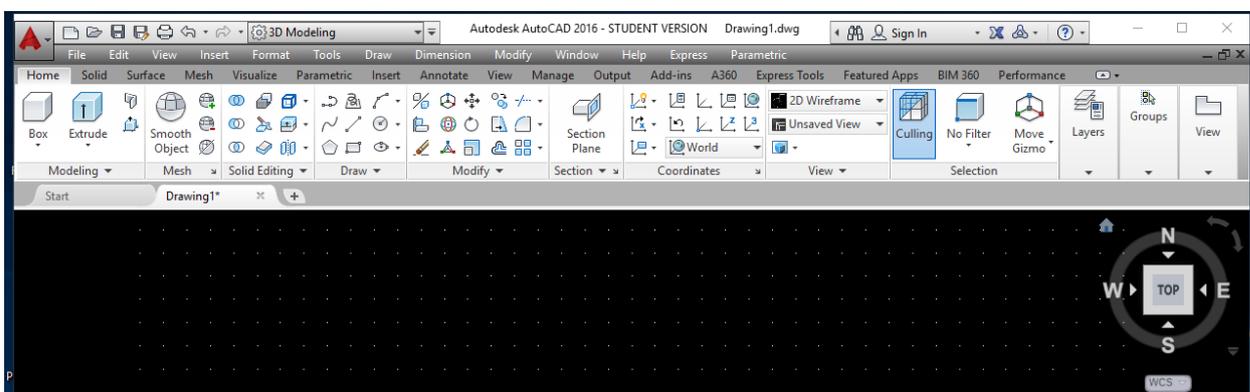
В результате у вас появится возможность быстро переходить из одного рабочего пространства (**Workspace**) в другое. Для данной ЛР выбираем **Workspace 3D Modeling**:



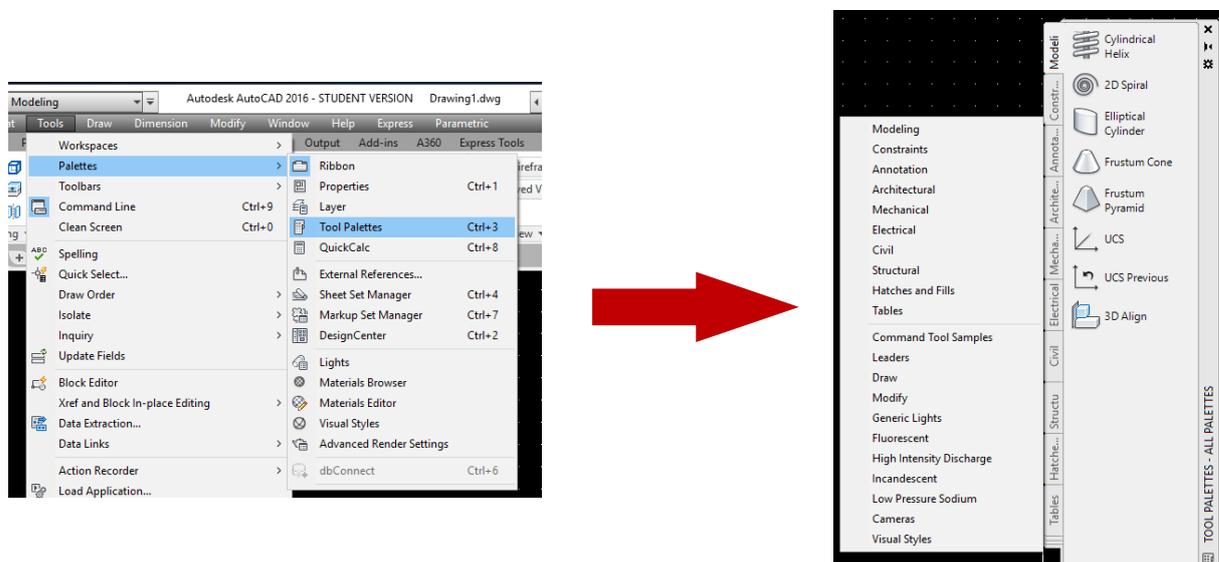
Кроме того, переход из одного **Workspace** в другое может быть осуществлен из переключателя, который находится в строке состояния в нижней части экрана:



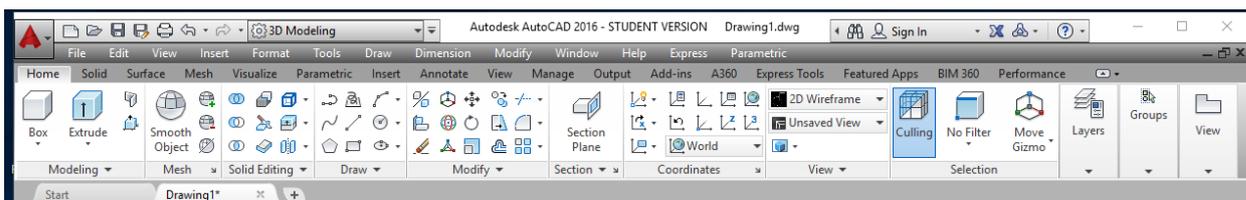
В результате лента с основными инструментами для трехмерного моделирования и манипулирования объемными объектами будет выглядеть следующим образом:



Обратите внимание – строку падающего меню, вызываемую с помощью кнопки быстрого доступа, рекомендуется оставить в зоне меню системы, т.к. она поможет вам на первых этапах освоения ленточного меню. Кроме того, из группы команд падающего меню под названием **Tools** могут быть вызваны т.н. немодальные окна, включая отлично зарекомендовавшее себя в младших версиях **AutoCAD** окно **Tool Palettes**, позволяющее вызывать самые различные палитры команд для использования их в процессе выполнения проекта по созданию трехмерных моделей:



2. Остановимся подробнее на группах инструментов ленты в рабочем пространстве **3D Modeling**. Вкладки этой ленты приведены на рисунке ниже.

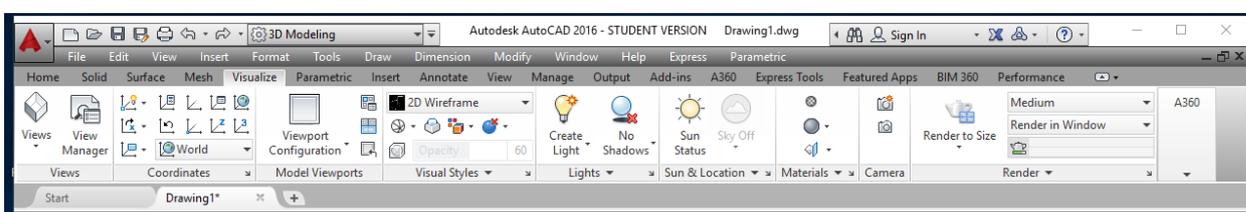


В рамках данного лабораторного практикума следует прежде всего отметить вкладки, на которых сгруппированы инструменты (команды) трехмерного моделирования: **Solid** (твердые тела), **Mesh** (сети, полигональные и гладкие → т.н. базовые поверхности, а также поверхности, построенные по кинематическому принципу), **Surface** (процедурные и **NURBS**-поверхности). Развернутая по последнему рисунку лента вкладки **Home** содержит некоторые общие инструменты, необходимые или чаще других используемые при построении твердых тел и поверхностей (**Modeling, Mesh**), их редактировании, выборе и манипулировании ими (**Solid Editing, Selection**), а также необходимые и при трехмерных построениях, уже известные вам, команды двумерного вычерчивания графических примитивов и их редактирования, включая копирование/перемещение трехмерных объектов (**Draw, Modify**), управления слоями и группами (**Layers, Group**). Здесь вы можете еще раз убедиться в том, что в старших версиях системы **AutoCAD** пользователь имеет возможность получить требуемые ему при построениях инструменты из разных источников, а разработчики постарались обеспечить его необходимым набором этих инструментов на каждом этапе выполнения проекта.

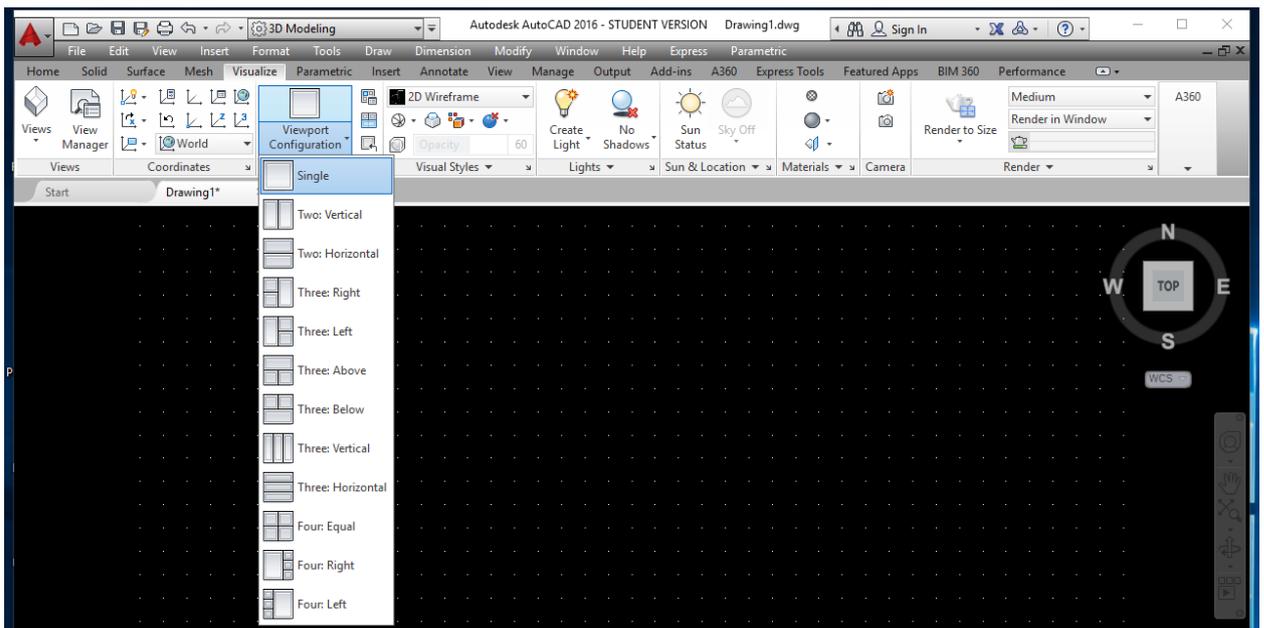
Прежде чем начать рассматривать панели и инструменты вкладок, предназначенных для построения поверхностей и твердых тел, рассмотрим очень важный вопрос, связанный с возможностями удобного представления трехмерных образов проектируемых моделей на плоском экране.

В процессе создания трехмерных моделей необходимо их эффективно визуализировать (например, с эффектом удаления невидимых граней или ребер) и менять их видовое представление. Для этого используются команды проецирования (параллельные и центральные проекции), команды настройки видовых экранов, команды настройки визуальных стилей. Все эти команды могут быть вызваны пользователем из разных панелей вкладок ленты рабочего пространства **3D Modeling**, групп меню и панелей быстрого доступа. Кроме того, эти же инструменты могут быть получены из традиционного падающего меню, из группы команд **View**. Остановимся подробнее на соответствующих инструментах ленты.

3. Настройка видовых экранов происходит с использованием панелей вкладки **Visualize**:



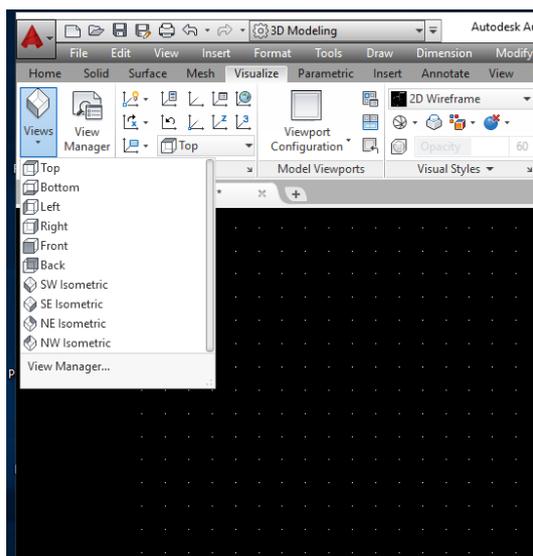
Число видовых экранов можно выбрать из подменю **Viewports Configuration**.



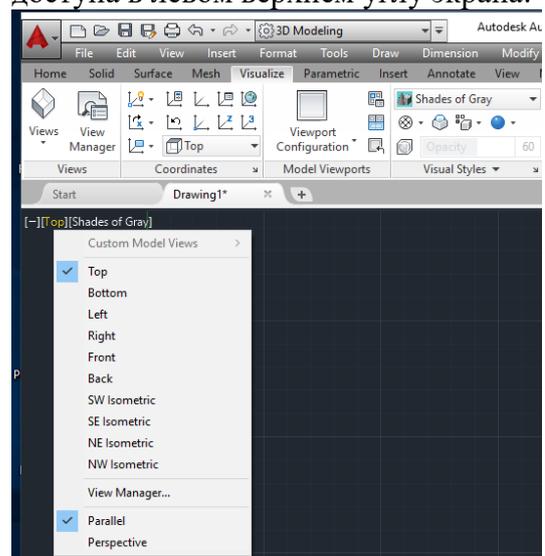
4. Управлять отображением вида проектируемой модели, а самое главное - изометрическими проекциями трехмерных моделей, в видовом экране можно из панели **Views**.

Для многих анализировать трехмерные построения гораздо удобнее в изометрических видах параллельной проекции, чем в нескольких видовых экранах. В любом изометрическом виде модификации примитивов хорошо заметны. Поэтому в меню **AutoCAD**'а есть несколько возможностей для выбора изометрической проекции:

Управление видом из панели **Views**:



Управление видом из меню быстрого доступа в левом верхнем углу экрана:

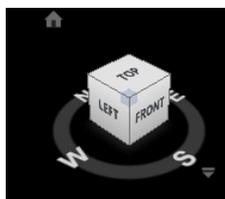


Кроме того, в старших версиях **AutoCAD**'а, также, как и в других САПР, появился т.н. видовой куб. **ViewCube** (Видовой куб) – это инструмент навигации, который отображается при работе в двумерном (2D) пространстве модели или при действующем трехмерном (3D) визуальном стиле. С помощью этого инструмента можно переключаться

между стандартными и изометрическими видами. При вызове **ViewCube** отображается в одном из углов в области рисования над моделью в неактивном состоянии. Неактивный **ViewCube** дает визуальное представление о текущей точке зрения модели в соответствии с изменениями вида. При наведении курсора на **ViewCube** этот инструмент становится активным. **ViewCube** можно перетащить или щелкнуть, переключиться на один из доступных стандартных видов, наклонить текущий вид или перейти к исходному виду модели.



