

## Лабораторная работа №1 «Интерфейс. Модификаторы геометрических объектов»

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить принципы работы основных модификаторов для геометрических объектов.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Стек модификаторов. Настройка модификаторов в стеке.
2. Модификаторы и их настройки: *Slice* (Сечение), *Bend* (Изгиб), *Twist* (Скручивание), *Taper* (Конусность), *Stretch* (Растягивание), *Skew* (Скос), *Squeeze* (Сдавливание), *Symmetry* (Симметрия), *Noise* (Шум), *Wave* (Волна).
3. *FFD*: *FFD 2x2x2*, *FFD 3x3x3*, *FFD 4x4x4* (Модификаторы свободных деформаций).
4. Пример использования модификатора *Shell* (Оболочка).

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### Горячие клавиши

Цифры 1, 2, 3 в верхней линейке клавиш на клавиатуре – переключение на уровень подобъектов для модификаторов.

#### Стек модификаторов

Модификатор – это специальная операция программы 3ds Max, которую можно применить к объекту. Каждый модификатор имеет определённое название и наделяет объект дополнительными свойствами. В данном курсе будут изучены модификаторы из группы объектно-ориентированных (Object-Space Modifiers) – это модификаторы, которые влияют на геометрию объекта непосредственно в локальном пространстве.

Чтобы применить модификатор к выделенному объекту, нужно перейти на вкладку *Modify* (Изменение), нажать на *Modifier List* (Выпадающий список модификаторов) и щелчком выбрать нужный модификатор. Чтобы поиск был быстрее, можно на клавиатуре нажимать первую букву названия модификатора. Выбранный модификатор отобразится в стеке модификаторов сверху над названием объекта (рисунок 1).

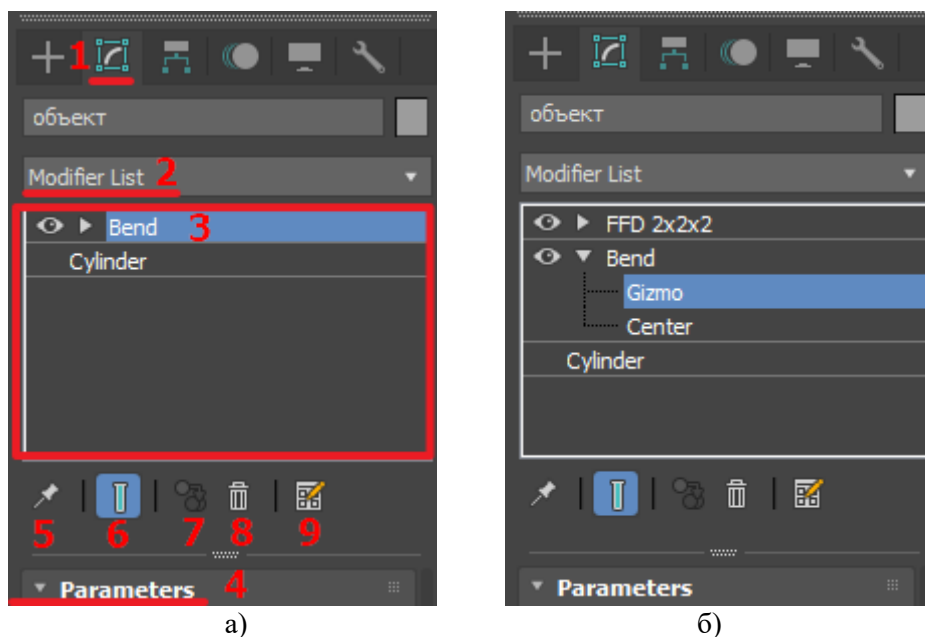


Рисунок 1 – Работа с модификаторами: а) 1 – вкладка *Modify*, 2 – *Modifier List* (Список модификаторов), 3 – стек модификаторов, где указан типом объекта и примененный к нему модификатор, 4 – свиток параметров выделенного модификатора, 5, 6, 7, 8, 9 – кнопки стека модификаторов; б) пример применения двух модификаторов к объекту и переключение на уровень подобъектов одного из модификаторов


Перечень уже назначенных на объект модификаторов также называется стеком. Порядок их применения – снизу вверх, т.е. самым верхним будет последний примененный к объекту модификатор. Причём конечная форма объекта зависит от последовательности применения модификаторов. Между модификаторами можно переключаться щелчком левой кнопки мыши (второй щелчок на этом же модификаторе переключит на уровень его подобъектов, не раскрывая списка подобъектов). Модификаторы можно менять местами (зажать левой кнопкой мыши и перетащить его на нужную позицию в стеке).



Нажатие на значок глаза позволяет включить или отключить воздействие модификатора на объект (при этом модификатор остается в стеке и сохраняются его настройки, но он не воздействует на объект). Нажатие на треугольник справа от значка глаза позволяет открыть/скрыть подобъекты модификатора (Sub-Objects). На рисунке 1,б приведен пример подобъектов модификатора *Bend* (*Изгиб*). Большинство модификаторов имеют несколько уровней подобъектов, например:


Gizmo (*Гизмо*) – габаритный контейнер, в рамках которого действует модификатор. Изображается в видовых окнах как каркас (обычно оранжевого цвета), который первоначально окружает объект. Можно перемещать, вращать и масштабировать гизмо, тем самым изменяя воздействие модификатора на объект.


Center (*Центр*) – точка либо ось, относительно которой действует модификатор. Можно перемещать эту точку (или ось), тем самым изменяя воздействие модификатора на объект.

Кнопки настроек для работы с модификаторами (на рисунке 1,а обозначены цифрами 5, 6, 7, 8, 9):

 – Кнопка *Pin Stack* (*Закрепление стека*) позволяет зафиксировать меню стека на экране таким образом, что оно не исчезнет, если снять выделение с объекта или даже выделить другой объект.

  – Кнопка *Show end result on/off toggle* (*Отображения конечного результата*) показывает конечный результат всех модификаций объекта, даже если выбран не последний в стеке модификатор.

 – Кнопка *Make Unique* (*Сделать независимым*) преобразует выбранный модификатор или сам объект в независимую копию. Эта кнопка активна только в том случае, если объект или модификатор был сделан как копия в режиме образца (Instance).

 – Кнопка *Remove modifier from the stack* (*Удаление модификатора*) удаляет выделенный модификатор из стека (соответственно, прекращая его воздействие на объект).



– Кнопка *Configure Modifier Sets* (*Вызов расширенного меню настройки модификаторов*).

Рекомендации при работе с модификаторами.

При нажатии правой кнопкой на модификаторе появится контекстное меню, которое позволяет переименовывать (Rename), удалять (Delete), вырезать (Cut), копировать (Copy) и вставлять (Paste) модификаторы. Например, не нужно делать те же самые настройки, достаточно скопировать уже настроенный модификатор на другой объект.

Следует точно подбирать число сегментов у примитива для правильной работы модификатора. Но это число не должно быть избыточным, чтобы не было излишнего числа полигонов у модели.

Имеет значение ориентация объекта по осям, т.к. действие модификаторов зачастую направлено по осям. Иногда при работе на уровне подобъектов некоторых модификаторов (например, для перемещения точек модификатора свободных трансформаций *FFD*) полезно пользоваться инструментом масштабирования (Select and Scale) для симметричной трансформации. Также для параметров модификаторов нужно подбирать точные настройки (а не выкручивать счётчики в неподходящие значения).

При настройке модификатора у объекта не должно появляться черных полигонов (т.е. их нормали вывернуты в другую сторону) или взаимных пересечений полигонов (модель как бы "рвется" в

некоторых ее частях). Математически программа позволяет совершать действия, которые приводят к такому результату, но наличие у модели такого искажения сетки является грубой ошибкой в работе.

### Модификатор Slice (Сечение)

Модификатор *Slice* (Сечение) используется при необходимости отсечь часть объекта. Подобъекты и список параметров показаны на рисунке 2. Подобъект *Slice Plane* (Секущая плоскость) можно перемещать или поворачивать, расположив его именно в том месте, где необходимо сделать отсечение.

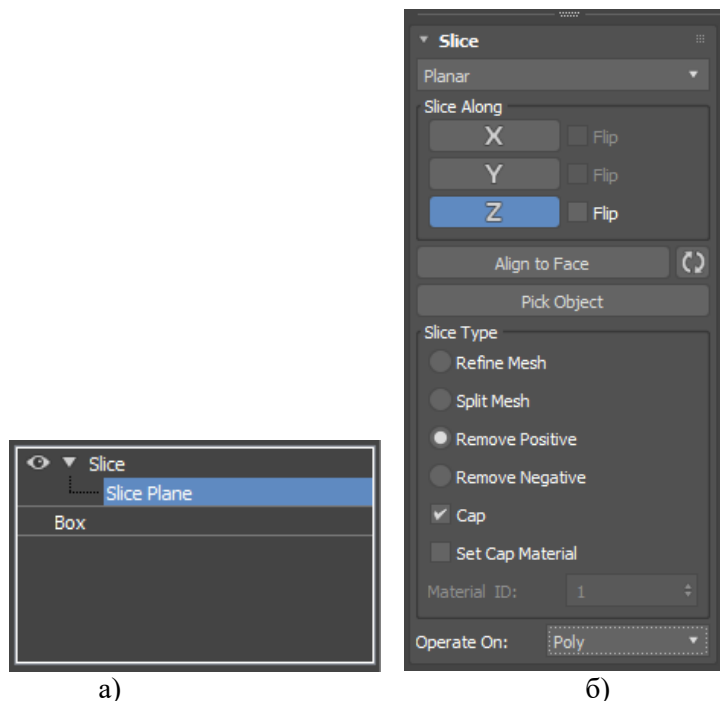


Рисунок 2 – Модификатор Slice (Сечение): а) подобъект Slice Plane (Секущая плоскость); б) параметры

#### Параметры модификатора *Slice* (Сечение):

*X, Y, Z* – выбор оси (или нескольких), по которым производится сечение.

*Flip* (Разворот) – изменение направления эффекта отсечения.

*Refine Mesh* (Создание сетки) – этот тип среза оставляет полигональную сетку объекта одним целым, добавив рёбра по плоскости сечения.

*Split Mesh* (Разделение сетки) – создание новых граней от секущей плоскости и разделение тем самым объекта на два элемента.

*Remove Positive* (Удалить по положительным значениям) – та часть объекта, которая находится от секущей плоскости в сторону положительных значений по выбранной оси, будет удалена.

*Remove Negative* (Удалить по отрицательным значениям) – та часть объекта, которая находится от секущей плоскости в сторону отрицательных значений по выбранной оси, будет удалена.

Параметр *Operate On* (Влиять на):

*Faces* (Грани) – отрезание каждой грани, входящая в полигон. Результатом будет mesh-объект.

