

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

Факультет: Вычислительных машин и систем

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

**Методические указания по выполнению
лабораторной работы №1**

Тема: "Базовые методы моделирования в Autodesk 3DS MAX"

Составитель: Чертков К.К.

Москва, 2008

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Освоить базовые методы моделирования в системе Autodesk 3DS MAX.

ЗАДАЧА: создать трехмерную модель заданного объекта и анимирующую ее программу.

1. Основные элементы интерфейса 3DS MAX

Пользовательский интерфейс 3DS MAX показан на рис. 1 и включает в себя следующие основные элементы:

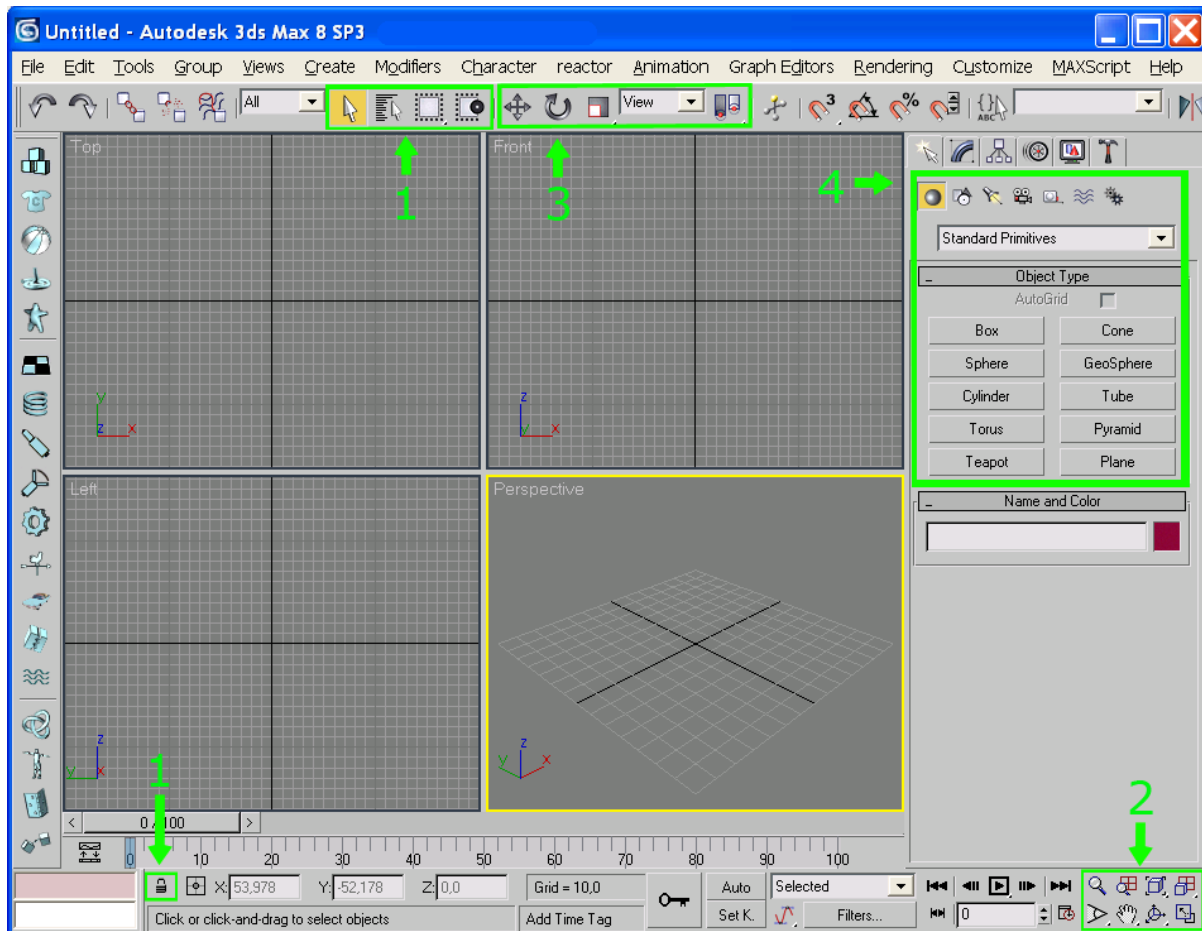




















Рис. 1. Интерфейс 3DS MAX

1 – выделение объектов









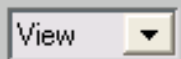
 – переход в режим выделения объектов.  – открыть окно выбора объектов.  – выбор формы области выделения.  – выбор объектов хотя бы частично/только полностью попавших в область выделения.