Ребро



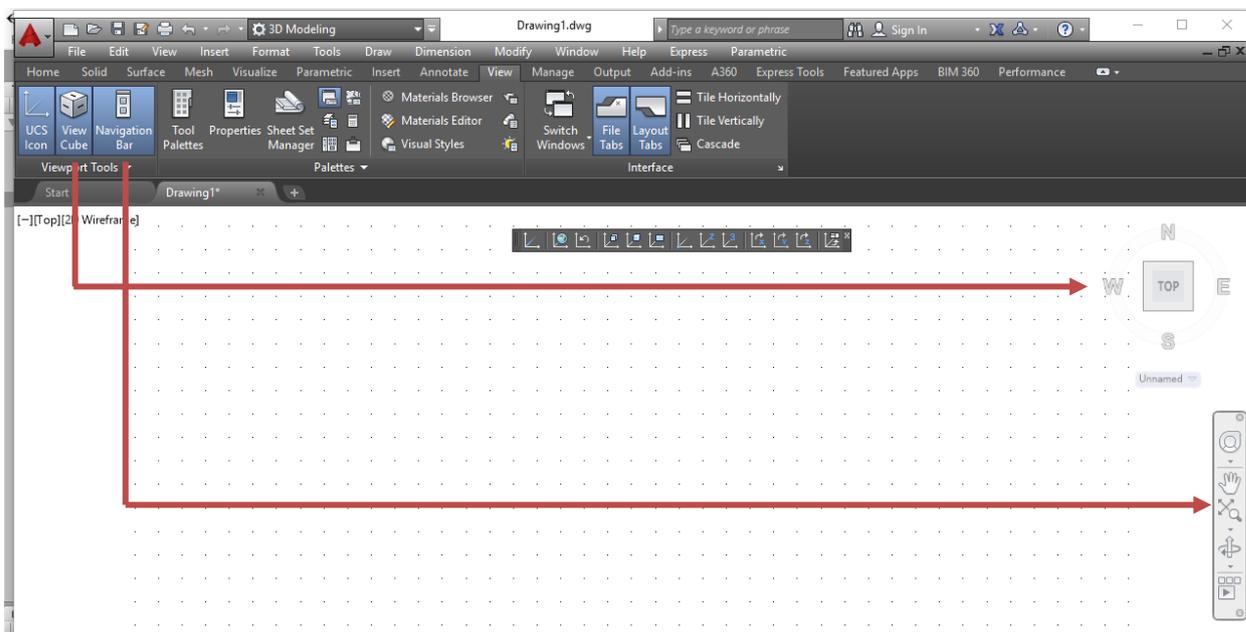
Вершина



Грань

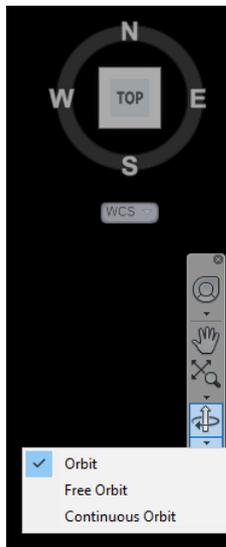
Под инструментом **ViewCube** (Видовой куб) отображается компас, который указывает направление на север, определенное в модели. Можно кликнуть букву направления главного румба на компасе для поворота модели, либо кликнуть и перетащить кольцо компаса для интерактивного поворота модели вокруг точки вращения.

Видовой куб и еще одна панель для навигации по проектируемой модели – **Navigation Bar**, которая располагается в правой части экрана под видовым кубом (в ее состав входят т.н. штурвал – **Navigation Wheel, Zoom, Pan** и **Orbit**), управляются из вкладки **View**:



Обратите внимание, что в данной вкладке присутствуют известные вам **Properties** и **Tool Palettes**.

- Удобным способом наблюдения за поведением трехмерной модели в результате проецирования является **орбитальный режим**, которому соответствует инструмент **Orbit** упомянутого **Navigation Bar**.



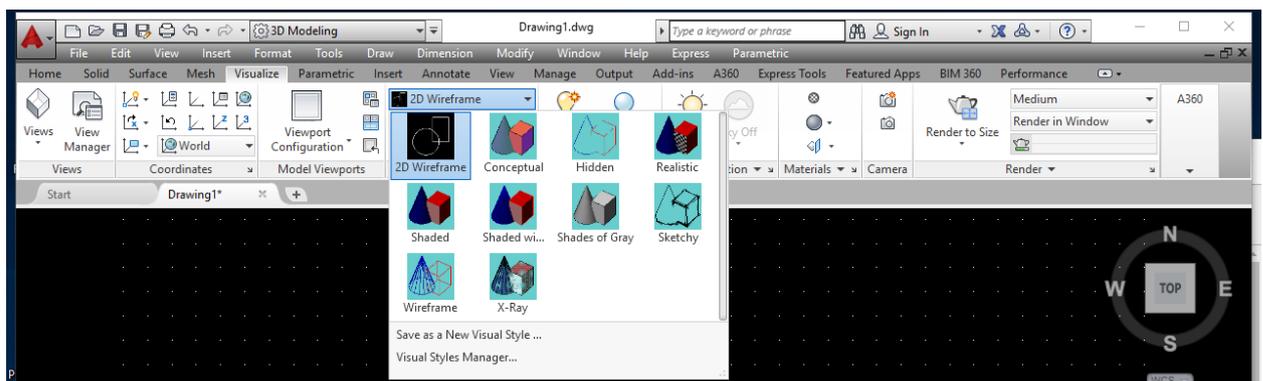
3D орбита. Перемещение вокруг цели. Цель на изображении остается неподвижной, тогда как камера (точка обзора) перемещается. Точка цели временно отображается в виде небольшого темного шара. Способ определения местоположения точки цели задается системной переменной **ORBITAUTOTARGET**.

Ограниченная орбита. Ограниченная 3D орбита в плоскости **XY** или вокруг оси **Z**.

Свободная орбита. Движение по кругу в любом направлении без привязки к плоскости. Точка зрения не ограничена плоскостью **XY** или осью **Z**.

Непрерывная орбита Непрерывное движение по кругу. Направление задает пользователь.

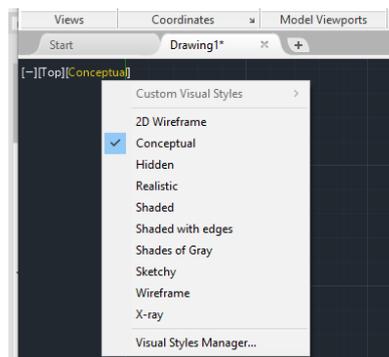
6. В AutoCAD для раскрашивания и подсветки моделей используются визуальные стили. По сути, они управляют отображением ребер, освещения и теней. В старших версиях AutoCAD'а используются следующие визуальные стили (вызываются из панели **Visual Styles** вкладки **Visualize**):



- **2D Wireframe (2D каркас).** Объекты отображаются в виде отрезков и кривых, являющихся представлением контуров.
- **Conceptual (Концептуальный).** Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами.
- **Hidden (Скрытие линий).** Объекты отображаются в каркасном представлении; отрезки, изображающие задние грани, не видны.
- **Realistic (Реалистичный).** Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами и с учетом материалов.
- **Shaded (Тонированный).** Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами.
- **Shaded with edges (Тонированный с ребрами).** Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами, с видимыми ребрами.
- **Shades of gray (Оттенки серого).** Объекты отображаются с использованием тонирования оттенками одного цвета (серого) с плавными переходами.
- **Sketchy (Эскизный).** Объекты отображаются с эффектом рисования от руки с учетом модификаторов ребер "Удлинение линий" и "Дрожание".

- **Wireframe (Каркас).** Объекты отображаются в виде отрезков и кривых, являющихся представлением контуров.
- **X-Ray (Просвечивание).** Объекты отображаются частично прозрачными.

Очень удобно выбирать и менять визуальные стили из меню быстрого доступа в левом верхнем углу экрана.

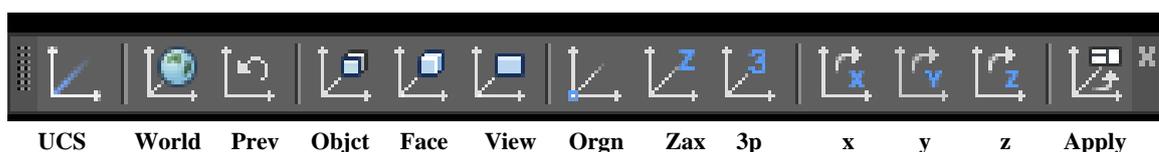


7. В AutoCAD описание геометрических объектов происходит в глобальной декартовой системе координат, называемой Мировой системой координат – **WCS (World Coordinate System)**. Эта система является текущей. В ней бывает сложно создавать трехмерные модели.

Для упрощения процесса создания и редактирования трехмерных моделей, как твердотельных, так и поверхностных, используются пользовательские системы координат – **UCS (User Coordinate System)**. Если **WCS** – всегда единственная, **UCS** может быть много.

Для выбора того или иного способа создания **UCS** удобно пользоваться соответствующей панелью инструментов, которую можно выбрать из строки падающих меню:

группа команд **Tools**→**Toolbars**→**AutoCAD**→**UCS**:

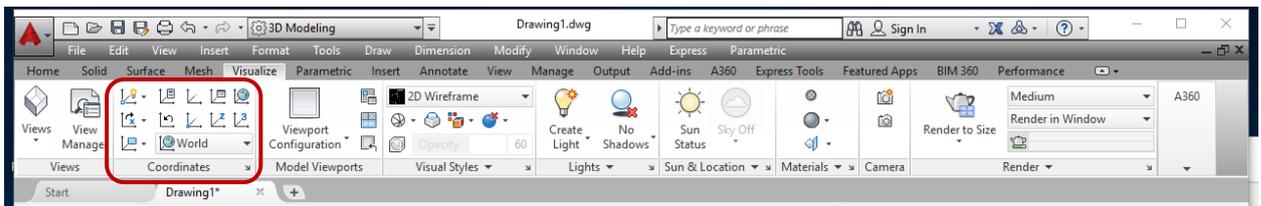


Перечислим команды **UCS** в последовательности, соответствующей приведенной панели инструментов:

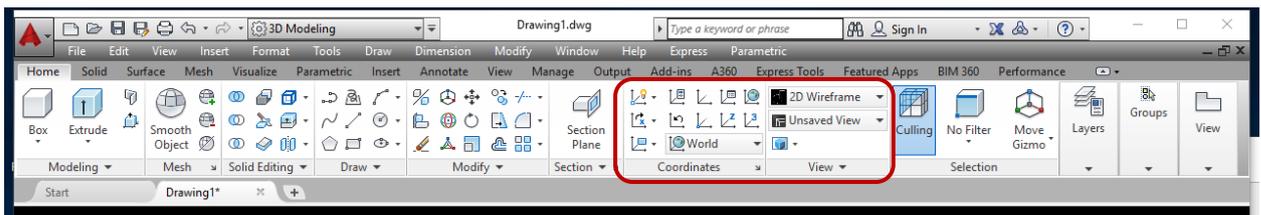
- **World** – установка **WCS**.
- **Prev** – восстановление предыдущей **UCS**.
- **Object** – создание новой **UCS** по плоскости двумерного объекта; началом координат этой **UCS** является первая характерная точка объекта (может быть определена с помощью объектной привязки (**Osnap**)); для определения направления оси X используется вторая характерная точка объекта.
- **Face** – создание новой **UCS** по плоскости трехмерной грани, грань может принадлежать ранее созданному телу.
- **View** – создание новой **UCS** потом поворота вокруг начальной точки текущей **UCS**; установка **UCS** в пространстве параллельно плоскости текущего вида.

- **Origin** – определение новой UCS путем задания новой точки начала координат; координаты могут быть заданы путем ввода их значений в командной строке или с помощью привязки к имеющимся в сцене объектам.
- **Zaxis** – новая UCS определяется не только новым началом координат, но и новым положительным направлением оси Z.
- **Zpoint** – новая UCS задается тремя точками: первая определяет начало координат; вторая – положительное направление оси X; третья положительное направление оси Y.
- **X** – создание UCS путем поворота текущей UCS относительно оси X на заданный угол.
- **Y** – аналогично X, только поворот относительно оси Y.
- **Z** – поворот относительно оси Z.
- **Apply** – установка для всех видовых экранов.

