

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 nanoCAD. Пользовательская и мировая системы координат. Способы построения стандартных сетевых примитивов – базовых поверхностных моделей в nanoCAD

Цель лабораторной работы

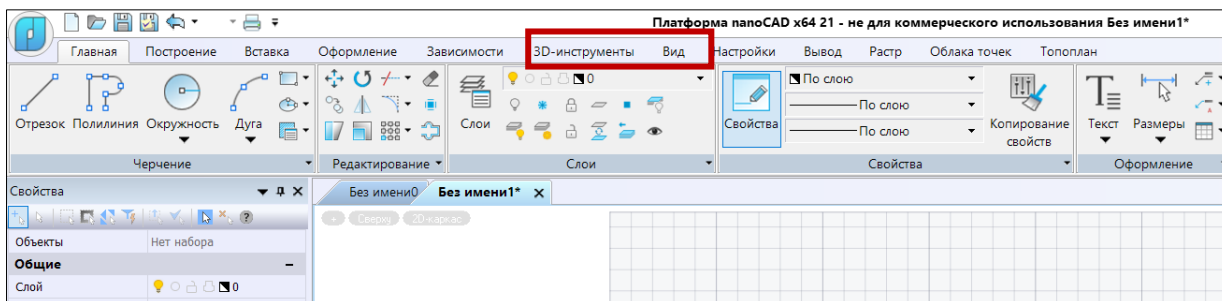
Целью лабораторной работы является освоение команд **nanoCAD**, которые используются в первую очередь для визуализации и упрощения работы пользователя при создании трехмерных моделей, как поверхностных, так и твердотельных (проецирование, пользовательская и мировая система координат, визуальные стили и т.д.); изучение способов создания поверхностных моделей в **nanoCAD**: трехмерных сетей и стандартных сетевых примитивов.


I. Пояснение к заданию

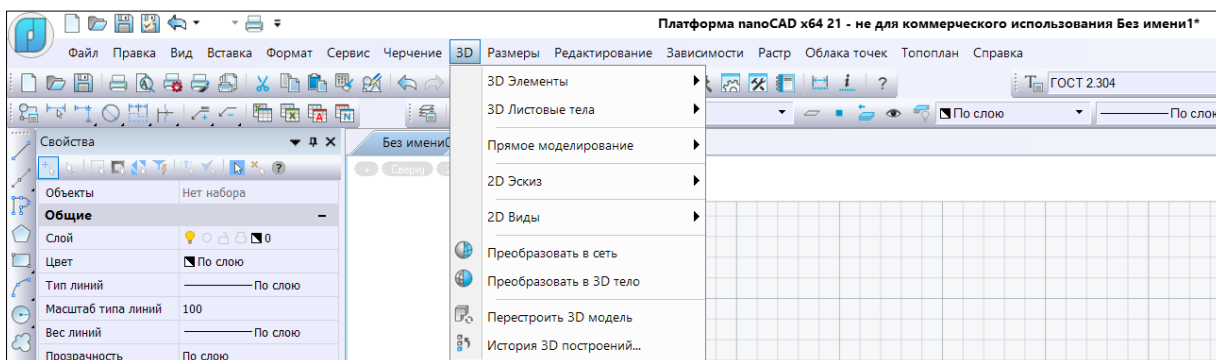
Геометрическая модель (ГМ) объекта проектирования – это основное понятие в системах автоматизации проектирования (САПР). Основным способом классификации *трехмерных моделей* – по информационной насыщенности. По этому принципу трехмерные модели разделяются на *поверхностные и твердотельные*.

1. Для работы с командами трехмерного моделирования в **nanoCAD** существует много возможностей. В данной лабораторной работе будем максимально использовать инструменты ленты, хотя все команды трехмерного моделирования присутствуют и в варианте интерфейса «Падающие меню».

В ленточном меню для трехмерного моделирования и манипулирования объемными объектами мы будем использовать две вкладки: **3D Инструменты** и **Вид**:



Режим падающего меню, вызываемый с помощью кнопки , можно также использовать, т.к. он зачастую логичнее представляет набор команд, имеющих отношение к трехмерному моделированию, чем ленточное меню → Группа команд **3D**.



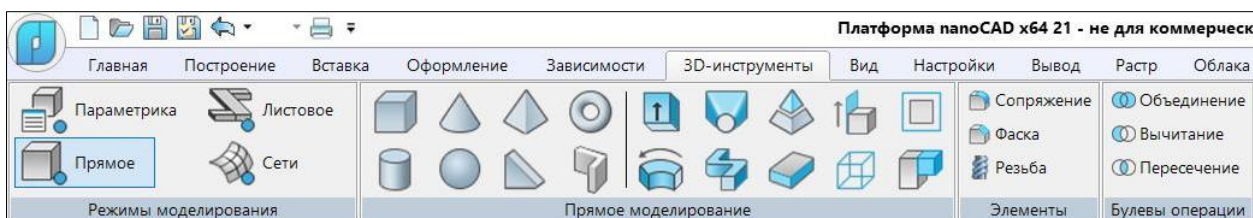
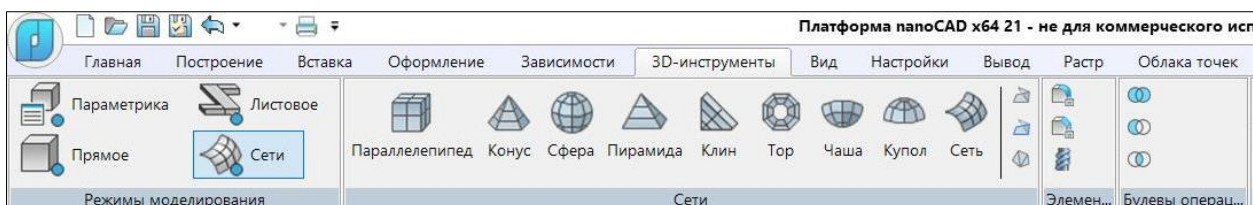
2. Остановимся подробнее на группах командах ленточного меню во вкладке **3D Инструменты** и **Виды**. Панели первой Вкладки приведены на рисунке ниже.



В рамках данного лабораторного практикума следует прежде всего отметить вкладки, на которых сгруппированы инструменты (команды) трехмерного моделирования:

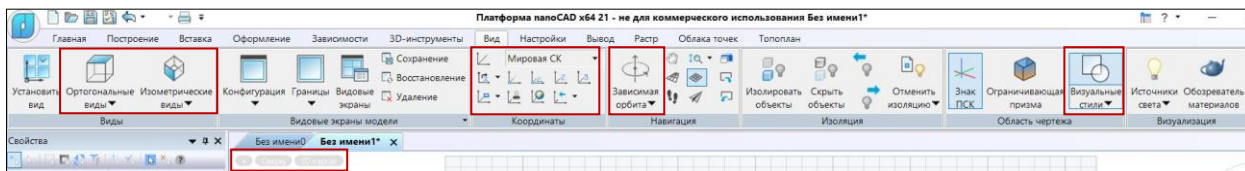
- ✓ **Режимы моделирования: Прямое и Параметрика** (твердые тела), **Сети** (сети, полигональные, включая сетевые примитивы). Обратите внимание – на приведенном рисунке две следующие за **Режимами моделирования** панели – **2D-эскиз** и **Параметрическое моделирование** – определяются выбранным в данном случае режимом – **Параметрика**;
- ✓ Остальные панели рассматриваемой вкладки наполнены командами, которые упрощают процесс создания трехмерной модели и манипулирования ею. Все эти команды будут рассмотрены ниже, по мере освоения основных **Режимов моделирования**, изучение которых предусмотрено планом данного Лабораторного практикума. 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.