*Polygons* (Полигоны) – отрезание полигонов, результатом будет poly-объект.

Подобъект *Slice Plane* (Секущая плоскость) можно перемещать и поворачивать, таким образом формируя отсечение. Для доступа к этому подобъекту необходимо в стеке модификаторов нажать на треугольник слева от названия модификатора и перейти на уровень подобъектов, щелкнув левой кнопкой мыши по названию *Slice Plane* (рисунок 2,а).

Примеры результата применения модификатора *Slice* (Сечение) для Параллелепипеда (Box: Length= 100mm, Width=100mm, Height=100mm) показаны на рисунке 3.

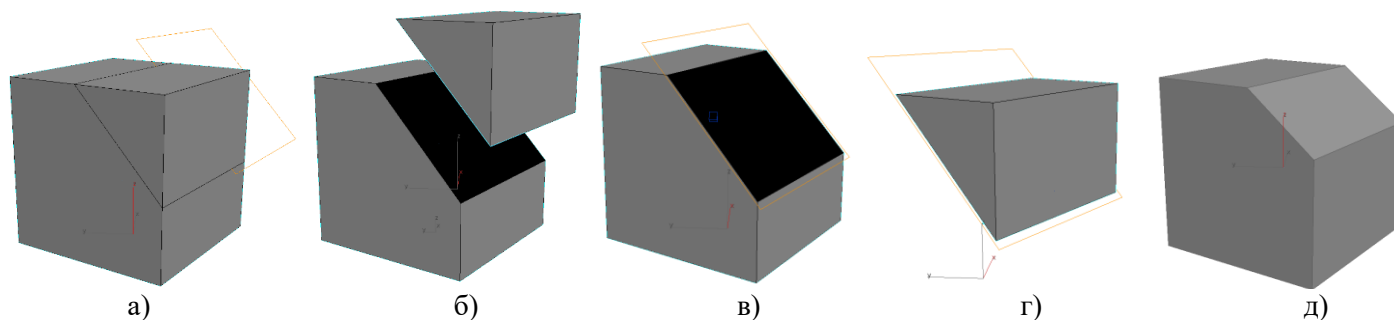


Рисунок 3 – Использование модификатора Slice (Сечение) с настройками: а) Refine Mesh (Создание сетки); б) Split Mesh (Разделение сетки); в) Remove Positive (Удалить по положительным значениям); г) Remove Negative (Удалить по отрицательным значениям); д) включение параметра Cap (Заглушка) после отсечения

В предыдущих версиях 3ds Max (ранее 2021) в паре с модификатором *Slice* использовали модификатор *CapHoles* для закрывания отверстий (отсутствующих полигонов) на поверхности объекта (рисунок 3,д). В версиях 3ds Max выше 2021 у модификатора *Slice* есть параметр *Cap* (*Крышка*), включение которого позволяет не применять дополнительный инструмент.

### Модификатор Bend (Изгиб)

Модификатор *Bend* (*Изгиб*) используется для создания деформации изгиба трехмерных объектов. На рисунке 4 (а,б) представлены подобъекты и параметры этого модификатора.

Параметры модификатора *Bend* (*Изгиб*):

*Angle* (*Угол*) – значение угла изгиба в градусах.

*Direction* (*Направление*) – направление поворота относительно оси изгиба.

*Bend Axis* (*Ось изгиба*) – выбор ориентации деформации изгиба (переключатели X, Y или Z).

*Limits* (*Пределы*) – ограничения на действие модификатора по выбранной оси деформации. Для применения данных пределов нужно включить флажок *Limit Effect* (*Эффект ограничения*).

Для корректного применения модификатора объект должен иметь достаточное количество сегментов в направлении оси изгиба. На рисунке 4,в показан пример неправильного применения модификатора Изгиб (*Bend*: *Angle*=180) для объекта параллелепипед (*Box*). Число сегментов по высоте (*Height Segments*) у параллелепипеда (*Box*) равно 2, а этого недостаточно для корректной работы модификатора. Поэтому видно изгиб контейнера гизмо, но нет нужного изгиба у объекта.

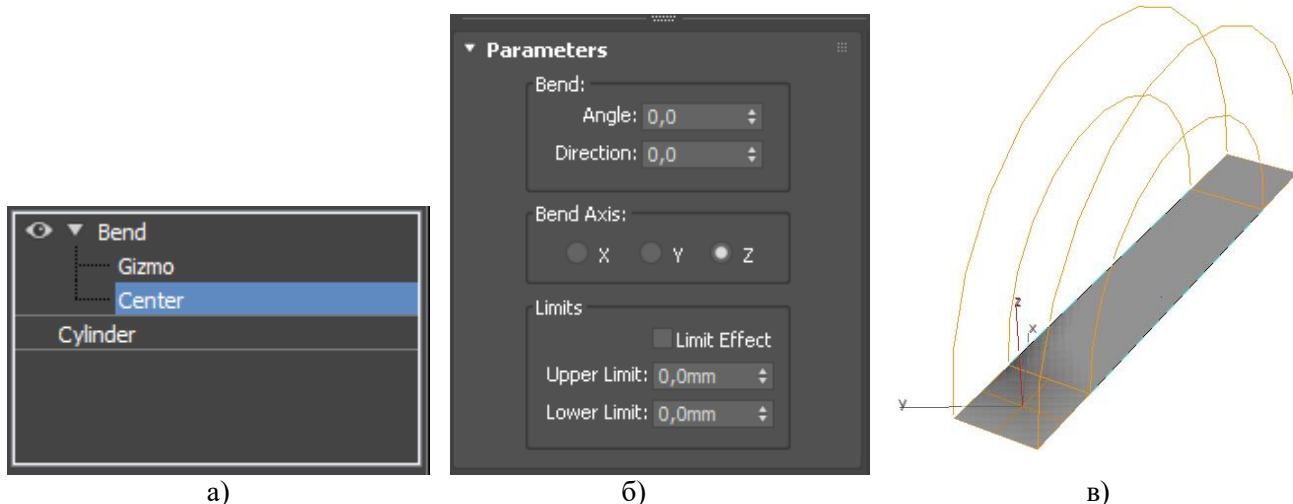


Рисунок 4 – Модификатор Bend (Изгиб): а) подобъекты – контейнер Gizmo (Гизмо) и Center (Центр действия модификатора); б) свиток параметров; в) пример неправильного применения модификатора изгиба, т.к. у примитива недостаточное число сегментов по направлению действия модификатора

На рисунке 5 показан пример правильного применения модификатора *Bend* (*Изгиб*) с разными настройками к объекту Параллелепипед (*Box*: *Length*=100, *Width* = 100 мм, *Height* = 800 мм).

Последовательные изменения (значений параметров, перемещение центра действия модификатора, включение и настройка пределов) соответствующим образом меняют объект.

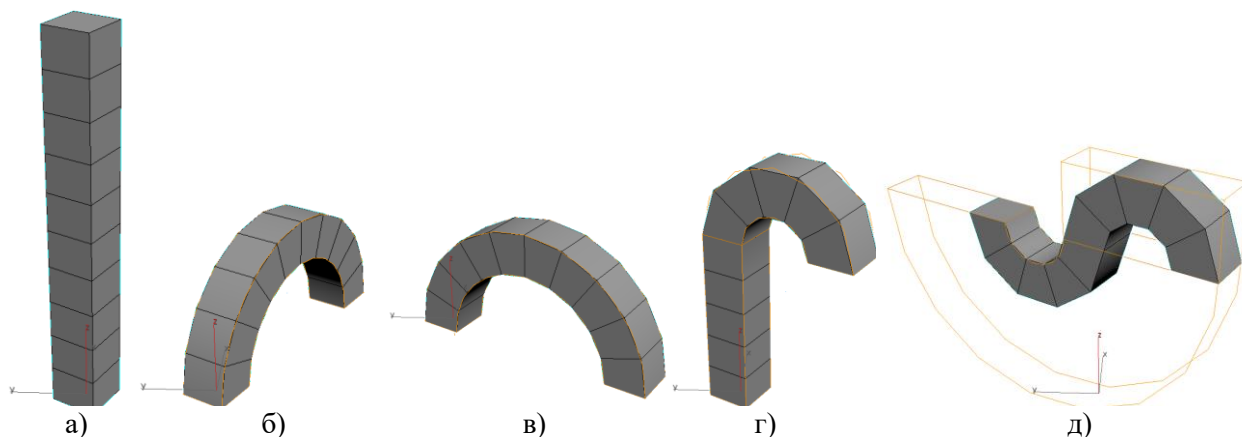


Рисунок 5 – а) исходный объект с Height Segments (Числом сегментов по высоте) = 10; б) Angle (Угол) = 180, Bend Axis (Ось изгиба) = Z; в) Direction (Направление) = 90 град.; г) Center (Центр действия модификатора) смещен на 400 мм вверх, предел Upper Limit (Верхний уровень границы) = 400; д) к объекту применен второй модификатор изгиба с аналогичными параметрами, за исключением пределов: Lower Limit (Нижний предел) = -400, Upper Limit (Верхний предел) = 0

Также у модификатора *Bend* (*Изгиб*) есть возможность изменять положение контейнера *Gizmo* (*Гизмо*), управляя воздействием модификатора. Следует внимательно относиться к параметру *Direction* (*Направление*), т.к. его применение определенным образом перекручивает модель.

### Модификатор Twist (Скручивание)

Данный модификатор применяется для создания деформации скручивания. Он используется при конструировании витых спиралевидных моделей: веревок, резьбы, кованых решеток, ювелирных украшений и т. п. Для корректного применения модификатора *Twist* (*Скручивание*) объект должен иметь достаточное количество разбиений (число сегментов) в направлении оси скручивания.

#### Основные параметры модификатора *Twist*:

*Angle* (*Угол*) – величина угла скручивания в градусах.

*Bias* (*Смещение*) – величина сдвига начальной точки вращений для нелинейного скручивания в процентах.

*Twist Axis* (*Ось изгиба*) – выбор ориентации деформации скручивания (переключатели X, Y или Z).

*Limits* (*Пределы*) – ограничения на действие модификатора по направлению выбранной оси деформации.

На рисунке 6 приведен пример постепенного применения модификатора *Twist* (*Скручивание*) с различными настройками параметров к объекту *Box* (Параллелепипед) размерами 100x100 мм по основанию, Height (Высота) = 800 мм и Height Segments (Число сегментов по высоте) = 30.



