

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Казанский национальный исследовательский
технологический университет

А. И. Шагеева

ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА
МОДЕЛИРОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ
ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Казань
Издательство КНИТУ
2023



УДК 004.92:674(075)
ББК 32.97:37.13я7
Ш15

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:
д-р техн. наук Е. Ю. Разумов
гл. инженер ООО «НПП «ТермоДревПром» А. А. Сычев*

Шагеева А. И.

Ш15 Основные средства моделирования художественных изделий : учебное пособие / А. И. Шагеева; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2023. – 100 с.

ISBN 978-5-7882-3375-8

Приведены ключевые понятия и краткие теоретические сведения о наиболее часто используемых инструментах и функциях программы Zbrush, необходимых для реализации 3D-проектов.

Предназначено для бакалавров направления подготовки 29.03.04 «Технология художественной обработки материалов».

Подготовлено на кафедре архитектуры и дизайна изделий из древесины.

**УДК 004.92:674(075)
ББК 32.97:37.13я7**

ISBN 978-5-7882-3375-8

© Шагеева, А. И., 2023

© Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ЗНАКОМСТВО С КЛЮЧЕВЫМИ ПОНЯТИЯМИ В 3D-ГРАФИКЕ.....	7
1.1. Основы цифрового моделирования и представления пространственных форм.....	7
1.2. Программные пакеты для 3D-моделирования и рендеринга	13
2. НАЧАЛО РАБОТЫ В ПРОГРАММЕ ZBRUSH.....	19
2.1. Примитивы.....	20
2.2. Инструменты и интерфейс программы Zbrush	21
2.3. Настройка левого и правого доков.....	23
2.4. Сохранение интерфейса	24
2.5. Навигация с помощью крупных значков.....	25
2.6. Навигация с помощью алфавитного порядка расположения меню.....	27
2.7. Навигация по модели, перемещение, вращение и масштабирование.....	27
2.8. Режимы Floor и Perspective	28
3. СКУЛЬПТИНГ В ПРОГРАММЕ ZBRUSH.....	29
3.1. Открытие модели и использование клавиш для получения доступа к инструментам меню	29
3.2. Перемещение модели с помощью манипулятора транспозиции.....	31
3.3. Масштабирование и вращение с помощью манипулятора транспозиции	32
3.4. Базовые сетки Zbrush.....	33
3.5. Инструмент DynaMesh	34
3.6. Маскирование.....	36
3.7. Подобъекты.....	38
3.8. Изменение разрешения подразделений.....	39
3.9. Программный модуль Decimation Master.....	41
3.10. Применение Z-сфер	42
4. КИСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛЕПКИ.....	44
4.1. Браузер кистей Brush	44
4.2. Кисть Clay	45
4.3. Кисть Move	47
4.4. Кисть Standard	47



4.5. Кисть Inflat.....	48
4.6. Кисть Pinch	49
4.7. Кисти Flatten и Polish.....	49
4.8. Кисть Dam Standard.....	50
4.9. Кисть Insert Cylinder.....	51
4.10. Работа со вставленными сетками	51
4.11. Прочие кисти	52
4.12. Вычитание сетки, образование пустот в модели.....	53
4.13. Создание новых кистей Insert Mesh	54
4.14. Создание новых кистей Insert Multi Mesh	55
4.15. Инструмент ZModeler.....	56
4.16. Операции над полигонами ZModeler	57
4.17. Ребра и вершины	60
4.18. Инструмент Polypaint.....	62
4.19. Функция FillObject	63
4.20. Раскрашивание модели с помощью базовых карт прозрачности	64
4.21. Раскрашивание кожи модели.....	65
4.22. Раскрашивание глаз модели.....	66
4.23. Создание отдельных глаз	67
5. ТЕКСТУРНЫЕ КАРТЫ И ИСТОЧНИКИ СВЕТА	71
5.1. UV-развертка и инструмент ZRemesher	71
5.2. Проецирование деталей на модель.....	72
5.3. Базовая UV-развертка.....	73
5.4. UV-развертывание с использованием полигрупп	73
5.5. Применение результатов работы инструмента Polypaint к текстурам.....	75
5.6. Инструмент Spotlight	77
5.7. Кольцо Spotlight	78
5.8. Основы освещения.....	78
5.9. Применение теней.....	79
5.10. Освещение сцены.....	80
5.11. Применение цветного источника света	81
5.12. Добавление дополнительного цвета	82
5.13. Настройка освещения модели.....	83



6. ИНСТРУМЕНТЫ РЕНДЕРИНГА, ИМПОРТ И ЭКСПОРТ МОДЕЛИ	84
6.1. Система LightCap	84
6.2. Создание тумана.....	85
6.3. Каналы визуализации	85
6.4. Импорт и экспорт файлов в формате OBJ	86
6.5. Кнопка QuickSave	88
6.6. Экспорт в виде изображения и масштабирование окна документа.....	88
6.7. Создание двухмерного эскиза в Zbrush	90
6.8. Применение аддитивных технологий для реализации проектов Zbrush	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ЛИТЕРАТУРА	98
СЛОВАРЬ КЛАВИШ БЫСТРОГО ДОСТУПА.....	99



ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день инструменты 3D-моделирования являются неотъемлемой частью во многих творческих и технических отраслях, начиная с дизайна художественных изделий и заканчивая анимацией в индустрии развлечения. Компьютерная графика – наилучший способ визуализации художественных объектов, позволяющий автоматизировать большинство трудоемких процессов проектирования.

Предметом настоящего курса является изучение основных понятий и определений в 3D-графике.

В первой главе описаны наиболее распространенные структуры данных в виде карт вершин с их практическим применением в программах трехмерного моделирования Blender, Maya и Cinema4D. В последующих разделах рассмотрены ключевая терминология и основные рабочие процессы скульптурного моделирования в 3D-пакете Zbrush, что, в свою очередь, открывает широкие возможности для творчества, необходимые для полноценной реализации цифровых проектов.

Программа Zbrush дает возможность пользователю сосредоточиться на художественной составляющей процесса создания модели, оставаясь при этом творческой личностью, потому что основной акцент в данном пакете делается на создании органических моделей, а не точных технических деталей с вершинами, ребрами и гранями. Работая с этой программой, можно лепить и вырезать модель из примитивных форм в виде виртуальной глины, которые легко поддаются различным манипуляциям. При помощи методов и инструментов трехмерного скульптинга, представленных в данном пособии, обучающиеся смогут пройти все этапы подготовки 3D-модели – от построения сетки до детализации всех частей создаваемого проекта.

Для успешной реализации проектов необходимо придерживаться последовательного изучения материала, изложенного в пособии, со всеми упражнениями и творческими заданиями по виртуальной лепке неодушевленных объектов и персонажей на примере авторских работ.

Завершает предложенную работу перечень горячих клавиш, обеспечивающий ускоренный доступ к инструментарию и функциональным возможностям, которые наиболее востребованы при формировании компонентов модели.



1. ЗНАКОМСТВО С КЛЮЧЕВЫМИ ПОНЯТИЯМИ В 3D-ГРАФИКЕ

1.1. Основы цифрового моделирования и представления пространственных форм

Цифровое моделирование – это процесс создания математического представления трехмерной формы объекта, который в индустрии называется 3D-моделью или 3D-сеткой. Подобную модель можно создать вручную с помощью соответствующего для конкретной отрасли программного обеспечения, а также в результате пространственного сканирования реальных изделий и объектов с использованием специальных 3D-сканеров.

Прежде чем начать моделирование объекта в любом программном пакете, необходимо четко определить, какой объект планируется создать, ответив на следующие вопросы:

1. Какими будут масштаб и объем проектируемого объекта?
2. Имеет ли объект органическую форму поверхности?
3. Модель является цельной или состоит из отдельных частей?
4. Модель является симметричной или асимметричной?
5. Как объект поведет себя под действием силы тяжести?