Ниже показано, как изменяется наполнение панелей вкладки **3D-Инструменты** в зависимости от выбора других **Режимов моделирования** → **Сети** и **Прямое** моделирование:

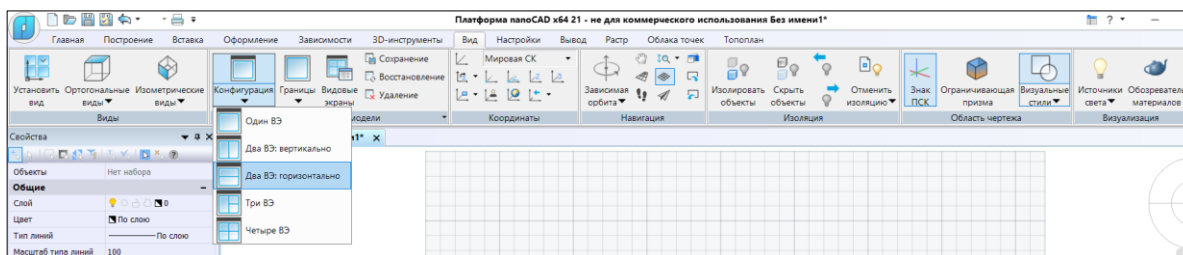


В процессе создания трехмерных моделей необходимо их эффективно визуализировать (например, с эффектом удаления невидимых граней или ребер) и менять их видовое представление. Конструктор должен иметь возможность рассматривать создаваемый Проект – **3D-Модель** – в различных плоских видах и изометрических проекциях. У него должна быть возможность в режиме реального времени перемещать и поворачивать визуализацию модели, смотреть на нее с различных точек зрения. Для этого используются команды выбора ортогонального или изометрического вида, команды

настройки видовых экранов, команды настройки визуальных стилей и навигации. Кроме того, конструктору для создания трехмерной модели придется активно использовать **Систему Пользовательских систем координат (ПСК)**. Все эти команды могут быть вызваны пользователем из разных панелей вкладки **Вид** ленты (панели **Виды**, **Координаты**, **Навигация**, **Область чертежа** и др.), а также из **Панелей быстрого доступа (Управление видами)**, всегда доступных в левом верхнем углу текущего видового экрана. Остановимся подробнее на соответствующих инструментах вкладки **Вид** ленты:



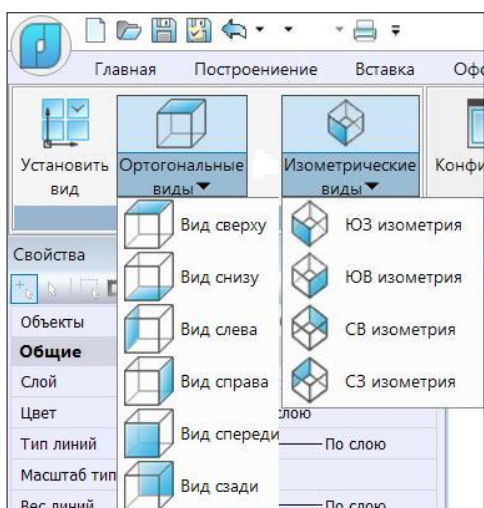
- ✓ **Настройка видовых экранов** происходит с использованием команд панели **Видовые экраны модели**, в частности **Число видовых экранов** можно выбрать из подменю **Конфигурация**:



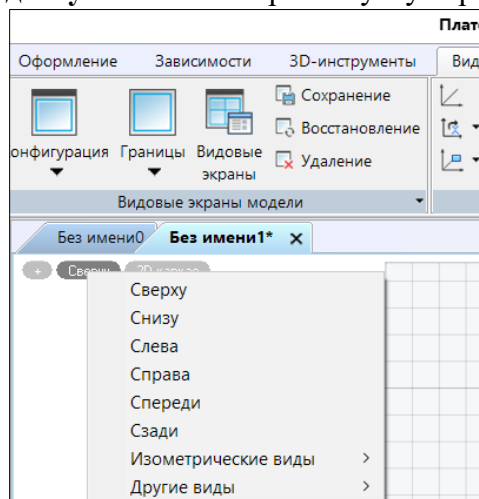
- ✓ **Управлять отображением вида проектируемой модели**, а самое главное - изометрическими проекциями трехмерных моделей в видовом экране можно из панели **Виды**.

Для многих пользователей 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 **папoCAD** есть несколько возможностей для выбора изометрической проекции:

Управление видом из панели **Виды**:



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



Кроме того, в nanoCAD есть инструмент визуализации модели **Локатор**. Он находится в правой верхней части текущего видового экрана.


Локатор – это удобный инструмент навигации, который показывает текущую ориентацию модели и позволяет быстро переключаться между ортогональными, промежуточными и изометрическими видами или устанавливать любой произвольный вид.

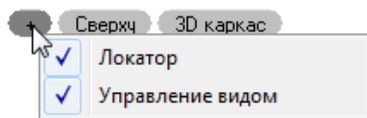


Концептуально **Локатор** представляет собой условную развертку сферы на плоскость. На схеме ниже жирными точками показано расположение вершин *ортогональных* видов на локаторе.

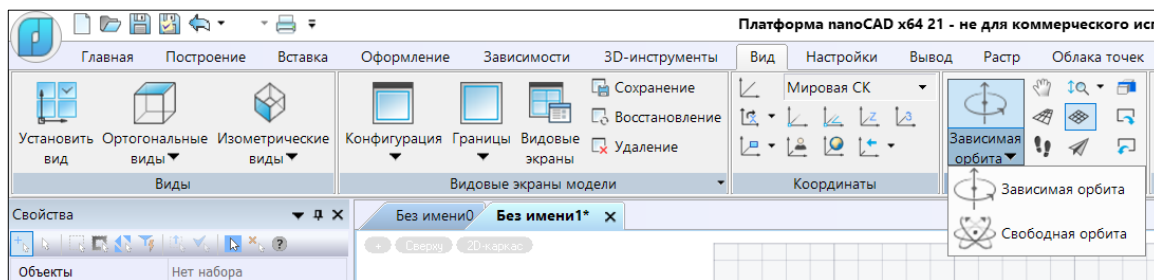


Вершины соединяются ребрами *промежуточных* видов. Зоны *изометрических* видов расположены между этими ребрами (на схеме светло-серые секторы).

Управление отображением инструментов **Локатор** и **Переключение видов** (**Меню быстрого доступа** в левом верхнем углу экрана) на экране производится через меню значка .