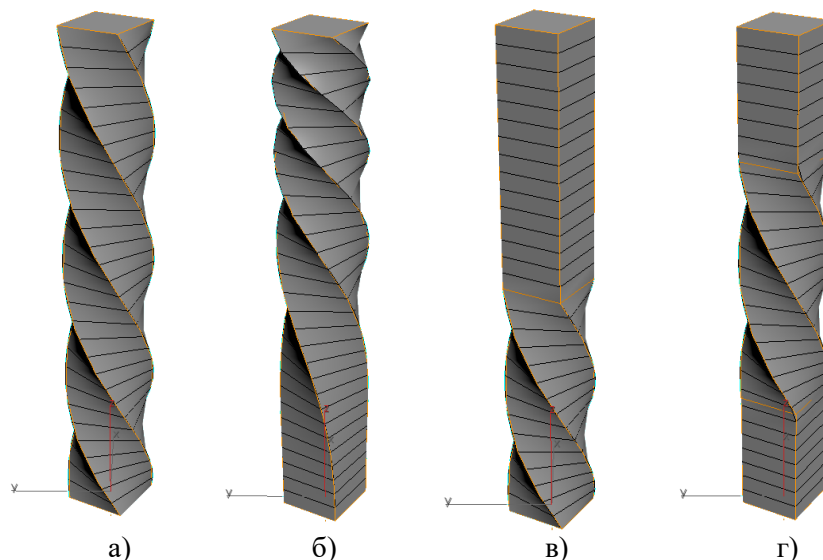


Рисунок 6 – Применение модификатора Twist (Скручивание) с параметрами: а) угол (Angle) = 360, ось изгиба (Bend Axis) = Z; б) направление (Direction) = 90; в) центр действия модификатора (Center) смещен на 400 мм вверх, нижний предел (Lower Limit) = 400; г) применен второй модификатор изгиба с аналогичными параметрами, за исключением пределов: нижний предел (Lower Limit) = -400, верхний предел (Upper Limit) = 0

Следует помнить, что для применения пределов нужно в свитке параметров в поле пределов (Limits) включить флажок эффекта ограничения (Limit Effect).

### Модификатор конусность (Taper)

Данный модификатор создает конусообразный контур, масштабируя оба конца геометрии объекта. Он позволяет контролировать силу воздействия модификатора и кривизну конуса плоскости.

Модификатор *Taper* (Конусность) имеет два подобъекта (рисунок 7,а): *Gizmo* (Контейнер гизмо) – любые изменения (масштабирование, поворот и смещение) габаритного контейнера отразятся на геометрии объекта, и *Center* (Центр) – центр воздействия модификатора на объект. Свиток параметров указан на рисунке 7,б.

#### Параметры модификатора *Taper*:

*Amount* (Количество/Величина) – степень масштабирования концов. Является относительной величиной с максимумом 10.

*Curve* (Кривизна) – кривизна образования конусообразного объекта.

Настройки *Taper Axis group* (Группа осей воздействующего конуса) определяют направление воздействующего конуса:

*Primary* (Основное направление) – выбор направления центральной оси: X, Y или Z.

*Effect* (Эффект) – ось или пара осей, указывающая направление конусности от первичной оси (зависит от выбора основной оси). Ось эффекта может быть либо двумя оставшимися осями, либо их комбинацией. Например, если основной осью является ось X, осью эффекта могут быть Y, Z или YZ.

*Symmetry* (Симметричность) – создание симметричного конуса вокруг первичной оси. Конус всегда симметричен оси эффекта.

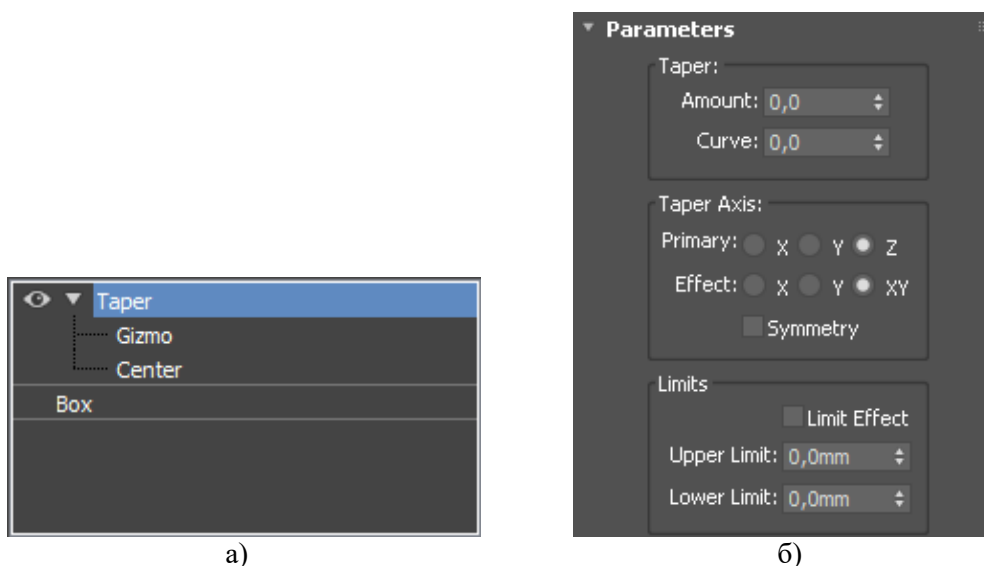


Рисунок 7 – Модификатор конусности (Taper): а) подобъекты; б) свиток параметров

Данный модификатор также имеет настройки пределов. За пределами ограничителя воздействующий конус больше не влияет на геометрию.

*Upper Limit* (Верхний предел) – граница верхнего предела от центральной точки конуса.

*Lower Limit* (Нижний предел) – граница нижнего предела от центральной точки конуса.

Применение модификатора Taper при постепенном изменении настроек параметров к объекту Цилиндр (Cylinder: Radius=100 mm, Height=190 mm, Height Segments = 5, Sides = 10) показано на рисунках 8-10.

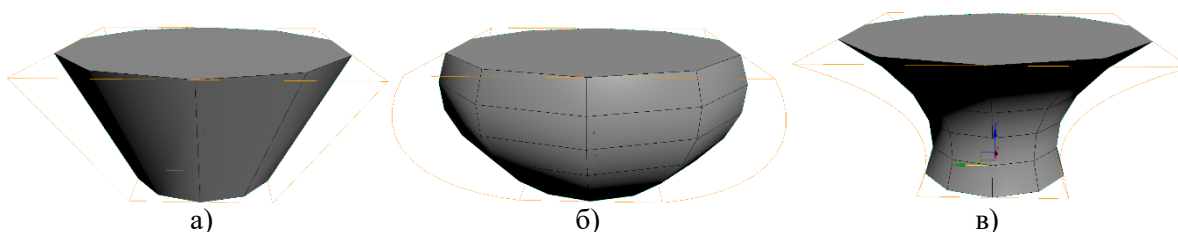


Рисунок 8 – Применение модификатора Taper (Конусность): а) Amount (Величина) = 1, Curve (Кривизна) = 0; б) Amount (Величина) = 1, Curve (Кривизна) = 2; в) Amount (Величина) = 1, Curve (Кривизна) = -2

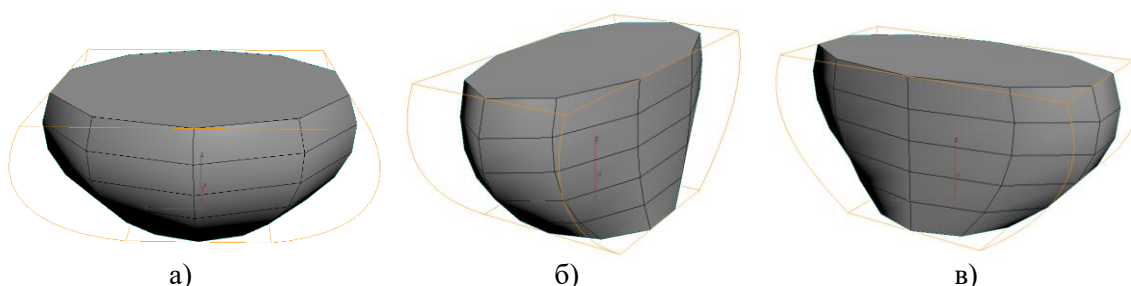


Рисунок 9 – Применение модификатора Taper (Конусность) с параметрами Amount (Величина) = 1, Кривизна (Curve) = 2: а) Primary = Z, Effect = XY; б) Primary = Z, Effect = X; в) Primary = Z, Effect = Y

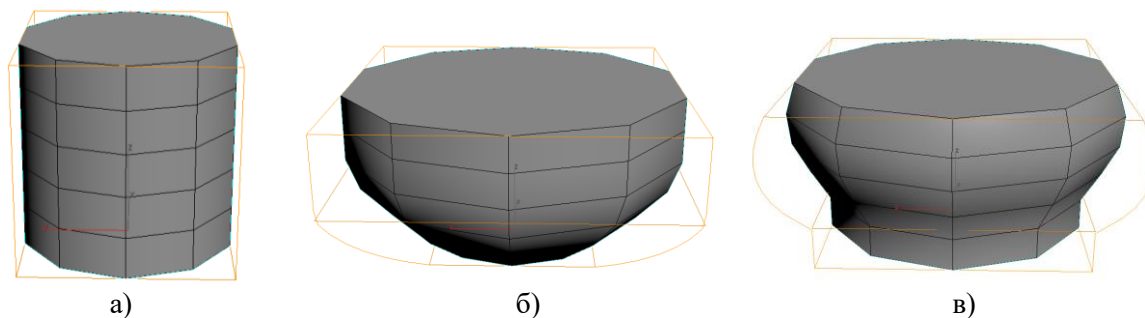


Рисунок 10 – Применение модификатора Taper (Конусность) с параметрами Amount (Величина) = 1, Curve (Кривизна) = 2: а) Upper Limit = 0, Lower Limit = 0; б) Upper Limit = 100 мм, Lower Limit = 0; в) Upper Limit = 190, Lower Limit = 50

При назначении пределов необходимо знать координаты опорной точки в направлении оси воздействия модификатора. Нулевое значение находится в начале опорной точки. Направление координатной оси задает положительное или отрицательное направление значения ограничений. Минимальное и максимальное значения пределов определяются габаритным контейнером и размерами объекта. Например, если опорная точка находится в начале координат Z, то значение верхнего предела должно быть больше значения нижнего предела.

### Модификатор Stretch (Растягивание)

Данный модификатор создает эффект вытягивания объекта вдоль указанной оси и эффект нелинейного масштабирования вдоль двух оставшихся вспомогательных осей. Масштабирование вдоль вспомогательных осей напоминает эффект жевательной резинки. Максимальное масштабирование происходит в центре и падает к концам.

Модификатор Stretch (Растягивание) имеет два подобъекта (как и модификатор *Taper*): *Center* (Центр) и *Gizmo* (Контейнер гизмо). Свиток параметров модификатора – на рисунке 11.