Если нажать и не отпускать кнопку , то появится список форм области выделения. В нем можно выбрать следующие формы:  – прямоугольник,  – окружность,  – многоугольник,  – произвольная форма,  – выделение мышкой как при рисовании кистью. Для того чтобы к выделенным объектам добавить еще один, нужно предварительно нажать клавиши Ctrl. С помощью клавиши Alt можно наоборот отменить выделение некоторых объектов. При работе со сложной сценой очень легко попасть мышкой не в то место, куда нужно. Тогда окажется выделенным другой объект. Чтобы этого не произошло, можно зафиксировать выделение, нажав кнопку .

2 – управление окнами перспективной и ортогографической проекций







 – увеличение/уменьшение размеров изображения при перемещении мышки с нажатой левой кнопкой в окне. Клавиша Ctrl увеличивает, а клавиша Alt уменьшает скорость изменения размеров изображения.  – увеличение/уменьшение размеров изображения одновременно во всех окнах. При нажатии клавиши Shift будут изменяться размеры изображения во всех окнах кроме перспективного.   – показать полностью все объекты/выделенные объекты в текущем окне.   – изменение угла обзора (только в окне перспективной проекции) / показать выделенную область.  – сместить изображение в окне ортогографической проекции / точку наблюдения в окне перспективной проекции. При нажатии Ctrl скорость перемещения увеличивается. При нажатии Shift перемещение будет совершаться только вертикально или горизонтально. Это зависит от начального направления перемещения мыши.

3 – базовые преобразования координат

 – выбрать и переместить объект.  – выбрать и повернуть объект.    – выбрать и растянуть или сжать объект равномерно / растянуть или сжать объект неравномерно вдоль координатных осей / «расплющить» объект.    – выбор центра преобразования: начало локальной системы каждого объекта / геометрический центр выделенных объектов / начало выбранной системы координат.  – выбор системы

координат, используемой для преобразований: view – система координат окон ортогографических проекций (ось X направлена направо, ось Y – вверх, ось Z – назад); Screen – экранная система координат (в любом окне ось X направлена горизонтально, ось Y – вертикально, ось Z – перпендикулярно к экрану); World – мировая система координат (ось X направлена направо, ось Y – вверх, ось Z – назад); Parent – система координат родительского окна; Local – локальная система координат объекта; Pick – система координат выбранного объекта (нужно сначала выбрать пункт «pick», а потом щелкнуть по объекту); Grid – система координат текущей рабочей сетки.

4 – командные панели

Имеются следующие командные панели:  – «Создание объектов»,  – «Изменение объектов»,  – «Иерархия объектов»,  – «Анимация»,  – «Управление показом объектов»,  – «Дополнительные функции».

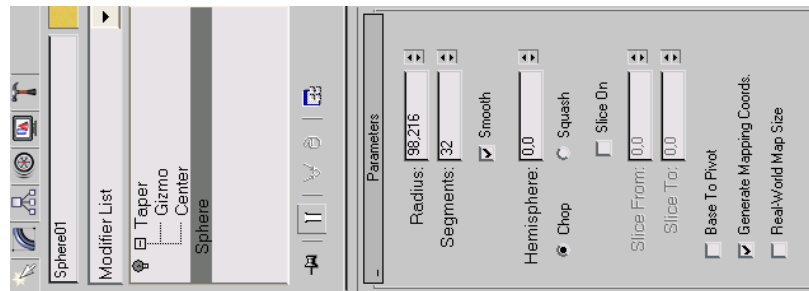
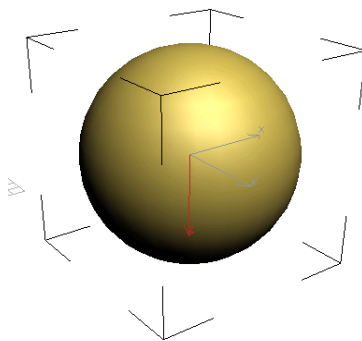


Рис. 2. Сфера и соответствующий ей вид панели «Изменение объектов»

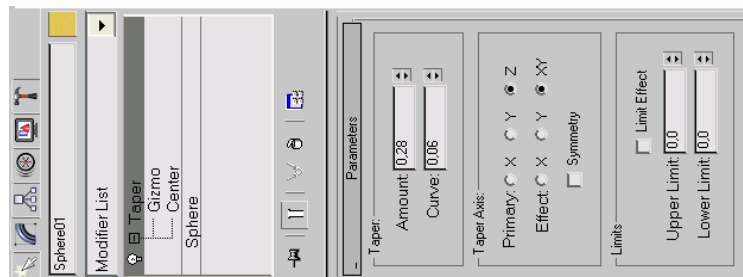
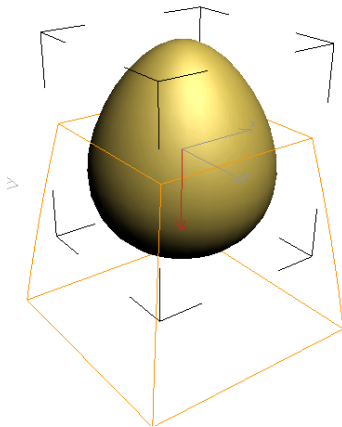


Рис. 3. Вид сферы после применения модификатора «Конус» (Taper) и соответствующий вид панели «Изменение объектов»

Панель «создание объектов» содержит кнопки для создания ряда базовых объектов (куб, сфера, тор, цилиндр и пр.), используемых как основа при создании более сложных объектов. Панель «изменение объектов» позволяет как менять базовые параметры объектов (ширина, высота детализация) (рис. 2), так и применять к объектам так называемые модификаторы (рис. 3).