- ✓ Удобным способом наблюдения за поведением трехмерной модели в результате проецирования является т.н. **орбитальный режим (3D Орбита)**: команды **Зависимая орбита** и **Свободная орбита** в панели **Навигация**:

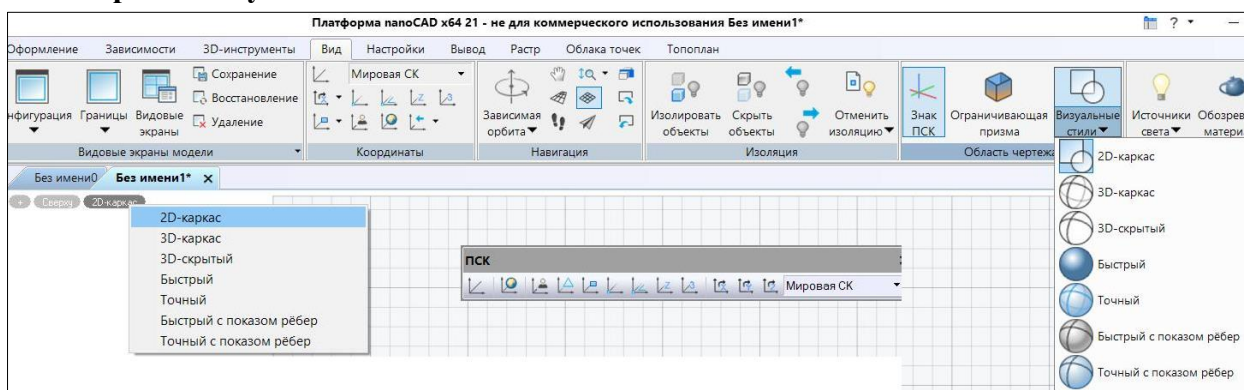


3D Орбита - это перемещение вокруг цели. Цель на изображении остается неподвижной, тогда как камера (точка обзора) перемещается. Точка цели временно отображается в виде желтой сферы, вокруг которой и происходит вращение вида. Курсор меняется на «+», манипуляции проводятся при зажатой левой клавише мыши.

- **Зависимая орбита.** Ограниченная **3D Орбита** в плоскости **XУ** или вокруг оси **Z**.
- **Свободная орбита.** Движение по кругу в любом направлении без привязки к плоскости. Точка зрения не ограничена плоскостью **XУ** или осью **Z**.

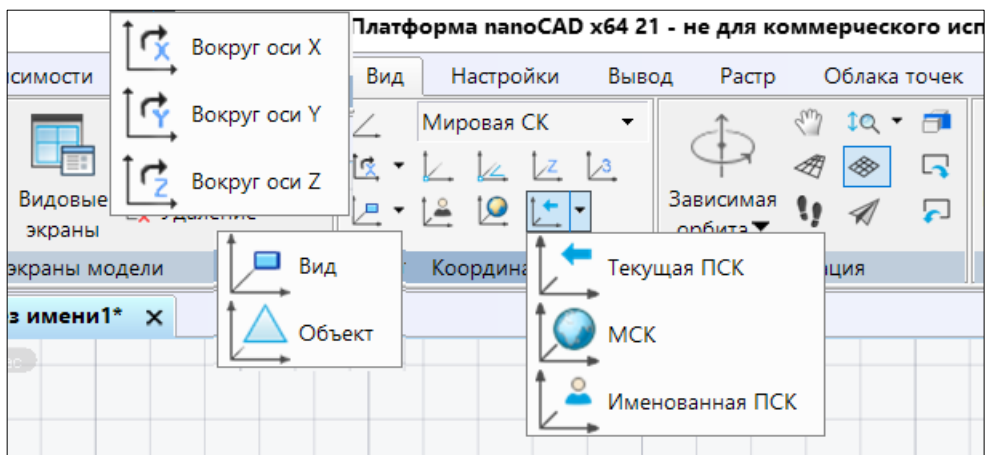
После окончания этих манипуляций нужно обязательно выйти из режима с использованием клавиши **Esc**.

- ✓ **В nanoCAD для раскрашивания и подсветки моделей** используются визуальные стили. По сути, они управляют отображением ребер, освещения и теней. Управление визуальными стилями осуществляется из панели **Область чертежа** или из **Панели быстрого доступа**:

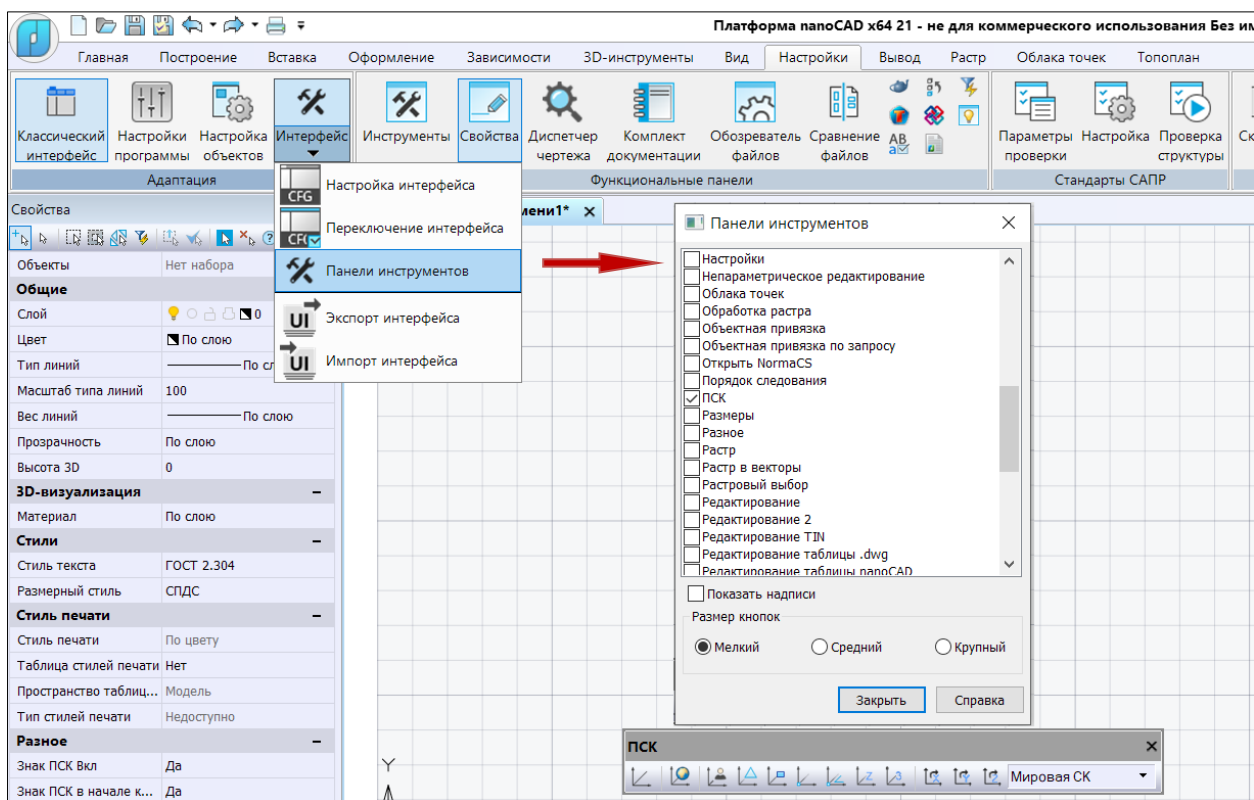


- В nanoCAD описание** геометрических объектов происходит в глобальной декартовой системе координат, называемой Мировой системой координат – **МСК/WCS (Мировая система координат/World Coordinate System)**. Эта система является текущей. В ней бывает сложно создавать трехмерные модели.