Таким образом, *цифровое моделирование* представляет собой способ решения визуальных проблем с помощью разработанной художником стратегии применения разнообразных инструментов и методов для проведения конструирования модели от начальных этапов до конечного результата.

Основными инструментами разработчика цифровых моделей в первую очередь должны быть не стандартные инструменты, являющиеся частью какого-либо программного обеспечения, а такие параметры, как референс, наблюдение и решение проблемы выбора инструментов. Хороший подбор референса (вспомогательные изображения, изучаемые перед работой над проектом) в сочетании с наблюдательными навыками позволяют изучить и сравнить то, над чем вы работаете, для создания успешного проекта.

Одним из источников хорошего референса или образца для дизайна является физическая модель. Анатомический референс является необ-



ходимым для создания качественной трехмерной сетки, позволяя упростить моделирование и реалистичных, и стилизованных персонажей. С целью оптимизации процесса сбора референсных данных применяются различные вспомогательные средства, такие как цифровые камеры, измерительные рулетки и специальные блокноты для эскизов. Для достижения высокой точности моделирования исследуемого объекта необходимо учитывать его точные метрические характеристики.

При определении размеров реальной модели в окружающей среде обычно приходится комбинировать инструменты, например, включив измерительную рулетку в композицию фотографии объекта при съемке, или делать наброски вручную, создав для этого эскизы. При этом следует как можно больше детализировать объект, чтобы зафиксировать объем необходимой для моделирования информации:

- размеры объекта;
- количество сторон (граней) модели;
- тип материала, из которого сделан объект.

Для цифрового моделирования предусмотрено множество интересных референсов. Но встречаются и такие референсы (помимо материалов, защищенных авторскими правами), от которых следует держаться подальше. Наиболее распространенной ошибкой является выбор изображений с недостаточной детализацией. Расплывчатое изображение тоже является одним из худших вариантов референса, так как искажает форму объекта и затрудняет различие деталей. При использовании изображений с низкой детализацией работа над моделью будет протекать не по эталону, а по интерпретации образца в воображении дизайнера.

Собрав вместе все референсы, нужные для моделирования, требуется подготовить их к работе. Для обработки изображения (т. е. настройки цветового баланса для оптимизации их качества) можно воспользоваться программой Adobe Photoshop. Слишком темные изображения следует исправить с помощью настроек яркости и контрастности. Однако необходимо избегать чрезмерного внесения большого числа корректировок при редактировании изображений, чтобы они не попали в категорию референсов, которые следует избегать. Для удобства при моделировании объекта можно также обрезать референсные изображения, чтобы отобразить только нужные детали с последующим объединением эталонных изображений в одну большую картину.

Трехмерное моделирование является самым распространенным методом создания художественных объектов, где изображение состоит



из определенного набора плоских и объемных геометрических объектов. Их можно кратко описать при помощи всего трех координат: длины, ширины и высоты. Еще одним измерением является время, но оно присутствует лишь в динамических сценах или там, где используется анимация.

При создании трехмерной модели необходимо наряду с учетом внешнего вида объекта оптимизировать ее для последующей работы, используя топологию и количество полигонов. Основными критериями топологии являются такие свойства, как плавность и непрерывность полигональной сетки, оптимальное количество полигонов, отсутствие пересечений и загибов. Существует четыре основных способа моделирования – создания моделей 3D-объектов:

- 1) полигональное;
- 2) сплайновое (NURBS);
- 3) скульптурное;
- 4) комбинированное.

Каждый из приведенных методов может либо упрощать создание 3D-моделей, либо повышать их точность.

Полигон – это соединение трех точек с вершинами, иными словами, геометрическая фигура, определяющая поверхность трехмерного объекта. Несколько полигонов могут иметь общие вершины, когда они являются составляющими бесшовной сетки.

Полигональная сетка представляет собой многоугольник, составляющий минимальную поверхность для визуализации объекта в 3D-графике, где множеством вершин, граней и ребер задают форму объекта.

Грани – это полигоны из трех или четырех вершин. Такое количество вершин упрощает процесс визуализации или рендеринга объекта.

Ребро – это прямая, соединяющая две вершины полигона.

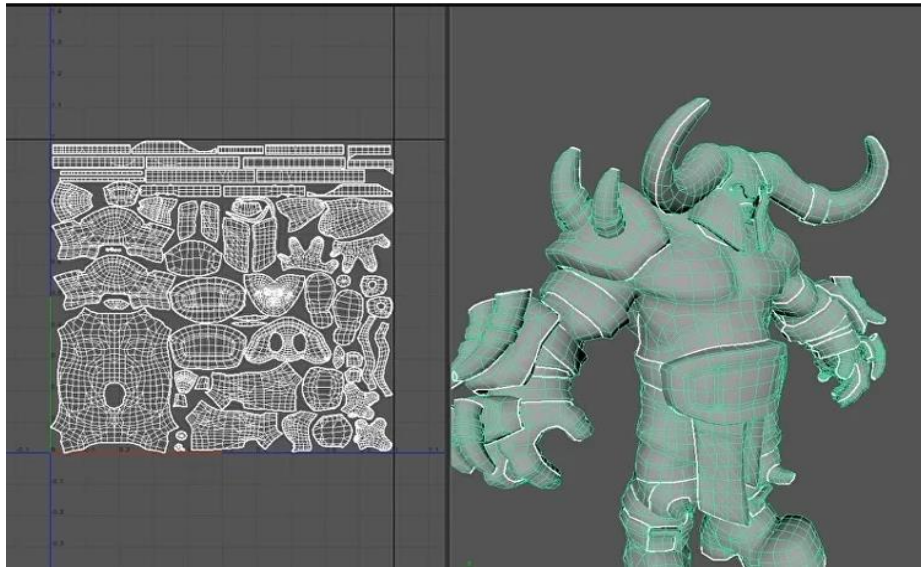
Вершины – это точки, являющиеся компонентом самого нижнего уровня 3D-модели, расположенные в трехмерном пространстве с координатами x , y и z .

Каждая вершина 3D-модели хранит информацию о своем положении и повороте. Точки также могут хранить различную дополнительную информацию с помощью *карт вершин*, наиболее распространенными из которых являются:

- текстурная карта;
- карта массы;
- карта морфинга;
- цветовая карта;
- карта селекции.



Текстурная карта (UV) хранит информацию о размещении элементов текстуры (рис. 1.1) и добавляет две дополнительные координаты к вершинам объекта на горизонтальных (U) и вертикальных (V) осях.



а

б

Рис. 1.1. Созданная в программе Maya текстурная UV-карта (а) персонажа (б)

В контексте моделирования и анимации персонажей карта массы (рис. 1.2) представляет собой инструмент для оценки распределения весовых характеристик скелетных элементов с целью последующей деформации модели в процессе риггинга. Этот метод обеспечивает возможность создания реалистичных анимационных эффектов, основанных на кинематических принципах движения виртуального объекта.

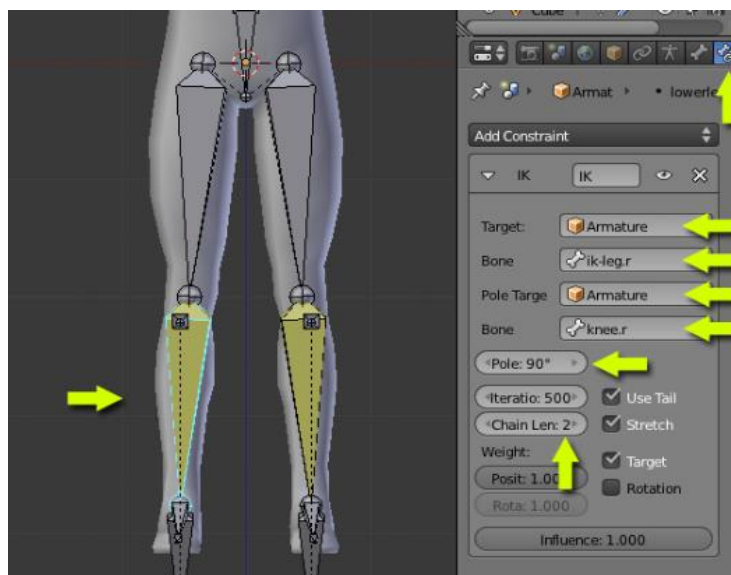


Рис. 1.2. Манипуляция с костями в процессе риггинга в программе Blender



Морфинг – это визуальный эффект в компьютерной анимации, создающий плавную трансформацию одного объекта в другой (рис. 1.3). *Карта морфинга* хранит информацию о перемещении некоторых вершин в новые координаты и используется для создания морфинга объекта в анимации.