2. Использование модификаторов

К объекту можно применить последовательно несколько модификаторов. При этом на вход каждого следующего будет поступать результат работы всех предыдущего. Чтобы задействовать модификатор, нужно выделить объект и выбрать нужный модификатор в списке «Modifier List» на панели «Изменение объектов». Ниже приводятся примеры использования нескольких модификаторов.

Модификатор «Конус» (Taper)

Данный модификатор придает объектам конусообразную форму, сжимая их с одной стороны и расширяя с другой. Если задать искривление (параметр *Curve* (кривая)), то поверхность объекта будет изгибаться. Результат работы данного модификатора показан на рис. 3 и на рис. 4.

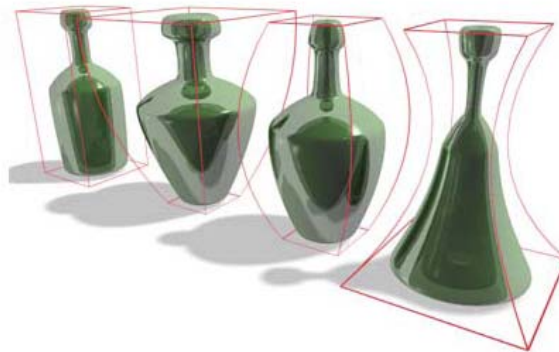


Рис. 4. Применение модификатора «Конус» к бутылке

Модификатор «Изгиб» (Bend)

С помощью этого модификатора можно придавать предметам изогнутый вид. Параметр *Bend Axis* задает ось, в плоскости которой будет происходить изгиб, параметр *Direction* – угол ее поворота, а параметр *Angle* – величину изгиба. Результат работы данного модификатора показан на рис. 5.



Рис. 5. Результат работы модификатора «Изгиб» (Bend)

Модификатор «Редактирование полигонов» (Edit Poly)

Данный модификатор позволяет редактировать поверхность объекта на уровне вершин, ребер и граней. На рис. 6 показан параллелепипед и сделанный из него корпус танка.

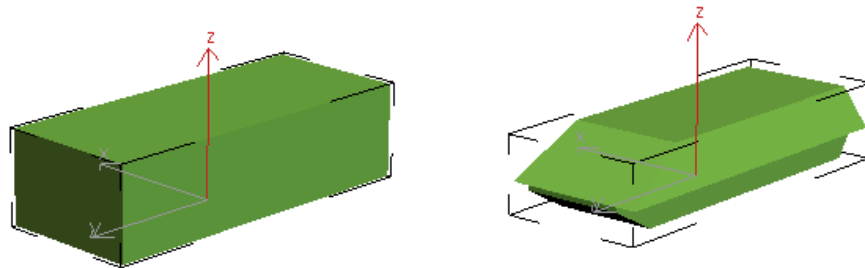


Рис. 6. Результат редактирования вершин параллелепипеда

3. Экспорт моделей из 3DS Max

3DS Max позволяет экспортировать модели в различных форматах. Один из наиболее удобных — ASE (Ascii Scene Export). Для экспорта в этом формате нужно выбрать пункт меню File/Export, ввести имя файла и определить для него формат ASE. После этого появляется окно настроек, показанное на рис. 7. К геометрическим моделям относятся следующие параметры:

- Geometric – вывод полигональных моделей.
- Mesh Definition – вывод координат вершин и их индексов для граней.
- Materials – вывод описания материалов, используемых в сцене.
- Mesh Normals – вывод нормалей в вершинах и нормалей к граням.
- Mapping Coordinates – вывод текстурных координат.
- Precision – точность значений (знаков после запятой).