Для упрощения процесса создания и редактирования трехмерных моделей, как твердотельных, так и поверхностных, используются пользовательские системы координат – **ПСК/UCS (Пользовательская система координат/User Coordinate System)**. Если **МСК** – всегда единственная, **ПСК** может быть много. Во вкладке **Вид** в панели **Координаты** собраны все возможные команды управления/задания **ПСК**.



Однако для постоянной работы и выбора того или иного способа создания **ПСК** удобно пользоваться соответствующей панелью инструментов, которая будет находиться на текущем видовом экране постоянно, и которую можно выбрать в ленточном меню последовательно вызывая следующие **команды/панели/вкладки**:



Перечислим команды **ПСК** в последовательности, соответствующей приведенной в панели инструментов. Во всплывающих окнах командного наполнения панели **Координаты** вкладки **Вид** для команд **ПСК** используются те же самые иконки:

-  – новая ПСК.
-  – МСК. Установка для текущей ПСК параметров МСК.
-  – именованные ПСК.
-  – создание новой ПСК по плоскости двумерного объекта; началом координат этой ПСК является первая характерная точка объекта (может быть определена с помощью объектной привязки (оПРИВЯЗКА)); для определения направления оси X используется вторая характерная точка объекта.
-  – создание новой ПСК путем поворота вокруг начальной точки текущей ПСК; установка ПСК в пространстве параллельно плоскости текущего вида.
-  – определение новой ПСК 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.
-  – определение новой ПСК путем задания начала координат и угла поворота.
-  – новая ПСК определяется не только новым началом координат, но и новым положительным направлением оси Z.
-  – новая ПСК задается тремя точками: первая определяет начало координат; вторая – положительное направление оси X; третья положительное направление оси Y.
-  – создание ПСК путем поворота текущей ПСК относительно оси X на заданный угол.
-  – аналогично X, только поворот относительно оси Y.
-  – поворот относительно оси Z.

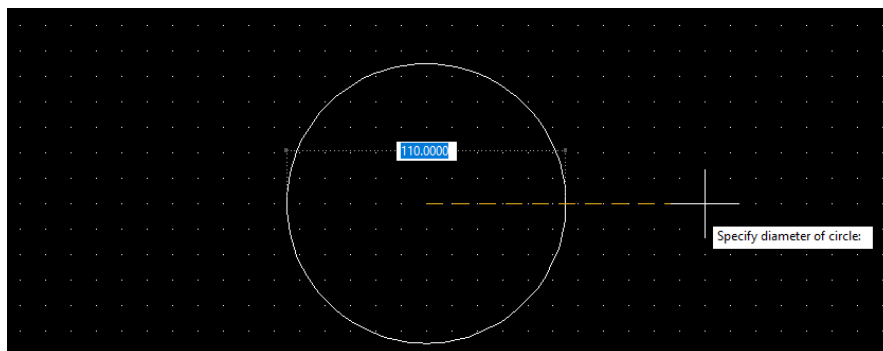
II. Создание трехмерных поверхностных моделей в nanoCAD.

1. Прежде чем переходить к командам создания поверхностных моделей в системе nanoCAD, рассмотрим перечисленные выше приемы и инструменты визуализации и видового представления трехмерных моделей в процессе проектирования.

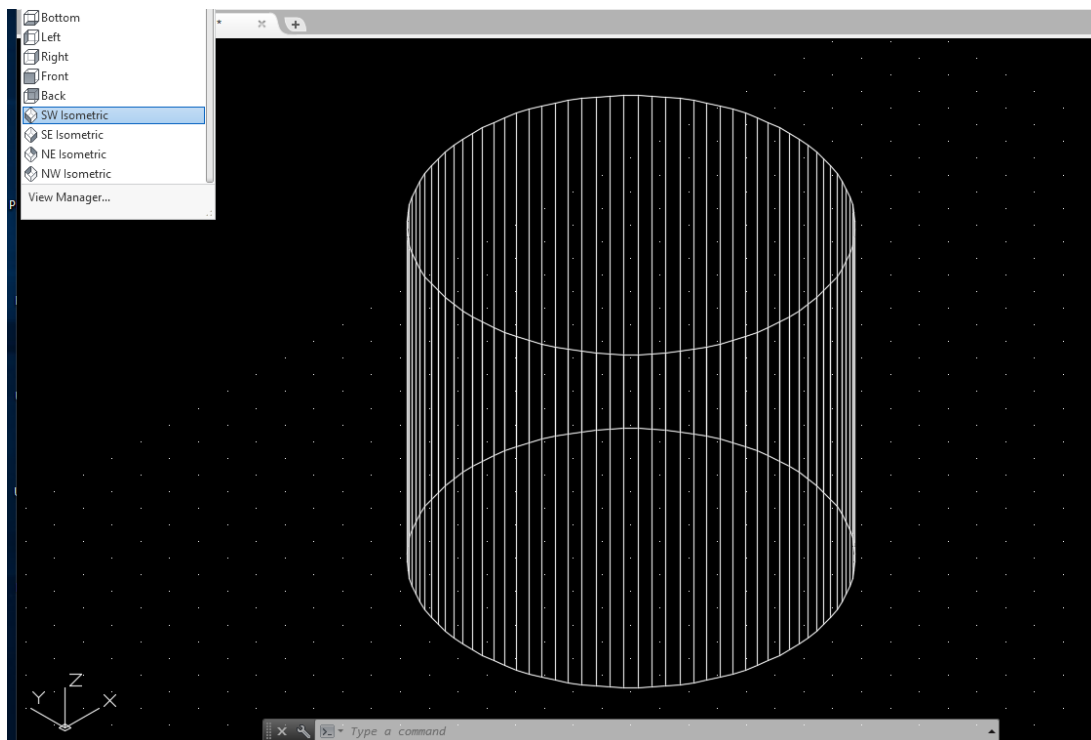
Делать это будем на примере простейших псевдо-трехмерных моделей, которые можно получить путем изменения 3D - высоты двумерного объекта (переменная Толщина [по оси Z]/Высота 3D/Thickness), в немодальном окне Свойства. Таким образом, например, окружность может быть превращена в «цилиндр», хотя по сути построенный с таким параметром объект Окружность останется 2D-объектом.