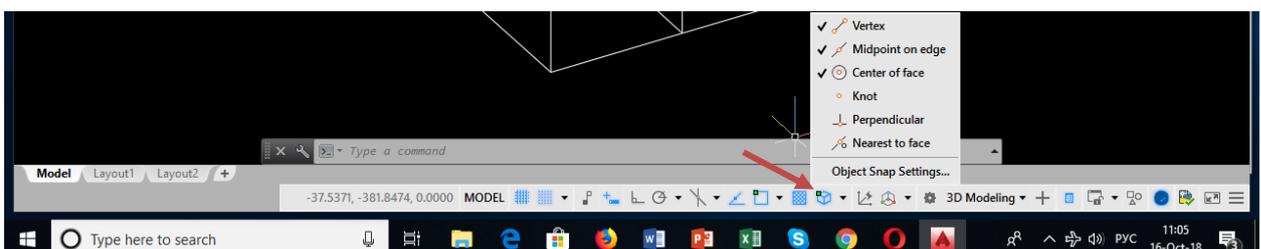
В ленточном меню для смены UCS удобно использовать панель **Coordinates** вкладки **Visualize**:



Обратите внимание, что режимы: **Views**, **Coordinates** и **Visual Styles** доступны для управления и выбора соответствующих инструментов из вкладки **Home** ленты **3D Modeling**:



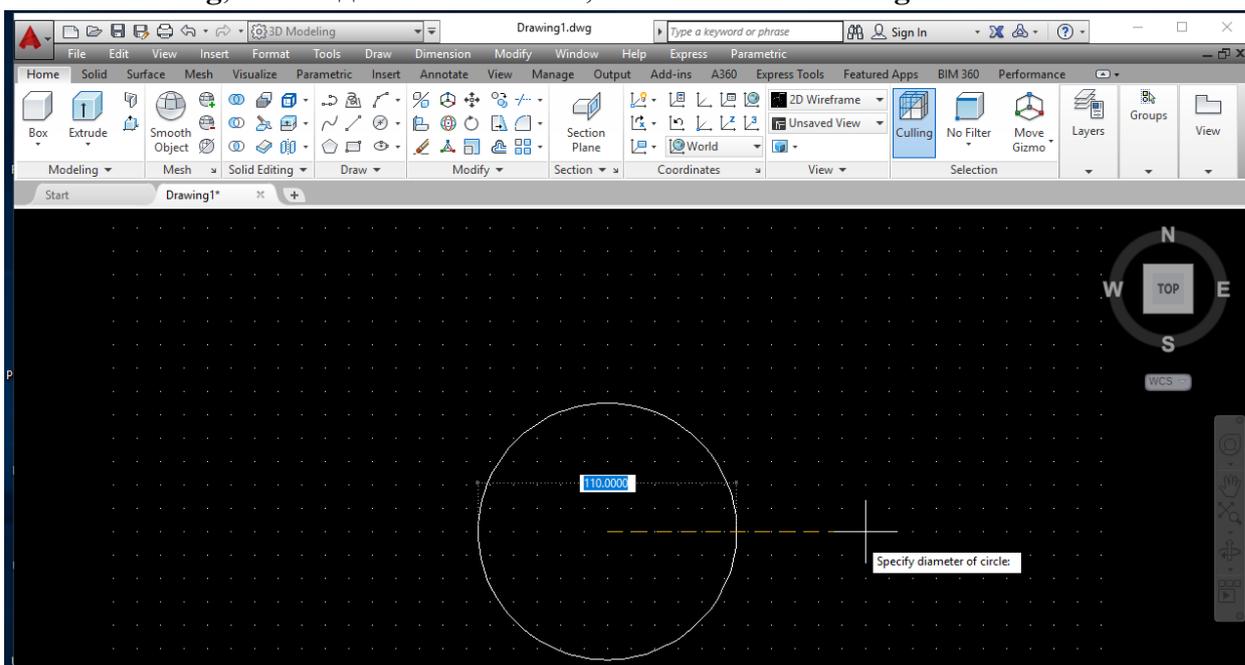
При использовании команд установки пользовательской системы координат (**Coordinates** → **UCS** или из панели **UCS**, вызванной из падающего меню **Tools**) не забудьте включить трехмерные привязки **3D Object Snap** в статусной строке:



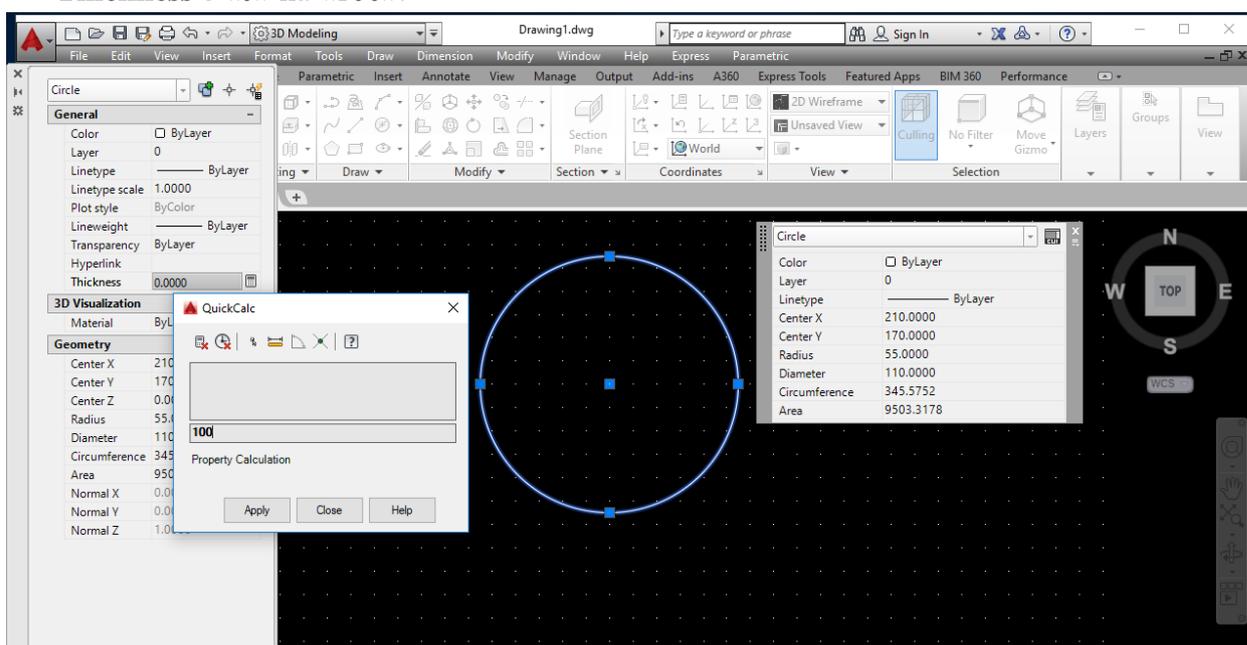
II. Создание трехмерных поверхностных моделей средствами старших версий AutoCAD.

1. Прежде чем переходить к командам создания поверхностных моделей в системе AutoCAD, рассмотрим перечисленные выше приемы и инструменты визуализации и видового представления трехмерных моделей в процессе проектирования. Сделать это можно на примере простейших трехмерных моделей, псевдо-трехмерных, можно сказать, которые можно получить путем изменения **3D** - высоты двумерного объекта (переменная **Thickness**), в немодальном окне **Properties**. Таким образом, например, окружность может быть превращена в «цилиндр», хотя по сути **Circle** останется **2D**-объектом. Построим, используя этот прием, два пересекающихся цилиндра, последовательно применяя по ходу построения изменение положения **UCS** и меняя визуальные стили (**Visual Styles**):

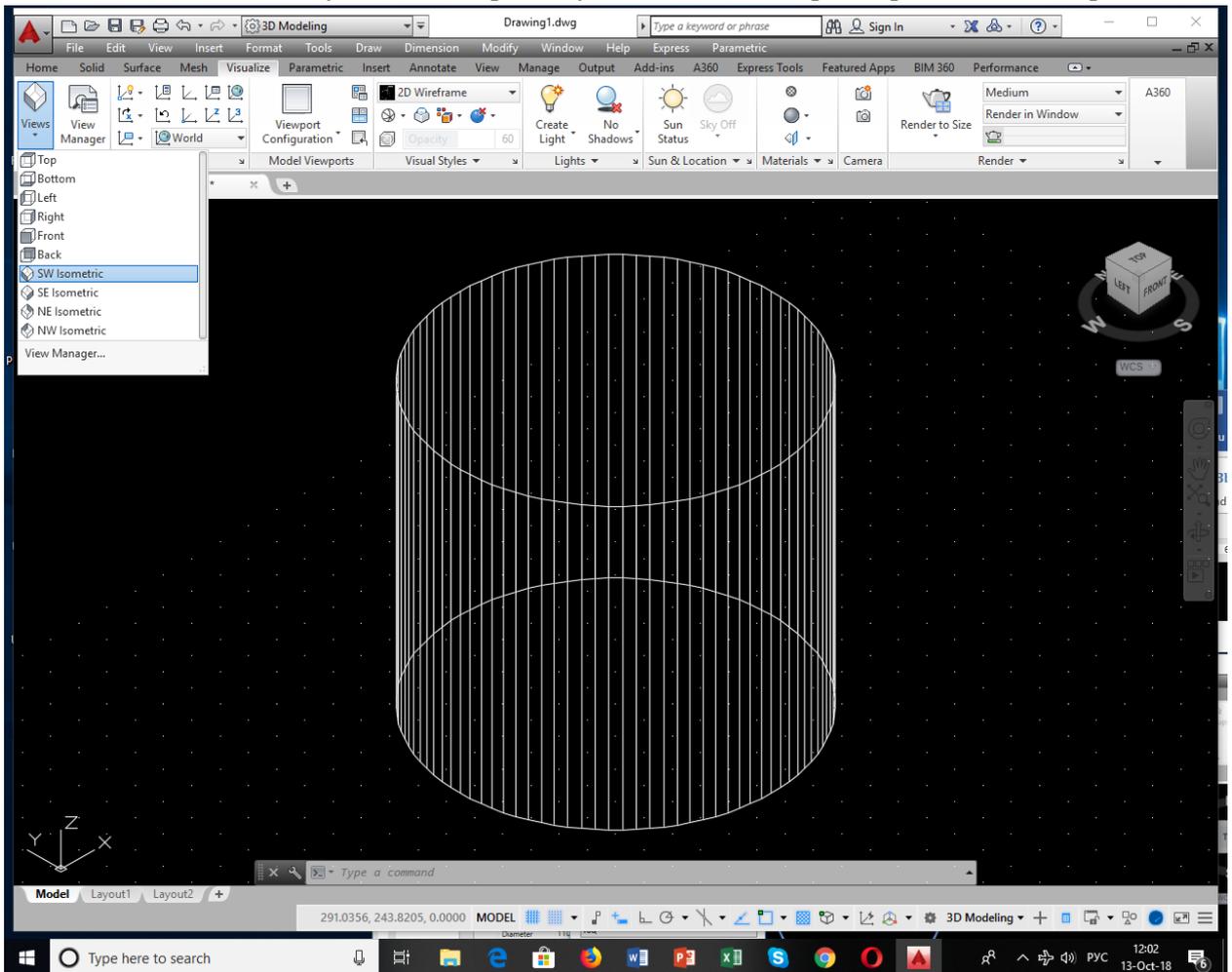
- Построение окружности. Обратите внимание – построение производится в **Workspace 3D Modeling**, во вкладке ленты - **Home**, в ее панели – **Drawing**.



- В немодальном окне **Properties** для выбранного элемента – **Circle** – изменим значение **Thickness** с «0» на «100».



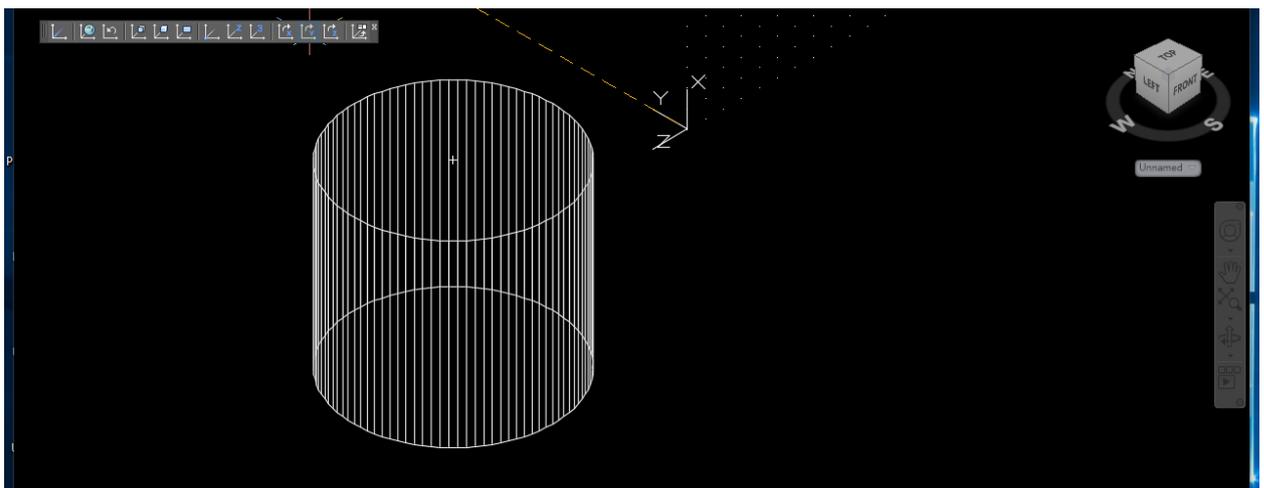
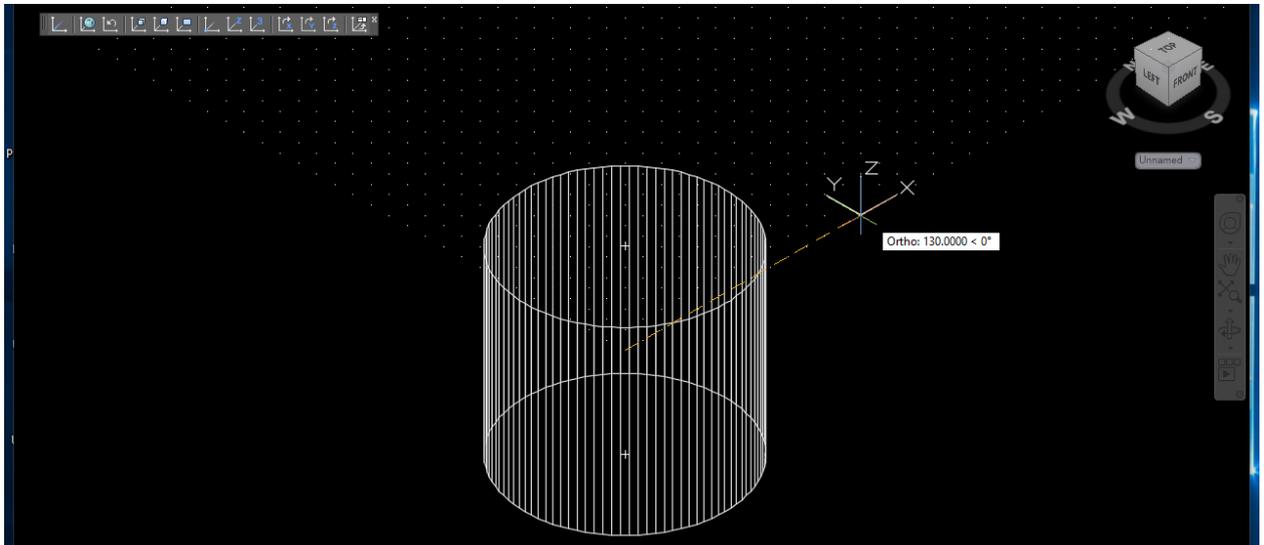
- Изменим стандартный вид **Top** (см. состояние видового куба) на изометрический вид **SW Isometrics** для лучшего обзора полученного псевдотрехмерного «цилиндра».