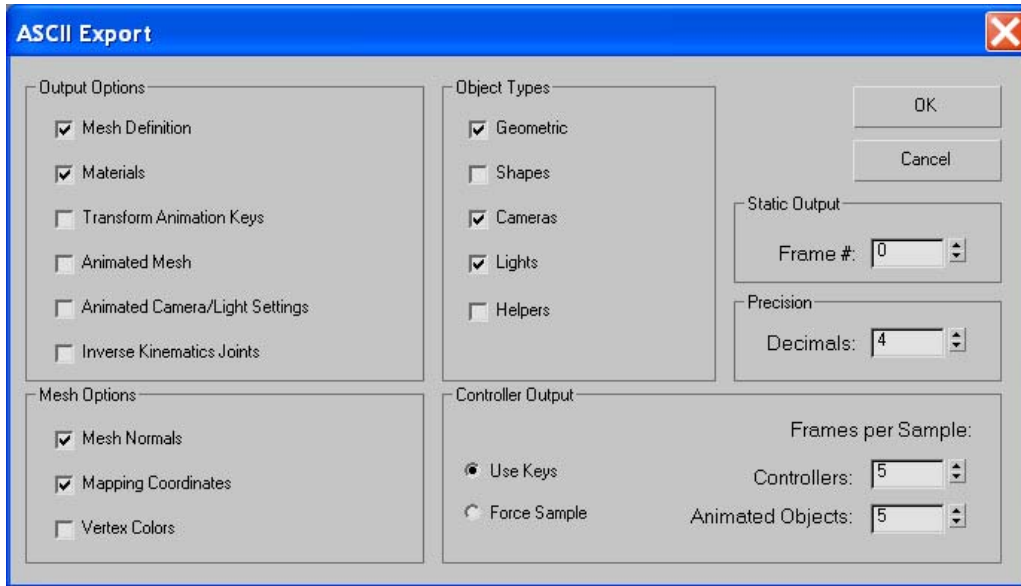



Рис. 7. Окно настройки экспорта модели в формате ASE

Для того, чтобы полученное таким образом описание моделей можно было использовать в программе, нужна специальная библиотека для их загрузки. При разработке небольших учебных программ удобно, если графические объекты представлены в структурах данных языка программирования. Его можно получить с помощью программы «Преобразование файлов ASE в структуры данных на C++, C# и Pascal» (рис. 8).

4. Преобразование моделей в структуры данных C++, C# и Pascal

Для загрузки сцены из файла ASE нужно воспользоваться кнопкой  или пунктом *Файл/Открыть* меню. После загрузки сцены в левой части окна появляется ее иерархическое представление в виде деревьев объектов и материалов. Если модель состоит из нескольких объектов, то они могут быть связаны отношением «главный – зависимый». Например, у автомобиля главным объектом может быть кузов, а зависимыми – двери и колеса. Для зависимых объектов задается матрица $[rtm]$ преобразования в локальную систему координат главного объекта. В дереве объектов зависимые объекты всегда под тем объектом, с которым они связаны.

Материалы могут содержать «подматериалы», выводимые на нижнем уровне дерева материалов. В 3DS Max любому объекту может быть назначен только один материал. Если объект сделан из разных материалов, то они представляются как его подматериалы.

