

Лабораторная работа №2 «Сплайны. Модификаторы для создания объёмных объектов из сплайнов»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить на плоскости работу со сплайновыми примитивами, а также булевы операции для сплайнов. Научиться рисовать сплайны заданной формы и с оптимальным расположением и настройкой вершин. Изучить модификаторы для создания объёмных тел и тел вращения.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Работа со сплайнами на плоскости. Булевы операции со сплайнами.
2. Типы вершин. Модификатор *Edit Spline* (*Редактировать сплайн*).
3. Модификатор *Lathe* (*Вращение профиля*).
4. Модификаторы для создания объёмных объектов из сплайнов:
Extrude (*Выдавливание*), *Bevel* (*Скос*), *Renderable Spline* (*Визуализируемый сплайн*),
Sweep (*Выдавливание профиля вдоль пути*), *Bevel Profile* (*Профиль скоса*),
Cross Section (*Поперечное сечение*) и *Surface* (*Поверхность*).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Горячие клавиши

- 1, 2, 3 – переключение между подобъектами (вершины, сегменты, сплайн).

Работа со сплайнами на плоскости

Сплайны — это простые линии, с помощью которых можно создавать контуры объектов. Они не имеют объема и, при стандартных настройках, не отображаются при визуализации (render). Однако, польза от них неоценима: ведь именно они чаще всего служат основой для создания 3d-моделей.

Работать со сплайнами нужно только на плоскости, т.е. в окнах проекций: вид сверху (Top), вид спереди (Front), вид слева (Left). Не следует работать со сплайном в перспективном виде (Perspective), иначе можно случайно сместить расположение какой-либо вершины из плоскости, а это может нарушить равномерность поверхностной сетки объекта или исказить модель.

Shape (*Фигура*) – это объект на плоскости, состоящий из вершин и отрезков. К фигурам относятся как простые примитивы на плоскости (линия, окружность, прямоугольник, звезда и т.д.), так и более сложные фигуры, состоящие из нескольких примитивов, либо имеющие сложную форму сплайна (или нескольких сплайнов). В отличие от объёмных трехмерных тел, фигуры не имеют объема.

Spline (*Сплайн*) – плоская фигура, состоящая из точек и линий. Сплайном называют такую фигуру, а также сплайном называется режим подобъектов при работе с некоторыми такими фигурами (будет рассмотрен далее).

Segment (*Сегмент*) – это участок линии сплайна между двумя соседними вершинами. Криволинейные сегменты представляются набором прямолинейных отрезков (часто незаметных для глаза), число которых задается при создании сплайна.

Vertex (*Вершина*) – точка фигуры, находится на концах сегмента. Вершины различаются по типу и определяют степень кривизны сегментов, прилегающих к этим вершинам.

Для создания простой фигуры (рисунок 1) на вкладке *Create* (*Создать*) нужно выбрать категорию *Shapes* (*Фигуры*), в свитке ниже должны быть выбраны *Splines* (*Сплайны*).

Основные сплайновые примитивы (*Splines*): *Line* (*Линия*), *Circle* (*Окружность*), *Arc* (*Дуга*), *Ngon* (*Многоугольник*) позволяет настроить количество углов, *Text* (*Текст*), *Section* (*Срез*) создаёт срез любого имеющегося трёхмерного объекта, *Rectangle* (*Прямоугольник*) позволяет настроить скругление углов, *Ellipse* (*Эллипс*), *Donut* (*Кольцо*) – это две окружности из одного центра, *STAR* (*Звезда*) позволяет настроить количество и скругление лучей, *Helix* (*Спираль*).

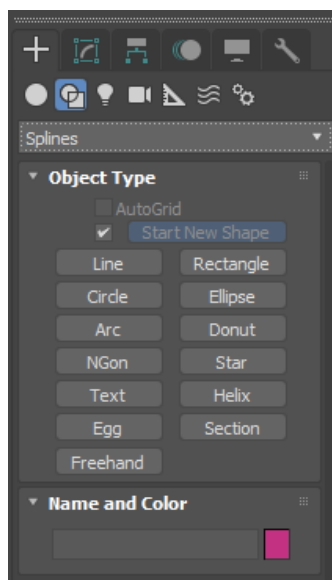


Рисунок 1 – Прimitives категории Фигуры (Shapes), группа Сплайнов (Splines)

Если флажок *Start New Shape* (*Начать новую форму*) включен, то всякий раз при нажатии кнопки с примитивом будет создана новая фигура как новый объект. Т.е. каждая из созданных фигур будет самостоятельным объектом. Если этот флажок отключить, то каждая вновь созданная фигура будет частью одного объекта (рисунок 2). В этом случае эти фигуры станут элементами объекта *Editable Spline* (*Редактируемый сплайн*), переключение между ними возможно в режиме сплайна в целом (*Spline* – режим подобъектов), однако ни одна из фигур более не будет редактируема через её параметры (например, для окружности параметром является радиус, для прямоугольника – длина и ширина и т.д., а редактируемый сплайн изменяется через работу с его подобъектами – вершинами, сегментами, сплайнами).

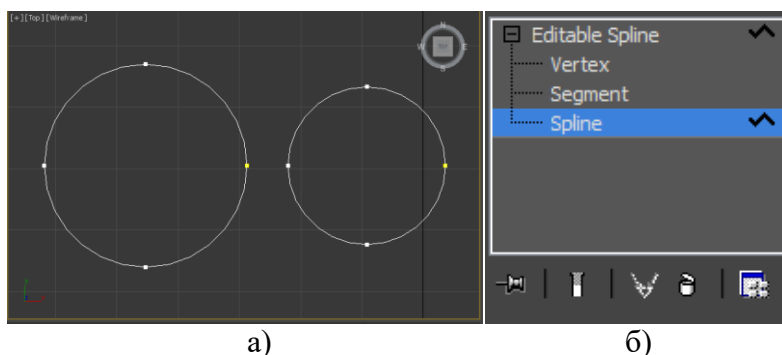



Рисунок 2 – А) две окружности, которые являются элементами одного объекта; б) режим сплайна (*Spline*)

Если при создании примитива *Line* (*Линия*) установить конечную точку вблизи от начальной, появится диалоговое окно "Close spline?" («Замкнуть сплайн?») – сплайн станет замкнутым в случае утвердительного ответа. Примитив *Line* – это сплайн произвольной формы, его возможно редактировать на уровне подобъектов (вершин, сегментов, сплайна) при помощи переключения кнопок  в свитке *Selection* (*Выделение*), который присутствует в каждом режиме.

Основной элемент – *Vertex* (*Вершина*) – управляет формой линии. Для того, чтобы перейти в режим редактирования вершин, необходимо на вкладке *Modify* щелкнуть на плюсик рядом с названием примитива и выбрать вершины (*Vertex*). Чтобы перейти в режим редактирования сегментов (*Segment*) или сплайна (*Spline*), необходимо щелкнуть мышью по соответствующим названиям в стеке.

Значительно ускоряет эту работу нажатие горячих клавиш сразу после выделения нужного объекта в сцене. Чтобы зайти в режим подобъектов или переключаться между его составляющими, удобно сразу после выделения нужного объекта в сцене нажать на клавиатуре цифру 1 (режим вершин),

либо цифру 2 (режим сегментов), либо цифру 3 (режим сплайнов). Как только понадобится выйти из режима подобъектов, достаточно снова нажать соответствующую цифру на клавиатуре.

Счетчик *Steps (Шаги)* свитка *Interpolation (Интерполяция)* любого из сплайнов регулирует качество сплайна (количество прямолинейных отрезков между двумя соседними вершинами сплайна). Значение этого счётчика нужно подбирать таким образом, чтобы оно было не слишком маленьким (иначе модель будет угловатой), но и не слишком большим (в этом случае у объекта будет слишком много полигонов, что сильно нагружает систему). По умолчанию это значение равно 6, однако, для каждой модели оно должно быть подобрано индивидуально, исходя из минимизации числа шагов интерполяции, но без потери качества.

Сплайн может быть замкнутым или разомкнутым.

При этом бывают ситуации, когда сплайн только выглядит замкнутым, а в действительности он разомкнут. Сориентироваться поможет первая вершина сплайна, она всегда имеет желтый цвет (остальные вершины имеют белый цвет). У сплайна только одна первая вершина. Если фигура состоит из нескольких сплайнов, у каждого из них будет первая вершина.

При визуализации (rendering) сплайны не рассчитываются. Свиток *Rendering (Рендеринг)* поможет сделать сплайн видимым при визуализации. В лабораторной работе параметры этого свитка не следует использовать, вместо этого удобно применять модификатор *Renderable Spline (Визуализируемый сплайн)*, который будет рассмотрен далее.

Булевы операции со сплайнами

Выполнение булевых операций возможно *только с замкнутыми сплайнами*, которые являются элементами одного объекта.

Например, необходимо выполнить булевы операции для круга и прямоугольника, которые являются разными объектами (рисунок 3). Сначала нужно проверить, что оба объекта имеют область пересечения, иначе результата булевых операций не будет. Чтобы сделать их элементами одного объекта, нужно выделить один из них, щёлкнуть по нему правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выбрать функцию *Convert to: Convert to Editable Spline (Перевести в редактируемый сплайн)*. После этого уже нельзя будет редактировать этот объект параметрически (изменять его длину, ширину или фаску – для прямоугольника, радиус – для окружности и т.д.), но появится возможность редактировать этот объект как сплайн произвольной формы.

Теперь чтобы прикрепить к этому объекту ещё один сплайн, необходимо перейти на уровень подобъекта *Spline (Сплайн)*, затем в свитке *Geometry (Геометрия)* выбрать функцию *Attach (Прикрепить)* и в видовом окне щёлкнуть левой кнопкой мыши по объекту (или нескольким), которые станут сплайнами выделенного объекта. Если этого прикрепления не сделать, булевы операции невозможно будет применить к другому самостоятельному объекту. После прикрепления кнопку *Attach* необходимо отжать. Чтобы получить один из результатов, показанных на рисунке 4, нужно правильно выполнить описанный ниже алгоритм.

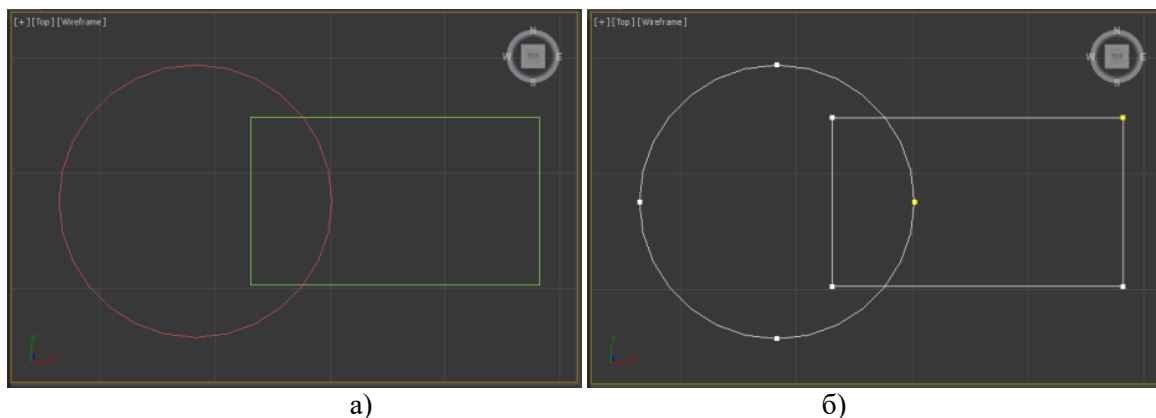


Рисунок 3 – Фигуры, которые являются: а) разными объектами; б) сплайнами одного объекта