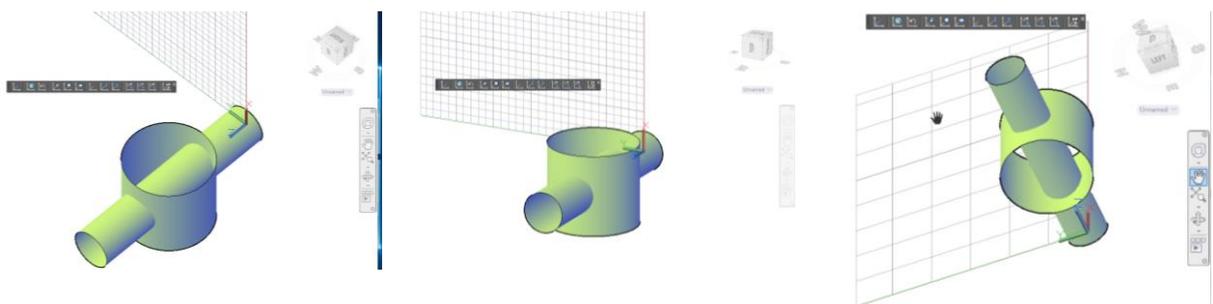
- Далее построим второй псевдоцилиндр под прямым углом пересекающий имеющийся по середине его высоты. Для этого изменим положение **UCS** – следующие шаги:



- Плоскость построения **XY** должна позволить осуществить необходимые построения: основание нового «цилиндра» - окружность диаметром 55 лежит в плоскости **XY**, а ее **3D**-высота (**Thickness**) формируется в направлении **Z**. Вызываем команду **UCS Origin** и помещаем ее сначала в центр нижнего основания псевдоцилиндра (привязки и отслеживание в «резиновом режиме» не дадут вам ошибиться), а затем, используя команды **UCS Origin** и **UCS Y** получаем требуемый результат:



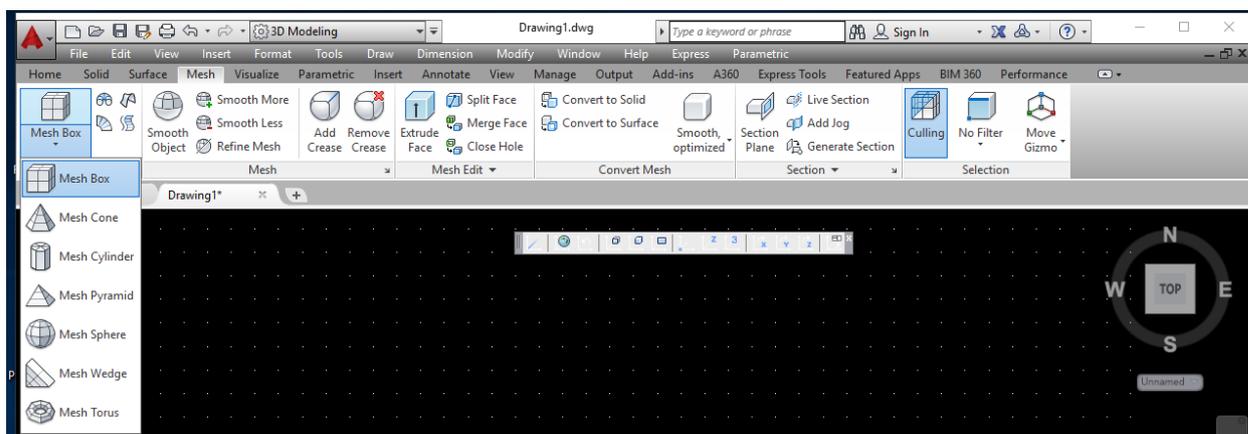
- Теперь в плоскости построения **XY** в новой **UCS** можно построить окружность диаметром 55, с **3D**-высотой 260 и получить визуализацию двух пересекающихся псевдоцилиндров. Используйте для лучшего представления различные визуальные стили и 3D-навигацию, например, с помощью инструмента **Orbit** описанного выше **Navigation Bar** в правой части экрана.



Следует помнить, что возможности таких объектов для реального проектирования и редактирования ограничены: нельзя точно рассчитать и получить линию пересечения таких объектов. Нельзя вырезать из них отдельные части, объединить с другими объектами, преобразовать в твердые тела и т.д. и т.п. Естественно, что в промышленных САПР, ориентированных на твердотельное моделирование и создание цифровых двойников сложных изделий, присутствует более или менее полный функционал создания и редактирования поверхностей и твердых тел.

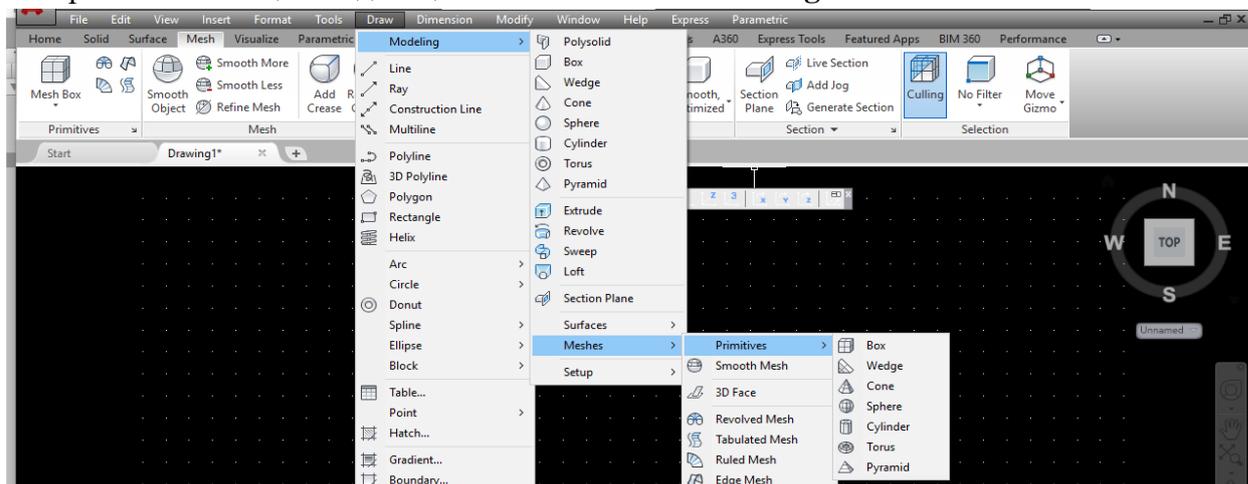
2. Перейдем к построению «настоящих» трехмерных моделей в системе AutoCAD.

Начнем с изучения команд построения поверхностей, в частности – т.н. базовых поверхностных примитивов и поверхностей перемещения или – поверхностей, построенных по кинематическому принципу, которые в системе сгруппированы в панели **Mesh** ленты **Workspace 3D Modeling**.



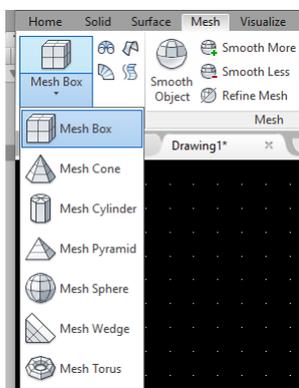
В системе AutoCAD существуют непрозрачные треугольные и четырехугольные объекты (грани) и «сложенные» из граней сети, которые фактически аппроксимируют проектируемые поверхности. Начиная с версии 2010 в AutoCAD появились объекты Mesh – это сети с изменяемой гладкостью (от 0 до 255), которые мы и будем рассматривать в данной ЛР. Эти новые сети не только выполняют все те же функции, что и сети младших версий (полигональные и многогранные, представленные примитивом Polyline), но еще имеют мощный аппарат редактирования: изменения степени гладкости, дробления, уточнения, выдавливания граней, создания сгибов и т.д.

Кроме показанных выше команд построения сетей в ленте, грани и сети могут быть построены с помощью падающего меню: **Draw**→**Modeling**→**Meshe**:



В случае необходимости можно перейти от новых сетей – объектов **Mesh** с изменяемой гладкостью - к старым полигональным сетям (примитив **Polyline**), изменив значение системной переменной **Meshtype** с 1 (значение по умолчанию) на 0.

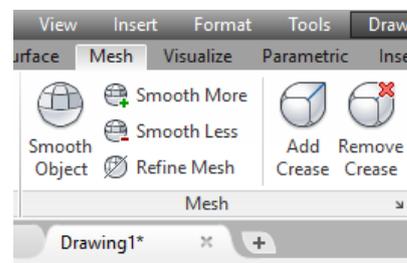
3. Остановимся подробнее на командах построения сетей. Все команды и необходимые настройки будем рассматривать в ленточном меню **Workspace 3D Modeling**. Команды создания сетей можно классифицировать следующим образом:



Создание сетевых примитивов. Создание стандартных форм — параллелепипедов, конусов, цилиндров, пирамид, шаров, клиньев и торов (**Mesh**).

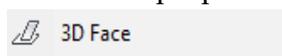


Создание сети на основе других объектов. Создание объектов-сетей соединения, сдвига, вращения или сетей, определяемых кромкой, контуры которых определяются другими объектами или точками (**Revolved Mesh, Tabulated Mesh, Ruled Mesh, Edge Mesh**).



Преобразование из объектов других типов. Преобразование существующих моделей тела или поверхности, включая составные модели, в объекты-сети (**Smooth Object**).

Кроме того, из линейки падающих меню, как было показано выше, можно вызвать команду построения трехмерной грани **3D Face**, которая строит треугольные или четырехугольные непрозрачные грани, вершины которых не обязаны лежать в одной плоскости

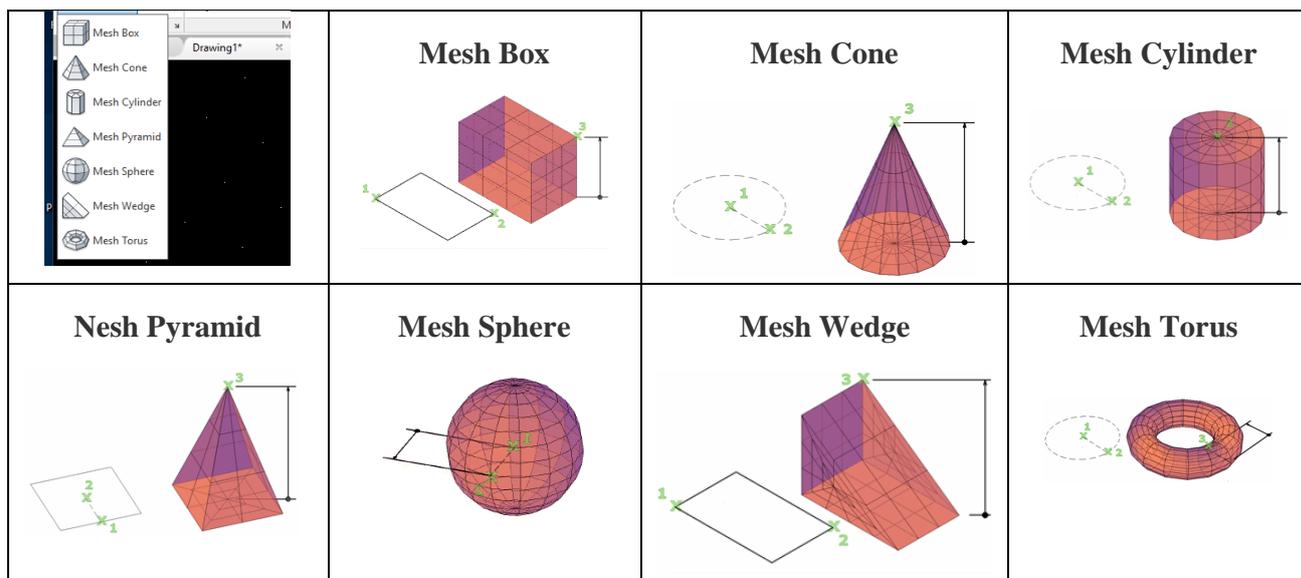


4. Рассмотрим команды построения сетевых примитивов и связанные с ними команды установки свойств сети до и после ее создания, сглаживания и уточнения построенных сетей. **Построение объектов-сетей, которые строятся по кинематическому принципу (**Revolved Mesh, Tabulated Mesh, Ruled Mesh, Edge Mesh**) и особенности их построения и редактирования будут рассмотрены в Лабораторной работе №5.**

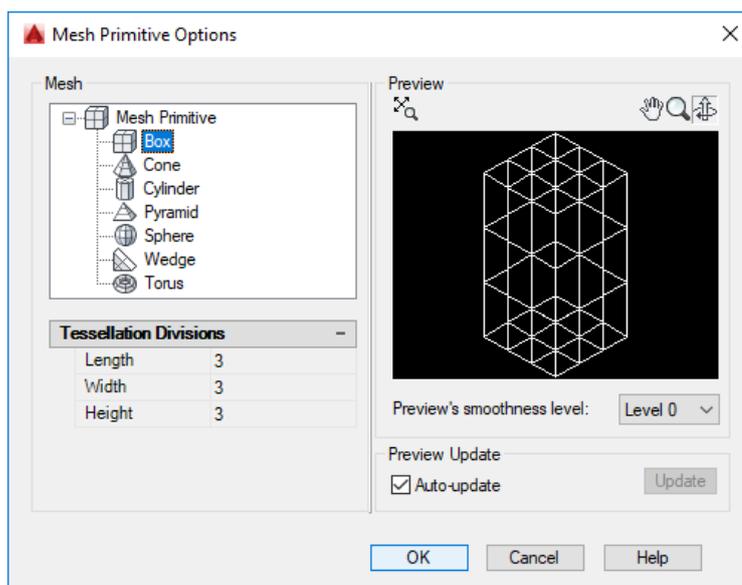
Как уже отмечалось, **сетевые примитивы**, или сети **стандартной формы**, строятся с использованием панели **Primitives** во вкладке **Mesh** ленты. Сетевые примитивы можно рассматривать как заготовки для построения сетей более сложной формы. А вообще говоря – любой сложной формы. Исходя из этого у разработчика реального проекта в САПР должна быть возможность настроить параметры построения таких заготовок, а также – отредактировать полученные заготовки в последующем процессе получения требуемой поверхности. Такие возможности реализованы в старших версиях **AutoCAD**.