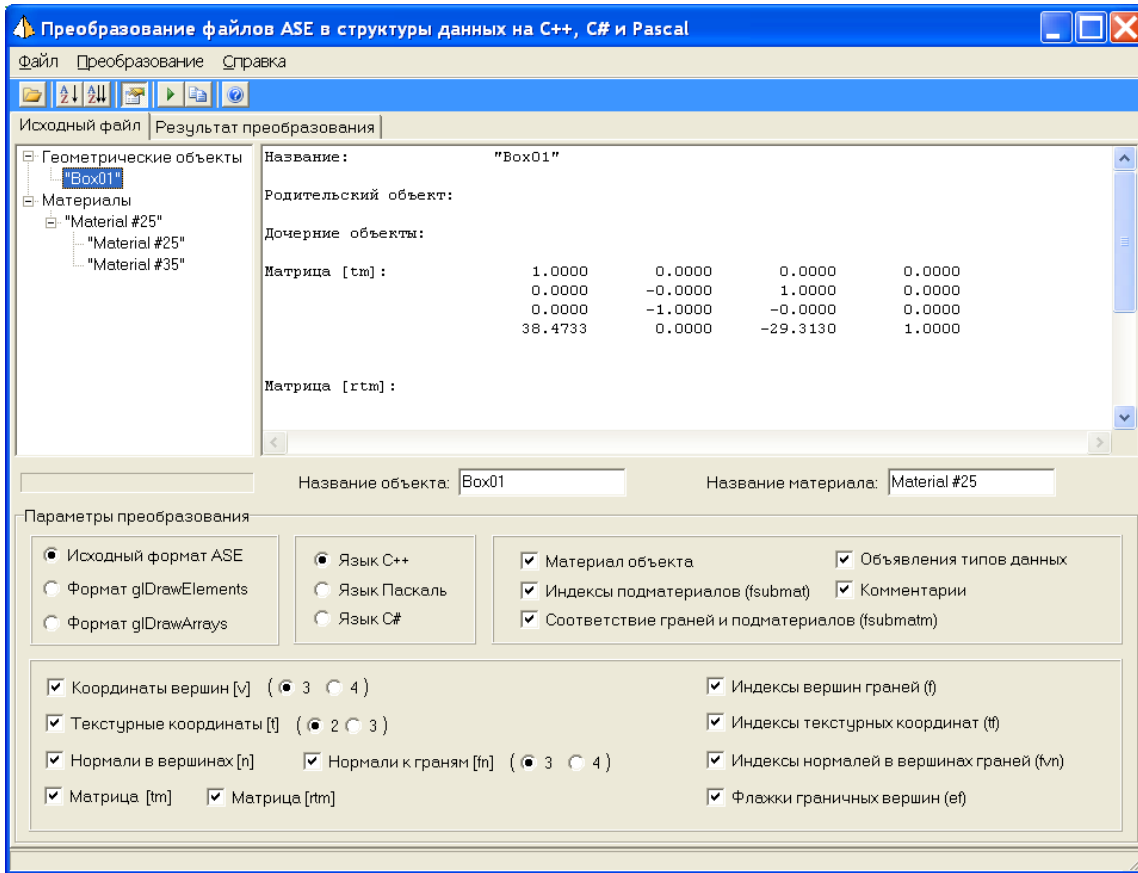



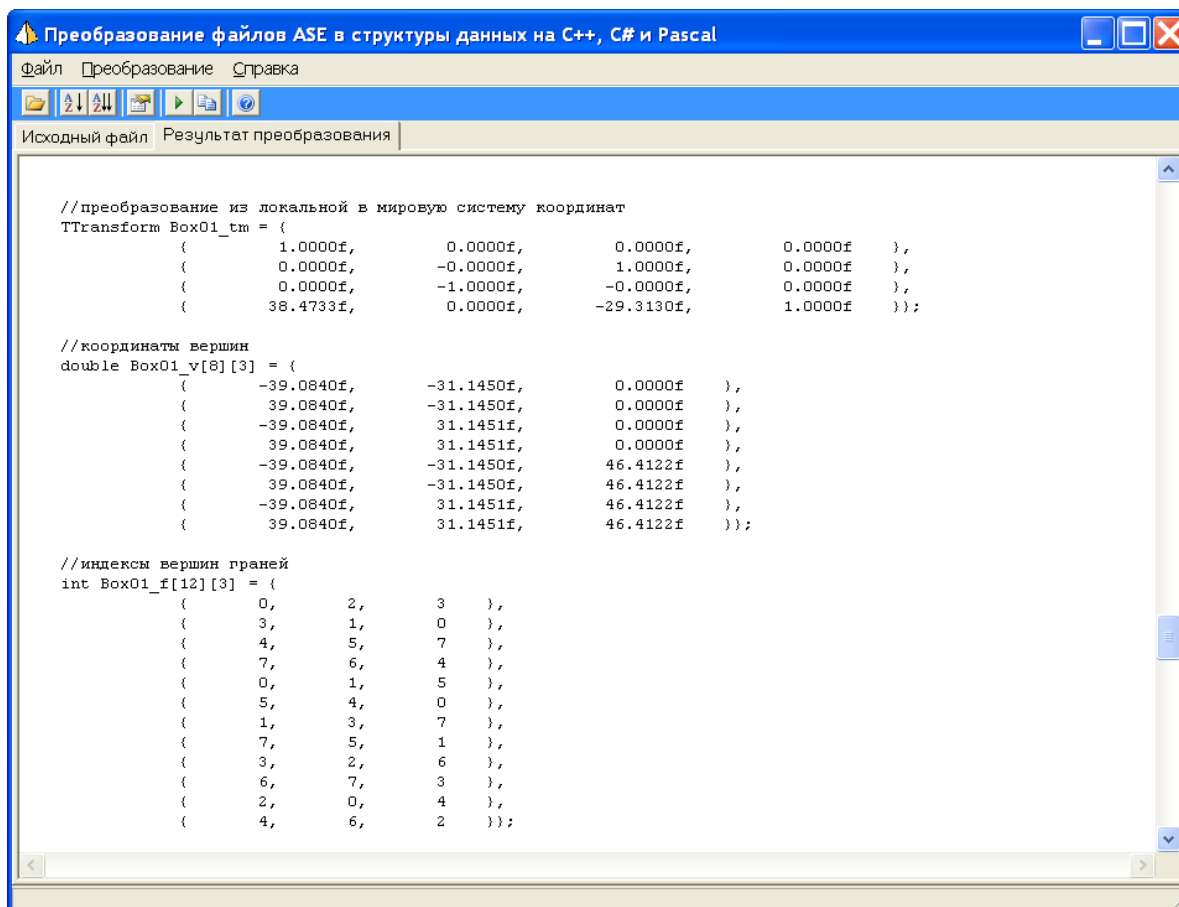
Рис. 8. Интерфейс программы «Преобразование файлов ASE в структуры данных на C++, C# и Pascal»

Для того, чтобы уменьшить число изменений свойств объекта во время его отображения, следует отсортировать его грани по номеру подматериала. Для этого можно воспользоваться кнопками или соответствующими пунктами меню *Файл/Отсортировать грани объекта* и *Файл/Отсортировать грани всех объектов*. Первый проводит сортировку только для выделенного объекта.