Рис. 1.3. Морфинг объекта в программе *Cinema4D*

Карта цвета позволяет добавить цветовые вариации в уровнях красного, зеленого, синего и альфа-канала (RGBA) на поверхность объекта моделирования.

Карта селекции состоит из множества выбранных вершин, позволяя быстро вызвать селектированную ранее группу вершин.

Полигональные сетки подвергаются преобразованию с использованием операций булевой алгебры, методов сглаживания и упрощения. Эти процедуры обеспечивают возможность генерации новых сеточных структур посредством объединения объемов существующих сеток, а также применения одного объекта для выполнения операции вычитания геометрической формы из другого объекта. Основным недостатком полигональной методики является высокая ресурсоемкость вычислительных систем, обусловленная необходимостью обработки значительного числа полигонов.

Кроме полигонального моделирования, практически любые 3D-редакторы включают функцию создания трехмерных кривых – сплайнов.

Сплайновое моделирование представляет собой метод трехмерного моделирования, основанный на использовании сплайновых кривых и поверхностей для формирования каркаса, служащего основой для генерации объемных оболочек. Данный способ включает использование набора сплайновых объектов – примитивов, обладающих гибкими настройками с возможностью легкого изменения топологии их формы. Для рендеринга объектов, содержащих сплайновые кривые, следует провести процедуру разделения на полигоны.



При помощи кривых можно создать каркасную сетку, определяющую поверхность объекта. Созданные между пересекающимися кривыми поверхности называются *патчами*, которые контролируются контрольными точками кривых. При объединении нескольких патчей можно создать сложные органические формы с минимальным набором кривых. *Патч-моделирование* с использованием сплайнов обычно применяется в компьютерном проектировании и производстве технических деталей, моделей.

Сплайны используются и во многих других методах моделирования, например при экструдировании (добавлении глубины плоской поверхности) и дублировании вдоль сплайна с деформацией сетки на основе сплайновых кривых.

Наряду со сплайновым моделированием для создания органических объектов используется подразделение поверхности (Subdivision), которое представляет собой алгоритм уточнения, создающий гладкую криволинейную поверхность из грубой базовой многоугольной сетки с помощью исходных вершин в качестве контрольных точек. Количество полигонов или подразделений, полученных таким образом, можно регулировать до требуемого уровня плотности, а сложные гладкие объекты создавать с помощью простых базовых сеток.

Многие программные пакеты обладают широким набором инструментов, позволяющих управлять, комбинировать и видоизменять сразу несколько примитивных геометрических форм. Из обычных геометрических примитивов легко моделируется большинство предметов окружающей среды.

Для создания низкополигональной или полигональной базовой формы подходит техника блочного моделирования, которая (как и моделирование из примитивов) начинается с примитивной формы в виде блока или короба. По сравнению с первым вариантом моделирования, для генерации окончательной сетки вместо нескольких примитивов художник вытягивает дополнительную геометрию из одного примитива или снимает фаску с отдельных граней или групп полигонов для создания цельной бесшовной сетки. Блочное моделирование в основном применяется для создания органических сеток, хотя многие художники используют его и для создания предметной среды.

Такой вид трехмерного моделирования, как *3D-скульптинг*, в качестве основного способа формирования облика модели использует деформацию отдельных частей объекта, при которой можно управлять



вогнутостью или выпуклостью модели, воздействуя на поверхность изделия.

После завершения этапа обработки модели с использованием инструментов программного моделирования следует стадия *ретопологии*, представляющая собой преобразование полигональной сетки. Поверхность модифицированной модели может быть оптимизирована для достижения фотореалистичной визуализации посредством наложения текстурных карт. Эти текстуры могут представлять собой как изображения или фотографии реальных объектов, созданные в графических редакторах, так и результаты процедур развертки или маппинга трехмерных моделей.

Маппинг – это раскрой модели на отдельные детализированные части, которые можно подвергать различным манипуляциям в виде растягивания, выравнивания, масштабирования и плотного упаковывания.

После завершения развертки начинается этап создания непосредственной текстуры. С этой целью можно использовать Adobe Photoshop, в котором имеется функция ручного рисования по слоям.

1.2. Программные пакеты для 3D-моделирования и рендеринга

Наиболее известными программными пакетами широкого спектра использования, работающими с 3D-графикой, являются Blender, 3ds Max, Maya, Cinema4D и Zbrush.

Программа Blender предназначена для создания авторских моделей, анимационных фильмов, визуальных эффектов и видеоигр. Она включает разнообразный спектр инструментов моделирования и рендеринга, а также имеет встроенный игровой движок. Интерфейс программы достаточно сложный, так как объединяет в себе несколько различных редакторов, которые могут быть одновременно открыты в собственных панелях.

Основным инструментом визуализации и редактирования пространственных объектов выступает модуль 3D Viewer, обеспечивающий интерактивное отображение, манипуляцию и модификацию элементов



виртуальной сцены. Программа включает такие редакторы, как Info (Информация), Timeline (Шкала времени), Outliner (Структура) и Properties (Свойства). Заголовочные панели из одного редактора можно спокойно перенести в другой, так как интерфейс Blender достаточно гибкий.

Одним из средств рендеринга в реальном времени в программе Blender является Eevee (Extra Easy Virtual Environment Engine – Сверхлегкий движок виртуальной реальности), который позволяет оперативно и точно просматривать свои работы, а также сокращает время рендеринга при создании быстрых концепт-артов и необходимость использования первоклассных графических процессоров. В отличие от рендера трассировки лучей, позволяющего рассчитать сцену с помощью световых лучей, испускаемых от источника света и отражаемых от поверхности для освещения и инициализации камеры, Eevee выполняет вычисление сцены с помощью растеризации.

Растеризация представляет собой модель расчета сцены, которая использует информацию о ней, чтобы дать визуальное представление о том, как правильно должна выглядеть сцена на самом деле, а не в реальности. С помощью данного метода можно имитировать самые различные эффекты, например отражение, объем и глобальное освещение, которые являются нереальными.

Графическая программа 3ds Max, разработанная компанией Autodesk, предназначена для моделирования 3D-сцен, рендеринга и анимации. Особую популярность программа приобрела среди разработчиков видеоигр, сотрудников архитектурных студий и дизайнеров, нацеленных на визуальные эффекты. Autodesk 3ds Max позволяет создавать параметрические и непараметрические объекты с функциями моделирования на основе полигонов, сплайнов и поверхностной триангуляции.

Наиболее частой операцией, осуществляемой в рамках программного обеспечения 3ds Max, является трансформация объектов. Для ускорения работы над сценой и повышения точности преобразований используются такие средства, как контейнер преобразований, система координат, вспомогательные объекты-сетки и численный ввод параметров преобразований. Кроме того, в программе применяются модификаторы *Extrude* (Выдавливание), *Bevel* (Скос), *Bevel Profile* (Скос по профилю), *Lathe* (Вращение) для преобразования двумерных сплайнов в 3D-объекты, а также метод *Loft*, основанный на построении



поверхности 3D-объекта по опорным сечениям, расположенным вдоль заданной траектории.