Рассмотрим, как должен быть организован процесс построения сетей стандартной формы с использованием аппарата **Mesh**. Ниже приведены графические представления **моделей сетевых примитивов**, из которых понятно, какие значения запрашивает система и какие параметры могут быть установлены перед началом построения. Диалог каждой из команд достаточно прост и очевиден и может быть освоен студентами самостоятельно или с помощью встроенного **Help** в системе (клавиша **F1**).

Рекомендация – осуществлять построения оснований сетевых примитивов (окружности, прямоугольники), привязываясь к началу **UCS** (пользовательской системы координат).



Установить параметры тесселяции сетевого примитива и посмотреть, как он будет выглядеть после сглаживания, можно в диалоговом окне **Mesh Primitive Options** (Параметры сетевых примитивов), которое вызывается из панели **Primitives** по кнопке вызова диалоговых окон  :



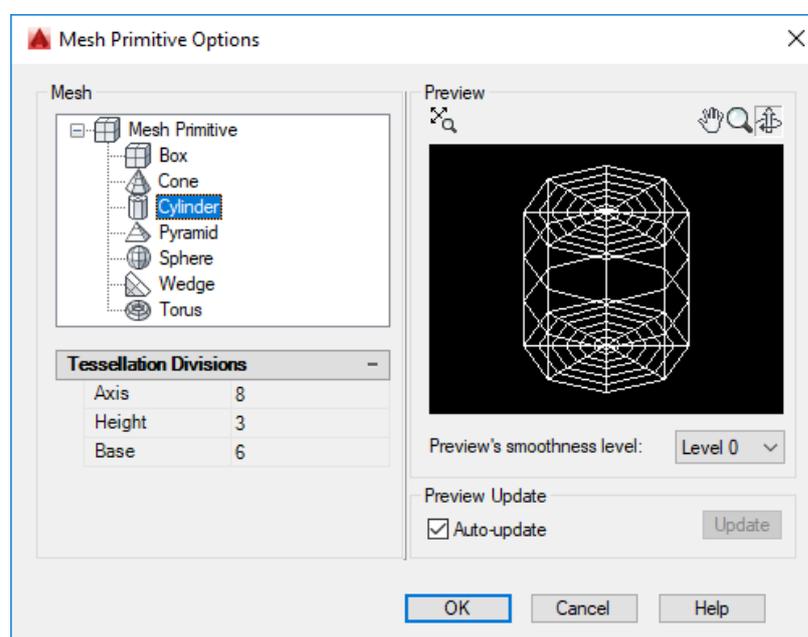
Эти параметры – **характеристики каждого из сетевых примитивов** – должны устанавливаться **ДО ВЫЧЕРЧИВАНИЯ** каждого из них.

К таким важным характеристикам, которые определяют внешний вид новых сетевых объектов-примитивов, относятся следующие:

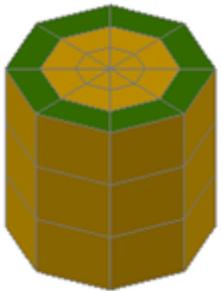
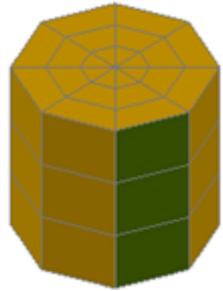
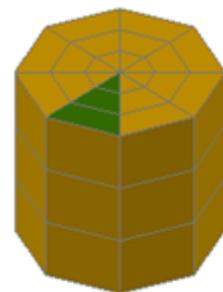
- **Tessellation Divisions - Участки для тесселяции**

Позволяет указать количество участков (делений) на каждой стороне **для каждого выбранного типа сетевого примитива**. Здесь при первом вхождении задана первоначальную плотность сети для каждого типа сети путем указания количества участков (делений - тессел) на сторону.

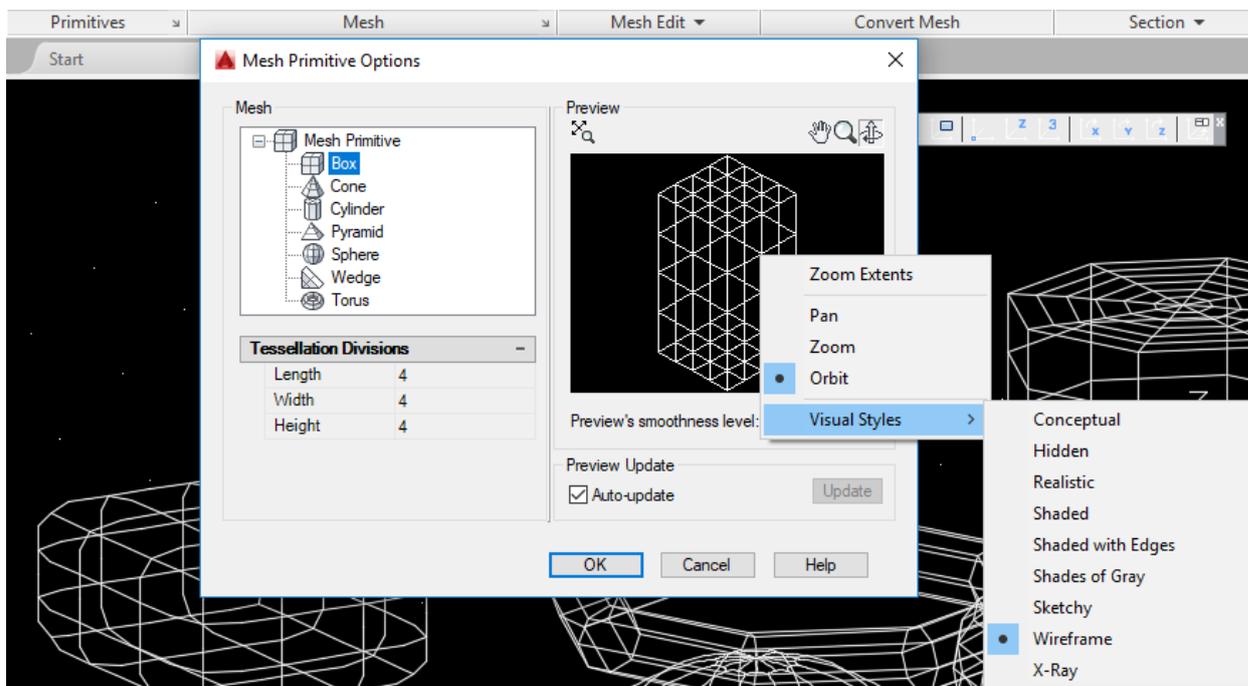
Чтобы изменить количество делений, т.е. изменить плотность сети для новых сетевых примитивов, **введите новое значение**. Например, для сетевого примитива **Cylinder** начальные установки числа делений по оси, высоте и основанию равны, соответственно, 8, 3 и 6. Результат будущего построения приведен в окне препросмотра:



Пояснения по диалогу при вводе новых значений количества тессел приведены ниже:

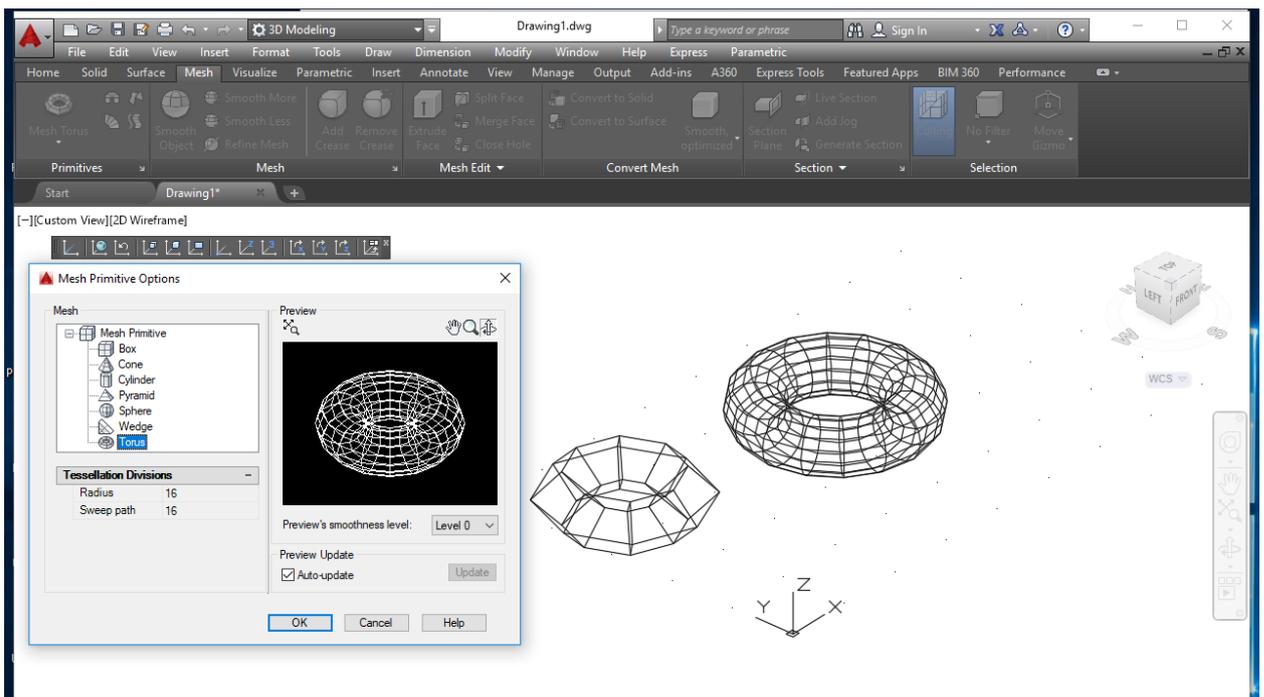
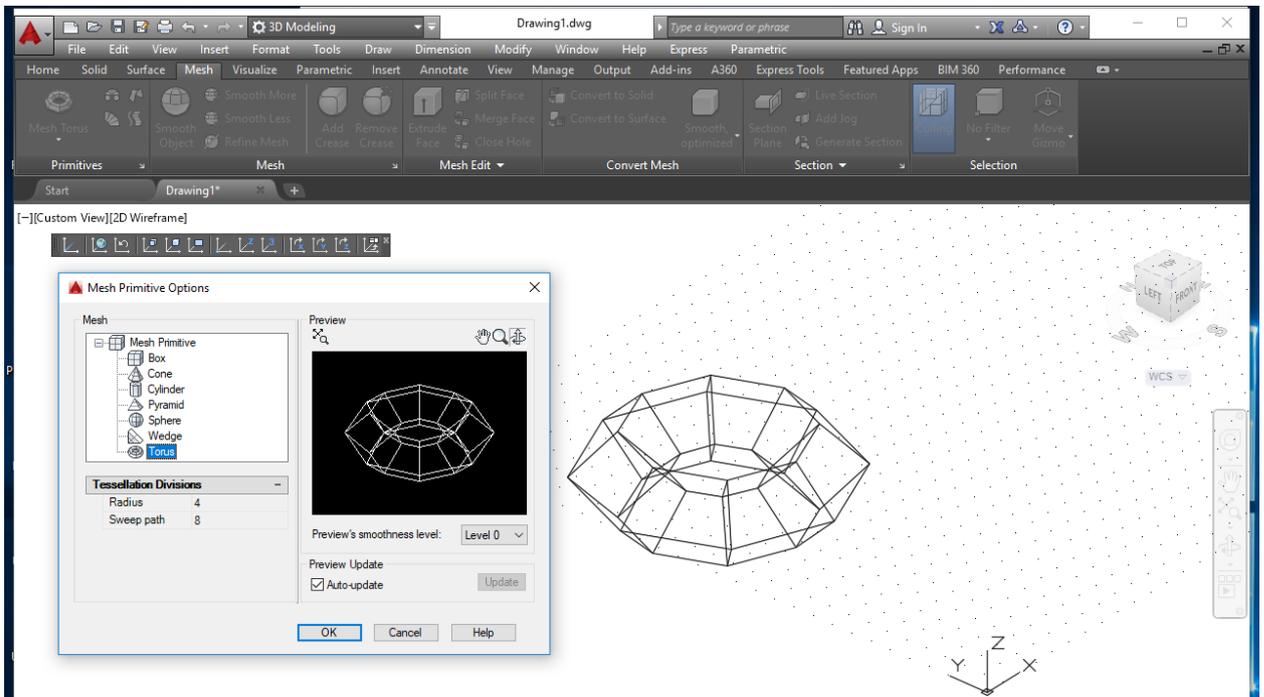
<p>Axis. Устанавливает количество делений по периметру основания сети-цилиндра. (сист.перем. DIVMESHCYLAXIS)</p> 	<p>Height. Устанавливает количество делений между основанием и вершиной сети-цилиндра. (сист.перем. DIVMESHCYLHEIGHT)</p> 	<p>Base. Устанавливает количество делений между периметром и центральной точкой основания сети-цилиндра. (сист.перем. DIVMESHCYLBASE)</p> 
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- **Preview's smoothness level** - Степень сглаживания изображения при предварительном просмотре. Изменение изображения при просмотре таким образом, что в нем отобразится указанная пользователем степень сглаживания. При изменении этого значения степень сглаживания по умолчанию, установленная для новых сетей-примитивов, не меняется.
- **Подобласть Preview** рассматриваемого окна включает в свой состав инструменты для **Pan, Zoom и Orbit**, а также задания визуальных стилей для пререпросмотра создаваемого сетевого примитива:

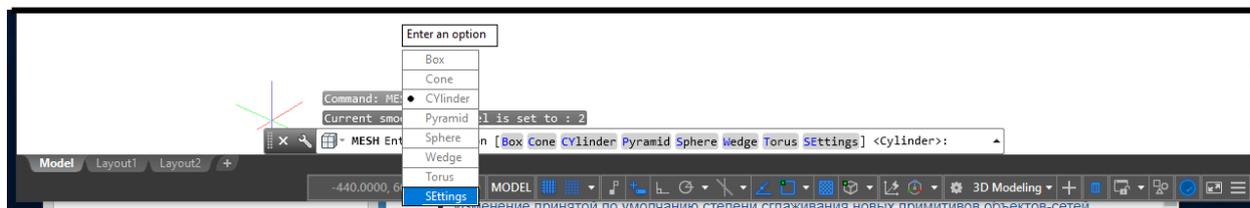


ВАЖНО!! Тесселяция — это набор плоских форм, образующих объект-сеть. Тесселяционные секции, которые видны на невыбранных объектах-сетях, обозначают ребра доступных для редактирования граней сети.