Перед преобразованием геометрического объекта или материала необходимо его выделить в левой части окна. При этом в правой части появляется их краткое описание, а в двух окошках ниже — название объекта и назначенного ему материала (если выбран геометрический объект) или только материала (если выбран материал). Эти названия будут в дальнейшем использоваться в программе, поэтому они должны соответствовать синтаксису выбранного языка программирования. При необходимости их нужно исправить.

Нажатие кнопки или выбор пункта меню *Преобразование/Преобразовать выбранный объект* запускает процесс преобразования. После его завершения открывается вкладка

«Результат преобразования», куда помещается полученный программный код. В зависимости от настроек, он может содержать полное описание геометрии выбранного объекта, его материала, а также определения всех использованных типов данных (рис. 9). С помощью кнопки  или пункта меню *Преобразование/Скопировать результат* в буфер обмена его можно переместить в свою программу.




```
//преобразование из локальной в мировую систему координат
TTransform Box01_tm = {
    { 1.0000f,      0.0000f,      0.0000f,      0.0000f },
    { 0.0000f,     -0.0000f,      1.0000f,      0.0000f },
    { 0.0000f,     -1.0000f,     -0.0000f,      0.0000f },
    { 38.4733f,      0.0000f,     -29.3130f,      1.0000f }};

//координаты вершин
double Box01_v[8][3] = {
    { -39.0840f,    -31.1450f,      0.0000f },
    { 39.0840f,     -31.1450f,      0.0000f },
    { -39.0840f,      31.1451f,      0.0000f },
    { 39.0840f,      31.1451f,      0.0000f },
    { -39.0840f,    -31.1450f,     46.4122f },
    { 39.0840f,     -31.1450f,     46.4122f },
    { -39.0840f,      31.1451f,     46.4122f },
    { 39.0840f,      31.1451f,     46.4122f }};

//индексы вершин граней
int Box01_f[12][3] = {
    { 0, 2, 3 },
    { 3, 1, 0 },
    { 4, 5, 7 },
    { 7, 6, 4 },
    { 0, 1, 5 },
    { 5, 4, 0 },
    { 1, 3, 7 },
    { 7, 5, 1 },
    { 3, 2, 6 },
    { 6, 7, 3 },
    { 2, 0, 4 },
    { 4, 6, 2 }};
```

Рис. 9. Пример программного кода

Для того, чтобы определить, какие данные и для какого языка программирования должны выводиться, следует нажать кнопку . После этого в нижней части страницы «Исходный файл» появляется панель настройки программы (рис. 9). Ниже приводится краткое описание имеющихся параметров.

Параметры преобразования

<input checked="" type="radio"/> Исходный формат ASE <input type="radio"/> Формат glDrawElements <input type="radio"/> Формат glDrawArrays	<input type="radio"/> Язык C++ <input type="radio"/> Язык Паскаль <input type="radio"/> Язык C#	<input checked="" type="checkbox"/> Материал объекта <input checked="" type="checkbox"/> Индексы подматериалов (fsubmat) <input checked="" type="checkbox"/> Соответствие граней и подматериалов (fsubmatm)	<input checked="" type="checkbox"/> Объявления типов данных <input checked="" type="checkbox"/> Комментарии
--	---	---	--

<input checked="" type="checkbox"/> Координаты вершин [v] (<input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4) <input checked="" type="checkbox"/> Текстурные координаты [t] (<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3) <input checked="" type="checkbox"/> Нормали в вершинах [n] <input checked="" type="checkbox"/> Нормали к граням [fn] (<input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4) <input checked="" type="checkbox"/> Матрица [tm] <input checked="" type="checkbox"/> Матрица [rtm]	<input checked="" type="checkbox"/> Индексы вершин граней (f) <input checked="" type="checkbox"/> Индексы текстурных координат (tf) <input checked="" type="checkbox"/> Индексы нормалей в вершинах граней (fvn) <input checked="" type="checkbox"/> Флажки граничных вершин (ef)
---	--

Рис. 10. Панель настройки программы

$[tm]$ – матрица преобразования координат объекта из локальной системы координат в мировую.

$[rtm]$ – матрица преобразования в локальную систему координат главного объекта (только для связанных объектов).

$[v]$ – массив локальный координат вершин объекта. Могут выводиться три обычные координаты (x, y, z) или четыре однородные нормализованные (x, y, z, 1). В последнем случае вершины будут иметь тип TVertex.