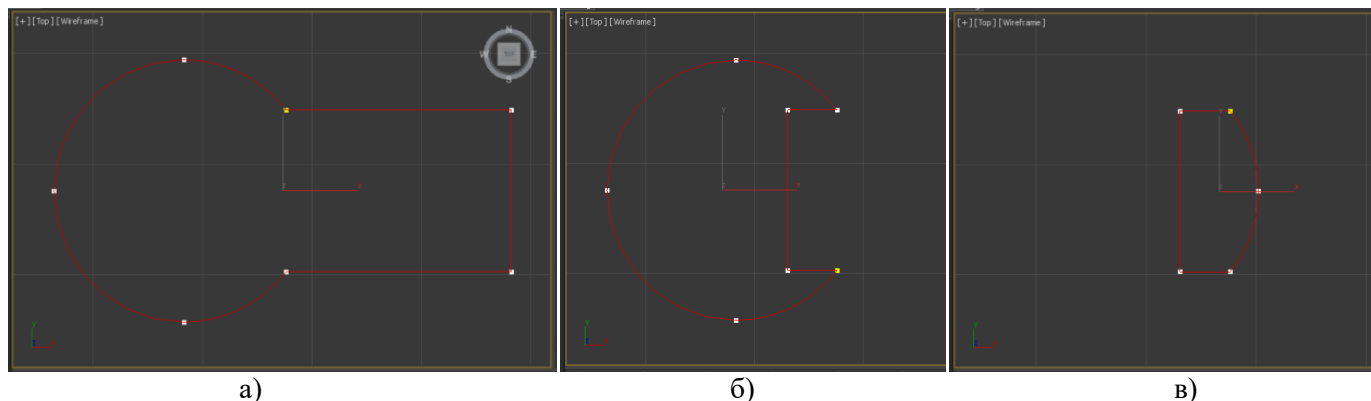


Рисунок 4 – Результат булевых операций для сплайнов: а) объединение; б) вычитание; в) пересечение

Для выполнения булевой операции в свитке *Geometry (Геометрия)* справа от кнопки *Boolean (Булевы операции)* нужно сначала задать режим (объединение, вычитание или пересечение), затем нажать кнопку *Boolean* и в видовом окне щёлкнуть левой кнопкой мыши по примитиву (или нескольким), после завершения операции кнопку *Boolean* нужно отжать. Результатом будет сплайн, соответствующий выбранному режиму и взаимному расположению операндов.

Операндом называется каждый из сплайнов, с которым совершается булева операция. Операнд А – тот, который выделен (начальный), операнд Б – тот (или те), который щелчком левой кнопкой мыши участвует в операции. Три основных булевых операции (результат представлен на рисунке 4):

- Объединение (A+B): результатом является сплайн, который включает в себя области обоих операндов;
- Вычитание (A-B): результатом является сплайн А, из которого вычи область, являющуюся общей для обоих операндов;
- Пересечение (A/B): результатом является сплайн, представляющий собой только ту область, которая была общей для обоих операндов.

Стоит помнить, точное взаимное расположение объектов (например, выравнивание их относительно друг друга) стоит сделать до применения булевых операций, т.к. это повлияет на качество конечного результата.

Типы вершин

Для работы с вершинами необходимо перейти на уровень подобъектов: вершины (Vertex). Их можно перемещать, добавлять, удалять, а также редактировать, используя их тип.

Вершина может быть одного из следующих типов (рисунок 5):

Corner (Угловая) – вершина, в которой сплайн имеет излом (не имеет управляющих векторов). Участки сегментов вблизи такой вершины не имеют кривизны.

Smooth (Сглаженная) – вершина, через которую кривая сплайна проводится с плавным изгибом, без излома, имея одинаковую кривизну сегментов при входе в вершину и выходе из нее. Конечная объёмная модель в этом месте будет сглаженная.

Bezier (Безье) – вершина, подобная сглаженной, но позволяющая управлять кривизной сегментов сплайна при входе в вершину и при выходе из нее. Для этого вершина снабжается касательными векторами (угол между которыми всегда 180 градусов) с маркерами в виде квадратиков зеленого цвета на концах. У вершин типа *Bezier (Безье)* касательные векторы всегда лежат на одной прямой, а удаление маркеров от вершины, которой принадлежат векторы, можно изменять. Перемещение одного из маркеров вершины Безье всегда вызывает центрально-симметричное перемещение второго. Перемещая маркеры касательных векторов вокруг вершины, можно изменять направление, под которым сегменты сплайна входят в вершину и выходят из нее. Конечная объёмная модель в этом месте будет сглаженная.

Bezier Corner (Безье с изломом) – вершина, которая, как и вершина типа *Bezier (Безье)*, снабжена касательными векторами. Однако у вершин *Bezier Corner (Безье с изломом)* касательные векторы не

связаны друг с другом, и маркеры можно перемещать независимо. Конечная объёмная модель в этом месте будет иметь видимое ребро или угол (в зависимости от того, как настроить вершину).

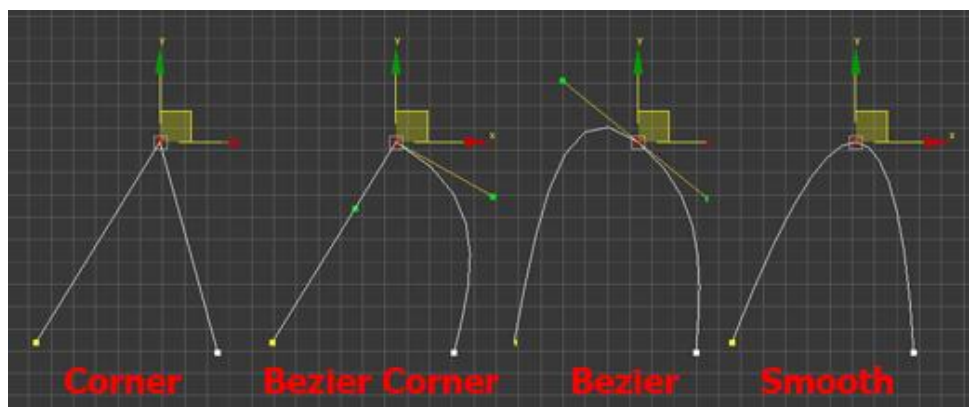


Рисунок 5 – Типы вершин сплайна

Для изменения типа вершины (Vertex) нужно щелкнуть правой кнопкой на выделенной(-ых) вершине и в появившемся контекстном меню выбрать нужный тип.

При создании сплайна важно следить, чтобы число вершин этого сплайна было минимальным необходимым для создания нужной формы. Избыточные вершины приводят к излишнему числу полигонов, а это съедает ресурсы компьютера. На рисунке 6 приведён пример нарисованного сплайна, для создания формы которого использовано минимальное число вершин (кроме вершины типа Smooth, она здесь избыточна), при этом каждая из вершин настроена с помощью направляющих векторов.

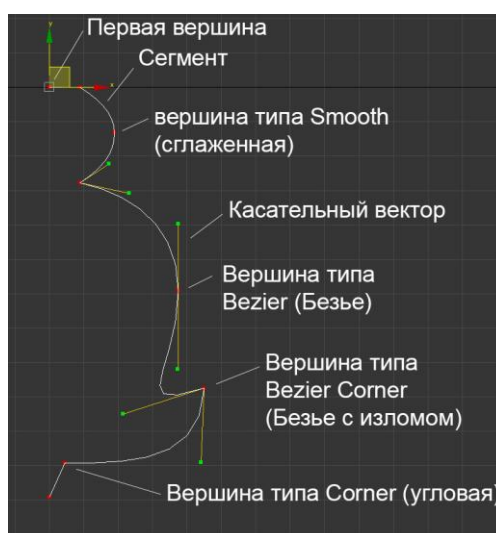


Рисунок 6 – Пример расположения и настройки вершин для создания формы сплайна (скриншот выполнен в режиме редактирования вершин, выделены все вершины)

Для создания нужной формы сплайна путём перемещения вершин касательных векторов (выделены зелёным цветом) нужно следить, чтобы в режиме перемещения объектов (Select and Move) были выделены жёлтым цветом обе оси (X и Y). Если жёлтым цветом выделена только одна из осей, например, ось Y, то редактирование будет возможно только вдоль этой оси (иногда для точности необходим и этот способ).

Модификатор Edit Spline (Редактировать сплайн)

Любой примитив на плоскости (круг, прямоугольник, многоугольник и т.д.) можно преобразовать в режим *Editable Spline* (*Редактируемый сплайн*), который позволяет работать с фигурой как с произвольно нарисованным сплайном в режиме редактирования его вершин, отрезков и сплайнов. У

объекта *Editable Spline* (*Редактируемый сплайн*) есть свитки *Rendering* (*Визуализация*) и *Interpolation* (*Интерполяция*), подобно объекту *Линия* (*Line*).

Можно не преобразовывать примитив в режим *Editable Spline*, а назначить примитиву модификатор *Edit Spline* (*Редактировать сплайн*). В результате применения модификатора *Edit Spline* объект наделяется всеми свойствами редактируемого сплайна, а для параметрических форм остается доступ к их параметрам (в отличие от применения функции перевода в режим *Editable Spline*, после которой возврат к изначальным параметрам примитива невозможен). Однако не всякие изменения параметров изначального объекта могут быть корректно отработаны при возврате назад в модификатор *Edit Spline*.

Свитки параметров модификатора *Edit Spline* представлены на рисунке 7.

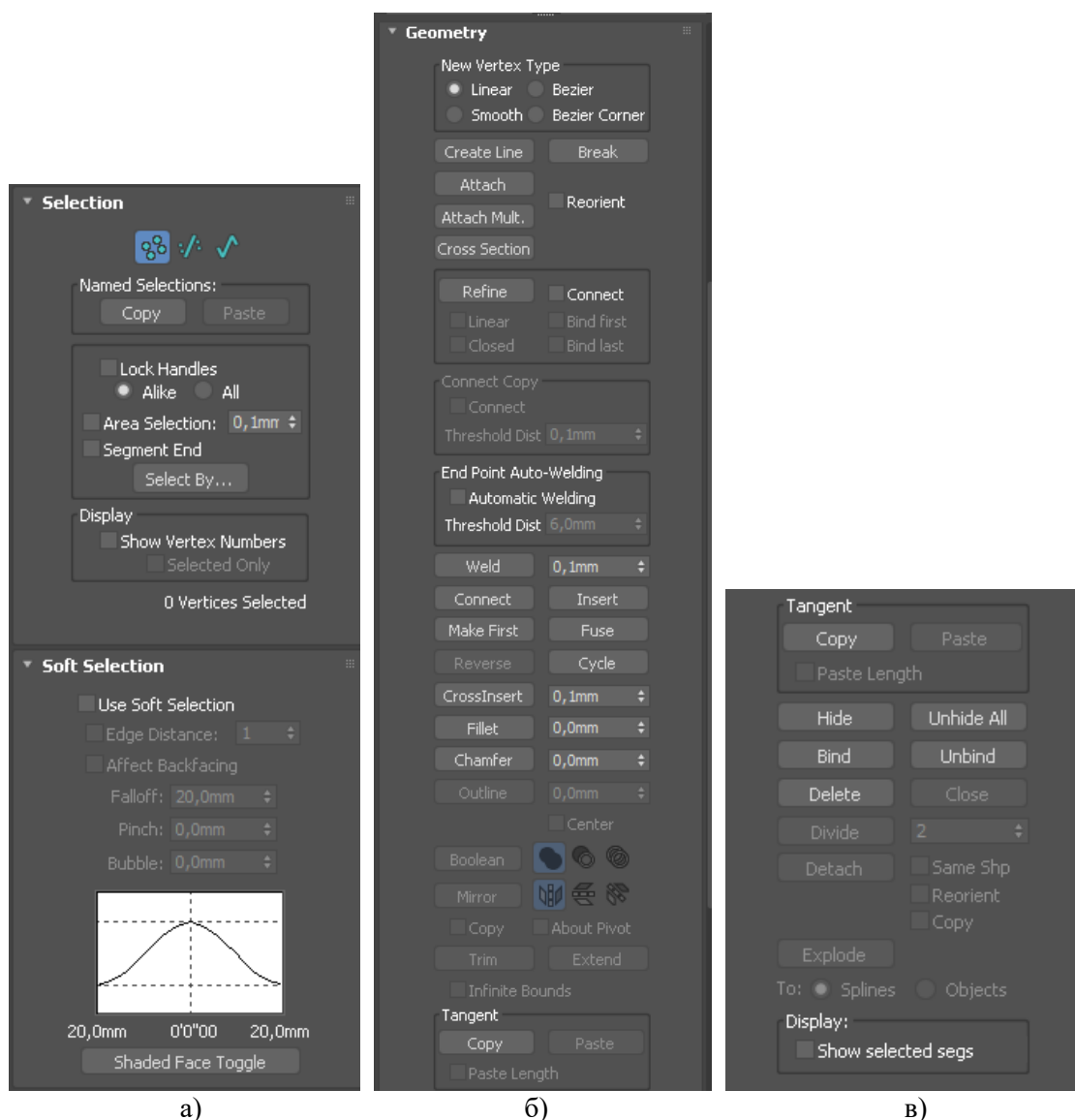



Рисунок 7 – Свиток параметров модификатора *Edit Spline* (*Редактировать сплайн*): а) свитки *Selection* (*Выделение*) и *Soft Selection* (*Мягкое выделение*); б) свиток *Geometry* (*Геометрия*); в) продолжение свитка *Geometry* (*Геометрия*)

В модификаторе *Edit Spline* (*Редактировать сплайн*) на вкладке *Modify* (*Изменение*) можно переключаться между уровнями подобъектов *Vertex* (*Вершины*), *Segment* (*Сегменты*) и *Spline* (*Сплайн*) при помощи кнопок  в свитке *Selection* (*Выделение*), а также при помощи клавиш 1,2,3 на клавиатуре. Также здесь присутствуют свитки *Soft Selection* (*Мягкое выделение*) и *Geometry* (*Геометрия*).