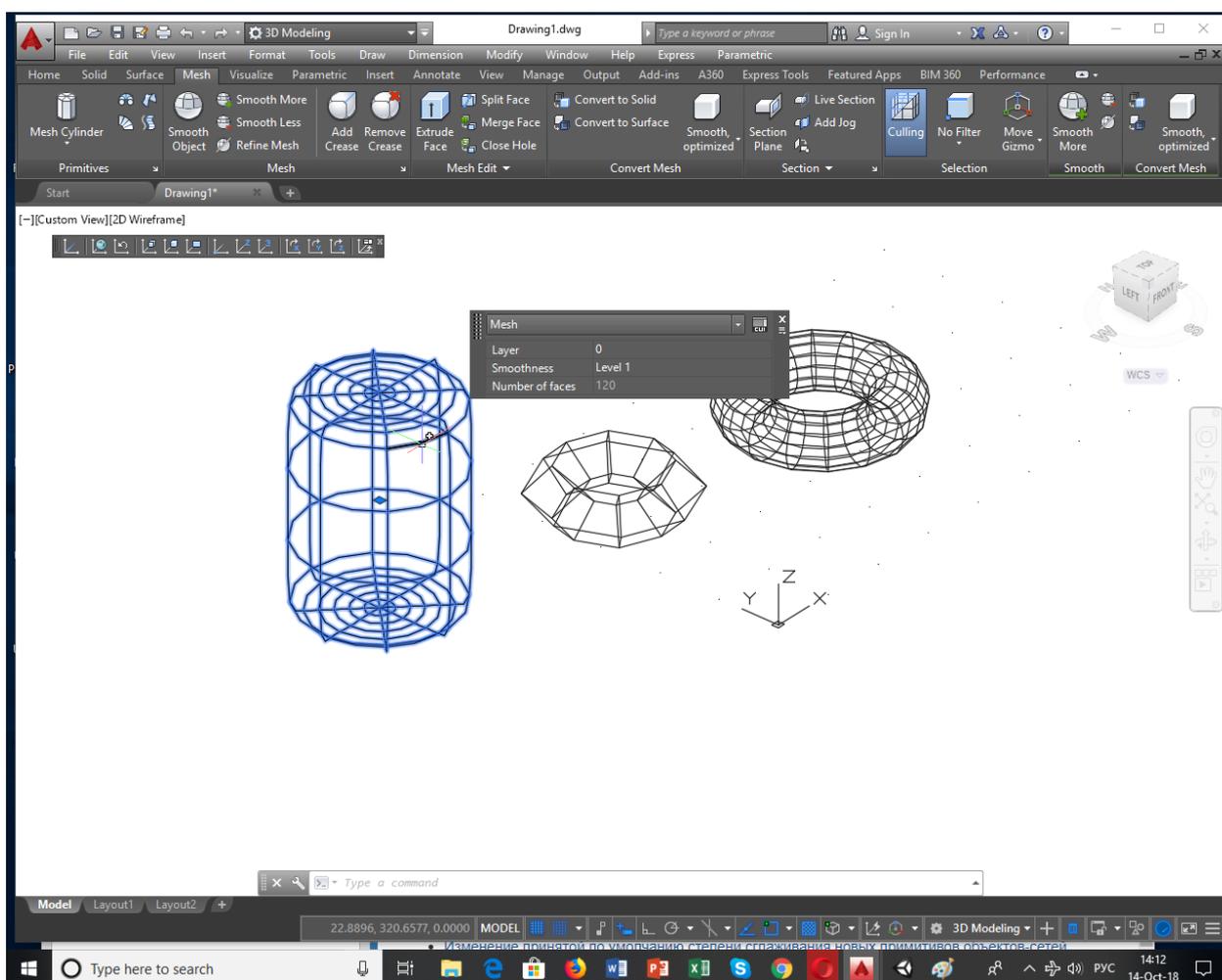
Ниже приведен пример построения сетевого примитива **Torus** с разными значениями параметров тесселяции, установленными по умолчанию, т.е. до построения. Первое построение осуществляется со значениями **Tessellation Divisions** 4 по «трубе» тора (**Tube radius**) и 8 по окружности сворачивания этого тора (**Radius – Sweep path**). Следующее построение осуществляем со значениями **Tessellation Divisions** 16 по «трубе» тора (**Tube radius**) и 16 по окружности сворачивания этого тора (**Radius – Sweep path**). Результат в смысле улучшения качества проектируемого тора – очевиден.



- Степень сглаживания.** По умолчанию создаваемые примитивные объекты-сети не имеют сглаживания. Изменить эту настройку позволяет параметр **Settings** (Параметры) команды **Mesh**, если вызвать ее из командной строки. Измененное значение сглаживания сохраняется только в течение текущего сеанса работы с чертежом. Но в результате можно при построении нового сетевого примитива получить его сразу сглаженным. Ниже приведен пример построения **Cylindr'a** с измененным значением уровня сглаживания (**Level** для **Smoothness**):



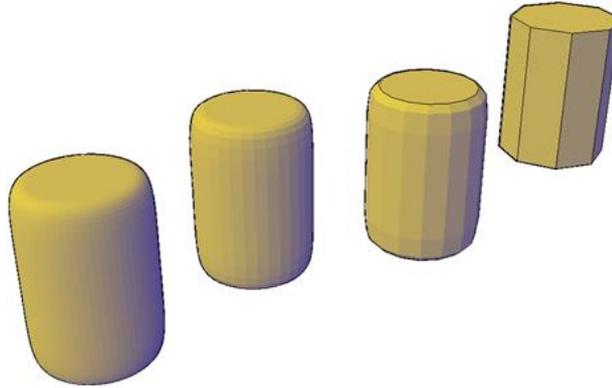
Выбрав опцию **Settings**, можно ввести новое значение для уровня сглаживания, например 1 (от 0 до 4, как можно было убедиться в диалоговом окне **Mesh Primitive Options** в панели пресмотра **Preview's smoothness level**), получаем сглаженный при начальном построении цилиндр, что следует и из панели быстрых свойств, которая воспроизводится при выборе объекта:



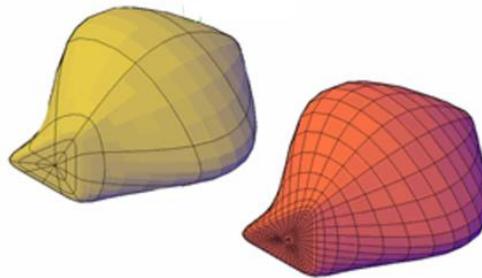
5. Изменение параметров сети после построения. Построенные сетевые примитивы – заготовки для построения поверхностей сложной, произвольной формы, могут быть изменены, для чего в **AutoCAD** есть богатый инструментарий.

Действия, которые можно производить над сетями – установка ее свойств после построения **Mesh**:

- **Smooth - Изменять степень гладкости** (сглаживать). Повышение степени приближения поверхности сети к округлой форме. Степени сглаживания сети для выбранных объектов можно повышать пошаговыми приращениями или путем изменения степени сглаживания в окне свойств. Степень сглаживания 0 (нуль) является самым низким уровнем сглаживания объекта-сети. Степень сглаживания 4 соответствует самому высокому уровню сглаживания. Например:



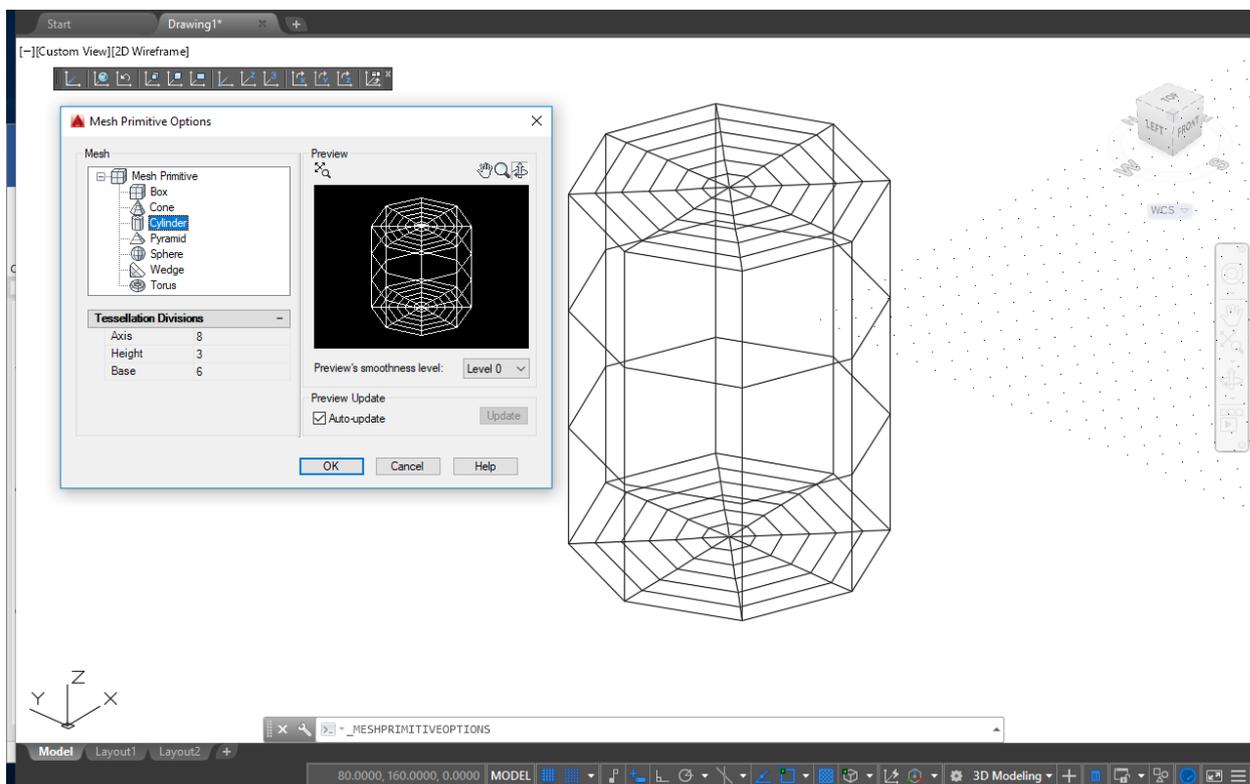
- **Refine Mesh - Уточнять сеть** (переход к более мелким ячейкам). Четырехкратное увеличение количества секций в выбранном объекте-сети или в выбранном подобъекте, например в грани. Кроме того, при уточнении текущая степень сглаживания принимает значение 0, в результате чего резкость граней объекта не может быть увеличена за пределы этой степени. Поскольку при уточнении плотность сети значительно увеличивается, может возникнуть необходимость применения этого параметра только к областям, требующим подробной детализации. Уточнение также позволяет выполнять шаблонное формирование мелких секций, что не оказывает большого влияния на форму модели в целом.



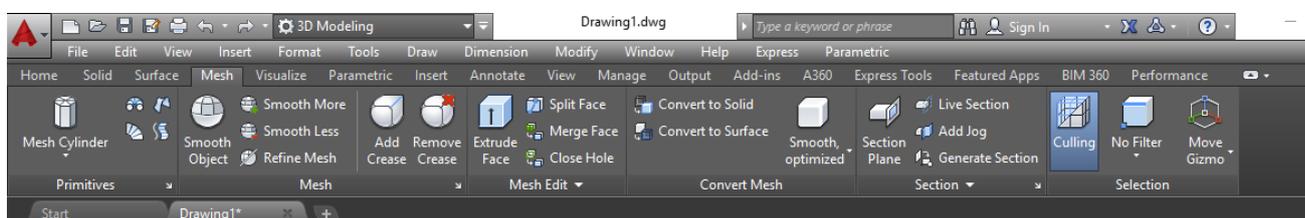
- Делить на части отдельные грани.
- Вытягивать отдельные грани мышью.
- Редактировать кромки и вершины.
- Задавать кромки-сгибы.

В данной ЛР рассмотрим команды сглаживания и уточнения построенных сетей, которые сгруппированы в закладке **Mesh** ленты **Mesh** в рабочем пространстве **3D Modeling**.

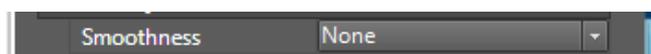
Возможности реализации указанных действий над сетями рассмотрим на примере построенного со значениями по умолчанию (см. окно **Mesh Primitive Options**) сетевого примитива **Cylinder**:



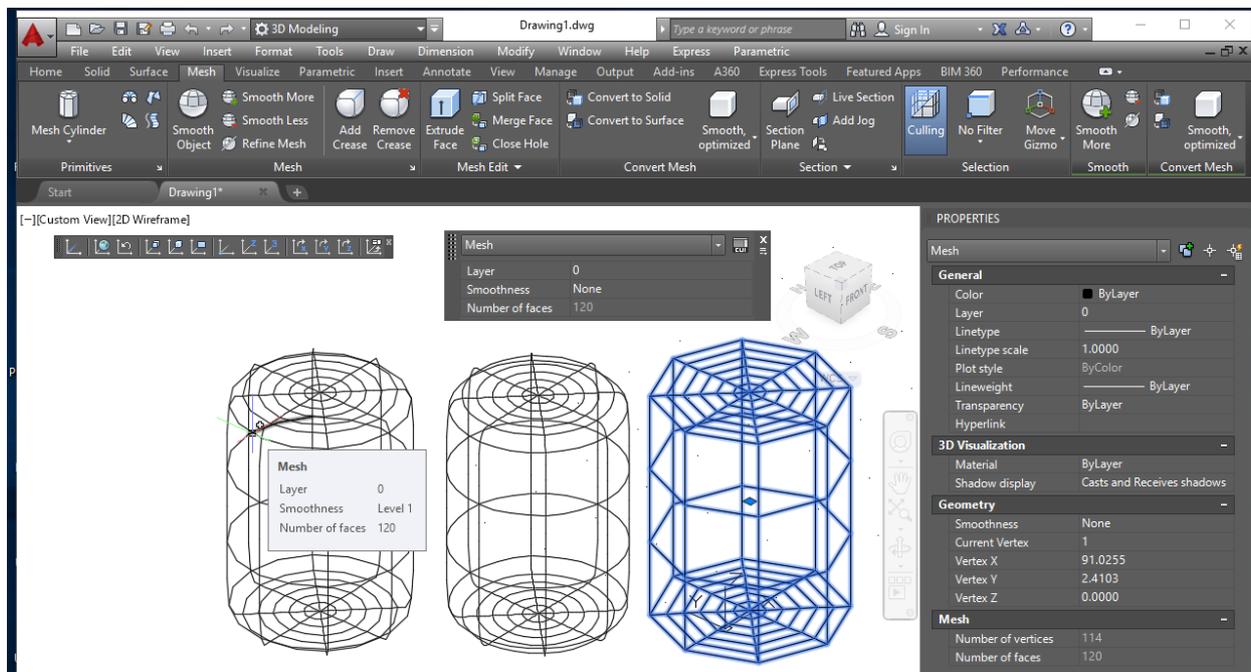
Теперь с помощью команд **Smooth More** (Сгладить сеть больше – применение этой команды увеличивает **Level** на 1), **Smooth Less** (Сгладить сеть меньше - применение этой команды уменьшает **Level** на 1) и **Refine Mesh** (уточнить сеть осуществим сглаживание (увеличение и уменьшение уровня сглаживания) и уточнение данной сети).