$[f]$ – индексы вершин граней. Это целочисленный двумерный массив, где для каждой грани указываются индексы трех ее вершин в массиве $[v]$ (все грани треугольные). При правильном выборе направления нормалей к граням все вершины перечисляются в порядке против часовой стрелки, если смотреть на грани с внешней стороны.

$[n], [fn]$ – соответственно координаты нормалей в вершинах поверхности объекта и нормалей к граням. Первые используются при закраске со сглаживанием, вторые – при однотонной закраске, когда объект выглядит как многогранник. Для нормалей также можно выбрать количество координат: три обычных (x, y, z) или четыре однородных (x, y, z, 0). В последнем случае нормали будут иметь тип данных TVector.

$[fvn]$ – целочисленный двумерный массив, содержащий индексы нормалей в вершинах каждой грани.

$[t]$ – массив текстурных координат вершин. Могут выводиться как две (s, t), так и три координаты (s, t, r). В большинстве случаев достаточно только двух.

$[tf]$ – еще один целочисленный двумерный массив, где для каждой грани указываются индексы текстурных координат ее вершин в массиве $[t]$.

$[ef]$ – массив флажков граничных вершин. Необходим, если будет создаваться каркасное изображение объекта. Для каждой вершины каждой грани указывается, лежит ли она на границе полигона, принадлежащего поверхности объекта, или нет. Полигональная поверхность может быть образована полигонами с числом вершин больше трех. В OpenGL при рисовании такие полигоны преобразуются треугольные грани, и по умолчанию рисуются ребра каждой из них. Чтобы выводились только граничные ребра, нужно использовать команду `glEdgeFlag(flag : GLboolean)`. Если для вершины этот флажок установлен в значение *false*, то это значит, что она не лежит на границе, и следующее за ней по контуру ребро выводиться не будет (рис. 11).

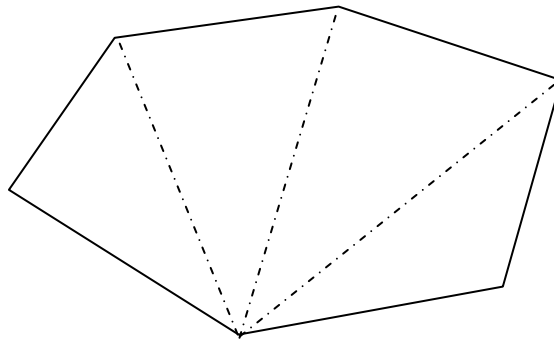


Рис. 11. Представление полигона треугольными гранями

$[fsubmat]$ – целочисленный массив содержит для каждой грани индекс подматериала, который должен использоваться при ее отображении.

$[fsubmatm]$ – целочисленный двумерный массив. Содержит номера граней, при рисовании которых нужно сменить материал. Номера граней содержатся в первом столбце, а соответствующие номера подматериалов – во втором. На рисунке рис. 12 показан пример такого массива для объекта, при изображении которого используются три различных материала с номерами 0, 1 и 2 (второй столбец). Грани 0 – 99 выводятся первым, грани 100 – 204 — третьим, а грани с 205 — вторым из них.

№ грани в массиве $[f]$	Номер подматериала
0	0
100	2
205	1

Рис. 12. Пример массива $[fsubmatm]$

Форматы данных геометрического объекта

Описание геометрического объекта может быть построено тремя разными способами: в соответствии с исходной организацией данных в файле ASE, в соответствии с форматом функции *glDrawElements* или же функции *glDrawArrays*.

Формат *glDrawArrays* — самый простой. Массивы индексов $[f]$, $[tf]$ и $[fvn]$ не используются. Массивы $[v]$, $[n]$, $[fn]$ и $[t]$ последовательно содержат данные о каждой вершине каждой грани. Так как большинство вершин относится одновременно к нескольким граням, то эти массивы содержат повторяющиеся данные (рис. 13).