Как и в других подобных программах 3D-моделирования, 3ds Max для создания сложных трехмерных объектов использует решетки примитивов и редактируемые полигоны. Второй тип объектов отличается от типа *Editable Mesh* (Редактируемая сетка) тем, что поверхность модели разбивается на многоугольники-полигоны, а не на треугольные грани. При визуализации и компоновке помещения нередко применяется функция дублирования трехмерных тел. В этой программе разработаны следующие виды дубликатов:

- *Copy* (Копия) используется для создания набора однотипных объектов, не имеющих отношение к оригиналу предмета, с перспективой дальнейшей их модификации;

- *Instance* (Образец) предназначен для моделирования однотипных объектов, любая модификация которых непосредственно влияет на оригинал;

- *Reference* (Экземпляр) обладает односторонней взаимосвязью с прототипом, модификация которого распространяется на все производные объекты. Однако изменения, вносимые непосредственно в отдельный экземпляр, не оказывают влияния ни на сам оригинал, ни на остальные созданные объекты.

На создание в программе 3ds Max фотореалистичной сцены оказывают влияние и такие факторы, как подбор освещения и назначение материалов и текстур предметов. Для создания и редактирования материалов со сложными цветовыми тенями и текстурами используется специальное диалоговое окно *Material Editor* (Редактор материалов). Программа располагает библиотекой с перечнем как стандартных материалов, так и материалов, состоящих из нескольких компонентов. 3ds Max также содержит следующие типы текстурных карт:

- *2D maps* (Двухмерные карты) с эффектом нарисованной картины на поверхности объекта;

- *3D maps* (Трехмерные карты) заполняют объем 3D-объекта, начиная с его центра;

- *Compositor maps* (Составные карты) объединяют различные текстуры и цвета в одну общую текстуру и могут перекрывать части текстур другими;

- *Color Modifier maps* (Карты-модификаторы цвета) применяются для изменения цвета пикселей материалов и карт;



– *Other maps* (Другие карты) представляют собой категорию карт, используемых для имитации эффектов преломления и отражения.

Программа Maya представляет собой полнофункциональный программный комплекс для моделирования и анимации трехмерных объектов, обеспечивающий создание высококачественной анимации. Благодаря открытой архитектуре, программа допускает интеграцию дополнительных модулей и функций, что позволяет расширять ее возможности и адаптировать под специфические задачи пользователя. Maya включает в себя развитую систему частиц, представляющую собой совокупность элементов, каждый из которых обладает индивидуальными характеристиками и параметрами, такими как жизненный цикл, зависящий от сценариев, заданных аниматором. Эти частицы могут генерировать новые элементы, изменять свои свойства и перемещаться по заданным траекториям в соответствии с математическими алгоритмами. Данный программный пакет позволяет управлять различными визуальными эффектами, такими как положение, скорость, размер, цвет, прозрачность, форма, продолжительность жизненного цикла и динамика поведения частиц, посредством применения математических функций и алгоритмов.

Программа Maya предоставляет пользователям возможность создания трехмерных моделей посредством использования полигональной сетки либо с помощью параметрических кривых типа *NURBS* (*Non Uniform Rational Basis Spline*).

Одним из преимуществ программы является набор мощных инструментов для сплайнового моделирования – от элементарных примитивов и стандартных булевых функций до различных деформаторов и инструментов модификации рельефа поверхностей. Программная среда Maya обладает инструментом группы *Subdivision Surface* (Поверхность разбиения), позволяющим корректировать модель с любым уровнем детализации. Например, при необходимости создания модели с детализацией только части фрагментов ее сначала нужно преобразовать в поверхность, допускающую дробление, что позволит контролировать уровень детализации ее конкретных участков. Без использования данного инструмента для уточнения формы отдельного фрагмента возникала бы необходимость увеличения количества *UV*-кривых для всей модели.

Рендеринг является завершающей и главной стадией процесса создания цифровых изображений в программе. Знание общих принципов



освещения помогает разобраться в некоторых ограничениях программного пакета, сделав его более качественным и эффективным. В контексте моделирования освещения рассматриваются процессы преломления и отражения световых потоков на поверхностях объектов. Программное обеспечение Maya предоставляет возможность применения метода выборочной трассировки лучей, что позволяет ограничивать расчет эффектов отражения и преломления исключительно для определенных объектов. Помимо этого, система рендеринга данного программного пакета включает следующие источники света: рассеянный; точечный; направленный; прожектор; освещающий определенную область.

В данной программе доступен такой метод визуализации, как *Interactive PhotoRealistic Rendering* (Интерактивная фотореалистичная визуализация), позволяющий выполнять тонкую корректировку параметров изображения, сохраняемого в виде огромного файла, содержащего информацию о бликах, материалах и освещении. Данный метод рендеринга помогает экономить время, так как любые изменения, например замена цвета объекта или наложение на него карты неровностей, обновляются в интерактивном режиме. Однако нужно учитывать, что при смене вида камеры или деформации объекта необходимо повторно выполнить визуализацию и обновить информацию в IPR-файле. Дополнительно к методу рендеринга IPR в программе есть возможность создать собственный материал с помощью инструмента *Hypershade* (Гипертонировщик), соединяя различные узлы с помощью клика мыши.

Программа Cinema4D представляет собой комплекс для 3D-моделирования, рендеринга и анимации, который позволяет создавать реалистичные и стилизованные (одушевленные и неодушевленные) объекты и интерьеры. В частности, программа обладает дополнительными высококачественными инструментами моделирования физических основ, анимации и сетевого рендеринга практически любой сложности. Пакет предлагает разные способы моделирования на основе полигонов или сплайнов в зависимости от потребностей формы и элементов проектируемого объекта. Cinema4D для создания фотореалистичной визуализации умеет воспроизводить такие настройки фотокамеры, как глубина резкости, фокусное расстояние, выдержка и диафрагма. Освещение программы соответствует реальному свету, исходящему от электронных ламп, что позволяет создавать равномерную подсветку объекта. В программе для лучшего рендеринга сцены



имеется несколько типов теней, основанных на свойствах контура. Как и описанные ранее программные пакеты, Cinema4D позволяет создавать поверхности объектов с любыми свойствами и цветами, может смоделировать такие текстуры, как ткань, кожа, резина, строительные материалы, различные металлы, а также более сложные поверхности. Также в программе имеются инструменты, позволяющие проводить раскраску поверхностей объектов в трехмерном измерении без каких-либо искажений.

Среди перечисленных пакетов 3D-графики Zbrush, пожалуй, относится больше к программам так называемой 3D-лепки и в наибольшей степени подходит для реализации проектов художественной направленности.



2. НАЧАЛО РАБОТЫ В ПРОГРАММЕ ZBRUSH

Моделирование в данном 3D-пакете отличается от других программ, например Autodesk Maya, в которой работа обычно начинается с соединения вершин и граней для формирования модели. Работа над цифровой скульптурой в программе Zbrush часто начинается с изменения примитивной формы. Создаваемая модель называется *ZTool* (Сетка) и представляет собой не единый объем материала вроде куска глины, а набор полигонов.

Представленный куб состоит из нескольких полигонов меньшего размера, составляющих каркас фигуры (рис. 2.1). Каждый полигон состоит из вершин, ребер и граней. Полигональная петля – это замкнутое кольцо полигональных ребер, которые образуются полигонами темного цвета. Они используются при создании анимации, так как смещение позволяет проводить деформацию наиболее предсказуемым образом.