Построим, используя этот прием, два пересекающихся цилиндра, последовательно применяя по ходу построения изменение положения ПСК и меняя визуальные стили:

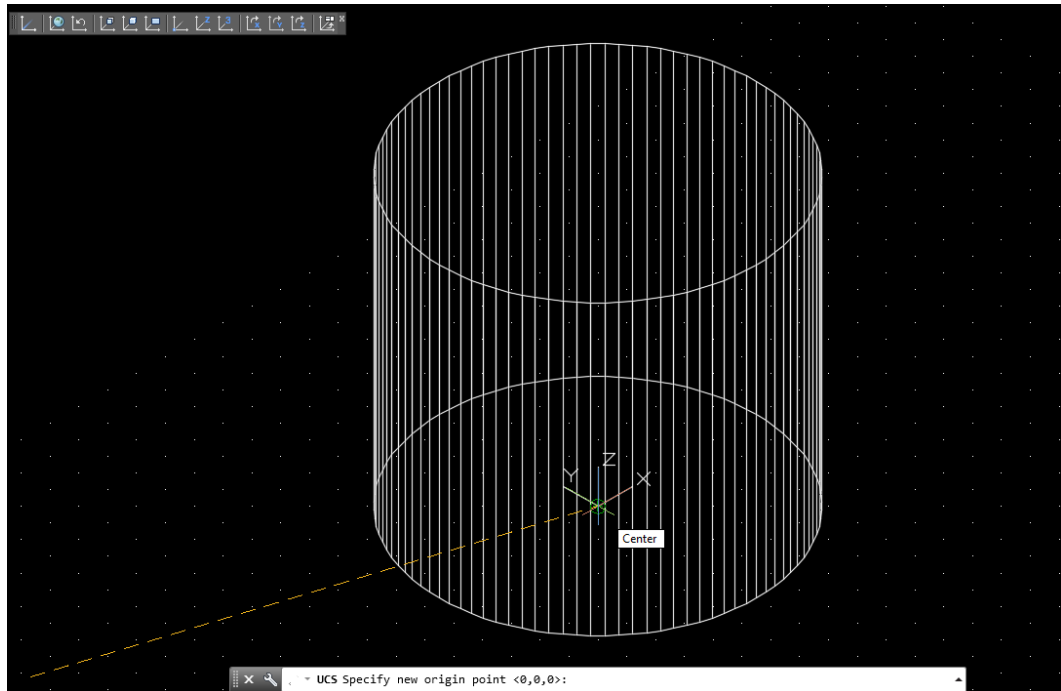
- ✓ Построение окружности.



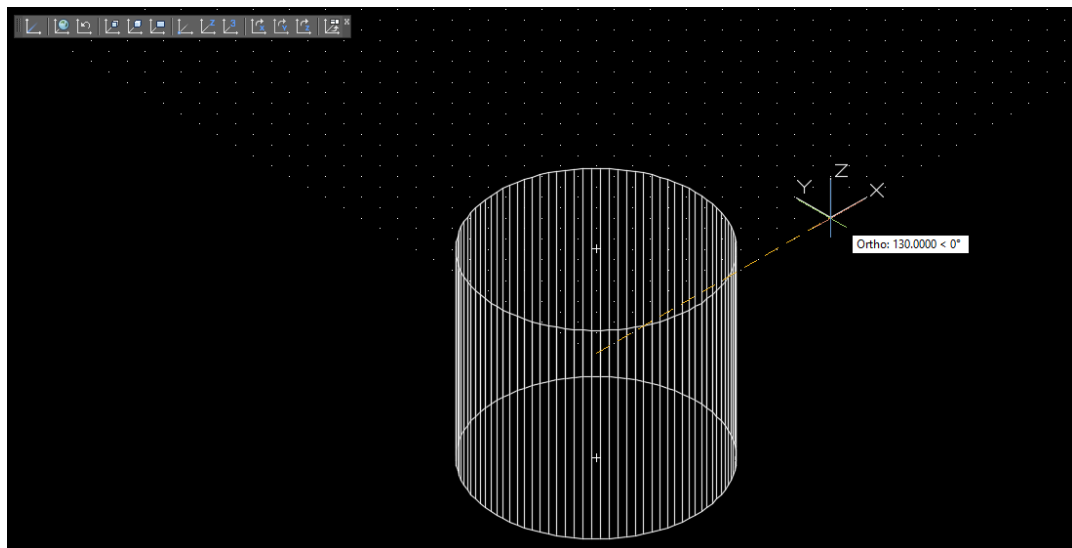
- ✓ В немодальном окне **Свойства** для выбранного элемента – **Окружность** – изменим значение **Толщина/Высота 3D** с «0» на «100».
- ✓ Изменим стандартный вид **Сверху** на изометрический вид **ЮЗ Изометрия** для лучшего обзора полученного псевдотрехмерного «цилиндра».

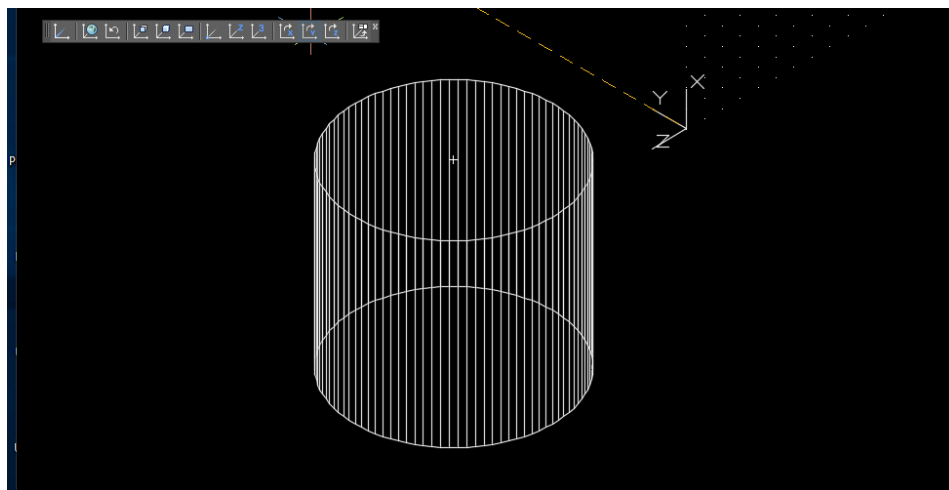


- ✓ Далее построим второй псевдоцилиндр, под прямым углом пересекающий имеющийся по середине его высоты. Для этого изменим положение **ПСК** – выполним следующие шаги:

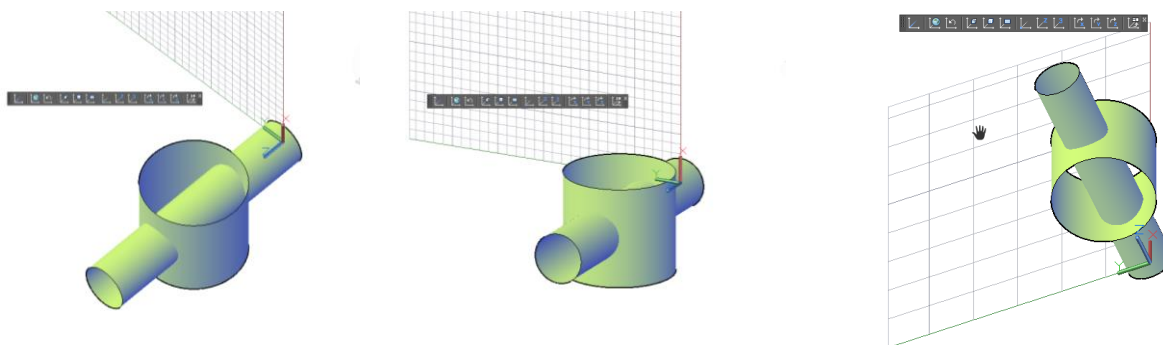


- ✓ Плоскость построения **XY** должна позволить осуществить необходимые построения: основание нового «цилиндра» - окружность диаметром 55 лежит в плоскости **XY**, а ее **3D-высота (Thickness/Толщина)** формируется в направлении **Z**. Вызываем команду **ПСК Начало** и помещаем ее сначала в центр нижнего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





- ✓ Теперь в плоскости построения **XY** в новой **ПСК** можно построить окружность с центром в точке $(0,0,0)$ идиаметром 55, с **3D-высотой (толщиной) 260** и получить визуализацию двух пересекающихся псевдоцилиндров. Используйте для лучшего представления полученного результата различные визуальные стили и **3D-навигацию**.