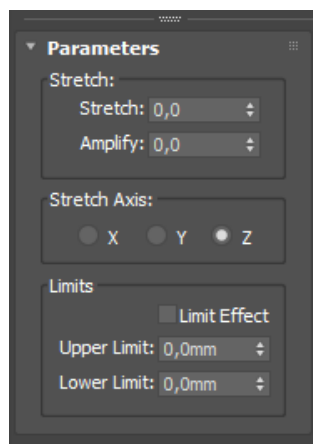


Рисунок 11 – Свиток параметров модификатора растягивания (Stretch)

#### Основные параметры модификатора Stretch (Растягивание):

*Stretch* (Растягивание) – масштабный коэффициент для всех трех осей, зависит от знака значения. Отрицательное значение сдвигает, положительное значение растягивает.

*Amplify* (Коэффициент усиления) – усиливает влияние эффекта растягивания или сдвигания на масштабирование по вспомогательным осям.

*Stretch Axis group* (Группа выбора осей растягивания) определяет, какая из локальных осей (X, Y, Z) объекта будет осью, вдоль которой происходит растяжение. Оставшиеся оси будут вспомогательными, вдоль них происходит масштабирование.

*Limits group* (Группа параметров ограничения) – позволяет применить эффект растяжения ко всему объекту или ограничить воздействие модификатора на часть объекта. Для влияния пределов эффекта растяжения необходимо включить эффект ограничения (Limit Effect).



*Upper Limit (Верхний предел)* – устанавливает границу эффекта растяжения вдоль положительной оси растяжения. Верхний предел может быть 0 или любым положительным числом.

*Lower Limit (Нижний предел)* – устанавливает границу эффекта растяжения вдоль отрицательной оси растяжения. Нижний предел может быть 0 или любым отрицательным числом.

Применение модификатора *Stretch* для объекта Параллелепипед (Box: Width= 100mm, Length=100mm, Height=100mm) с опорной точкой в минимуме объекта по оси Z изображено на рисунках 12, 13, 14.

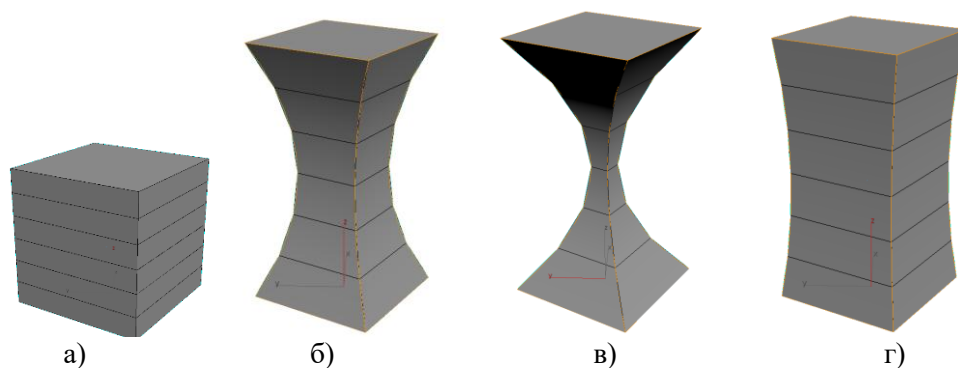


Рисунок 12 – Применение модификатора Растягивание (Stretch) к объекту Параллелепипед (Box: Height Segments = 6): а) исходный объект; б) Stretch = 1, Amplify = 0; в) Stretch=1, Amplify = 5; г) Stretch = 1, Amplify = -5

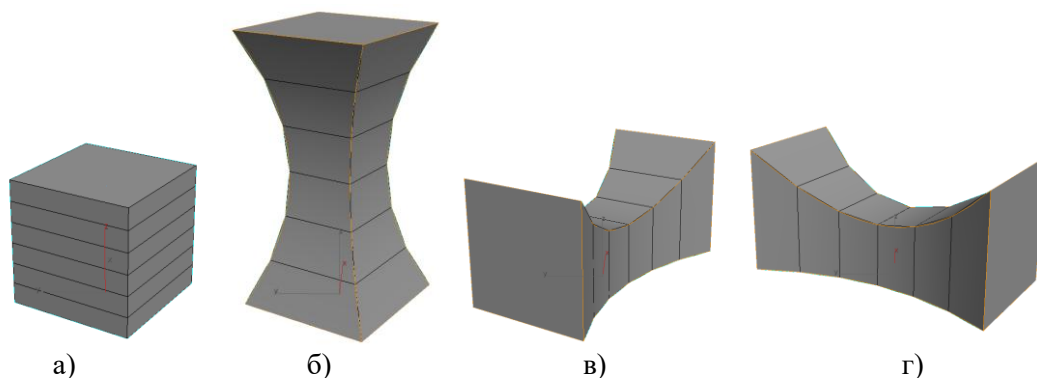


Рисунок 13 – Применение модификатора Растягивание (Stretch: Stretch = 1, Amplify = 0) к объекту Параллелепипед (Box: Height Segments = 6): а) исходный объект; б) растягивание вдоль оси Z; в) растягивание вдоль оси X; г) растягивание вдоль оси Y

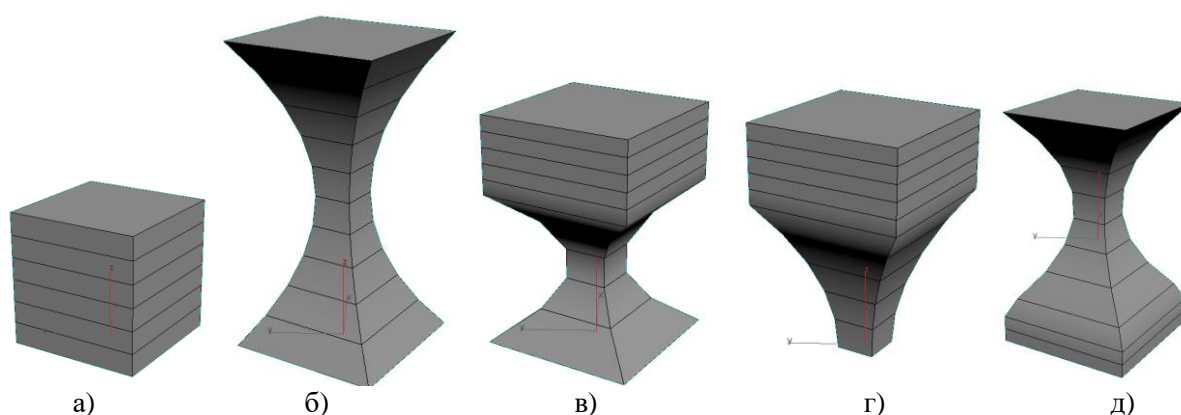


Рисунок 14 – Применение модификатора Растягивание (Stretch: Stretch = 1, Amplify = 2) к объекту Параллелепипед (Box: Height Segments = 6): а) исходный объект, без ограничителей; б) Upper Limit = 100 мм; в) Upper Limit = 100 мм, Lower Limit = -50мм; г) Upper Limit = 100 мм, Lower Limit = -50мм; опорная точка смещена на 100 мм вверх

Необходимо помнить, что конечный результат применения модификатора во многом зависит от числа полигонов вдоль оси применения модификатора.

### Модификатор Skew (Скос)

Модификатор *Skew* (Скос) позволяет создавать равномерное смещение в геометрии объекта. С его помощью можно контролировать количество и направление перекоса на любой из трех осей. Можно также ограничить перекос для части геометрии. Основные параметры модификатора *Skew*:

*Amount* (Величина) – расстояние отступа скоса от исходной оси.

*Direction* (Направление) – направленность скоса относительно центральной оси.

*Skew Axis group* (Группа выбора направления перекоса оси) позволяет указать ось (X / Y / Z), которая будет перекошена. Эта ось является локальной для контейнера гизмо (Gizmo) и не связана с выбранным объектом. По умолчанию выбрана ось Z.

*Limit Effect* (Эффект ограничений) – включение предельных ограничений к модификатору.

*Upper Limit* (Верхний предел) устанавливает границу верхнего предела в мировых единицах от центральной точки перекоса, за пределами которой перекос больше не влияет на геометрию.

*Lower Limit* (Нижний предел) устанавливает границу нижнего предела в мировых единицах от центральной точки перекоса, за пределами которой перекос больше не влияет на геометрию.

На рисунках 15-16 приведены примеры применения модификатора *Skew* с различными настройками к объекту Конус (Cone: Radius 1 = 50, Radius 2 = 10, Height = 100, Height Segments = 5).

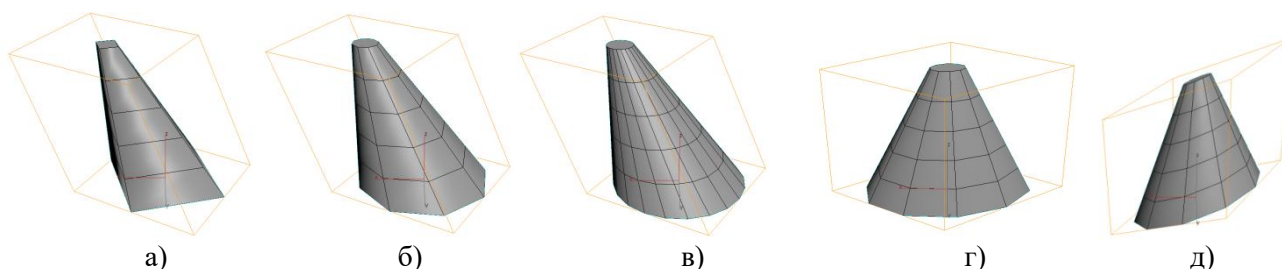


Рисунок 15 – Применение модификатора Скос (Skew: Amount=10 мм) к объекту конус: а) Sides=4, Skew Axis=Z; б) Sides=8, Skew Axis=Z; в) Sides=20, Skew Axis = Z; г) Sides = 10, Skew Axis = Y; д) Sides = 10, Skew Axis = X

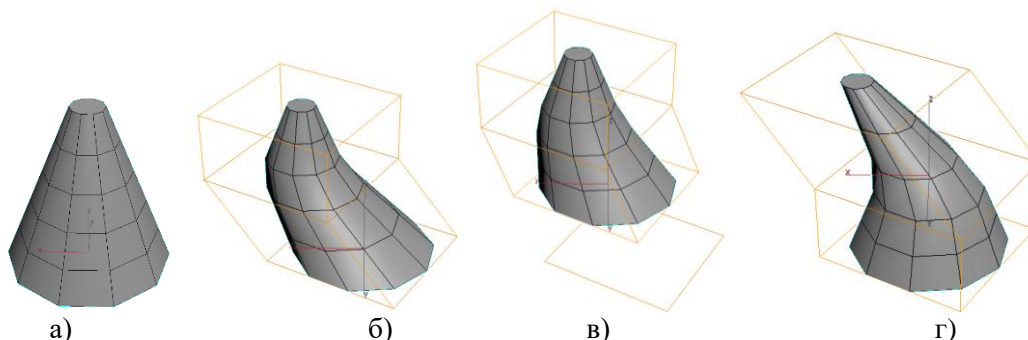


Рисунок 16 – Применение модификатора Скос (Skew: Amount = 10 мм) с пределами: а) исходный конус; б) Upper Limit = 50 мм, Lower Limit = 0; в) Lower Limit = -50 мм; г) пределы как в варианте «б», но центр модификатора смещен вверх по оси Z на 50 мм

Данный модификатор, как и прочие, следует применять к объекту и настраивать правильным образом, чтобы конечная форма объекта соответствовала форме нужной детали. Будет ошибкой, если модификатор применен, но не настроен должным образом, и форма объекта выглядит искаженной.