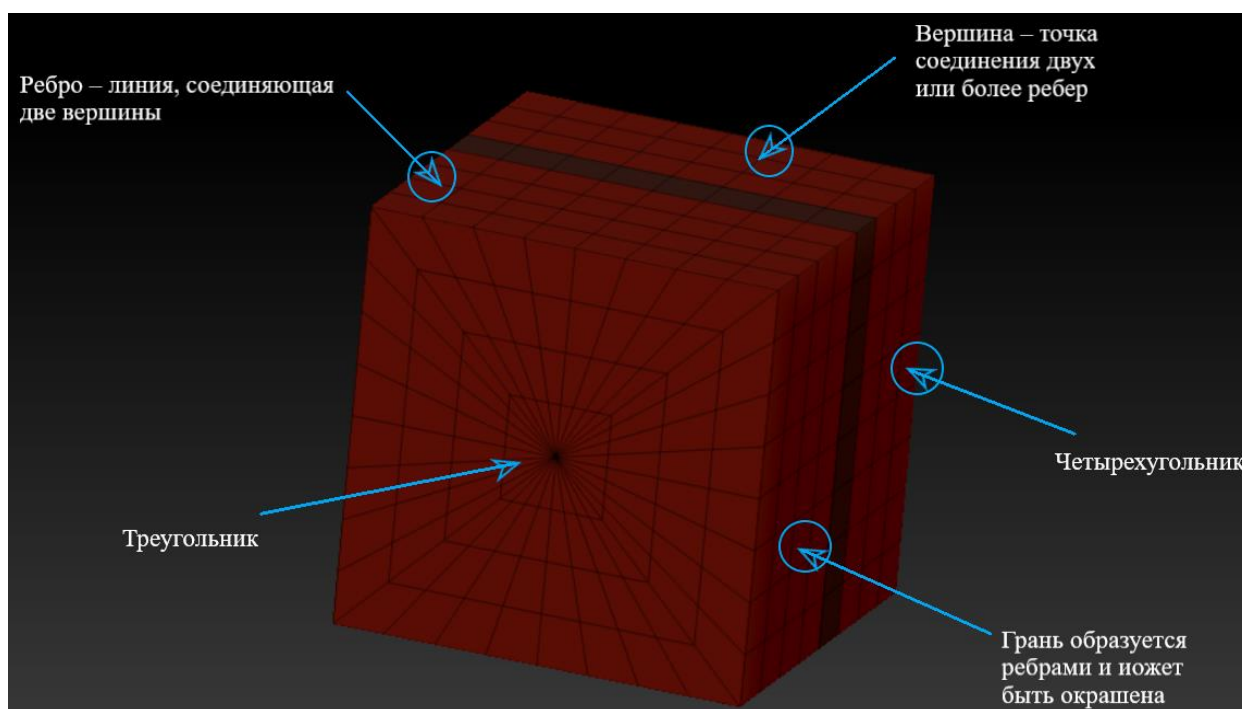


Рис. 2.1. Разбор геометрии полигона куба

Полигоны бывают различных типов:

- треугольники, образованные тремя вершинами;
- четырехугольники, образованные четырьмя вершинами;
- N-угольники, образованные пятью и более вершинами.

Программа Zbrush преобразует любой импортируемый N-угольник в форму, состоящую из треугольников и четырехугольников.



2.1. Примитивы

Программа предусматривает выбор среди огромного количества примитивов, каждый из которых можно использовать для создания конкретных моделей на основе простых форм. На рис. 2.2 показаны примитивы нескольких видов и примеры их использования при создании сложных моделей.

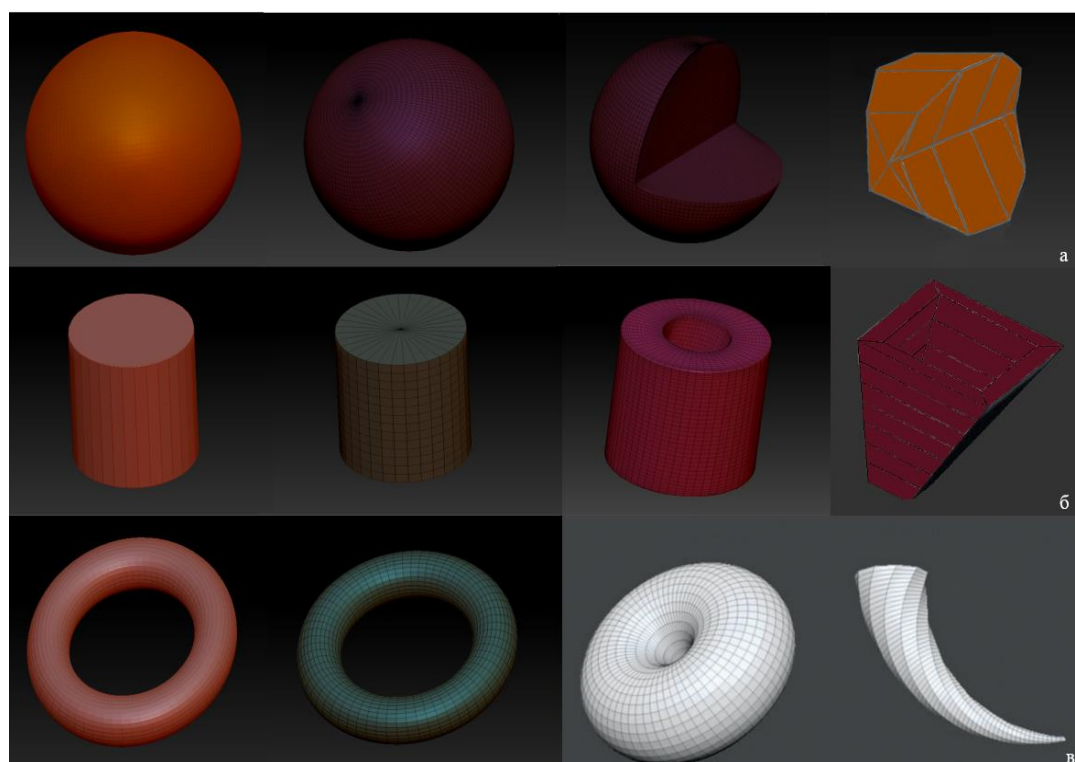


Рис. 2.2. Примитивы и их применение

Наиболее простой и часто используемый примитив *Sphere3D* (рис. 2.2а) с помощью уменьшения количества полигонов позволяет создавать различные формы, например лица персонажей, а также полусферические формы в виде головки болта.

Примитив *Cylinder* (рис. 2.2б) предназначен для генерации объектов цилиндрической формы, таких как трубы, трубки, шнуры и кабели. Этот примитив может быть модифицирован путем создания внутренней полости, что позволяет моделировать полые объекты.

Примитив *Ring3D* (рис. 2.2в) идеально подходит для конструирования как ювелирных украшений, так и технических элементов (например, уплотнений кольцевого типа). Основываясь на данном примитиве, возможно создание структур с характерными выступами и острыми элементами, такими как рога и шипы.



Также достаточно часто применяются примитивы *Cone3D*, *Spiral3D* или *Cube3D*, который подходит, например, для преобразования в другие примитивные модели путем настройки таких параметров, как *Twist*. Уменьшая количество полигонов по осям *x* и *y*, помимо создания базового строительного блока, можно создавать различные варианты форм.

2.2. Инструменты и интерфейс программы Zbrush

Перед началом работы в программе необходимо в первую очередь исследовать базовый интерфейс и научиться с ним взаимодействовать. При первом запуске программы Zbrush в основном окне документа появляется окно браузера *LightBox*. Данный компонент обеспечивает прямой доступ к библиотеке предустановленных шаблонов проектов и инструментов, которые могут быть использованы в проектах, а также применены к кистям, текстурам, материалам и сеткам. Окно интерфейса занимает значительную площадь рабочей области, а для его закрытия требуется активация клавиши *Занятая* (рис. 2.3).