В свитке *Selection (Выделение)* в поле *Display (Отобразить)* можно включить флажок *Show Vertex Numbers (Показать номера вершин)*, если работа идёт на любом уровне подобъектов (вершин/ сегментов/ сплайнов). В этом случае в видовом окне рядом с каждой вершиной будет показан её номер. Нумерация вершин всегда последовательная, начиная с первой вершины. Если фигура состоит из нескольких сплайнов, будут отображены номера всех вершин (начиная с первой) каждого из сплайнов. Включение дополнительного флажка *Selected Only (Только выделенные)* позволяет задать режим, при котором будут отображены номера только тех вершин, которые выделены. Независимо от того, включены или выключены эти флажки, можно пользоваться строкой ниже, указывающей количество выделенных вершин.

Ниже поля *Display (Отобразить)* находится строка, указывающая количество выделенных вершин. Если ни одной вершины не выделено, она отображается как «0 Vertices Selected» («0 вершин выделено»). Если выделить одну вершину, в этой строке будет указан номер сплайна, которому принадлежит выделенная вершина, и номер выделенной вершины. Если выделить несколько вершин, будет указано число выделенных вершин, например «8 Vertices Selected». Бывает ситуация, когда у нескольких вершин одни и те же координаты, и визуально кажется, что это одна вершина. Если выделить участок с этой вершиной, в данной строке будет либо отображен номер вершины (если это действительно одна вершина), либо количество выделенных вершин. Этот принцип работы сохраняется и в режиме сегментов: будет показан номер выделенного сегмента (если выделен один сегмент) или количество выделенных сегментов (если выделено несколько сегментов), либо если ни одного сегмента не выделено, строка будет отображаться как «0 Segments Selected». При работе в режиме сплайнов соответственно: если выделен один сплайн, будет показан его номер и количество принадлежащих ему вершин (*Vertex Count*), а также данный сплайн замкнутый (*Closed*) или разомкнутый (*Open*).

В свитке *Geometry* находятся основные кнопки (функции) для работы с подобъектами. Они могут быть различны в зависимости от выбранного режима: режим редактирования вершин (*Vertex*) или режим редактирования сегментов (*Segment*), или режим редактирования сплайнов (*Spline*).

Поле *New Vertex Type (Тип вновь создаваемых вершин)* позволяет выбрать тип вновь создаваемых вершин: *Linear (Линейная)*, *Bezier (Безье)*, *Smooth (Сглаженная)* или *Bezier Corner (Вершина Безье с изломом)*. Тип любой вершины можно также изменить при помощи контекстного меню (выделив необходимые вершины и щёлкнув правой кнопкой мыши).

Основные операции в режиме работы с вершинами (Vertex):

Delete (Удалить) – удаление вершины. Форма кривой при этом изменяется.

Refine (Усовершенствовать) – добавление вершины. После нажатия на эту кнопку нужно отметить на линии места (когда курсор изменит свой вид), где необходимо добавить вершины. По завершению добавления вершин кнопку *Refine* нужно отжать.

Insert (Вставить) – вставка одной или нескольких вершин, изменяя при этом геометрию объекта.

Break (Разбить) – разъединение линии. Предварительно необходимо выделить нужную вершину. При выполнении этой функции вместо одной вершины будут созданы две вершины (для каждого из отрезков), хотя их координаты будут совпадать. А сплайн будет разбит на два сплайна.

Fuse (Слияние) – стягивание вершин в одно и то же место. Эта функция притягивает выделенные вершины в одни и те же усреднённые координаты (но при этом они остаются самостоятельными вершинами), это удобно перед применением функции *Weld (Сваривать)*, чтобы каждый раз не менять параметры сварки.

Weld (Сваривать) – слияние вершин в одну. Предварительно нужно выделить две или более вершин (либо можно выделить все вершины формы). При применении этой функции будут сварены все соседние вершины из числа выделенных, расстояние между которыми меньше значения счётчика справа от кнопки *Weld*. При необходимости значение этого счётчика можно увеличить (это увеличит расстояние применения функции к соседним вершинам).

Connect (Соединить) – соединение двух вершин отрезком. Удерживая левую кнопку мыши, нужно перетащить курсор от одной вершины к другой.

Make First (Сделать первой) – назначение любой выделенной вершины первой (соответственно, изменив начало нумерации вершин сплайна). Также данная функция доступна в контекстном меню,

если щелкнуть правой кнопкой мыши по выделенной вершине. Функция *Make First (Сделать первой)* часто необходима для согласования первых вершин различных фигур при создании заготовок для дальнейшего моделирования.

Fillet (Скругление) – скругление угла одной или нескольких выделенных вершин. Это скругление можно выполнить двумя путями: первый – предварительно изменить параметр в поле счётчика фаски (*Fillet*), выбрать вершины и нажать на кнопку *Fillet*, второй – непосредственно мышью на форме в видовом окне.

Chamfer (Фаска) – снятие прямой фаски с угла (до этого необходимо выбрать одну или несколько вершин). Точный размер фаски можно предварительно задать с помощью счётчика справа от данной функции. Либо можно выполнить снятие фаски мышью в видовом окне.

Основные операции в режиме редактирования сегментов (Segment):

Create Line (Создать линию) – создание новой линии (сплайна), которая является частью редактируемого объекта.

Break (Разбить) – «разбиение» сплайна на два в указанном месте (через создание дополнительной вершины).

Attach (Прикрепить) – присоединение отдельного объекта-сплайна к редактируемому. Прикрепляемая форма или объект-сплайн перестает быть самостоятельным объектом и становится одним из сплайнов текущего объекта. Эта функция доступна любому из режимов (вершин, сегментов или сплайна).

Refine (Усовершенствовать) – добавление вершины (т.е. детализирование/усложнение формы).

Divide (Разделить) – разделение выбранного сегмента на несколько одинаковых сегментов путём добавления вершин, число которых нужно предварительно указать в счётчике справа.

Detach (Открепить) – отделение выделенного сплайна от текущего объекта в самостоятельный объект. Эта функция доступна в режиме сегментов и сплайна.

Основные операции в режиме редактирования сплайна (Spline):

Основные функции работают так же, как в режимах Vertex и Segment. Также доступны:

Reverse (Развернуть обратно) – изменение направления нумерации вершин. Чтобы результат был виден, должен быть включен флажок отображения номеров вершин (*Show Vertex Numbers*).

Outline (Внешний контур) – создание контура вдоль любого сплайна (параметры редактируются счетчиком справа до нажатия кнопки, либо выполнить это действие можно вручную в видовом окне).

Объекту редактируемый сплайн (*Editable Spline*) также доступны все перечисленные выше функции. Однако есть разница в подходе к созданию моделей: работать ли с объектом *Editable Spline* или создать примитив и применить к нему модификатор *Edit Spline*. В данной лабораторной работе есть требование, чтобы все объекты были редактируемы через стек модификаторов (это позволяет проследить алгоритм создания объекта). Соответственно, для создания объемных объектов следует создавать форму-примитив и применять к нему модификатор *Edit Spline*, кроме примитива Линия (*Line*), ему описанные выше функции уже принадлежат.

Важно не путать модификатор *Edit Spline (Редактировать сплайн)*, который оставляет объект сплайном (а сплайны не имеют объёма), с модификатором *Edit Poly (Редактировать полигоны)*, который преобразует замкнутый сплайн в объемный объект, а для разомкнутого сплайна возникнут искажения.

Модификатор Lathe (Вращение профиля)

Модификатор *Lathe (Вращение профиля)* создает трехмерный объект, вращая форму (сплайн) вокруг оси. Для создания тела вращения сначала необходимо на плоскости нарисовать сплайн, который представляет собой половину профиля будущего объекта, а затем применить к нему модификатор вращения профиля (*Lathe*).

Данный модификатор имеет подобъекты:

Axis (Ось) – ось, вокруг которой происходит вращение для создания трехмерного объекта (тела вращения). На данном уровне подобъекта можно трансформировать ось (перемещать, вращать), это

будет влиять на конечный вид тела вращения. Другой способ изменять положение оси вращения – это кнопки в поле *Direction (Направление)* и в поле *Align (Выравнивание)* свитка параметров модификатора, которые будут рассмотрены далее.

На рисунке 8 указаны основные параметры модификатора *Lathe*.

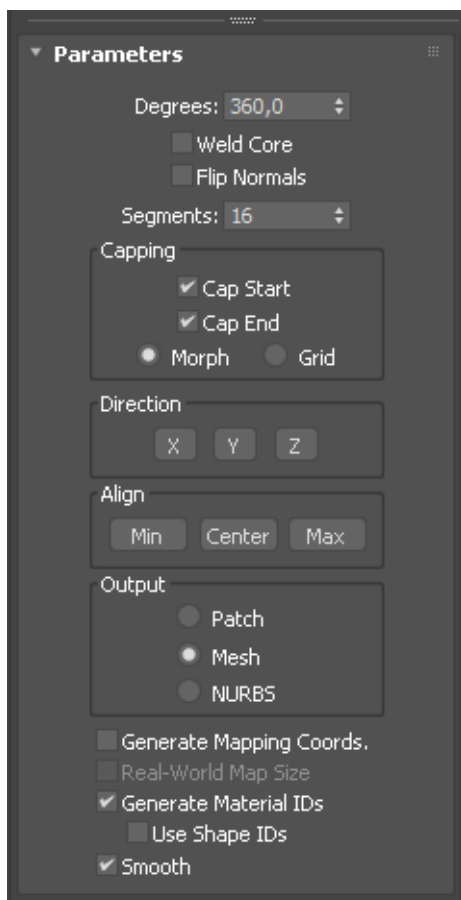


Рисунок 8 – Параметры модификатора вращения профиля (Lathe)

Основные параметры модификатора вращения профиля (Lathe):

Degrees (Градусы) – количество градусов, на которое объект вращается вокруг оси вращения (от 0 до 360, по умолчанию значение 360). Ось вращения автоматически изменяет размеры до высоты обрабатываемой формы.

Segments (Сегменты) – число интерполированных сегментов, которое создается на поверхности тела вращения между начальной и конечной точкой. Этим счётчиком задаётся качество модели. Его значение нужно подбирать таким, чтобы модель не была угловатой, но в то же время не была перегружена полигонами, желательно не создавать геометрию, которая является более сложной, чем это необходимо. Часто можно получить удовлетворительные результаты, используя группы сглаживания или модификаторы сглаживания вместо увеличения числа сегментов.

Флажок *Weld Core (Сваривать вершины)* – сваривание вершин, которые лежат на оси вращения. Включение данного флажка позволяет избежать артефактов, которые возникают в крайних точках сплайна, которые находятся непосредственно на оси вращения.