### Модификатор Squeeze (Сдавливание)

Модификатор *Squeeze* (Сдавливание) позволяет применять эффект сжатия к объектам, в которых вершины, ближайшие к точке поворота объекта, перемещаются внутрь. Сжатие применяется вокруг локальной оси Z габаритного контейнера. Также можно использовать этот модификатор, чтобы создать выпуклость на вертикальной оси с целью подчеркнуть эффект сдавливания. Параметры модификатора *Squeeze* приведены на рисунках 17-18.

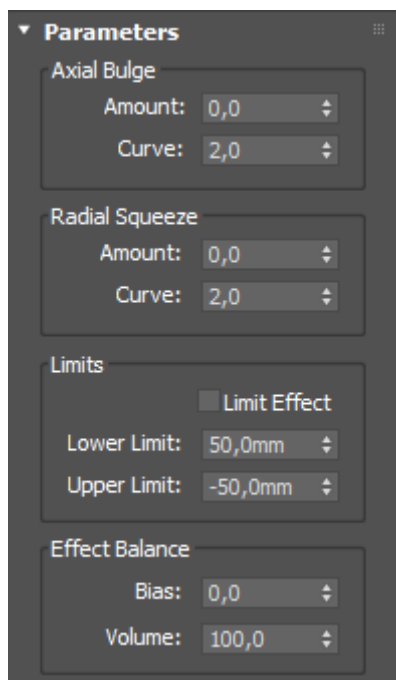


Рисунок 17 – Свиток параметров модификатора Squeeze (Сдавливание)

### Параметры модификатора Squeeze:

*Axial Bulge group (Группа изменения параметров выпуклости по оси).* Эти элементы управления позволяют применять эффект выпуклости *вдоль локальной оси Z*, которая по умолчанию выравнивается по локальной оси *Z* объекта.

*Amount (Величина)* управляет величиной выпуклого эффекта. Более высокие значения удлиняют объект и заставляют концы изгибаться наружу.

*Curve (Кривизна)* устанавливает степень кривизны на выпуклых концах. Используется для того, чтобы контролировать, является ли выпуклость гладкой или заостренной.

*Radial Squeeze group (Группа изменения параметров радиального сжатия).* Эти элементы управления позволяют применять эффект сдавливания *вокруг локальной оси Z*, которая по умолчанию выравнивается по локальной оси *Z* объекта.

*Amount (Величина)* контролирует величину сжимающего действия. Значения, превышающие ноль, имеют тенденцию сужать «талию» объекта, а значения, меньшие нуля, имеют тенденцию выпячивать линию талии, как если бы на объект наступали.

*Curve (Кривизна)* устанавливает степень искривления. Низкие значения вызывают эффект резкого сдавливания, в то время как высокие значения создают постепенное, менее выраженное сдавливание.

*Limits (Группа ограничителей).* Эти элементы управления позволяют ограничивать пределы эффекта сдавливания *вдоль локальной оси Z*. Флажок Эффект применения ограничения (Limit Effect) ограничивает степень эффекта сдавливания, как это указано настройками нижнего и верхнего пределов.

*Lower Limit (Нижний предел)* устанавливает предел в положительном направлении *вдоль оси Z*.

*Upper Limit (Верхний предел)* устанавливает предел в отрицательном направлении *вдоль оси Z*.

Группа *Effect Balance (Баланс эффекта)* позволяет настроить степени влияния эффектов вогнутости и выпуклости при сдавливании:

*Bias (Смещение)* изменяет относительное количество выпуклости и сжатия, сохраняя постоянный объем объекта.

*Volume (Объём)* увеличивает или уменьшает одновременно эффекты вогнутости (Squeeze) и выпуклости (Bulge).

На рисунках 18 и 19 приведены примеры применения модификатора Squeeze к Цилиндру (Cylinder: Radius = 50 mm, Height = 100 mm, Height Segments = 5, Sides = 10, CapSegments = 3).

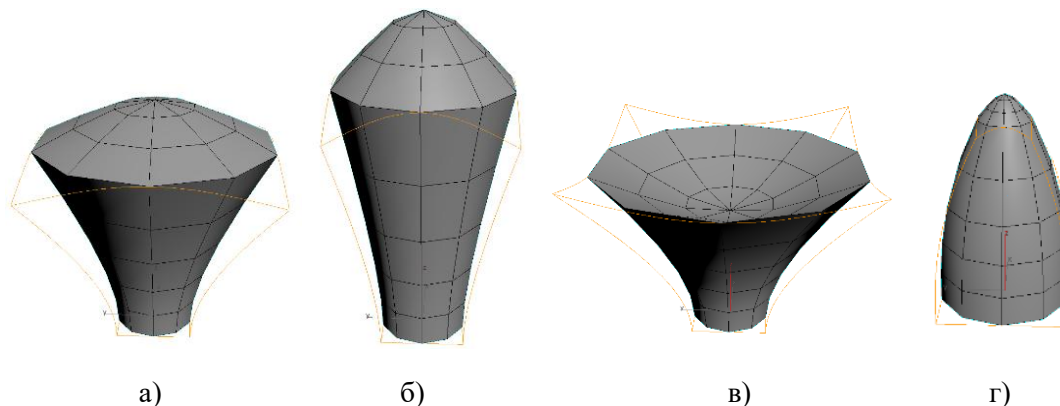


Рисунок 18 – Применение модификатора Squeeze (Сдавливание) к Цилиндру: а) Axial Bulge Amount = 0,5, Axial Bulge Curve = 2, Radial Squeeze Amount = 0,5, Radial Squeeze Curve = 2, Bias = 0, Volume = 100; б) изменен параметр Смещение (Bias) = 50; в) изменены параметры кривизна осевой выпуклости (Axial Bulge Curve) = -2, объём (Volume) = 120, смещение (Bias) = 50; г) изменены параметры кривизна осевой выпуклости (Axial Bulge Curve) = -2, величина радиального сжатия (Radial Squeeze Amount) = -0,05, кривизна радиального сжатия (Radial Squeeze Curve) = 3, смещение (Bias) -50

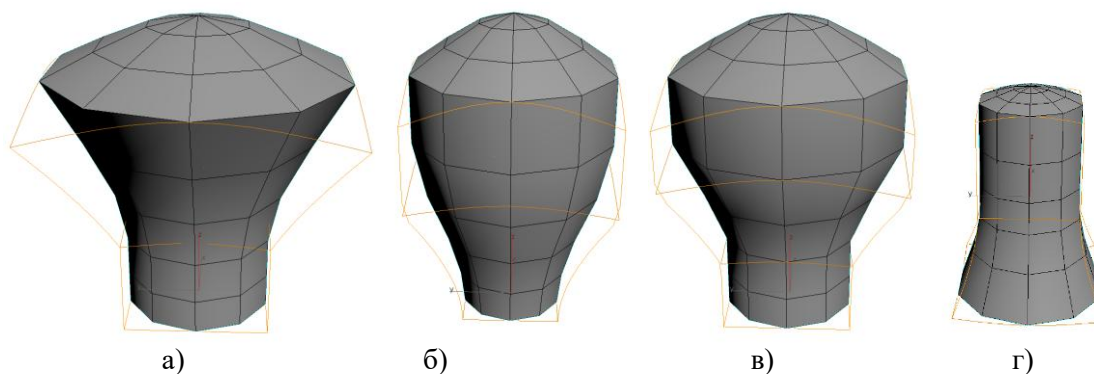


Рисунок 19 – Применение к цилиндру модификатора Squeeze (Сдавливание) с параметрами Axial Bulge Amount (Величина осевой выпуклости) = 0,5, Axial Bulge Curve (Кривизна осевой выпуклости) = 2, Radial Squeeze Amount (Величина радиального сжатия) = 0,5, Radial Squeeze Curve (Кривизна радиального сжатия) = 2, Bias (Смещение) = 0, Volume (Объём) = 100. Выставлены пределы: а) Lower Limit = 50 mm, Upper Limit = 100 mm; б) Lower Limit = 0 mm, Upper Limit = 70 mm; в) Lower Limit = 40 mm, Upper Limit = 80 mm; г) опорная точка применения модификатора смещена по оси Z на 50 mm вверх, Lower Limit = -50mm, Upper Limit = 0 mm

Если применять данный модификатор к цилиндрическим объектам, может понадобиться более точная настройка числа сегментов крышек (Cap Segments).

### Модификатор Symmetry (Симметрия)

Данный модификатор применяется к любой геометрии для получения зеркального эффекта (геометрический объект или сплайн). На рисунке 20 представлены подобъекты модификатора *Symmetry* и свиток его параметров.

Подобъект *Mirror* (Зеркальная плоскость) – плоскость, относительно которой происходит зеркальное отражение объекта. Эту плоскость можно перемещать или вращать, тем самым изменяя конечный результат применения модификатора.

#### Параметры модификатора Symmetry:

*Mirror Axis* (Ось отзеркаливания) – ось (X, Y или Z) относительно, которой происходит симметрия.

*Flip* (Разворот) – изменение направления эффекта симметрии.

*Weld Seam* (Спаить шов). При включении этого флажка (рекомендуется) вершины вдоль оси зеркала будут автоматически спаяны, если они находятся в пределах выставленного порога (Threshold).



*Threshold (Порог)* указывает, насколько близко могут быть вершины перед автоматической сваркой. Т.е. вершины, расстояние между которыми превышает указанное в этом поле значение, не будут спаяны.

На рисунках 21-22 приведены примеры использования данного модификатора.