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 **panoCAD**.

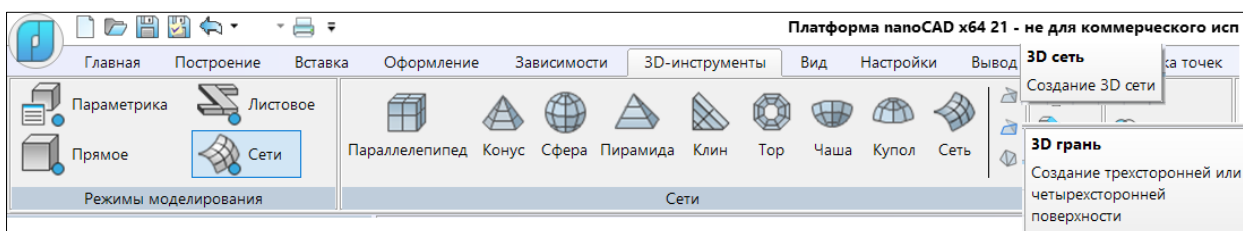
Начнем с изучения команд построения поверхностей, в частности – т.н. **базовых сетевых примитивов** и **3D – сетей**. Функционал построения сетевых объектов в системе **panoCAD** не развит и позволяет проиллюстрировать процесс создания трехмерных сетей, аппроксимирующих поверхности оболочек твердотельных геометрических моделей, и сетевых примитивов на крайне примитивном уровне.

panoCAD позволяет создавать трехмерные сети, представляющие собой поверхности, состоящие из граней (ячеек). Грани имеют три или четыре вершины, соединенные прямолинейными кромками. Кроме того, грани в сети располагаются вдоль двух направлений (аналогично двумерной матрице).

Плотность сети (то есть количество её граней) задается произведением $(M-1) \times (N-1)$, где M – это число вершин вдоль первого направления, а N – это число вершин вдоль второго направления распространения трехмерной сети в пространстве (направления называются *M-направление* и *N-направление*). Положение любой вершины в сети определяется двумя индексами, аналогично номеру ряда и столбца в матрице. При моделировании с помощью трехмерных сетей описываются не только ребра трехмерного объекта, но и его грани. Пользуясь сетями, можно получать аппроксимацию криволинейных поверхностей с заданной точностью.

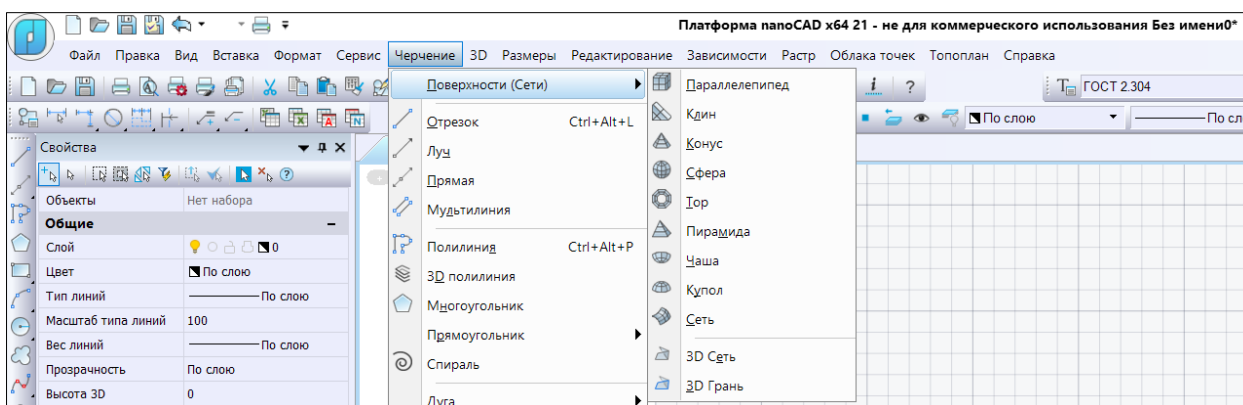
Моделирование объектов с помощью сетей применяют в случаях, когда можно игнорировать такие физические свойства, как масса, вес, центр масс и т. д.

Соответствующие команды расположены во вкладке **3D Инструменты** в панели **Сети** при выбранном **Режиме моделирования – Сети**:



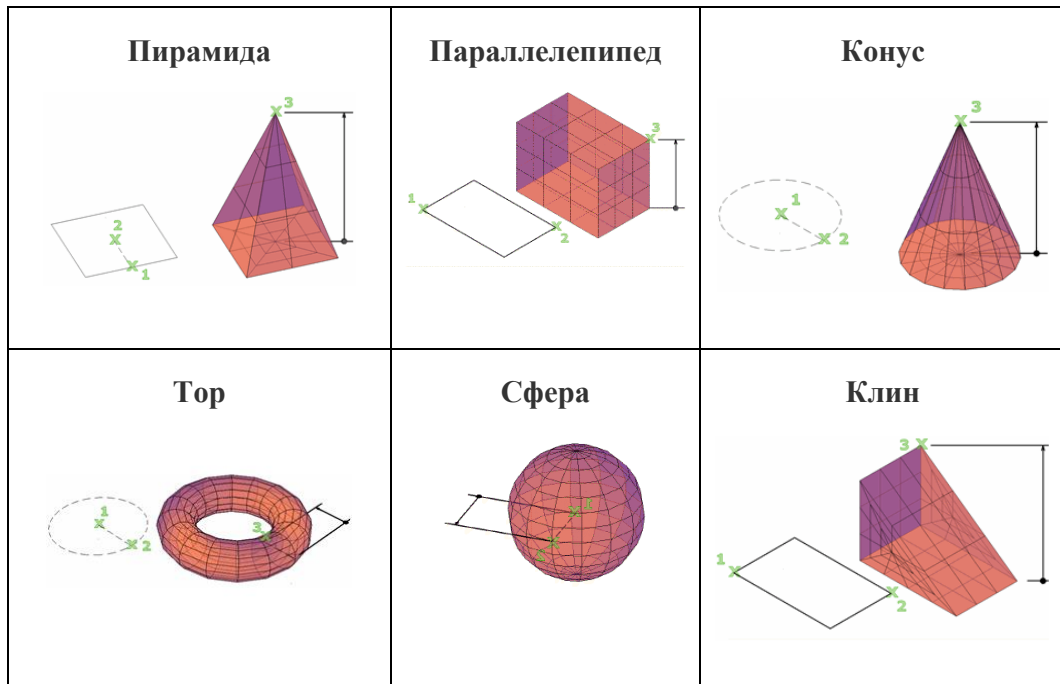
Здесь представлены команды построения трёхмерных сетей в виде элементарных поверхностей или т.н. сетевых примитивов: [параллелепипеда](#), [клина](#), [конуса](#), [сферы](#), [тора](#), [пирамиды](#), [чаша](#), [купола](#), а также в виде [равномерной](#) и [неравномерной сетей](#) с указанным количеством узлов и трехмерной грани.