Флажок *Flip Normals (Вывернуть нормали)*. В зависимости от направления вершин исходного сплайна и направления вращения, создаваемый объект может быть вывернут «наизнанку». Установка флажка *Flip Normals (Вывернуть нормали)* это исправит.

Capping (Группа заглушек) управляет созданием заглушек для внутренней части создаваемого тела вращения, если для параметра градусов (Degrees) значение установлено меньше 360 и если исходный сплайн имеет замкнутую форму:

Cap Start (Начальная заглушка) закрывает полигоном начало тела вращения.

Cap End (Конечная заглушка) закрывает полигоном конец тела вращения.

Direction (Группа направления) устанавливает направление оси вращения относительно опорной точки объекта. Нажатием на нужную кнопку (оси X / Y / Z) задайте направление оси вращения относительно опорной точки объекта.

Align (Группа выравнивания) позволяет по нажатию на соответствующую кнопку выровнять ось вращения по минимуму, центру или максимуму исходного сплайна.

На рисунке 9 приведён пример создания тела вращения с помощью модификатора вращения профиля (Lathe) из плоского замкнутого сплайна со значением числа шагов (Steps) = 6 свитка интерполяции (Interpolation). Стоит обратить внимание на важный момент: часто для правильной работы модификатора вращения профиля (Lathe) нужно переместить опорную точку сплайна (Pivot Point) точно на ось вращения. Например, привязать к вершине, лежащей на этой оси. Для этого можно воспользоваться инструментом выравнивания (Align) или трехмерной привязкой.

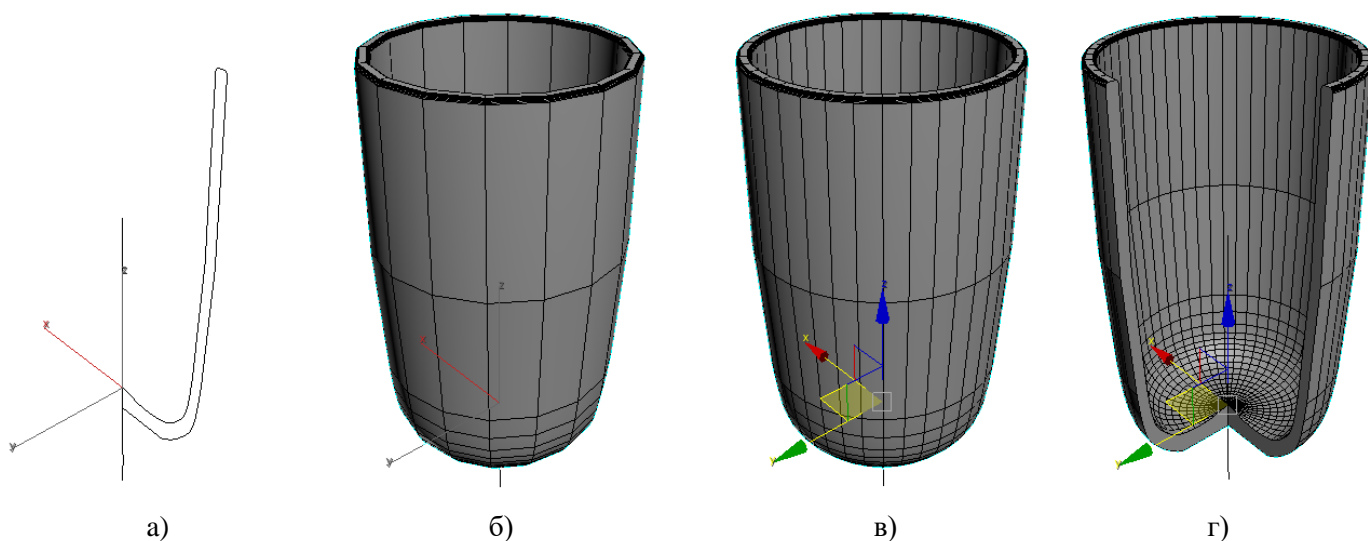


Рисунок 9 – Применение параметров модификатора вращения профиля (Lathe): а) исходный сплайн для создания тела вращения; б) Segments = 16, Degrees = 360; в) Segments = 32, Degrees = 360; г) Segments = 32, Degrees = 270, Cap Start = on, Cap End = on

Переключатели группы *Output* (Результат) управляют типом создаваемой трехмерной модели – *Patch* (Лоскут), *Mesh* (Каркас) или *NURBS* (Поверхность NURBS). Необходимо оставить переключатель в режиме каркаса (Mesh).

Модификаторы для создания объемных объектов из сплайнов

Описанные ниже модификаторы следует применять к фигурам или сплайнам на плоскости для создания объемных объектов. Выбор модификатора осуществляется через список вкладки *Modify*. Если модификатор применен к объекту, он отображается в стеке модификаторов сверху над названием объекта. Нажатие на плюсик рядом с названием позволяет открыть/скрыть настройки модификатора, нажатие на лампочку – отобразить/снять отображение эффекта действия модификатора.

При нажатии правой кнопкой мыши на модификаторе появится контекстное меню, которое позволяет копировать, переименовать и удалить модификатор. Либо чтобы удалить модификатор, можно нажать на значок корзины. Последовательность модификаций объекта записывается в стек, каждый последний модификатор располагается сверху. Между модификаторами можно переключаться.

Настройки модификаторов, которые можно оставить по умолчанию, в описании параметров модификаторов рассмотрены не будут.

Модификатор Extrude (Выдавливание)

Данный модификатор создаёт объём плоскому замкнутому сплайну (или выдавливает объём по форме сплайна) и делает его параметрическим объёмным объектом. Если сплайн разомкнутый, результат применения модификатора *Extrude (Выдавливание)* будет отличаться.

Основные параметры модификатора выдавливания (Extrude):

Amount (Величина) – высота выдавливания в единицах измерения, выбранных для сцены. Если это значение будет равно нулю, сплайн внутри будет заполнен, что позволит просчитать визуализацию (render) фигуры на плоскости.

Segments (Сегментов) – количество сегментов вдоль высоты выдавливания.

Cap Start (Начальная заглушка) – плоская поверхность над началом выдавливаемого объекта.

Cap End (Конечная заглушка) – плоская поверхность над концом выдавленного объекта.

На рисунке 10 приведён пример применения параметров модификатора *Extrude* для сплайна со значением *Interpolation Steps (Число шагов интерполяции)* = 12.

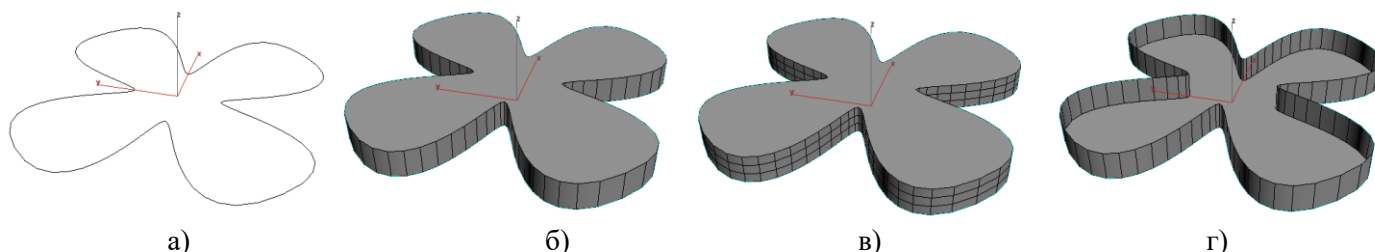


Рисунок 10 – Применение параметров модификатора выдавливания (Extrude) для сплайна: а) исходный сплайн для создания объекта; б) величина (Amount) = 25 мм, число сегментов (Segments) = 1; в) величина (Amount) = 25 мм, число сегментов (Segments) = 3; г) величина (Amount) = 25 мм, число сегментов (Segments) = 1, начальная заглушка (Cap Start) = on, конечная заглушка (Cap End) = off

Чтобы не применять модификатор *Extrude* несколько раз, если есть необходимость использовать разные его настройки, можно использовать модификатор *Bevel (Скос)*.

Модификатор Bevel (Скос)

Модификатор *Bevel (Скос)* выдавливает фигуры в трехмерные объекты из замкнутых форм и применяет плоский или круглый скос к краям. Модификатор позволяет выдавливать максимум три уровня и задавать различное значение скоса для каждого из них. Для создания объекта со скосом требуется минимум два уровня, иначе один уровень будет обычным выдавливанием, для которого проще использовать модификатор *Extrude*. Модификатор *Bevel* удобен для создания 3D-текста, т.к. позволяет настраивать небольшую фаску для сглаживания острых краёв объемного текста.

Основные параметры модификатора Bevel (Скос):

Поле *Capping (Заглушки)*: *Start (Начальная заглушка)* – создание плоской поверхности в начале направления выдавливания объекта, *End (Конечная заглушка)* – создание плоской поверхности в конце направления выдавливания объекта.

В поле *Surface (Поверхность)* можно выбрать метод интерполяции, используемый между уровнями: *Linear Sides (Линейная)* – сегментная интерполяция между уровнями следует по прямой линии, либо *Curved Sides (Криволинейная)* – сегментная интерполяция между уровнями соответствует кривой Безье. Для её влияния необходимо увеличить значение числа сегментов (счётчик *Segments* – количество промежуточных сегментов между каждым уровнем), что соответственно повысит полигональность объекта. Поэтому, если нет необходимости в сглаживании создаваемого объемного объекта, по умолчанию используется метод линейной интерполяции.

Флажок *Keep Lines From Crossing (Недопустимость пересечений)* в поле *Intersection (Пересечение)* позволяет предотвратить пересечение контуров между собой. Это достигается путем вставки дополнительных вершин в контур и замены острых углов плоскими отрезками.

Счётчик *Separation (Разделение)* устанавливает расстояние между ребрами. Минимальное значение составляет 0,01.

Свиток *Bevel Values (Величины скоса)* содержит параметры, которые устанавливают высоту и величину скоса. Максимум три уровня (Level 1, Level 2, Level 3):

Height (Высота) – высота выдавливания текущего уровня в заданных единицах измерения.

Outline (Контур) – величина смещения линии (т.е. скос) для текущего уровня: отрицательное значение задаёт скос «вовнутрь», положительное – «наружу» относительно сплайна предыдущего уровня (или исходного сплайна для первого уровня).

На рисунке 11 показан пример применения параметров модификатора *Bevel* с методом линейной интерполяции (Surface: Linear Sides = on) к сплайн-объекту Текст размером 100 мм. Изменены только параметры поля *Bevel Values (Величины скоса)*.

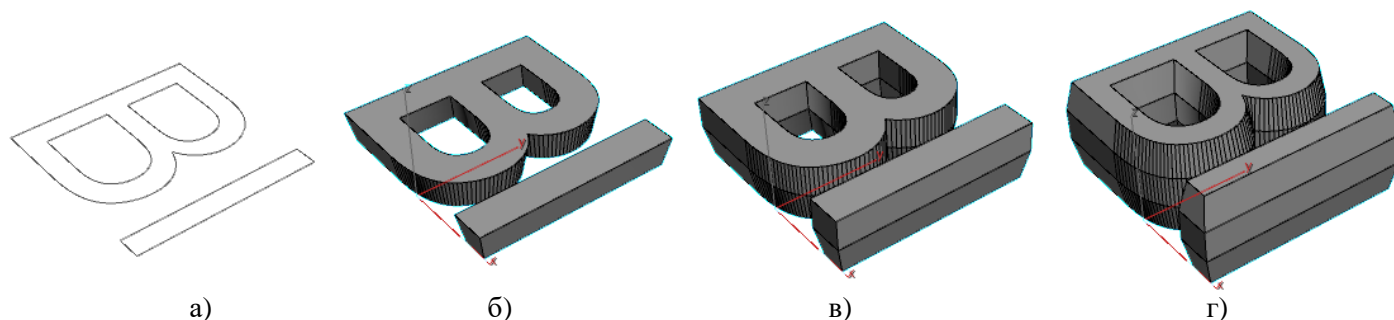


Рисунок 11 – Применение модификатора скоса (Bevel): а) исходный объект без модификатора; б) уровень 1 (Level 1): высота (Height) = 10 мм, контур (Outline) = 2 мм; в) уровень 2 (Level 2): высота (Height) = 10 мм, контур (Outline) = 0 мм; г) уровень 3 (Level 3): высота (Height) = 10 мм, контур (Outline) = -2 мм

Расширенной версией данного модификатора является модификатор *Bevel Profile (Профиль скоса)*.