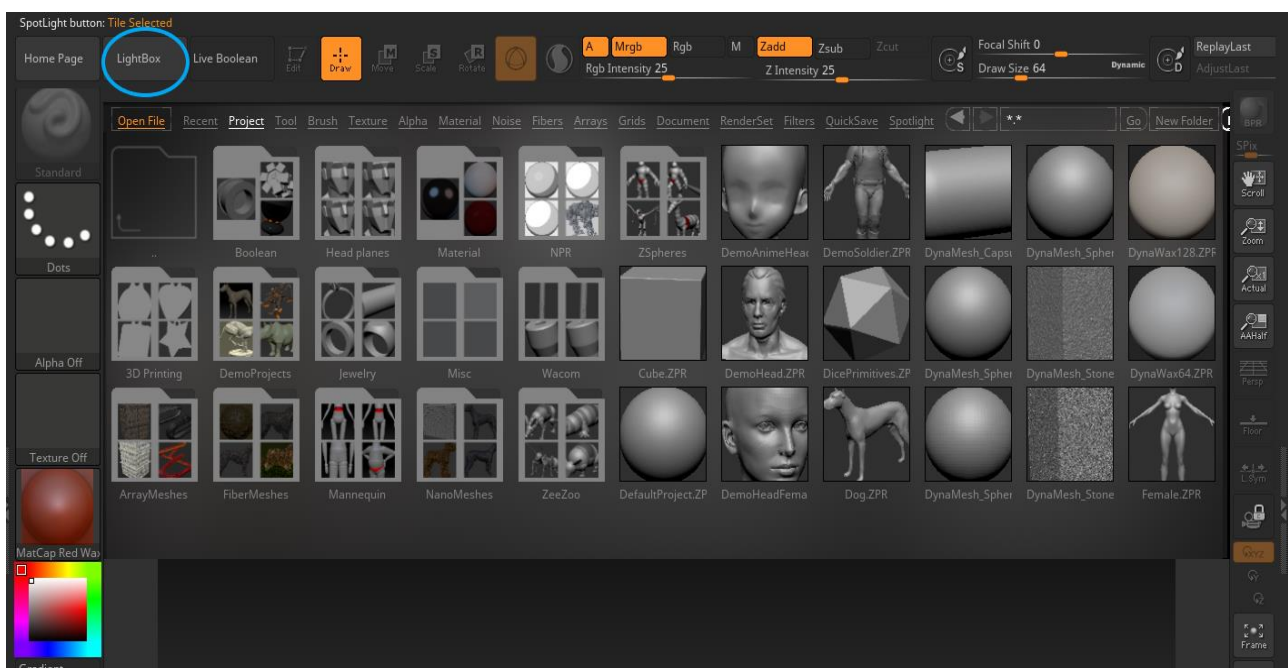
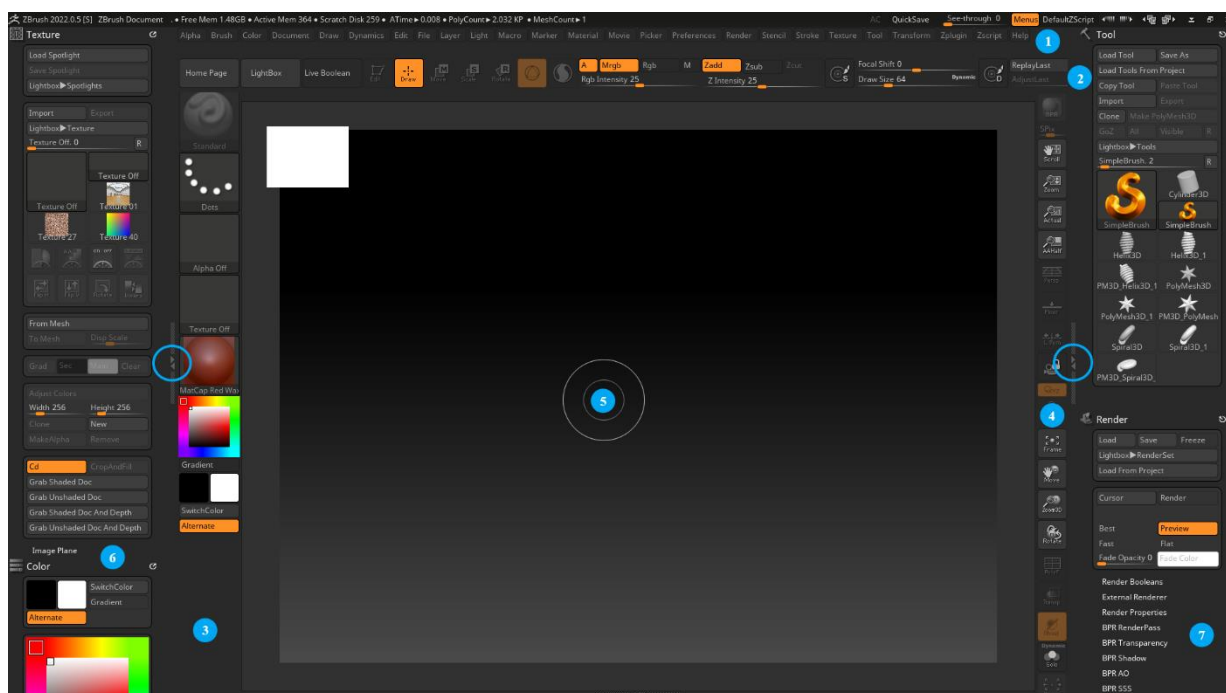


Рис. 2.3. Браузер *LightBox*



Базовый интерфейс Zbrush состоит из следующих компонентов (рис. 2.4):

- стандартная строка меню;
- верхняя панель;
- левая панель;
- правая панель;
- окно документа, или холст;
- левый док;
- правый док.



*Рис. 2.4. Обзор базового интерфейса программы Zbrush:
1 – стандартная строка меню; 2 – верхняя панель; 3 – левая панель;
4 – правая панель; 5 – окно документа, или холст; 6 – левый док;
7 – правый док*

Меню стандартной строки и боковые панели содержат набор часто применяемых компонентов. Верхняя панель дополнительно располагает рядом базовых инструментов и функциональных модулей, характеризующихся регулярным использованием в процессе работы. Ко всем этим инструментам можно получить доступ через другие меню, однако наиболее удобным представляется их расположение под рукой на одной из панелей. Окно документа, или холст – это место, в котором отображается активная модель. Настраиваемые левый и правый доки можно отобразить с помощью маленьких стрелок, указанных на рисунке, при помощи двойного клика *ЛКМ*.



2.3. Настройка левого и правого доков

Использование левого и правого доков облегчает работу, так как данные панели остаются открытыми при смещении с них курсора мыши. Для добавления любого стандартного элемента меню в боковой док необходимо навести курсор мыши на значок в левом верхнем углу в выбранном инструменте. Когда курсор примет вид перекрестия, нужно с помощью *ЛКМ* перетащить элемент в нужный док (рис. 2.5). При получении доступа к тем же инструментам через стандартную строку меню они станут закрываться сразу же после начала выполнения следующей задачи. При использовании графического планшета с интерактивным дисплеем данная конфигурация инструментария приобретает особую значимость. Чтобы сэкономить времени, следует использовать доки со следующим содержанием в них инструментов:

- левый док: *Alpha, Color, Material, Stroke, Brush, Texture, Zplugin*;
- правый док: *Tool, Light, Render*.