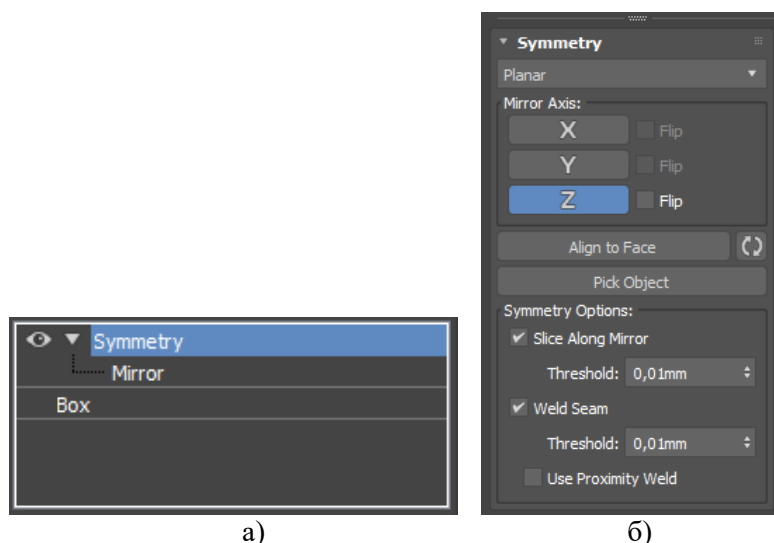


Рисунок 20 – Модификатор Symmetry (Симметрия): а) подбъект Mirror (Зеркальная плоскость); б) параметры

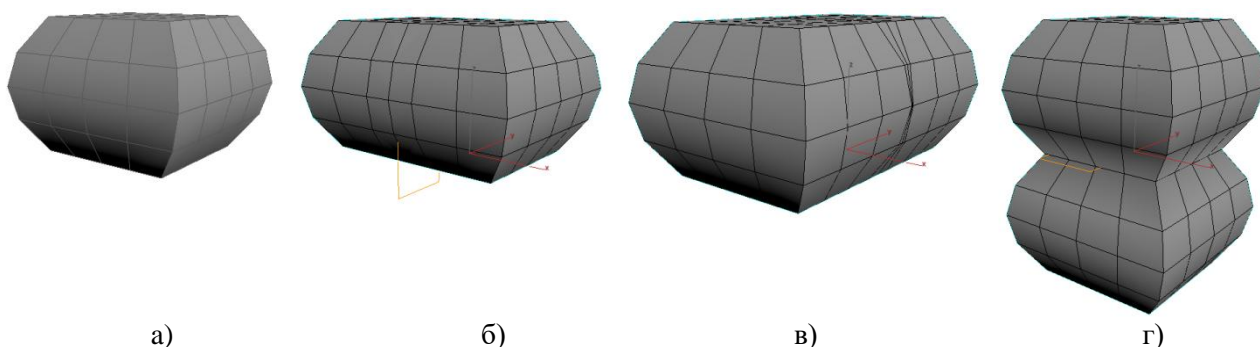


Рисунок 21 – Применение Symmetry (Симметрия) к объекту с количеством сегментов 4x4x4: а) исходный объект без модификатора; б) отзеркаливание по оси X; в) отзеркаливание по оси Y; г) отзеркаливание по оси Z

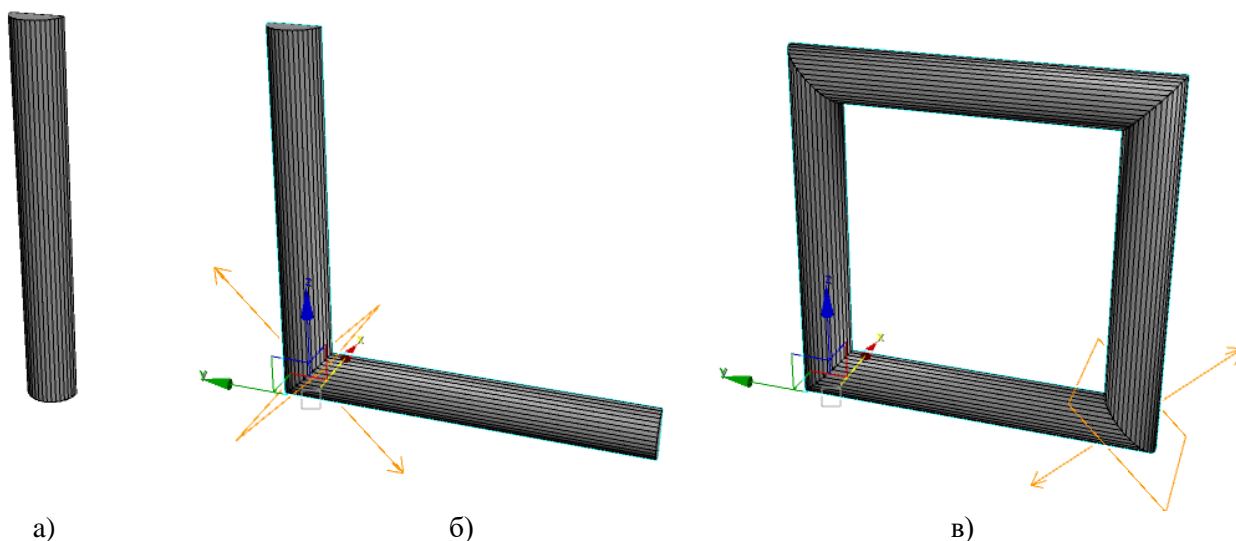


Рисунок 22 – Применение модификатора Symmetry (Симметрия) к Цилиндру (Cylinder: Radius = 20 мм; Height = 300 мм; Height segments = 1; Slice From = -90; Slice To = 90): а) исходный объект без модификатора; б) применен 1й модификатор Симметрия (Symmetry: Mirror Axis = Z, Mirror (Зеркальная плоскость) повернута на -45 град.);

в) применен 2й модификатор Симметрия (Symmetry: Mirror Axis = Z; Mirror (Зеркальная плоскость) повернута на 90 град. и сдвинута по оси Y на 200 мм)

Возможно многократное применение данного модификатора к объекту, это позволяет быстро получить сложный результат, подобно показанному на рисунке 22. Также данный модификатор часто применяется для работы со сплайнами (Spline), чтобы создать объемный объект из замкнутой фигуры на плоскости.

### Модификатор Noise (Шум)

После его воздействия на объект на поверхности объекта появляются хаотические искажения. Этот модификатор можно использовать для создания любой неоднородной поверхности, например, при имитации камня, ландшафта или другой грубо шероховатой поверхности объекта. Для корректной работы модификатора необходимо увеличить количество сегментов объекта. Свиток параметров модификатора *Noise* представлен на рисунке 23.

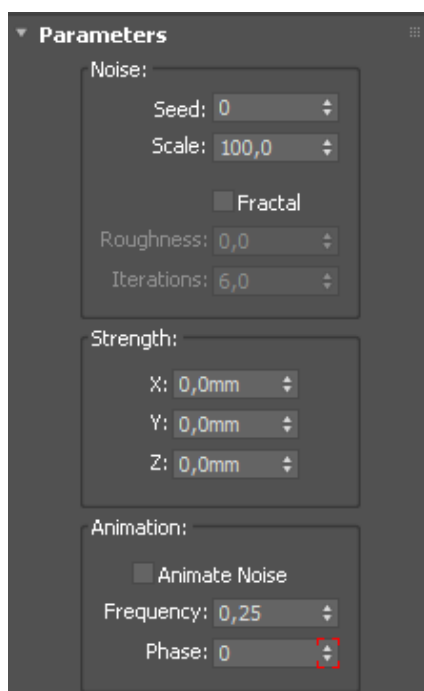


Рисунок 23 – Свиток параметров модификатора Noise (Шум)

#### Параметры модификатора Noise (Шум):

*Noise group* (Группа регулирования шума) – здесь контролируется появление шума и его влияние на деформации объекта.

*Seed* (Семя) – применяется для генерации случайной начальной точки из заданного числа. Особенно полезно при создании неоднородных форм типа ландшафта, потому что с его помощью можно создавать разные конфигурации.

*Scale* (Масштаб) – масштаб матрицы шума, применяется для того, чтобы установить размер эффекта шума. Большие значения производят более сглаженный шум, более низкие значения – более неровный шум. Значение по умолчанию – 100.

Флажок *Fractal* (Фрактал) создает эффект фрактала на основе текущих настроек (по умолчанию выключен). При включенном флажке доступны следующие опции: *Roughness* (Шероховатость/Неровность) определяет степень фрактальной вариации. Более низкие значения дают менее грубый результат, чем более высокие значения. Диапазон от 0 до 1,0. *Iterations* (Количество повторений/итераций) – количество итераций (или повторений), используемых фрактальной функцией, пример приведен на рисунках 24-25. Меньшее количество итераций создают более плавный эффект. Итерация равная 1,0 – это отсутствие фрактала. Диапазон от 1,0 до 10,0. Значение по умолчанию – 6.



*Strength (Сила)* – управление величиной шумового эффекта с помощью параметра величины шумового эффекта вдоль каждой из трех осей (X, Y, Z).

Параметры *Animation group (Группа анимации шума)* для анимации и здесь рассмотрены не будут.

На рисунках 24 и 25 приведены примеры применения модификатора Noise с различными настройками основных параметров к Плоскости (Plane: Length = 100 мм, Width = 100 мм, Length Segs = 50, Width Segs = 50).

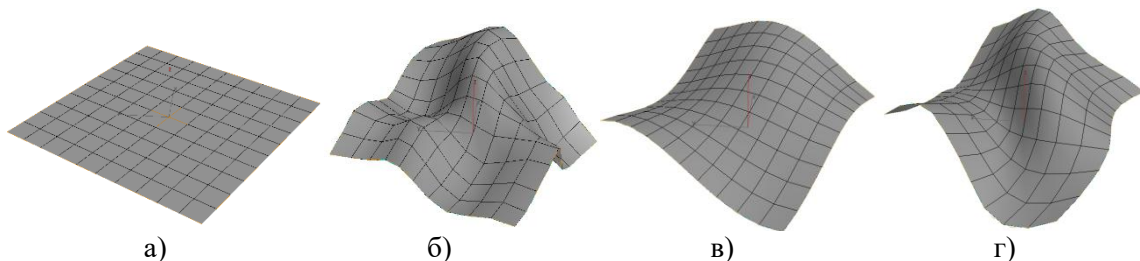


Рисунок 24 – Постепенное применение параметров модификатора Шум (Noise: Strength Z = 50 мм) для Плоскости (Plane): а) исходная плоскость; б) изменение параметра Масштаб (Scale) = 50; в) изменение параметра Масштаб (Scale) = 100; г) включение флажка Фрактал (Fractal: Roughness = 1, Iterations = 1,5)

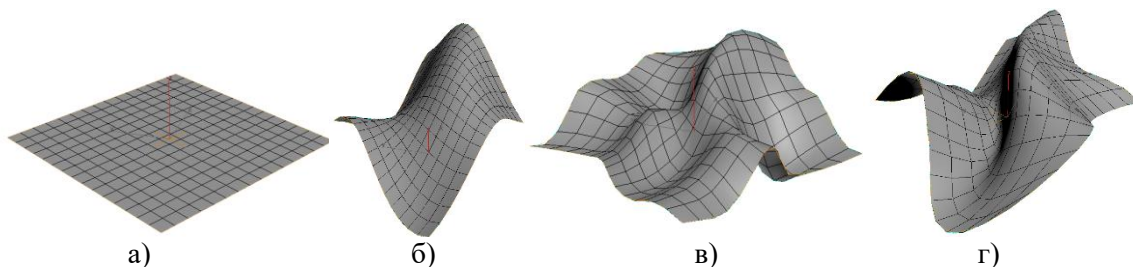


Рисунок 25 – Число сегментов плоскости по длине (LengthSegs) и ширине (WidthSegs) увеличено до 100: а) объект без модификатора; б) изменение параметра Масштаб (Scale) = 40, изменение параметров Сила (Strenght) по X,Y,Z = 100; в) изменение числа Итераций (Iterations) = 2

Также у модификатора *Noise* есть возможность изменять положение контейнера применения модификатора через управление контейнером гизмо (Gizmo).