Модификатор *Renderable Spline (Визуализация сплайна)*

Модификатор *Renderable Spline (Визуализация сплайна)* придаёт сплайну объём и возможность визуализации, обеспечивая при этом правильную топологию объёмного объекта. Это удобно применять к сплайнам, которые импортируются в 3ds Max (например, из AutoCADa).

Основные параметры модификатора визуализации сплайна (Renderable Spline):

Enable In Renderer (Доступно в визуализаторе). Включение данного флажка создаёт из формы объёмный объект (используя круглое *Radial* или квадратное *Rectangular* сечение), который видим при расчёте рендера (как и прочие объёмные объекты сцены).

Enable in Viewport (Доступно в видовом окне). Включение данного флажка создаёт из формы объёмный объект (используя круглое *Radial* или квадратное *Rectangular* сечение), который видимый в видовом окне.

Use Viewport Settings (Использовать настройки видового окна) позволяет устанавливать отображение либо только в видовом окне, либо только для визуализации (render). При нажатии этого флажка становится доступным переключатель *Viewport / Renderer* в поле ниже.

Таким образом, можно настроить видимость сплайна для отображения в видовом окне и/или видимости его при расчёте визуализации (render). Если сделать сплайн видимым при визуализации, можно быстро сделать из него трехмерный объект. Если сделать сплайн видимым только в видовом окне (но невидимым при визуализации), это удобно, чтобы не терять его среди прочих объектов сцены, если он используется как заготовка (особенно это актуально для маленьких по размеру сплайнов).

Параметры сечения для сплайна:

Radial (Круглое сечение) – отображение сплайна как 3D-объекта с циркулярными сечениями.

Rectangular (Квадратное сечение) – отображение сплайна как 3D-объекта с прямоугольными сечениями.

Thickness (Утолщение) – утолщение сплайна на значение, указанное в счётчике справа.

Sides (Стороны) – число сторон сечения, указанное в счётчике справа (влияет на качество конечного объекта).

Angle (Угол) – применение к сечению угла наклона (результат заметен при квадратном сечении).

Счётчик *Aspect (Аспект)* при сечении *Rectangular (Квадратное)* позволяет сделать форму квадратной (значение=1) или прямоугольной (значение, отличное от 1).

Auto Smooth (Автосглаживание). При включении данного флажка сплайн автоматически сглаживается, используя угол сглаживания, устанавливаемый счётчиком *Threshold (Порог)*. Автосглаживание (Auto Smooth) устанавливает сглаживание в соответствии с углом между сегментами сплайна. Любые смежные сегменты принадлежат одной группе сглаживания, если угол между ними меньше параметра порога (Threshold). Однако включение этого значения не всегда производит лучшее качество сглаживания. Иногда необходимо найти оптимальное значение порога (Threshold) или вовсе выключить автосглаживание (AutoSmooth), чтобы получить наилучшее качество.

На рисунке 12 показан пример применения параметров модификатора Визуализация сплайна (Renderable Spline: Radial, Thickness=3 мм, Sides=12, Auto Smooth = On, Threshold = 40, Cap=On, Quad Cap=Off) к сплайн-объекту Линия (Line) размером 35x45 мм.

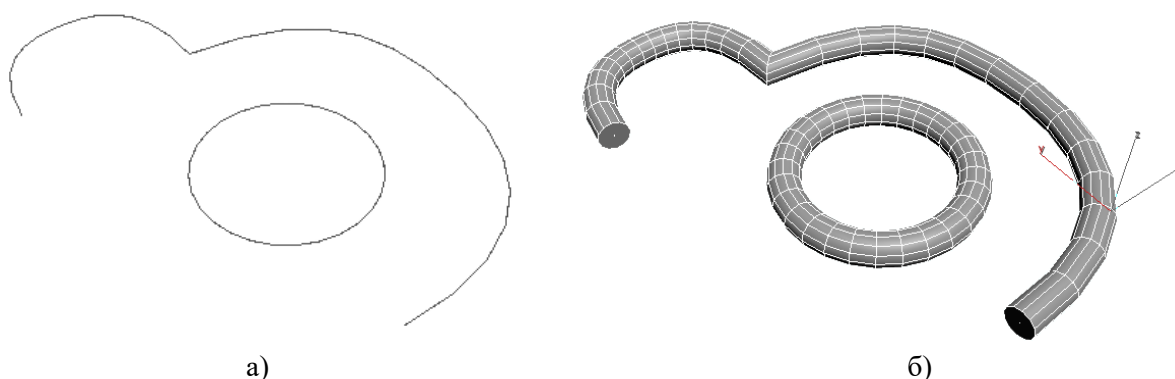


Рисунок 12 – Применение модификатора Визуализация сплайна (Renderable Spline): а) исходный сплайн; б) сплайн с модификатором

В версиях 3ds Max начиная с 2019 года появились очень полезные параметры, позволяющие сделать правильную топологию закрывающих полигонов:

Cap (Заглушка) – создание полигонов-заглушек на краях разомкнутого сплайна.

Quad Cap (Правильная сетка заглушки) – заполнение заглушек четырехугольной сеткой.

Segments (Сегментов) – изменение числа сегментов заглушки в счётчике справа.

Sphere (Сферичность) – придание крышке сферообразной формы (чем ближе значение счётчика справа к единице, тем ближе форма заглушки к форме сферы).

На рисунке 13,б и 13,в показан пример создания правильной топологии для заглушки модификатора Визуализация сплайна (Renderable Spline: Radial, Thickness=3 мм, Sides=12, Auto Smooth=On, Threshold=40), применённого к сплайн-объекту Линия (Line) размером 35x45 мм.

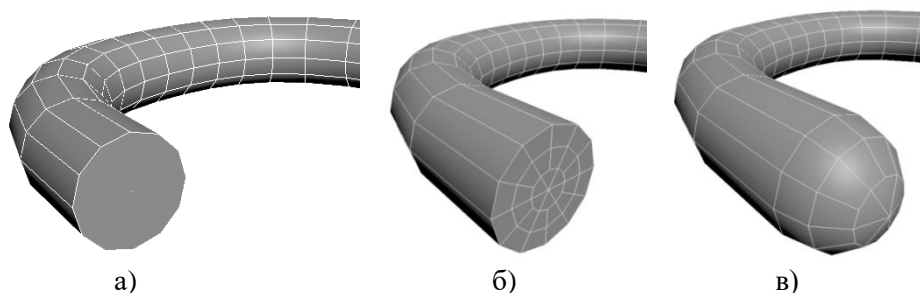


Рисунок 13 – Правильная топология заглушки для модификатора визуализации сплайна (Renderable Spline): а) заглушка без правильной топологии, Quad Cap=Off, б) правильная сетка заглушки, Quad Cap=On, Segments=3, Sphere=0; в) правильная сетка заглушки Quad Cap=On, Segments=3, Sphere=1

Число сегментов заглушки может быть и другим, в зависимости от желаемого конечного результата.

Модификатор Sweep (Выдавливание профиля вдоль пути)

Модификатор *Sweep* (*Выдавливание профиля вдоль пути*) используется для вытягивания поперечного сечения вдоль направления основного сплайна.

Параметры модификатора *Sweep* приведены на рисунке 14.











Можно работать с рядом сечений из списка модификатора (таких как углы, каналы, широкие фланцы и т.д.), а можно использовать собственные сплайны в качестве пользовательских сечений. Этот модификатор очень полезен для создания деталей из конструкционной стали, деталей для литья или в любой ситуации, когда нужно выдавливать сечение вдоль сплайна. Он похож на составной объект *Loft*.

Основные настройки модификатора Выдавливание профиля вдоль пути (Sweep):

Свиток *Section Type* (*Тип профиля*) позволяет выбрать стандартный профиль (Built-In Section) или профиль на основе пользовательской формы (Use Custom Section).

Use Built-In Section (*Встроенные профили*). Числовые настройки каждого из описанных ниже стандартных сечений будут доступны в свитке *Parameters* (*Параметры*).

Список распространенных строительных сечений, которые можно выдавить вдоль сплайна пути:

-  *Angle* *Angle section* (*Угловой профиль*) выдавливает структурную угловую секцию.
-  *Bar* *Bar section* (*Прямоугольный профиль*) выдавливает двухмерное прямоугольное сечение.
-  *Channel* *Channel section* (*Профиль туннель*) выдавливает прямоугольный канал.
-  *Cylinder* *Cylinder section* (*Цилиндрический профиль*) выдавливает заполненную (не пустотелую) двумерную окружность.
-  *Half Round* *Half Round section* (*Полукруглый профиль*) выдавливает заполненную (не пустотелую) двумерную полуокружность.
-  *Pipe* *Pipe section* (*Профиль труба*) выдавливает круглую полую трубу.
-  *Quarter Round* *Quarter Round section* (*Профиль четверть окружности*) выдавливает четверть круга. Данный режим полезен для литых деталей.
-  *Tee* *Tee section* (*Профиль тройник*) выдавливает вдоль сплайна Т-образное сечение.
-  *Tube* *Tube section* (*Профиль квадратной трубы*) выдавливает квадратный профиль, полый внутри (подобно профилю труба).
-  *Wide Flange* *Wide Flange section* (*Профиль широкий фланец*) выдавливает вдоль сплайна профиль широкого фланца.

Use Custom Section (*Использовать пользовательское сечение*). Данный параметр можно выбрать, если создан свой собственный профиль в текущей сцене (или в другом файле .max есть другая фигура-сечение, которую необходимо использовать в качестве профиля).

Section (*Сечение*) отображает имя выбранной фигуры. Эта область неактивна, пока не выбрана произвольная фигура. Можно переключаться с пользовательского раздела на встроенный раздел и обратно, без необходимости снова выбирать форму пользовательского раздела из окна просмотра.

Pick (*Выбор*). Если пользовательская фигура, которую необходимо использовать, видна в окне просмотра, нужно нажать кнопку *Pick* (*Выбор*), а затем выбрать фигуру прямо в сцене.

Pick Shape (*Выбор формы*). Выбор произвольной формы по имени. Показывает только допустимые фигуры, которые в данный момент находятся в сцене.

Extract (*Извлечение*) позволяет создать в сцене новую фигуру, которая является копией, экземпляром или ссылкой на сечение.

Merge From File (*Объединить из файла*) позволяет выбрать раздел, который хранится в другом файле .max.

Move (*Перемещение*) прокручивает пользовательское сечение вдоль указанного сплайна. В отличие от переключателей *Instance* (*Образец*), *Copy* (*Копия*) и *Reference* (*Ссылка*) выбранный раздел перемещается в сплайн.

Copy (Копия) создает копию выбранного сечения вдоль указанного сплайна.

Instance (Образец) помещает экземпляр выбранного сечения в указанный сплайн.

Reference (Ссылка) создает ссылку выбранного сечения вдоль указанного сплайна.