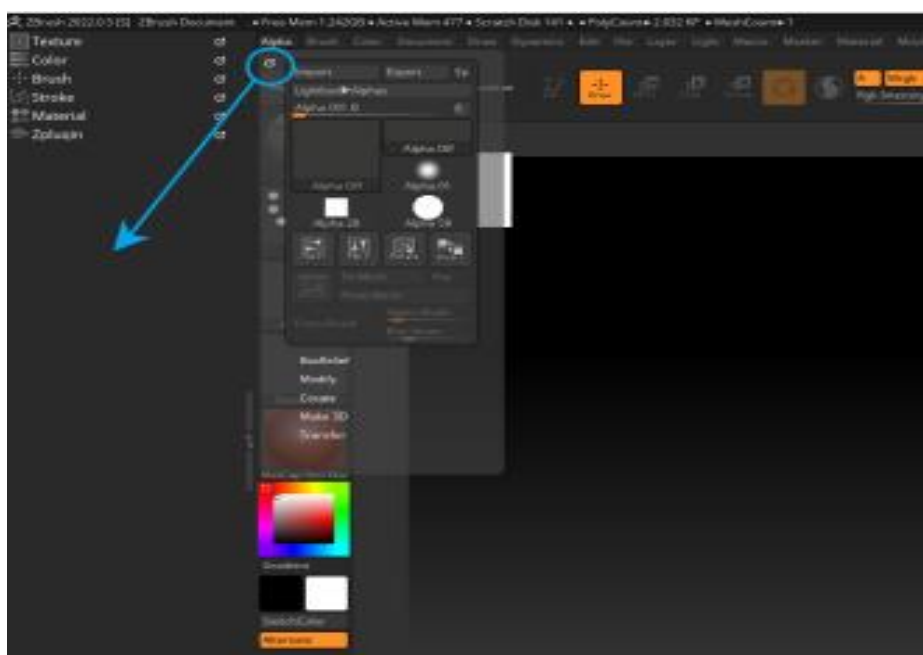


Рис. 2.5. Перемещение элемента в боковой док

Программа Zbrush оснащена хорошей функцией помощи в виде встроенной справки. При наведении курсора мыши на большинство элементов интерфейса всплывает диалоговое окно с увеличенным изображением кнопки или пояснением. Если при этом удерживать клавишу *Ctrl*, появится более подробное описание инструмента или функции под курсором мыши, причем иногда с картинками (рис. 2.6).



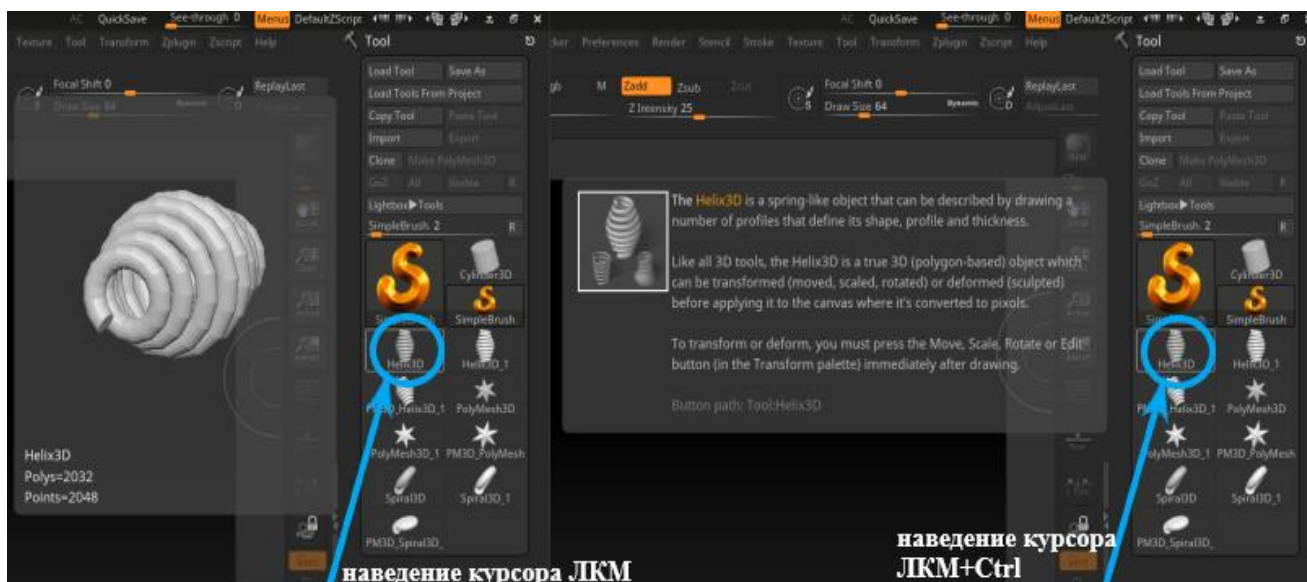


Рис. 2.6. Функция Help в программе Zbrush

2.4. Сохранение интерфейса

Далее пользователю необходимо зафиксировать текущую конфигурацию с целью сохранения параметров после перезапуска программы. Для этого в верхней строке меню нужно выбрать пункт *Preferences* → *Config* → *Store Config* (Настройки → Конфигурация → Сохранить конфигурацию) или использовать сочетание клавиш *Shift+Ctrl+I* (рис. 2.7).

При открытии программы новый сохраненный интерфейс будет загружаться по умолчанию. Сохранить любой другой интерфейс можно с помощью меню *Preferences* → *Config* → *Save UI* (Настройки → Конфигурация → Пользовательский интерфейс). Для перезагрузки сохраненного ранее интерфейса следует воспользоваться тем же пунктом меню *Preferences* → *Config* → *Load UI* (Настройки → Конфигурация → Загрузить пользовательский интерфейс).

Если в процессе использования программы возникла необходимость в дополнительной настройке интерфейса, можно расположить или переместить наиболее часто используемые инструменты в любом месте базового интерфейса в соответствии с требованиями пользователя, выбрав пункт меню *Preferences* → *Config* → *Enable Customize* (Настройки → Конфигурация → Разрешить настройку). Любой элемент перетаскивается на новое место путем удержания комбинации клавиш



Ctrl+Alt. Завершив использование данной функции, требуется ее деактивировать, после чего следует повторно сохранить интерфейс согласно приведенным ранее инструкциям.

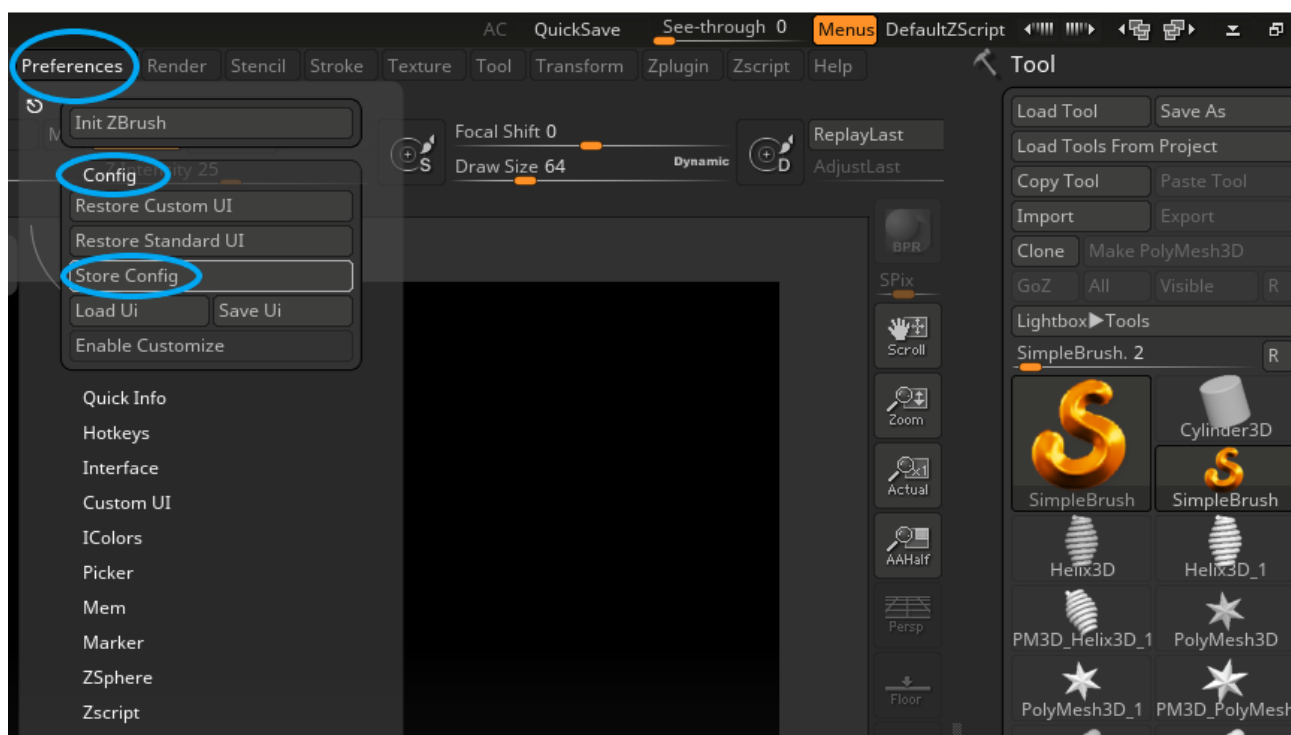


Рис. 2.7. Сохранение исходной конфигурации интерфейса

2.5. Навигация с помощью крупных значков

В левой части панели меню располагаются крупные прямоугольные области, обозначенные как *Current picker*. Эти элементы визуализируют текущий активный компонент данного меню, обеспечивая возможность доступа к различным инструментам рабочего набора. Кроме того, они предоставляют наглядную информацию о текущем выбранном ZTool, активной кисти и используемым вариантам штриха.