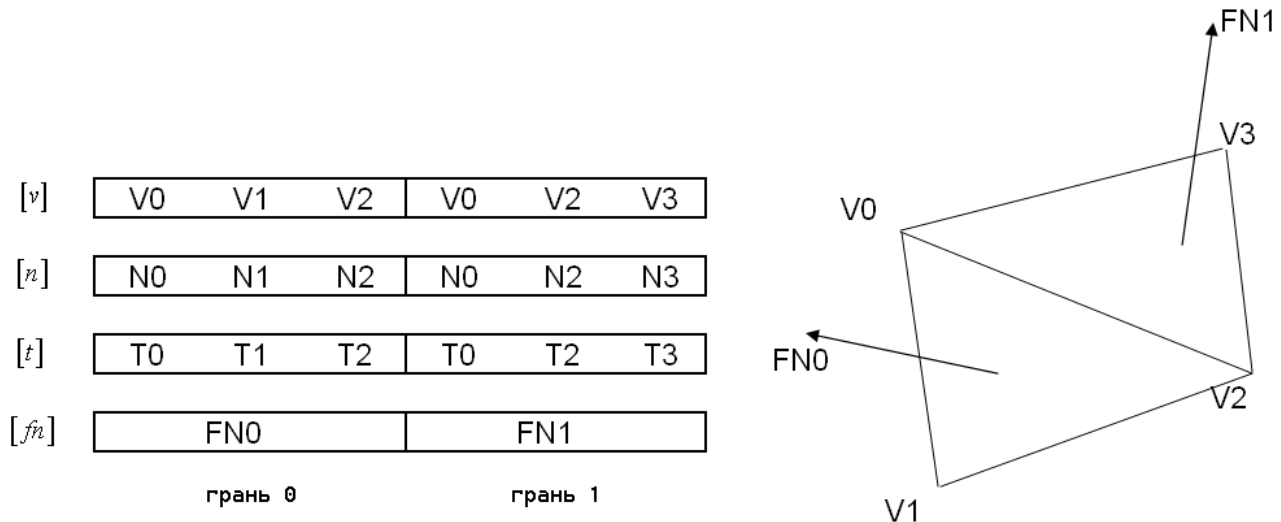


Рис. 13. Формат *glDrawArrays*

В формате *glDrawElements* для индексирования массивов координат $[v]$, $[n]$ и $[t]$ используется один общий массив индексов $[f]$. Массивы $[tf]$ и $[fvn]$ здесь также не нужны. На рис. 14 показано, как в этом формате будут описаны две связанные грани с предыдущего рисунка.



Рис. 14. Формат *glDrawElements*

В исходном формате ASE используются три массива $[f]$, $[tf]$ и $[fvn]$ для индексации соответственно массива $[v]$ пространственных координат вершин, массива $[t]$ текстурных координат вершин и массива $[n]$ координат нормалей в вершинах поверхности.

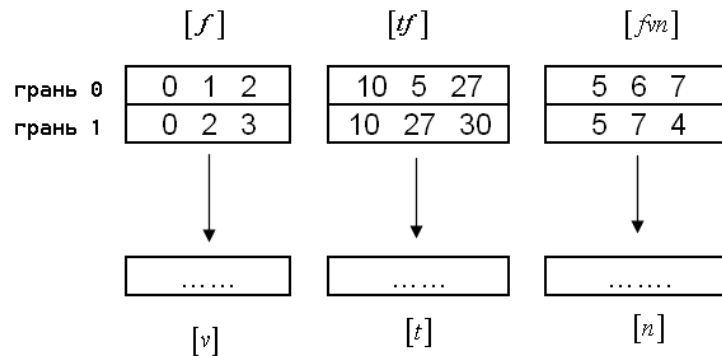


Рис. 15. Стандартный формат файла ASE

5. Задание

1. Познакомиться с основами создания геометрических моделей в 3DS Max.
2. Создать модель в соответствии с выбранным вариантом задания, или. Модель должна включать в себя один или несколько зависимых объектов (пропеллер самолета и т.п.).
3. Создать описание модели в структурах данных на одном из языков программирования. Оно должно включать в себя данные о вершинах, гранях, нормалях и материалах, матрицы преобразования систем координат.

Варианты моделей

1. Работающий настольный вентилятор, медленно поворачивающийся вокруг вертикальной оси.
2. Катящееся по доске туда и обратно колесо от телеги. Доска должна качаться, не давая колесу укатиться.
3. Изображение компьютера на вращающемся столе.
4. Холодильник с открывающейся и закрывающейся дверцей.
5. «Рука» робота с двумя суставами.
6. Стол с выдвигающимися ящиками.
7. Избушка с трубой и открывающейся дверью и окошками.
8. Открывающийся и закрывающийся сундук.

9. Движущийся по плоскости трактор.
10. Молоток, бьющий по гвоздю.
11. Башня замка с подъемным мостом надо рвом.
12. Работающая водяная мельница.
13. Работающий разводной мост над каналом.
14. Гардероб с открывающимися дверцами и выдвигающимися ящиками.
15. Движущийся БТР с вращающейся башней.
16. Газовая плита с открывающейся дверцей.
17. Управляемый колесный погрузчик.
18. Движущийся самосвал с поднимающимся и опускающимся кузовом.
19. Работающий экскаватор.
20. Поднимающийся и опускающийся лифт с открывающейся дверью.
21. Работающий колодец с ведром.
22. Летящий парашют с пропеллером.
23. Летящий дирижабль с пропеллером.
24. Движущаяся по круглой трассе машина.
25. Работающая радарная установка.