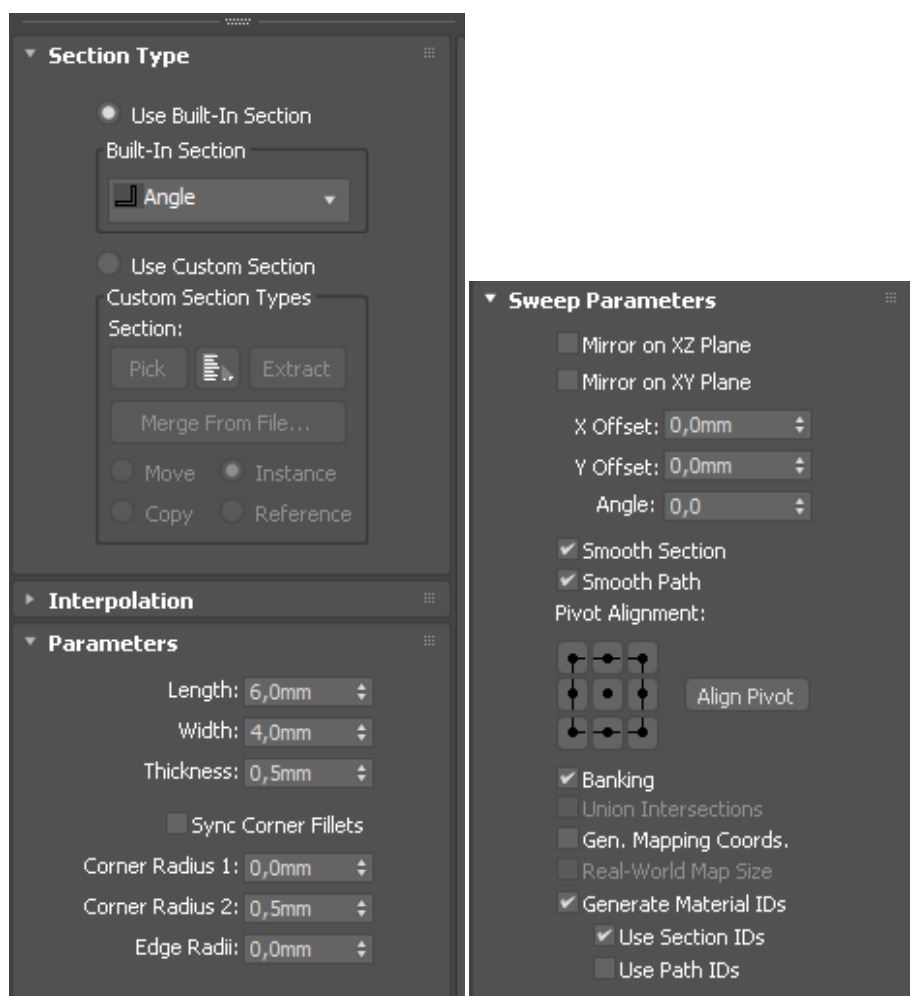


Рисунок 14 – Список параметров модификатора Sweep (Выдавливание профиля вдоль пути)

Свиток *Sweep Parameters* (Параметры выдавливания профиля вдоль пути).

В свитке имеются различные элементы управления для создания геометрии:

Mirror On XZ Plane (Зеркало для плоскости XZ). При включении секция переворачивается вертикально относительно сплайна, к которому применяется модификатор.

Mirror On XY Plane (Зеркало для плоскости XY). При включении секция переворачивается по горизонтали относительно сплайна, к которому применяется модификатор.

X Offset (Смещение по X). Позволяет сместить горизонтальное положение сечения относительно основного сплайна.

Y Offset (Смещение по Y). Позволяет сместить вертикальное положение сечения относительно основного сплайна.

Angle (Угол). Позволяет вращать сечение относительно плоскости, на которой расположен нижележащий сплайн.

Smooth Section (Сглаживание по сечению). Обеспечивает гладкую поверхность по периметру участка, который проходит вдоль основной сплайна-сечения.

Smooth Path (Сглаживание по пути). Обеспечивает гладкую поверхность по длине основной сплайна-пути.

Pivot Alignment (Регулировка опорной точки). Это двумерная сетка, которая помогает выровнять сечение по основному пути сплайна. Выбор одной из девяти позиций опорной точки сечения смещает его по траектории сплайна-пути.

Align Pivot (Выравнивание опорной точки). При включении в окне просмотра отображается трехмерное представление *Pivot Alignment (Регулировка опорной точки)*. Видно только выравнивающую сетку 3x3, сечение и основной путь сплайна.

Banking (Крен). Сечения вращаются вокруг траектории сплайна, при изгибании пути по локальной оси Z. Когда этот параметр выключен, сечение не вращается вокруг своей оси Z.

На рисунке 15 приведён пример применения модификатора Выдавливание профиля вдоль пути (Sweep: Built-In Section = Angle section, Length = 60 мм, Width = 40 мм, Thickness = 5мм) для сплайна-прямоугольника размерами 200x400 мм.

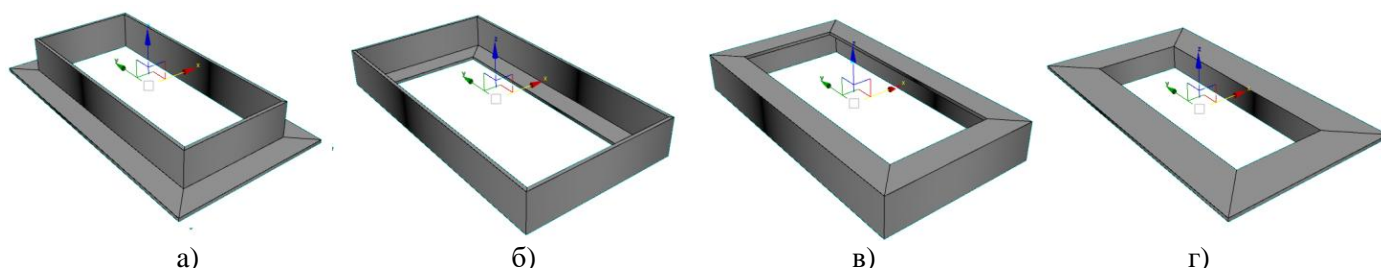


Рисунок 15 – Применение модификатора Sweep (Выдавливание профиля вдоль пути): а) без изменения положения относительно сплайна-прямоугольника; б) Mirror On XZ Plane = On; в) Mirror On XY Plane = On; г) Angle = 90

Модификатор *Sweep* очень часто используется для моделирования различных объектов для интерьеров помещений и экстерьеров зданий. Его популярность связана с тем, что в применении он проще лофт-объектов, а также позволяет создавать и использовать пользовательские сечения.

Модификатор Bevel Profile (Профиль скоса)

Модификатор *Bevel Profile (Профиль скоса)* выдавливает фигуру, используя форму в качестве траектории или «профиля фаски». Список параметров модификатора указан на рисунке 13.

Свиток *Parameters (Параметры)*:

Classic (Классические). В качестве профиля используется форма.

Improved (Улучшенные). Настраивается через параметрические данные, которые включают в себя предустановки профиля и редактор профиля фаски.

Для классической системы (Classic): кнопка *Pick Profile (Выбор профиля)*. По нажатию этой кнопки можно выбрать форму. После выбора название объекта пути появляется над кнопкой.

На рисунке 14 приведён пример применения модификатора Профиль скоса (Bevel Profile) к сплайн-объекту Текст (Text) с размерами 100 мм с параметрами (Parameters) классического типа (Classic).

Для расширенной системы (Improved):

Extrude (Выдавливание). Данный счётчик устанавливает глубину выдавливания в указанных в сцене единицах измерения.

Extrude Segs (Сегменты выдавливания). Данный счётчик устанавливает количество сегментов, созданных при выдавливании.

На рисунке 16 отображены параметры модификатора Профиль скоса (Bevel Profile) для расширенной системы (Improved).

На рисунках 17 и 18 приведены примеры применения модификатора Профиль скоса (Bevel Profile) к сплайн-объекту текст (Text) с размерами 100 мм с параметрами (Parameters) расширенной системы (Improved).

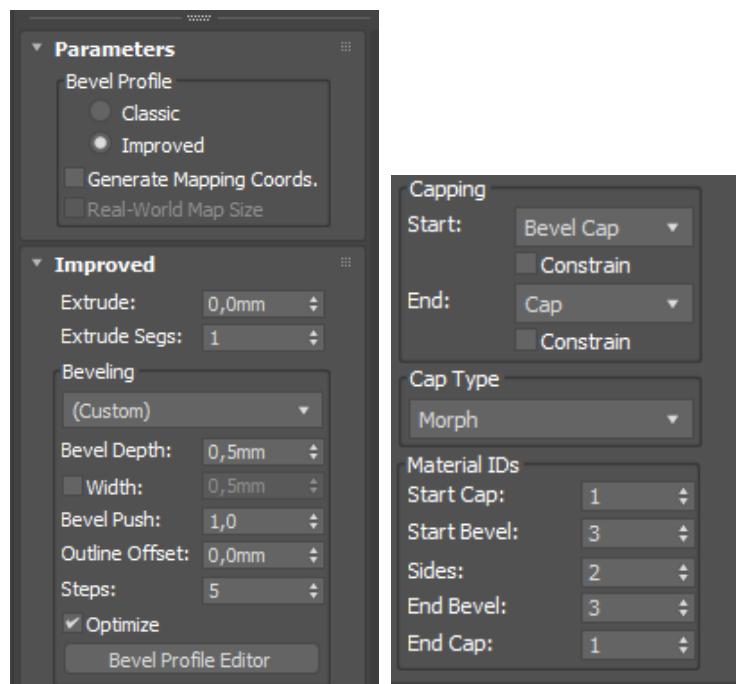


Рисунок 16 – Основные параметры модификатора Bevel Profile (Профиль скоса)

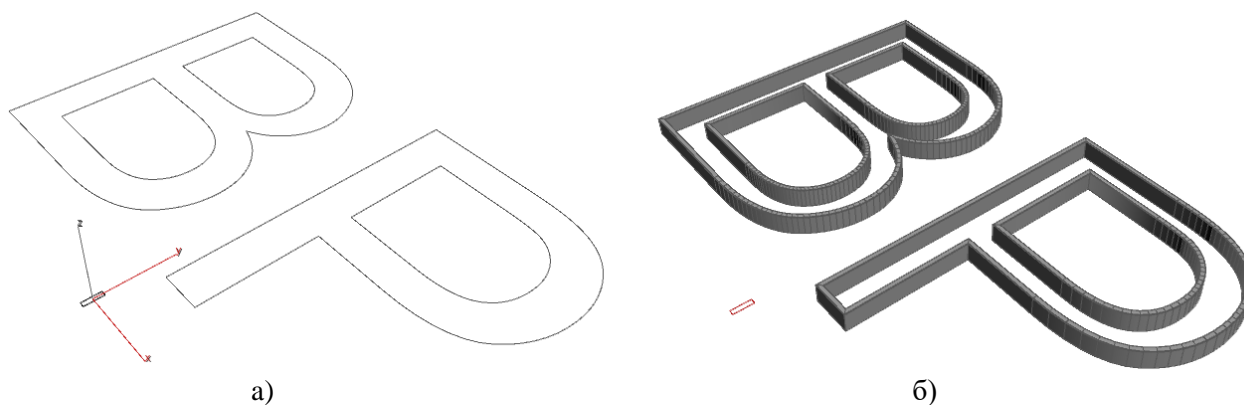


Рисунок 17 – Применение модификатора Bevel Profile (Профиль скоса): а) исходный объект без модификатора; б) объект создан при помощи профиля – прямоугольник размерами 4x1 мм

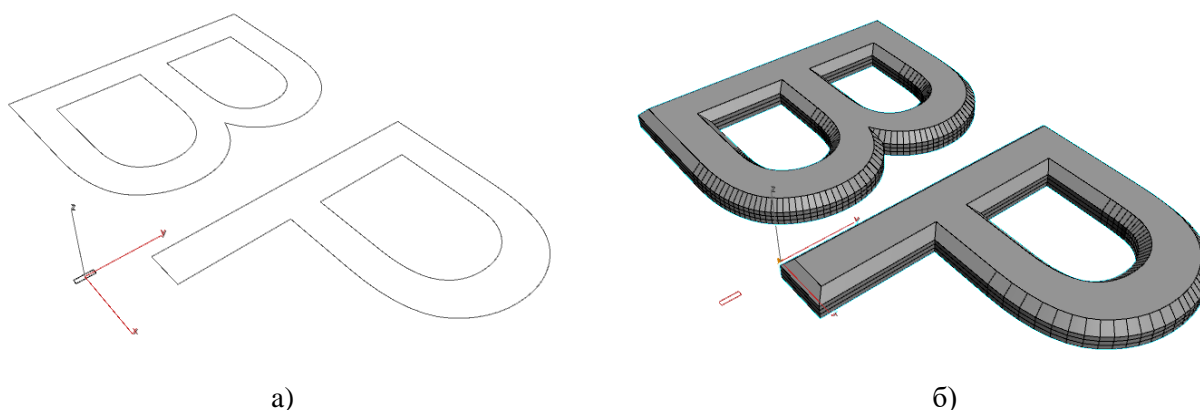


Рисунок 18 – Применение модификатора Bevel Profile (Профиль скоса): а) исходный объект без модификатора; б) объект с модификатором Профиль скоса (Bevel Profile: Extrude = 5 мм, Extrude Segs = 3)

Далее рассмотрены расширенные настройки модификатора *Bevel Profile*:

Beveling (Срез).