### Модификатор Wave (Волна)

Модификатор *Wave* создает волновой эффект в геометрии объекта. Основные параметры:

*Amplitude 1 / Amplitude 2 (Амплитуда 1 / Амплитуда 2)*. Амплитуда 1 создает синусоидальную волну вдоль оси Y, Амплитуда 2 – создает волну вдоль оси X (хотя пики и впадины появляются в одном и том же направлении вместе с обеими). Переключение значения с положительного на отрицательное меняет положение пиков и впадин.

*Wave Length (Длина волны)* – расстояние в текущих единицах между гребнями обеих волн.

*Phase (Фаза)* смещает волновую картину над объектом. Положительные числа перемещают образец в одном направлении, отрицательные числа перемещают его в другом. Этот эффект особенно очевиден при анимации.

*Decay (Затухание)* ограничивает влияние волны, генерируемой от ее происхождения. Значение затухания уменьшает амплитуду при увеличении расстояния от центра. По мере увеличения этого значения волна концентрируется в центре и сглаживается до тех пор, пока не исчезнет.

На рисунке 26 приведены примеры применения модификатора *Wave* с различными настройками основных параметров к Плоскости (Plane: Length = 100 мм, Width = 100 мм, Length Segs = 10, Width Segs = 10).

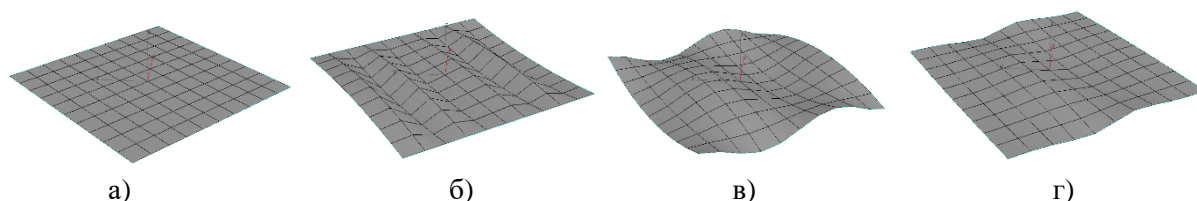


Рисунок 26 – Применение модификатора Wave (Волна) к Плоскости: а) исходная плоскость; б) Amplitude 1 = 5 mm; в) Amplitude 1 = -5 mm, Amplitude 2 = -5 mm, Wave Length = 0.07; г) Decay = 0.05

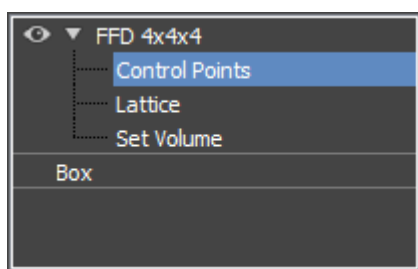
### Модификаторы свободных деформаций (FFD: FFD 2x2x2, FFD 3x3x3, FFD 4x4x4)

Модификатор деформации свободной формы (FFD, Free-Form Deformation) удобно использовать для моделирования изменения форм объектов при условии, что объект имеет достаточное количество полигонов для этих преобразований.

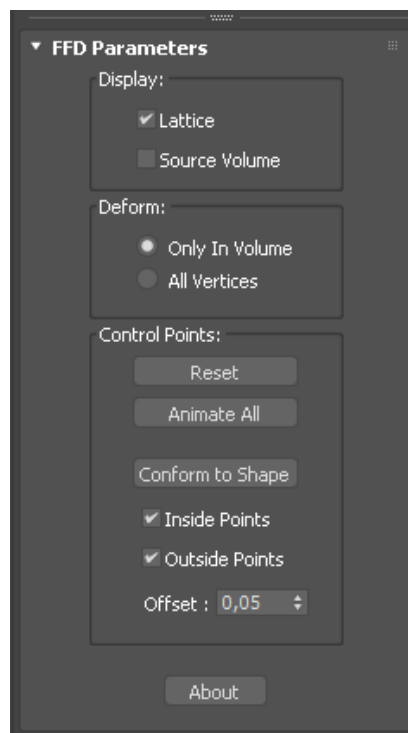
В программе представлено несколько видов данного модификатора: *FFD 2x2x2*, *FFD 3x3x3*, *FFD 4x4x4* (Деформации свободной формы с решётками 2x2x2, 3x3x3, 4x4x4).

Модификаторы свободных деформаций (FFD) воздействуют на объект по одному и тому же принципу: после назначения любого из них вокруг объекта возникает решетка с ключевыми точками. Точки привязываются к геометрическим характеристикам объекта, и при изменении положения любой из них объект деформируется. Чтобы осуществить редактирование объекта при помощи любого из модификаторов свободной деформации, необходимо перейти на уровень подобъектов модификатора, т.е. развернуть список в стеке модификаторов (щелчком на стрелочке рядом с названием модификатора) и переключиться в режим редактирования *Control Points* (Контрольные точки), как на рисунке 27, а.

Подобъекты модификатора свободных деформаций (FFD) на примере деформации свободной формы с решёткой 4x4x4 (FFD 4x4x4) и свиток параметров указаны на рисунке 27.



а)



б)

Рисунок 27 – Модификатор свободной трансформации (FFD): а) подбъекты; б) свиток параметров

### Подобъекты (Sub-Objects) модификатора свободных деформаций (FFD):

*Control Points* (Контрольные точки). На этом уровне подбъекта можно выбирать и управлять контрольными точками решётки, по одной за раз или группой. Таким образом можно изменить форму объекта. Для контрольных точек решётки можно использовать основные инструменты преобразования:

поворот и перемещение. Для симметричного изменения положения точек удобен инструмент масштабирования (Select and Scale).

*Lattice (Решётка деформации)*. На этом уровне подбъекта можно перемещать, вращать или масштабировать решётку отдельно от геометрии. Это позволяет направленно воздействовать на определенную область объекта. По умолчанию решётка вписывается в габаритный контейнер объекта.

*Set Volume (Настройка объема)*. На этом уровне подбъекта можно более точно подогнать решётку деформации под форму объекта, прежде чем изменять положение самих Контрольных точек (Control Points) для влияния на объект. При выделении контрольные точки решётки деформации становятся зелёными, их положение можно изменить, таким образом переназначая их влияние на объект. Это позволяет более точно подогнать решётку к объектам неправильной формы, обеспечивая более точное управление при деформации.

Основное отличие модификаторов свободной деформации друг от друга заключается в количестве контрольных точек, а также способе построения решетки (она может быть кубическая или цилиндрическая).

Свиток параметров модификатора свободных деформаций (FFD) представлен на рисунке 27,б.

*Display group (Группа параметров отображения)* влияет на отображение модификатора в окнах проекций: флажок *Lattice (Решётка)* при включении отображает линии, соединяющие контрольные точки для создания сетки.

Флажок *Source Volume (Исходный объем)* при включении отображает контрольные точки и решётки в их исходном состоянии. Когда уровень выбора решётки активен, это помогает посмотреть первоначальные габариты объекта.

Переключатель *Deform group (Группа параметров деформации)* может быть в одной из 2 позиций:

*Only in Volume (В текущем объеме)* деформирует вершины, лежащие внутри исходной геометрии.

*All Vertices (Для всех вершин)* деформирует все вершины, независимо от того, лежат они внутри или вне исходной геометрии.

Кнопка *Reset (Сброс)* в группе Control Points (Контрольные точки) возвращает все контрольные точки в исходное положение.

У модификатора свободных трансформаций (FFD) есть две разных формы решетки:

*FFD(box)/FFD(cyl)* – деформации свободной формы (для квадратных/ для цилиндрических форм).

На рисунках ниже показаны примеры применения модификатора свободных трансформаций (FFD) с различными его настройками.

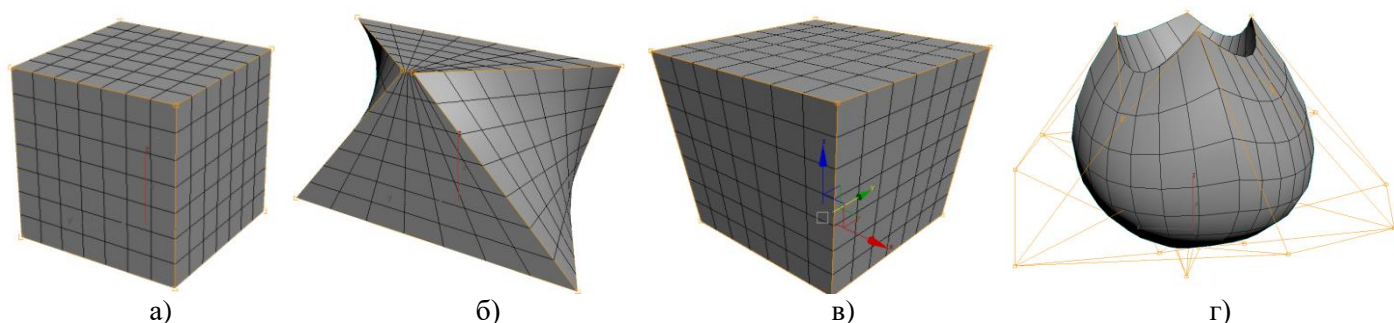


Рисунок 28 – Применение модификатора FFD 2x2x2 к Параллелепипеду (Box: Length = 100 мм, Width = 100 мм, Height = 100 мм, Length Segs = 7, Width Segs = 7, Height Segs = 7): а) исходный объект;