Кроме показанных выше команд построения сетей в ленте, **грани** и **сети** могут быть построены с помощью падающего меню **Черчение – Поверхности (Сети)** классического интерфейса:

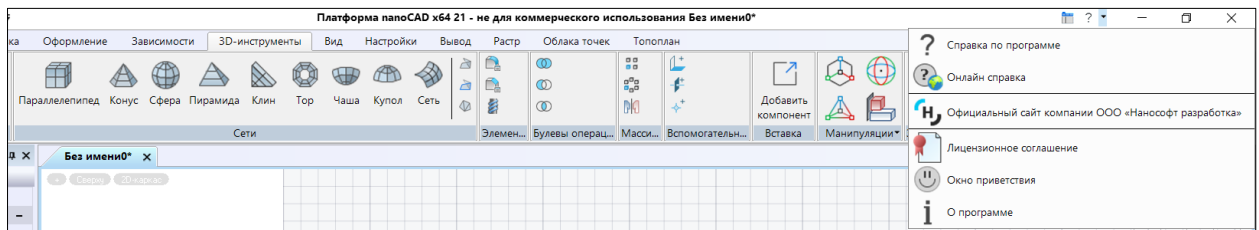


3. Остановимся подробнее на командах построения сетей. Все команды и необходимые настройки будем рассматривать в ленточном меню. Начнем с **Создания сетевых примитивов** - стандартных форм — **параллелепипедов, конусов, цилиндров, пирамид, сфер (купол, чаша), клиньев и торов.**



Необходимые для построения точки (вершины) и значения следуют из приведенной ниже таблицы:



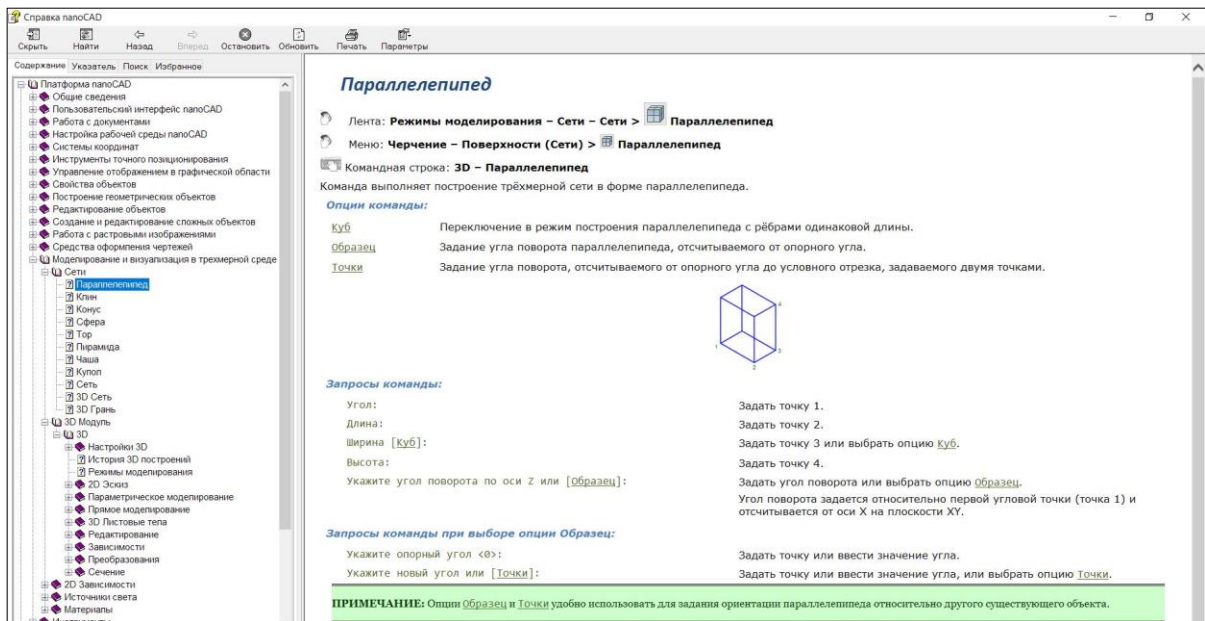
Диалог каждой из команд достаточно прост и очевиден и может быть освоен студентами самостоятельно или с помощью встроенного в **panoCAD** Справочника:



Здесь:

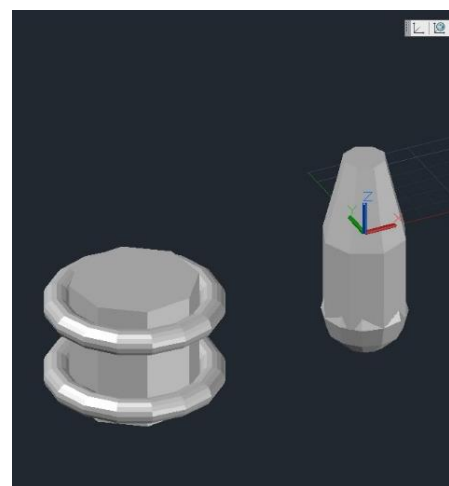
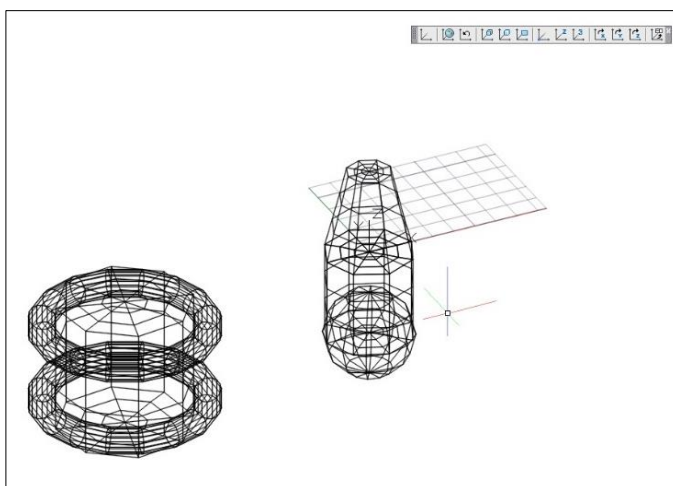
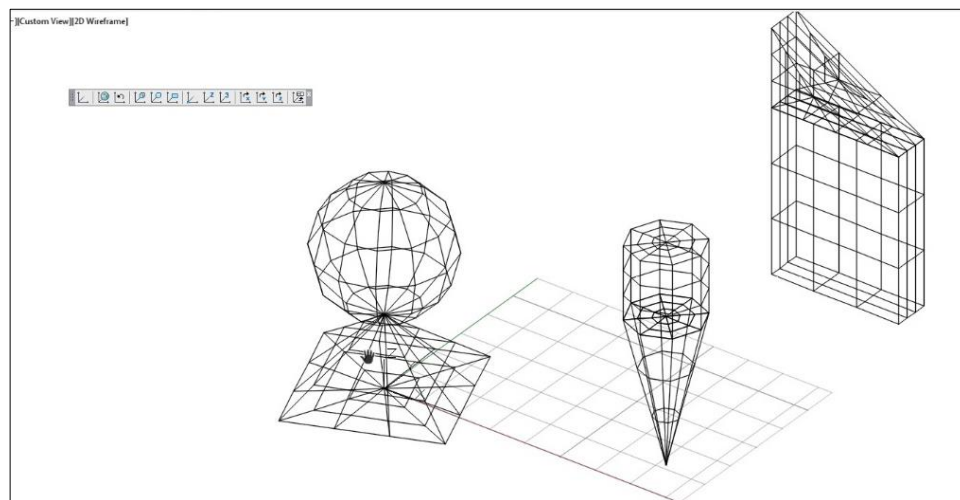
- ✓  Справка по программе - встроенное в установленную учебную версию **panoCAD** описание всех команд системы;
- ✓  Онлайн справка - доступное в интернет независимое от наличия инсталляции описание всех команд системы;