Presets list (Список предустановок) представляет собой список ранее созданных скосов. Предустановки включают в себя: *Concave* (Вогнутый), *Convex* (Выпуклый), *Engrave* (Гравировка), *Half Circle* (Полукруг), *Ledge* (Уступ), *Linear* (Линейный), *Ogee* (Синусный), *Three Step* (Трехступенчатый) и *Two Step* (Двухступенчатый).

На рисунке 19 приведены примеры применения различных срезов модификатора Профиль скоса (*Bevel Profile*: Improved, Extrude = 5 мм, Extrude Segs = 3) к сплайн-объекту Текст (Text) с размерами 100 мм.

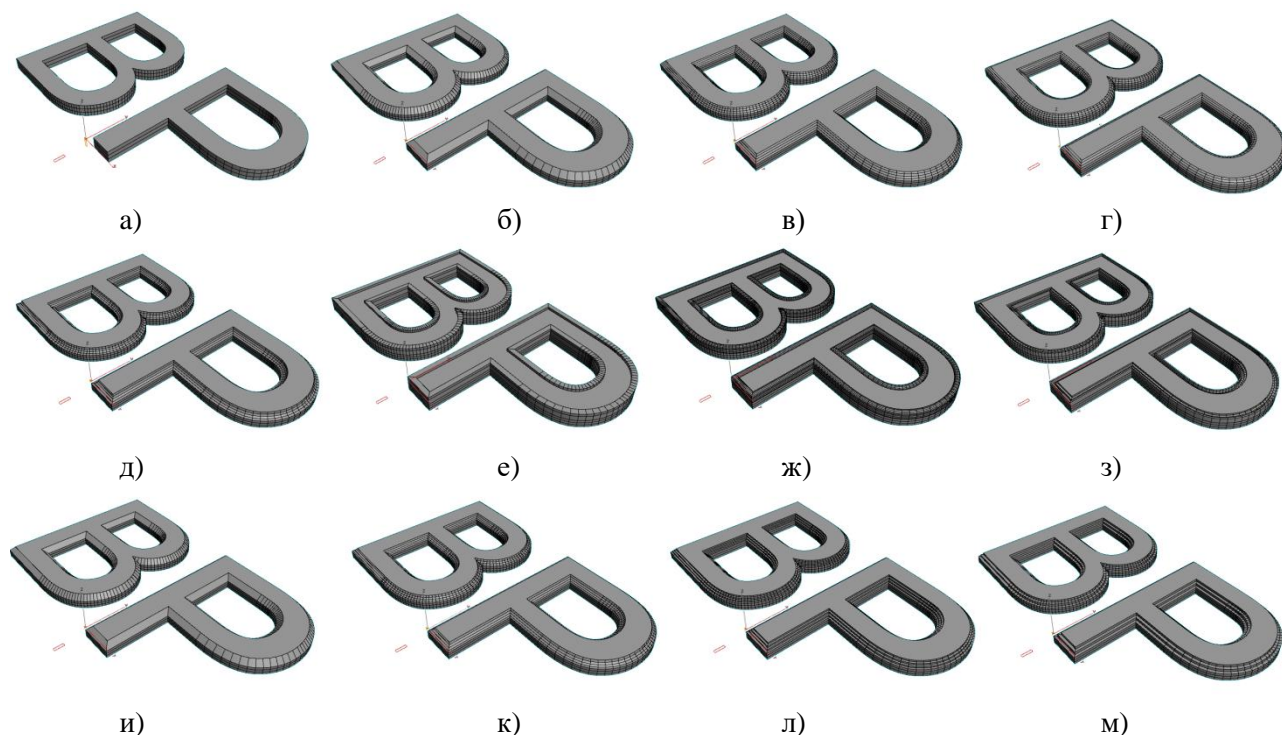


Рисунок 19 – Применение модификатора *Bevel Profile* (Профиль скоса): а) исходный объект без скоса, *Bevel Depth* = 0 мм; б) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Convex*, *Bevel Depth* = 2 мм); в) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Steps* = 3); г) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Bevel Push* = 1); д) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Concave*); е) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Engrave*); ж) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Half Circle*); з) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Ledge*); и) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Linear*); к) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Ogee*); л) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Three Step*); м) изменение параметров Профиля скоса (*Bevel Profile*: *Two Step*)

Скосы можно создавать и сохранять, чтобы использовать их в дальнейшем.

Параметры скосов:

Bevel Depth (Глубина скоса) – глубина скошенной области.

Флажок *Width* (Ширина скоса) переключает возможность изменять ширину скошенной области. При выключенном состоянии ширина ограничена параметром глубины.

Bevel Push (Скос нажима) – интенсивность кривой скоса. При использовании предварительной настройки вогнутого скоса значение 0 - это идеальный линейный край, -1 - выпуклый край, а +1 создаст вогнутый край.

Outline Offset (Смещение контура) – расстояние смещения контура.

Steps (Шаг деления) – количество вершин, используемых для деления кривой. Чем больше количество шагов, тем более гладкая кривая.

Optimize (Оптимизация) удаляет ненужные шаги из прямых сегментов в скосе.

Bevel Profile Editor (Редактор профиля скоса). Переключает окно редактора профиля скоса, позволяя создавать свои собственные профили (рисунок 20).

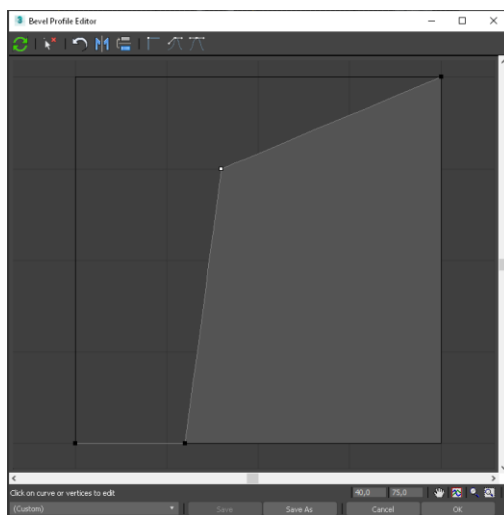


Рисунок 20 – Окно Bevel Profile Editor (Редактор профиля скоса)

Кнопки редактора профиля скоса (верхнее меню ):

Auto-Update (Автоматическое обновление) переключает автоматическое обновление формы с профилем, найденным в редакторе профиля скоса.

Delete Selected Vertices (Удалить выбранные вершины) удаляет все выбранные вершины из профиля.

Reset Curve (Сбросить кривую) удаляет все вершины и сбрасывает профиль к прямому краю.

Mirror Curve (Зеркальная кривая) переворачивает профиль, чтобы создать зеркальное отображение.

Flip Curve (Вывернуть кривую) инвертирует профиль.

Corner (Угловая) определяет тип выбранной вершины как угловой.

Bezier Corner (Безье с изломом) определяет вершину как Безье с изломом, создавая два маркера, которые независимо друг от друга управляют формой кривой.

Bezier Smooth (Сглаженная Безье) определяет вершину как Безье, создавая маркеры, которые одновременно управляют формой кривой, когда она входит в вершину и выходит из неё.

Coordinate fields (Координатные поля) перемещает выбранные вершины в указанные координаты.

Pan (Рисование) перемещает профиль при перемещении курсора.

Zoom Extents (Увеличить размер) регулирует увеличение, чтобы весь профиль был виден.

Zoom (увеличение) регулирует увеличение.

Zoom Region (Увеличить область) увеличивает прямоугольную область, которая выделяется курсором мыши.

Presets list (Список предустановок) – список ранее созданных и сохраненных макетов профиля скоса.

Save (Сохранение) перезаписывает и сохраняет профиль как выбранный макет.

Save As (Сохранить как) сохраняет профиль как новый макет.

Cancel (Отмена) закрывает Редактор профиля скоса (Bevel Profile Editor) без сохранения профиля.

Capping (Закрывание) – применение заглушек для модификатора Профиль скоса (Bevel Profile):

Start (Начало) закрывает заглушкой лицевую сторону объекта.

End (Конец) закрывает заглушкой заднюю поверхность объекта.

Как для начала, так и для конца закрывания можно выбрать из списка вид заглушки: *Cap* (Закрывание без фигурного скоса), *No Cap* (Без закрывания и без фигурного скоса), *Bevel Cap* (Закрывание с фигурным скосом), *Bevel No Cap* (Без закрывания, но с фигурным скосом).

Флажок *Constrain* (Ограничитель) задаёт ограничение для выбранной заглушки.

Cap Type (Тип закрывания) создает поверхность типа *Morph* (используя треугольники) или *Grid* (в виде сетки).

На рисунке 21 показан пример с применением различных способов закрывания лицевой стороны объекта при применении модификатора Профиль скоса (Bevel Profile: Improved, Extrude=5 мм, Extrude Segs=3, Three Step) к сплайн-объекту Текст (Text) с размерами 100 мм.

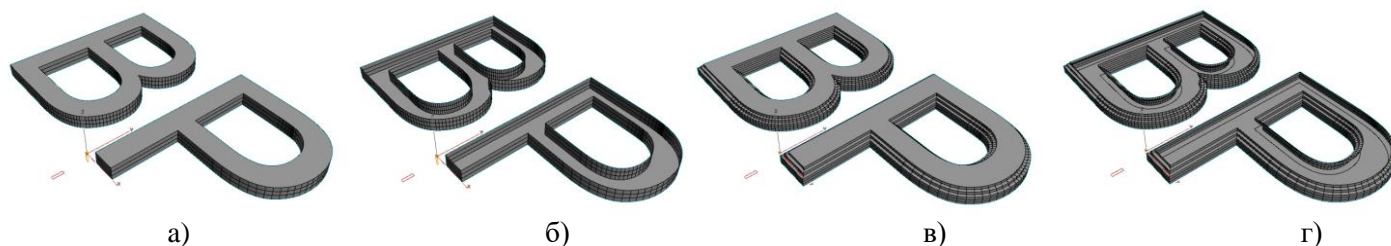


Рисунок 21 – Применение различных способов закрывания лицевой стороны объекта при использовании модификатора Bevel Profile (Профиль скоса): а) закрывание без фигурного скоса (Cap); б) без закрывания и без фигурного скоса (No Cap); в) закрывание с фигурным скосом (Bevel Cap); г) без закрывания, но с фигурным скосом (Bevel No Cap)

Благодаря столь широким настройкам данный модификатор очень удобен для создания различных 3D-текстов.

Модификатор Cross Section (Поперечное сечение)

Модификатор *Cross Section* (Поперечное сечение) создает каркас из нескольких сплайнов, соединяя вершины этих сплайнов. Полученный объект – это еще один сплайн-объект, но уже трёхмерный, который можно использовать с модификатором *Surface* (Поверхность) для создания полигональной поверхности. Эти два модификатора, когда они используются вместе, иногда совместно именуются *Surface Tools* (Поверхностные инструменты). Подробный алгоритм создания каркаса приведен после описания модификатора *Surface*.

Использование модификатора в основном определяется расположением сплайнов, к которым он применяется. Следовательно, нумерация сплайнов должна быть последовательной.

Основной параметр *Spline Options* (Опции сплайна) может быть в одном из следующих режимов: *Linear/Smooth/Bezier/Bezier Corner* (Линейный/ Сглаженный/ Безье/ Безье с изломом). Этот выбор определяет, какой тип кривой будет использоваться при создании каркаса через вершины сплайнов.

Пример применения модификатора показан на рисунке 22.