Ниже приведен пример изменения степени сглаживания у цилиндра – к первому цилиндру команда **Smooth More** применена один раз, ко второму цилиндру команда **Smooth More** применена дважды, а третий цилиндр пока не изменялся. Зато для него выведена вся справочная информация в окне **Properties**, включая текущее значение:



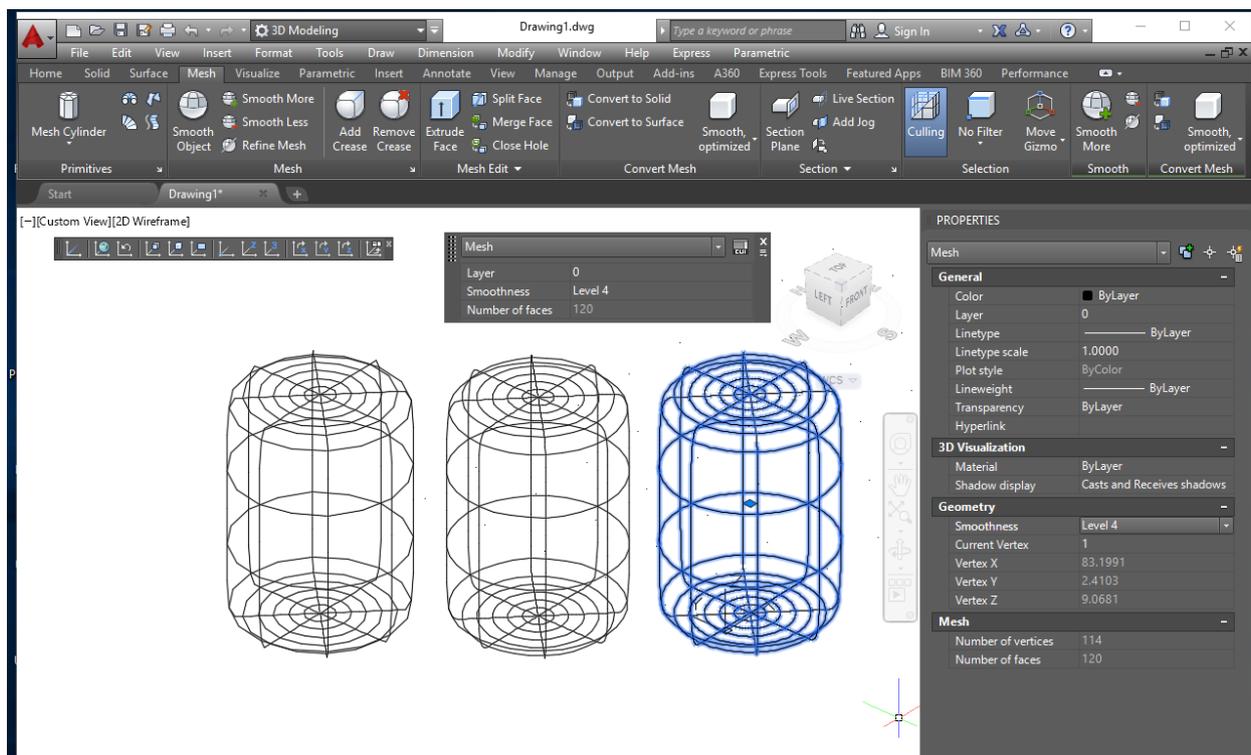
Используя это немодальное окно, также возможно изменять степень сглаживания выбранного сетевого примитива в интерактивном режиме.



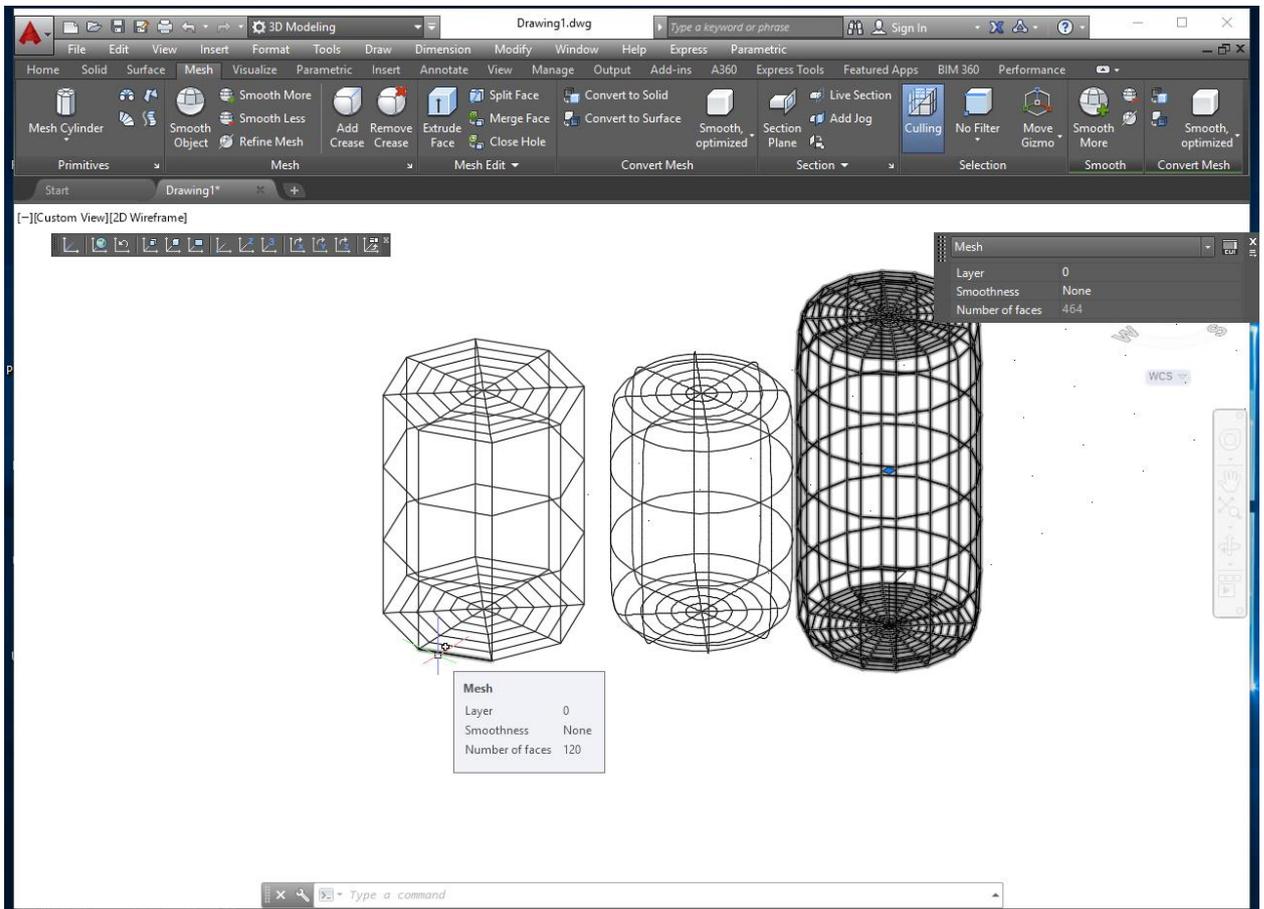
После установки нового значения Smoothness в диалоговом окне Properties



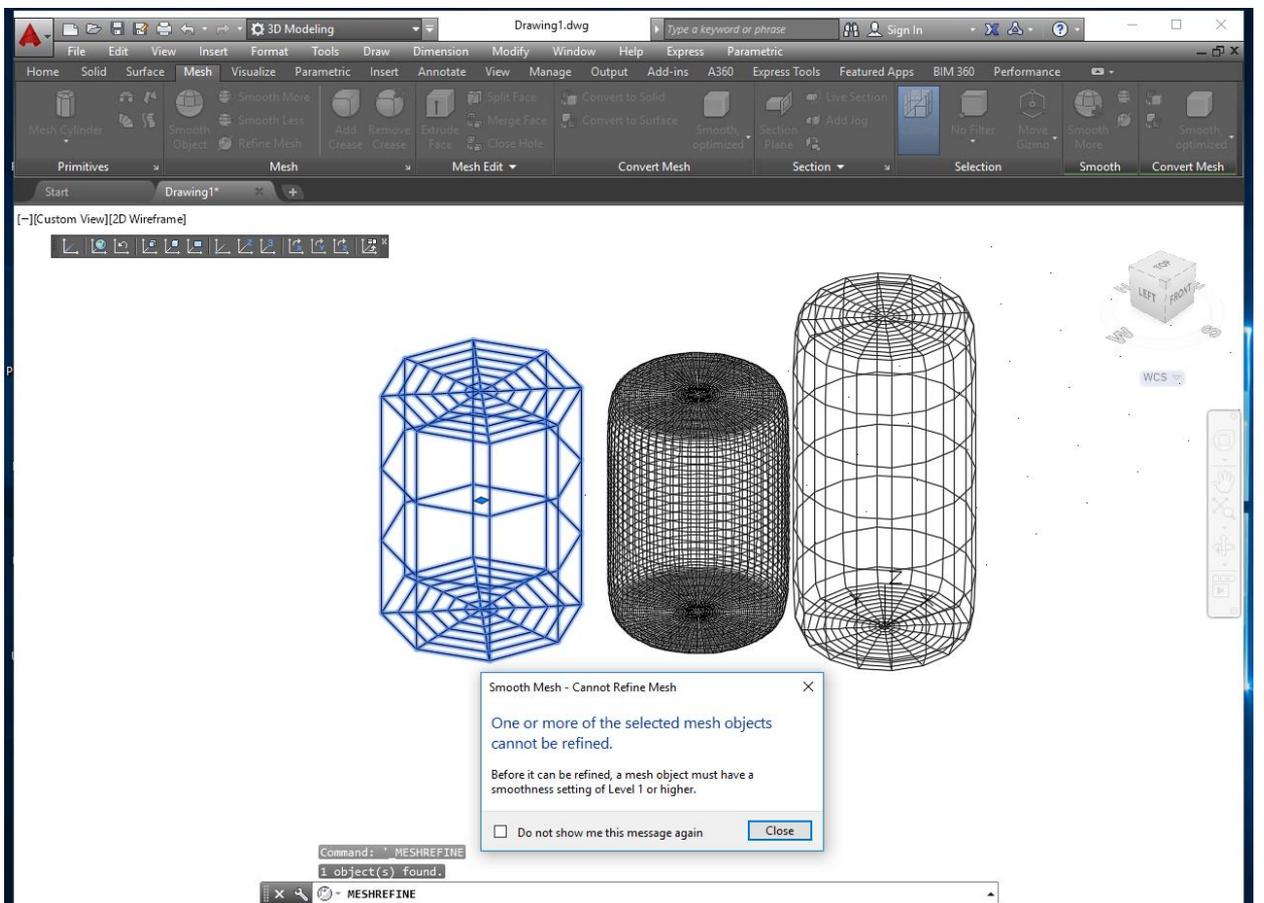
Получаем:



Ниже приведен результат выполнения команд **Smooth Less** и **Refine Mesh** к данным сетевым примитивам.

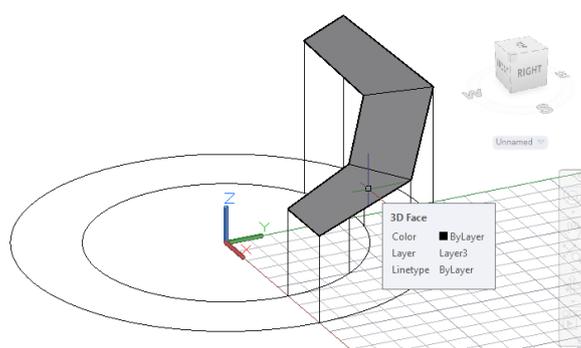
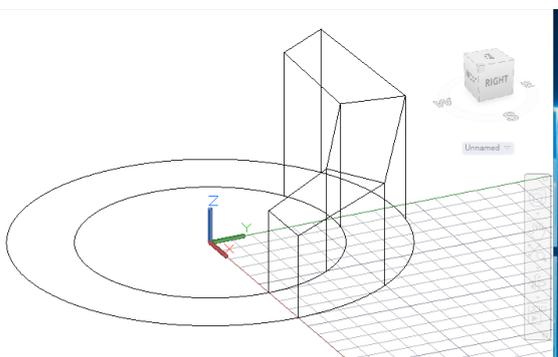


Обратите внимание: уточнение сети применимо не для всех сетевых примитивов. См. системное сообщение ниже.