Ниже приведен пример страницы встроенного справочника в режиме **Содержание** с описанием диалога команды **Параллелепипед**:



ВАЖНО!! Освоение методики построения всех сетевых примитивов студенты должны выполнить самостоятельно с помощью рекомендованной учебно-методической литературы. Результат необходимо показать преподавателю.

Используя команды построения сетей стандартной формы – трехмерных сетевых примитивов, а также различные ПСК и визуальные стили, создать трехмерные модели, показанные ниже. **Продемонстрировать преподавателю.**



4. Построение неравномерных сетей (3D – Сеть) и 3D-Грани.

Для изучения данных команд также необходимо обратиться к встроенному или он-лайн справочнику команд **nanoCAD**.

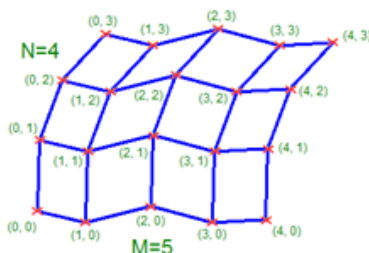
Команда **3D – Сеть** выполняет построение многоугольной неравномерной сети произвольной формы. Количество вершин, необходимых для описания сети, равно произведению запрашиваемых чисел **M** и **N**. Направления распространения трехмерной сети в пространстве – **M** и **N** – можно сравнить с осями координат **X** и **Y** на плоскости.

Положение каждой вершины сети определяется парой **m** и **n** (аналоги номера ряда и номера столбца в матрице). Задание вершин начинается с вершины **(0, 0)**. Первой меняется величина **n**. Номера вершин в направлении **N** изменяются от **0** до **N-1**. В направлении **M** номера вершин изменяются от **0** до **M-1**.

Вершины могут находиться на произвольном расстоянии друг от друга.

Создаваемые данной командой сети всегда открыты (не замкнуты) в направлениях **M** и **N**. Замкнуть сеть можно с помощью команды редактирования полилинии **PEDIT**.

На рисунке показаны подсказки, соответствующие вершинам для **3D-сети** с размерами **N=4** и **M=5**.

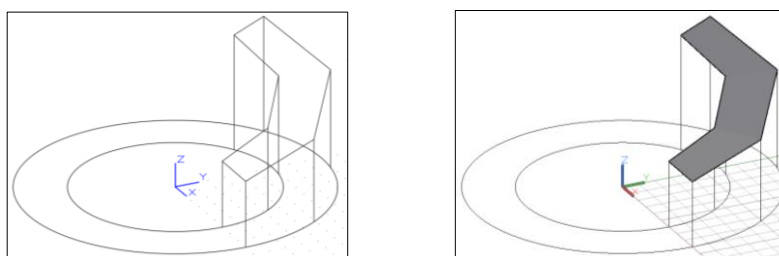


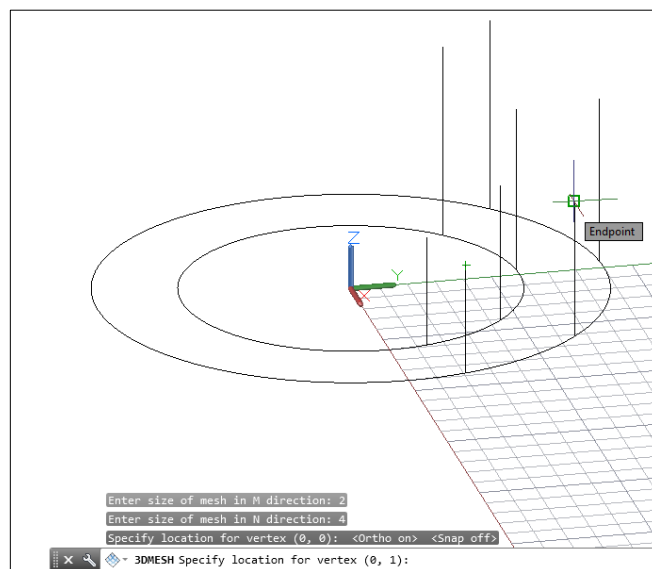
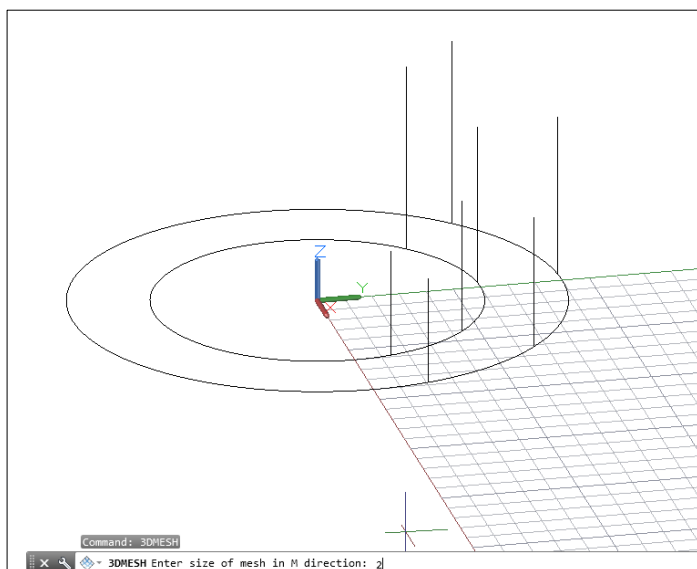
Диалог команды начинается с запроса на размерность сети, а затем на ввод координат каждой из вершин.

Предлагается выполнить данную команду на примере формирования сети для фрагмента пандуса в учебном корпусе № 13 НИУ МЭИ.

Для построения четырех пар столбов с равномерно увеличивающейся высотой, предлагается использовать 2 концентрические окружности и команду выравнивания **ПСК** по объекту → 4 раза применить **ПСК Объект** с началом координат в центре **Объектов** - окружностей и точками на положительном направлении оси **X** в местах выбора **Объекта** – **Окружность**. Все необходимые размеры (радиусы окружностей, высоту первой пары столбов и интервал увеличения высоты каждой следующей пары) выбрать произвольно.

Размерность результирующей сети определяется произведением **MxN**, где **M=2**, а **N=4**.





Используя ту же самую опорную геометрию необходимо построить модель пандуса с помощью команды 3D Грань. Изучив самостоятельно указанную команду, добейтесь эффекта невидимых ребер на стыке граней.