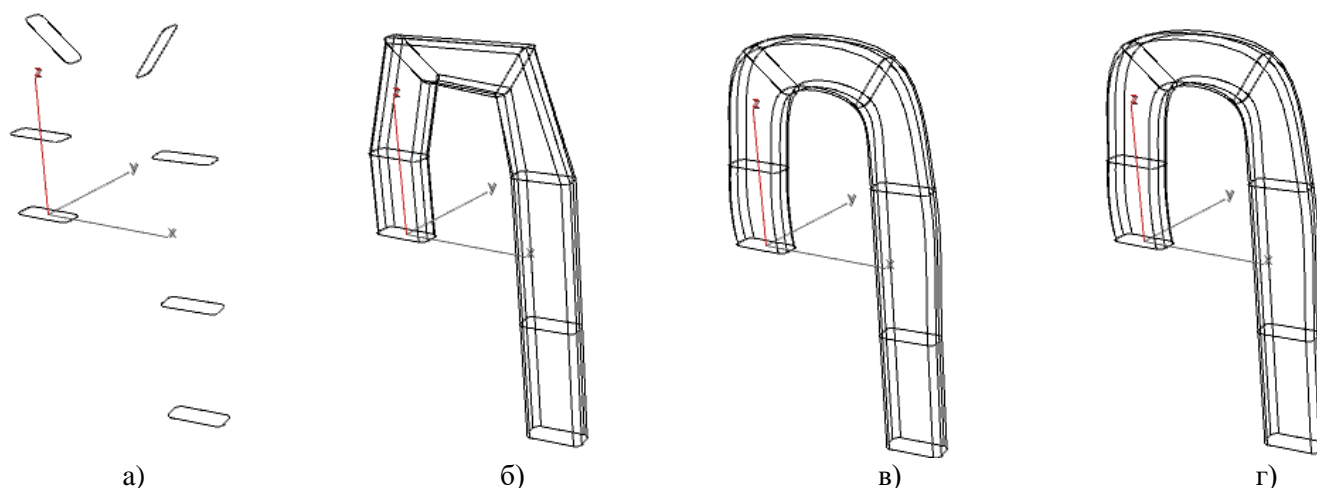


Рисунок 22 – Применение параметров модификатора поперечного сечения (Cross Section): а) набор исходных сечений; б) линейный тип кривой (Linear); в) сглаженный тип кривой (Smooth); г) тип кривой Безье (Bezier)

Данный модификатор удобен для создания различных сложных каркасов. Эти каркасы позволяют создавать органические поверхности или сложные поверхности по сечениям (например, ванны, раковины и т.д.).

Модификатор Surface (Поверхность)

Модификатор *Surface (Поверхность)* накладывает плоскости на каркас из линий (т.е. генерирует patch-поверхность). Эти плоскости создаются там, где сегменты каркаса сплайнов образуют трех- или четырехсторонний многоугольник. Данный модификатор часто используется в сплайновом моделировании после с модификатора *Cross Section (Поперечное сечения)*.

Пример применения данного модификатора приведен на рисунке 23.

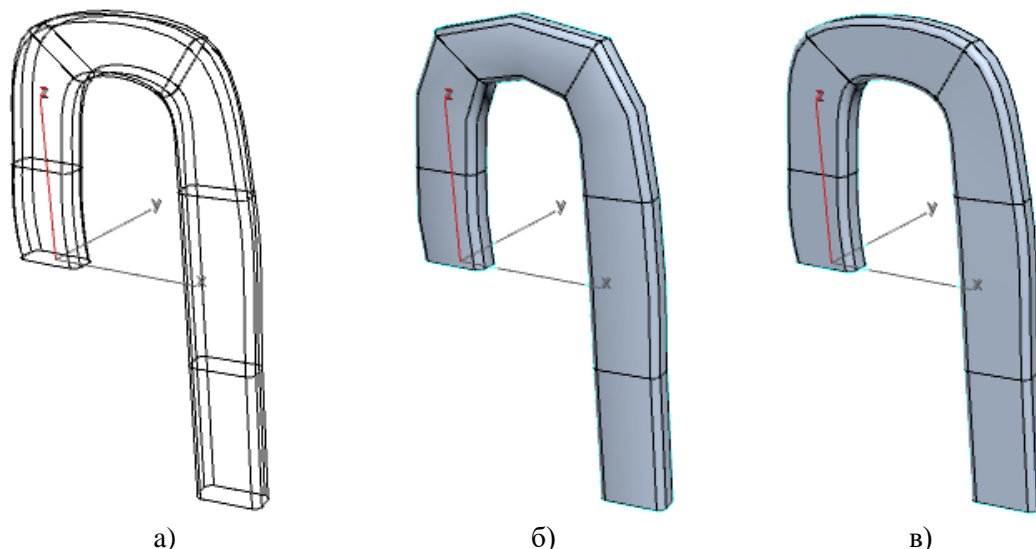


Рисунок 23 – Применение параметров модификатора Surface (Поверхность):

- а) исходный каркас из сплайнов; б) топология поверхности (Patch Topology) при числе шагов (Steps) = 1;
в) топология поверхности (Patch Topology) при числе шагов (Steps) = 5

Параметры модификатора Surface (Поверхность):

Spline Options (Опции сплайна). Счётчик *Threshold (Порог)* определяет общее расстояние, которое используется для сварки вершин объекта сплайна. Соседние вершины в пределах этого порога рассматриваются как одна. Порог использует единицы измерения, установленные в сцене.

Флажок *Flip Normals (Вывернуть нормали)* отражает нормальное направление поверхности (в случае, если модель оказалась «вывернутой наизнанку», т.е. чёрной вместо заливки нужным цветом).

Флажок *Remove Interior Patches (Удалить внутренние заплатки)* позволяет удалить внутренние грани объекта, который обычно не видно.

Флажок *Use only selected segs (Использовать только выбранные сегменты)* включает режим, при котором только сегменты, выбранные в модификаторе *Edit Spline*, будут использоваться модификатором *Surface* для создания поверхности.

Счётчик *Steps (Шаги деления)* поля *Patch Topology (Топология поверхности)* определяет, сколько делений используется между каждой вершиной. Чем больше число шагов, тем более гладкой будет кривая между вершинами. Не следует назначать этому счётчику слишком большое значение.

Число шагов (Steps) данного модификатора стоит подбирать оптимальным, чтобы был качественный конечный результат, но чтобы при этом не перегружать модель количеством полигонов.

Алгоритм создания каркаса с помощью модификаторов CrossSection и Surface:

- 1) Сначала необходимо создать нужный набор сечений (т.е. сплайнов) и расположить их в пространстве. В качестве сплайнов могут быть как сплайновые фигуры (например, окружность, прямоугольник, многоугольник), так замкнутые сплайны нужной формы, нарисованные при помощи Линии (Line). Часто бывает удобно отредактировать форму сплайнового примитива в модификаторе *Edit Spline*. Для расположения сплайнов в пространстве удобно пользоваться окнами проекций (Top/Left/Front).
- 2) Важно, чтобы у всех сечений будущего каркаса было одинаковое количество вершин (но минимальное). Если это количество разное, его нужно сделать одинаковым по принципу

наименьшего знаменателя. Иначе в поверхностной сетке появятся треугольные полигоны, что является ошибкой.

- 3) Также имеет значение расположение первой вершины и порядок нумерации вершин у сплайна. Если после применения модификатора *Surface* будут искажения сетки модели, значит, нужно проверить нумерацию вершин у сплайнов (сечений каркаса). Если расположение первой вершины у сечений разное, в конечной модели может быть «скручивание» поверхностной сетки. Иногда эту проблему можно решить поворотом соответствующего сечения в режиме сплайна (здесь лучше включить привязки), в ряде других случаев может потребоваться заново создать объект, изначально позаботившись о соответствии положения первых вершин.
- 4) Далее нужно к первому сечению применить модификатор *Edit Spline* и через кнопку *Attach последовательно* прикрепить второе сечение, затем третье и т.д., затем отжать кнопку *Attach*. Порядок прикрепления сечений очень важен, т.к. каркас будет создан строго в соответствии с ним.
- 5) Теперь объект состоит из нескольких сплайнов, расположенных в пространстве нужным образом и с соблюдением последовательности прикрепления. Можно применить модификатор *CrossSection*.
- 6) Далее нужно применить модификатор *Surface (Поверхность)*. Полученный каркас не должен иметь треугольников или искажений поверхности.

Пример создания модели по указанному алгоритму приведен на рисунке 24.

Число шагов модификатора *Surface (Поверхность)* стоит подбирать оптимальным, т.е. таким образом, чтобы был качественный конечный результат, но чтобы при этом не перегружать модель количеством полигонов. Оценить плотность сетки можно с помощью применения модификатора *Edit Poly*, что показано на рисунке 24,г. В рамках данной лабораторной работы полигональное моделирование не разрешено, потому не должно быть никаких действий в модификаторе *Edit Poly*, и после выставления нужного числа шагов (Steps) модификатора *Surface (Поверхность)* следует удалить модификатор *Edit Poly* из стека модификаторов.

Для корректной работы данного модификатора важно, чтобы полигоны будущей сетки были четырехугольными. Потому если крайние исходные сечения содержат более 4 вершин, их нужно будет разбить дополнительными сплайновыми линиями.

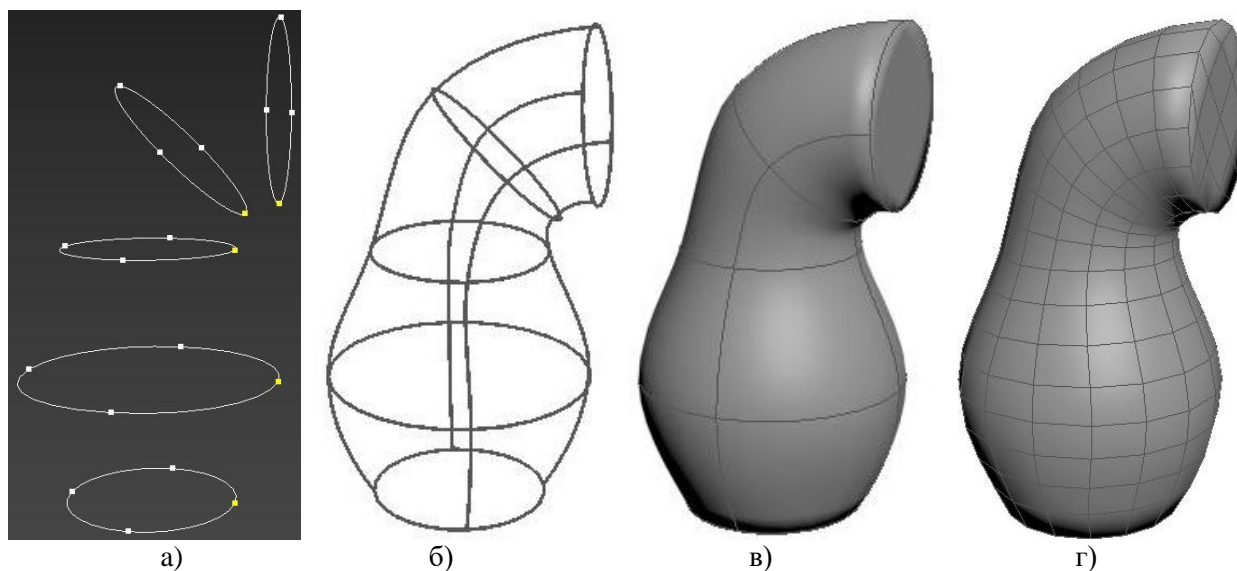


Рисунок 24 – Создание модели с помощью модификаторов поперечного сечения (*CrossSection*) и поверхность (*Surface*): а) создание и расположение сплайнов, проверка расположения первых вершин; б) применение модификатора поперечного сечения (*CrossSection*); в) применение модификатора поверхность (*Surface*); г) проверка плотности сетки в модификаторе редактирования полигонов (*Edit Poly*)

В данном документе рассмотрены модификаторы, наиболее популярные при работе со сплайнами. Т.к. они работают именно со сплайнами, то в случае, если выделен геометрический примитив (например, *Box* или *Torus*, или какой-либо другой из свитков *Standard Primitives* и *Extended Primitives*), они не будут отображаться в свитке модификаторов.