б) свободное трансформирование путём произвольного перемещения Контрольных точек (Control Points);

в) свободное трансформирование путём перемещения Контрольных точек (Control Points) с помощью инструмента масштабирования (Select and Scale) на 20% для решётки 2x2x2; г) свободное трансформирование путём произвольного перемещения Контрольных точек (Control Points)

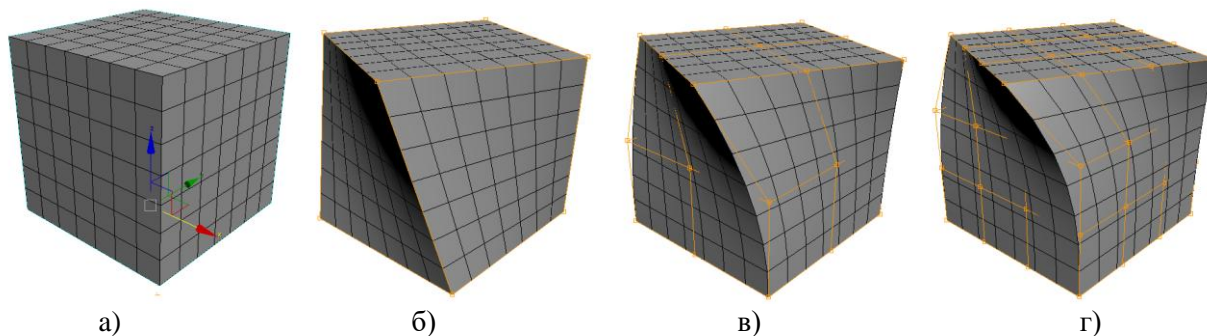


Рисунок 29 – Применение модификатора свободной трансформации (FFD) к Параллелепипеду (Box: Length = 100 мм, Width = 100 мм, Height = 100 мм, Length Segs = 7, Width Segs = 7, Height Segs = 7) и поворот верхних Контрольных точек (Control Points) на 25 град.: а) исходный объект без деформаций; б) для решётки 2x2x2; в) для решётки 3x3x3; г) для решётки 4x4x4

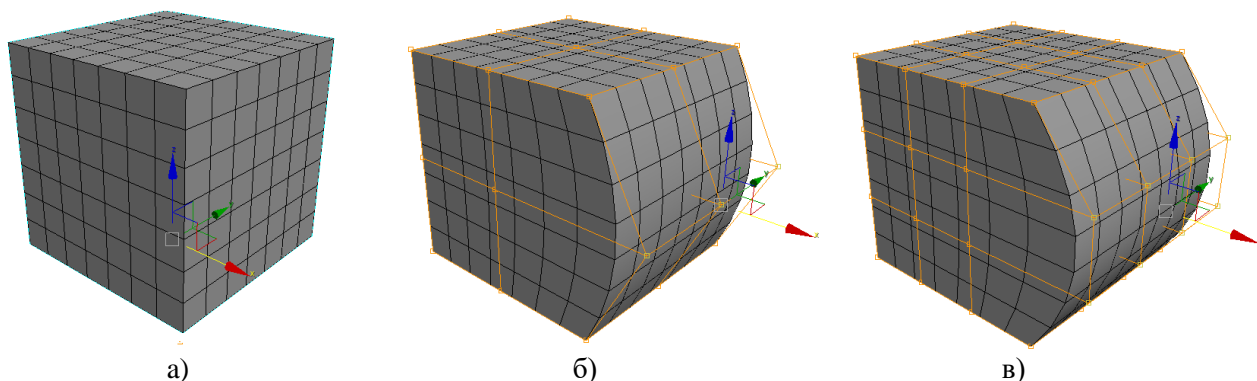


Рисунок 30 – Применение модификатора свободной трансформации (FFD) к Параллелепипеду (Box: Length = 100 мм, Width = 100 мм, Height = 100 мм, Length Segs = 7, Width Segs = 7, Height Segs = 7): а) исходный объект без деформаций; б) перемещение центральных Контрольных точек (Control Points) в плоскости YZ на 50 мм по оси X для решетки 3x3x3; в) перемещение центральных Контрольных точек (Control Points) в плоскости YZ на 50 мм по оси X для решетки 4x4x4

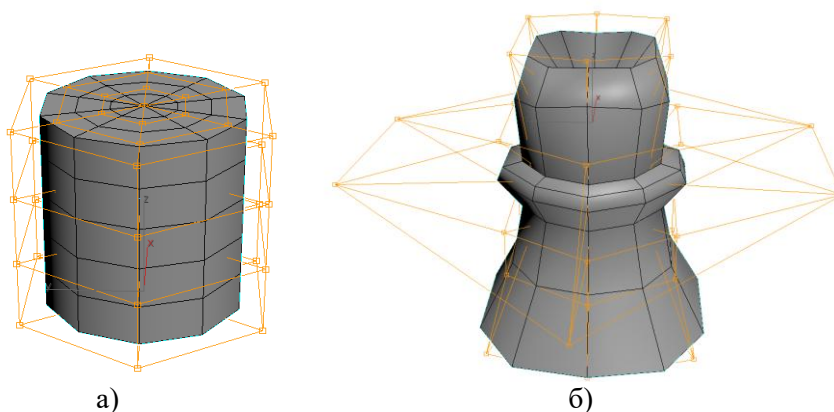


Рисунок 31 – Применение модификатора свободной трансформации цилиндрической формы (FFD(cyl)) к Цилиндру (Cylinder: Radius = 50 мм, Height = 100 мм, Sides=10, Height Segments = 5, Cap Segments = 3): а) исходный цилиндр; б) свободное трансформирование путём перемещения Контрольных точек (Control Points)

Как видно из приведённых примеров, данный модификатор позволяет быстро получить довольно разнообразные формы из исходного объекта, при этом объект (при достаточном количестве сегментов) будет иметь сглаженные формы. Однако следует помнить, что число сегментов у объекта не должно быть избыточным, чтобы не было излишнего числа полигонов у модели.



### Пример использования модификатора Shell (Оболочка)

Чаще всего данный модификатор используется для сплайновых объектов. Но иногда его можно использовать и для геометрических объектов, чтобы создать толщину у тонкостенного объекта, который представляет собой незамкнутую оболочку (внутри видны «чёрные полигоны»). Следует учесть, что для модификатора *Slice* в этом случае важно использовать именно режим *Poly* (поли-сетка) для параметра *Operate On* (Влиять на). Параметры модификатора *Shell* на рисунке 32, пример использования – на рисунке 33.

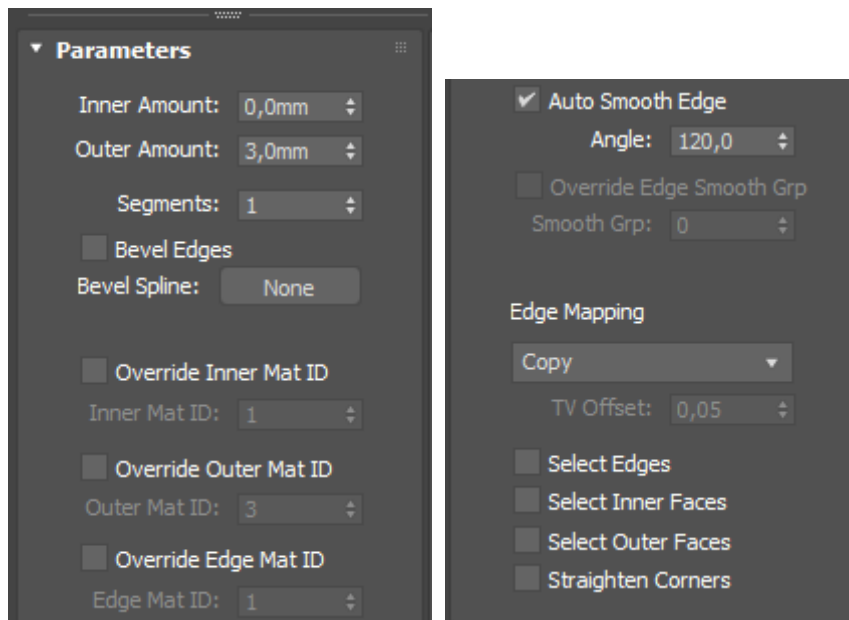


Рисунок 32 – Параметры модификатора Shell (Оболочка)

*Inner Amount* (Внутренняя толщина) – приращение толщины стенки объекта за счёт создания полигонов внутри поли-сетки.

*Outer Amount* (Внешняя толщина) – приращение толщины стенки объекта за счёт создания полигонов снаружи поли-сетки.

*Segments* (Число сегментов) – число сегментов у полигонов, соединяющих существующую и создаваемую поверхность.

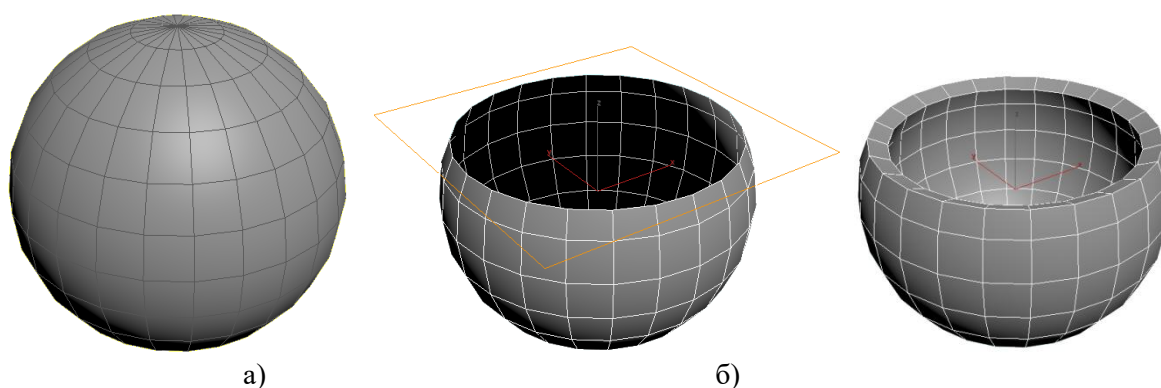


Рисунок 32 – Применение модификаторов Slice (Секущая плоскость) и Shell (Оболочка) к Сфере (Sphere: Radius = 20 мм, Segments = 24): а) исходный объект; б) отсечение верхней части с помощью модификатора Сечение (Slice: Slice Type = Remove Positive, Operate On = Poly); в) создание толщины стенок объекта с помощью модификатора Оболочка (Shell: Outer Amount = 3mm, Segments=1).

Следует помнить, что данный модификатор нежелательно применять к уже замкнутой и имеющей объем оболочке. В этом случае будут созданы дополнительные полигоны поверх уже имеющихся, и сетка может оказаться неправильной.