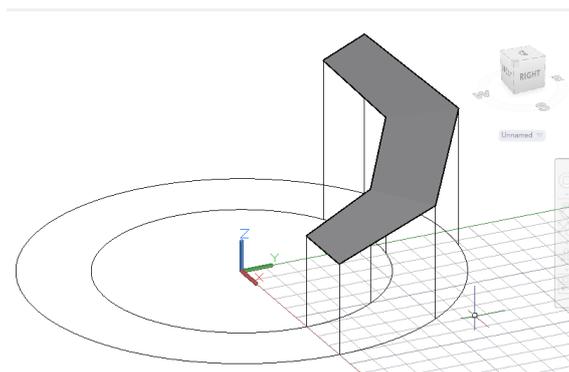
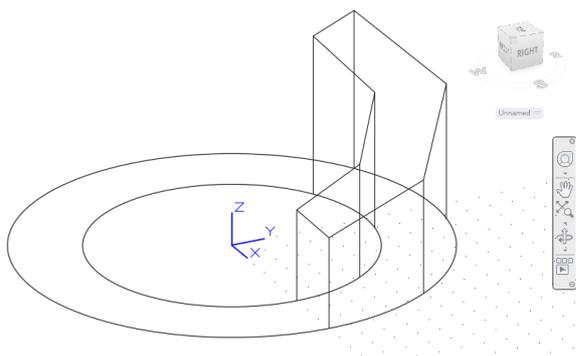


III. Лабораторное задание

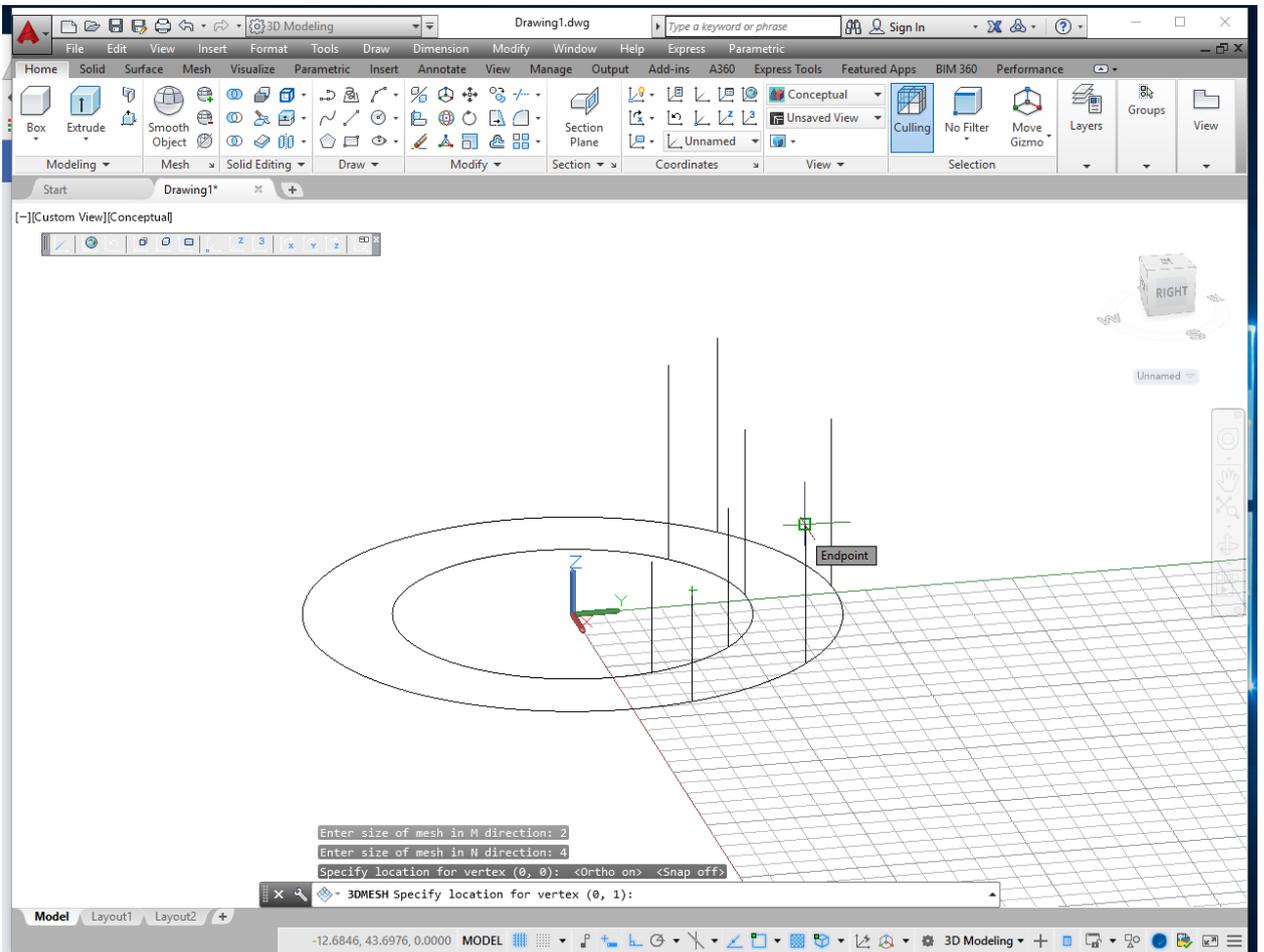
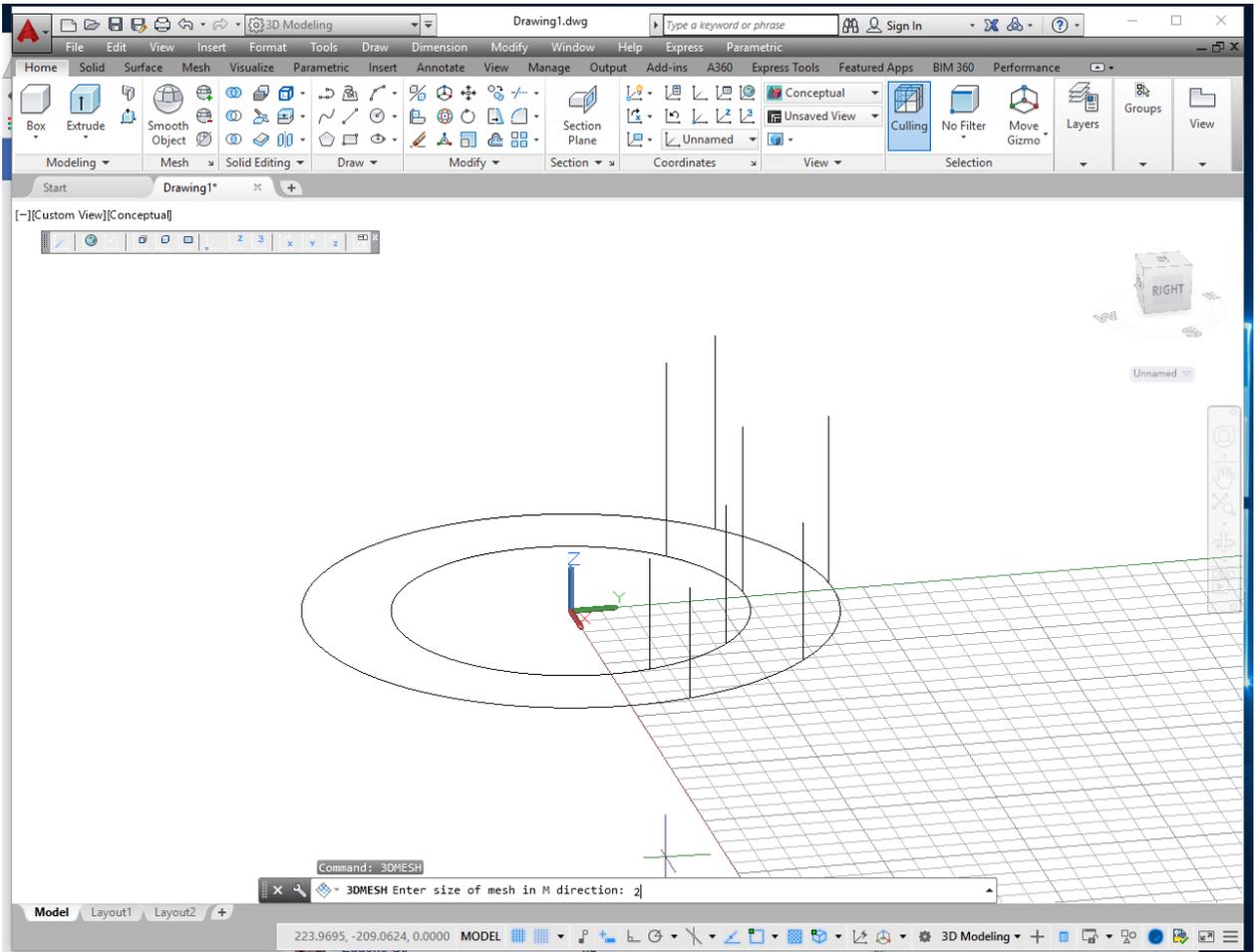
1. Изучить способы визуализации трехмерных моделей и инструменты по их отображению и манипулированию ими, доступные в старших версиях системы **AutoCAD**.
2. Познакомиться с возможностями создания пользовательских систем координат- **UCS**, в **AutoCAD**.
3. Изучить работу команд создания и изменения стандартных сетевых примитивов с различными значениями их параметров, задаваемыми до и после построения:
 - Команды **3D Face**, **Mesh Box**, **Mesh Pyramid**, **Mesh Wedge**, **Mesh Cone**, **Mesh Torus**, **Mesh Sphere**.
4. Создать модель пандуса, используя команду **3DFace**, **UCS – Object**, различные изометрические проекции.



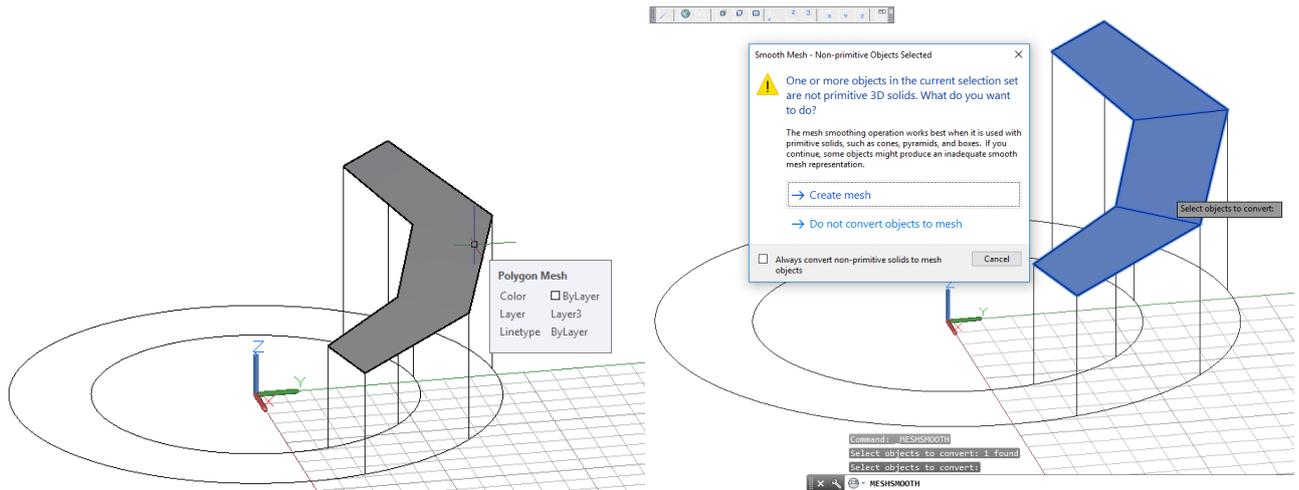
- Добейтесь эффекта невидимых ребер на стыке граней. Воспользуйтесь встроенной в AutoCAD документацией **Help** (клавиша **F1**).



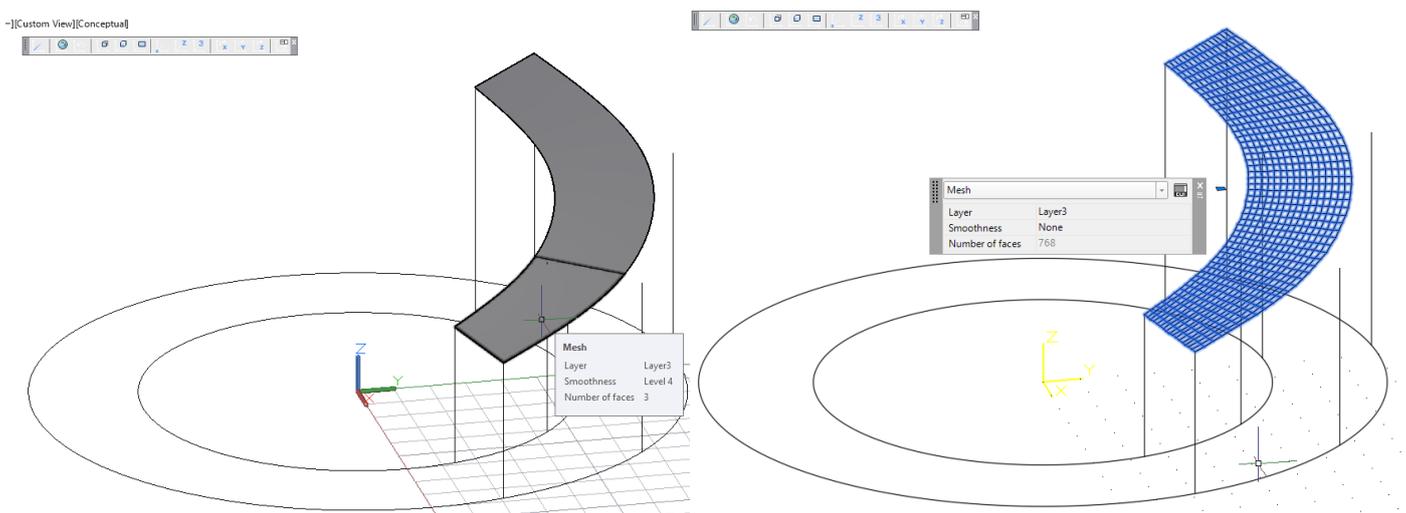
- Перенесите полученные грани на невидимый слой, на той же базе постройте полигональную сеть («старый» примитив AutoCAD), используя команду **3DMESH**. Воспользуйтесь встроенной в AutoCAD документацией **Help** (клавиша **F1**→**3DMESH**→ «Полигональные сети»):



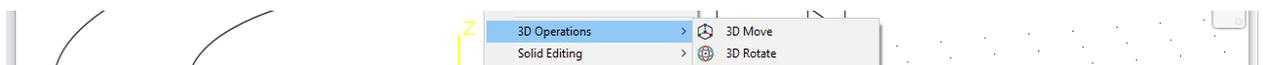
- Отредактируйте полученную полигональную сеть с помощью команды **Smooth Object**, проанализируйте диалог с системой:



- Проанализируйте результат сглаживания. Выполните команды **Smooth More/Smooth Less**. Уточните полученную тесселированную сеть с помощью команды **Refine Mesh**. Проанализируйте результат.



- Попробуйте к полученной сети, к ее отдельным граням, применить команды **Gismo**, или через падающее меню: **Modify**→



5. Используя команды построения сетей стандартной формы – трехмерных сетевых примитивов - и различные пользовательские системы координат – UCS, создать трехмерные модели, показанные ниже. Использовать установку параметров сетей до и после построения для получения сглаженных моделей.