На рис. 2.8 в качестве иллюстрации представлена панель *Material* (Материал). Взглянув на крупный прямоугольный значок (рис. 2.8, поз. 1), можно определить текущий активный инструмент или элемент, находящийся в распоряжении пользователя. Для его замены необходимо кликнуть по данной области, чтобы развернуть полный набор предусмотренных элементов (рис. 2.8, поз. 2).





Рис. 2.8. Крупный значок Material, соответствующий активному инструменту

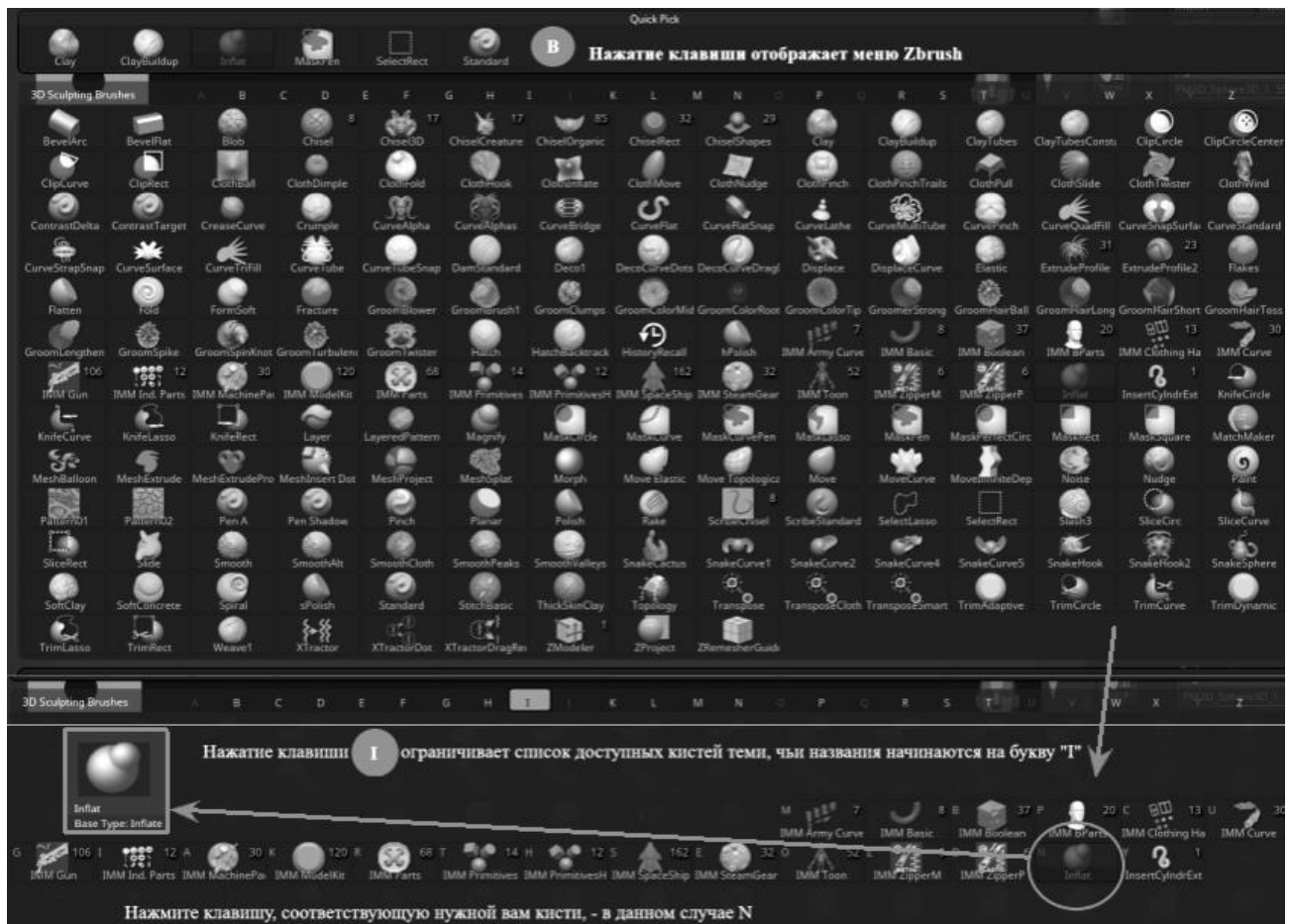


Рис. 2.9. Навигация в меню Brush



2.6. Навигация с помощью алфавитного порядка расположения меню

В некоторых разделах Zbrush меню располагаются в алфавитном порядке. Примером является меню *Brush* (Кисть), расположенное на левой панели холста, которую можно также отобразить нажатием клавиши *B*. Инициирование клавиши *I* в браузере кистей ограничивает список доступных тем, названия которых начинаются на букву *I*.

Для активации кисти *Inflat* (рис. 2.9) необходимо нажать клавишу *N* (оранжевый символ, расположенный рядом с иконкой кисти). После этого в левом верхнем секторе панели *Brush* появится уведомление о загрузке и готовности данной кисти к использованию.

2.7. Навигация по модели, перемещение, вращение и масштабирование

На данном этапе моделирование методом лепки является невозможным. Однако доступными остаются операции по перемещению модели, ее вращению и изменению масштаба.

Для вращения сцены необходимо перетащить ее мышью, удерживая нажатой *ЛКМ*. Для работы с графическим планшетом нужно приложить наконечник пера к сенсорной панели, перемещая его вдоль рабочей области устройства.

Осуществить ротацию модели вокруг заданной оси можно, удерживая клавишу *Shift* в процессе выполнения операции. В результате система автоматически выберет наиболее подходящую проекцию (вид сверху, спереди, сбоку или сзади). Чтобы переместить модель в пространстве, используется комбинация клавиш *Alt+ЛКМ*, при удержании которых необходимо перемещать курсор мыши.

Для изменения масштаба модели применяется то же сочетание клавиш, но после отпускания клавиши *Alt* курсор следует перемещать вверх (для увеличения масштаба) или вниз (для его уменьшения). Если модель занимает весь экран, и изменение масштаба невозможно, комбинация клавиш *Ctrl+ПКМ* используется для корректировки уровня зума и перемещения курсора аналогично описанному ранее методу.



2.8. Режимы Floor и Perspective

Программа Zbrush не предусматривает изометрический проекционный вид, а также «камеры», как во многих других 3D-пакетах. Другие известные программы 3D-моделирования позволяют рассматривать стационарную модель под разными углами при помощи фиксированных «камер». Но в Zbrush единственным видом является окно документа, поэтому для того, чтобы рассмотреть нужную 3D-модель с разных сторон, необходимо перемещать ее в пространстве холста. Нажатием клавиши *P* запускается режим перспективы *Perspective*, который позволяет рассмотреть модель под разными углами. Комбинация клавиш *Shift+P* инициирует режим *Floor* (Пол), создающий под моделью зеленую сетку, которая помогает получить представление о положении модели относительно пола. Активировать данные режимы можно и на правой панели меню (рис. 2.10).

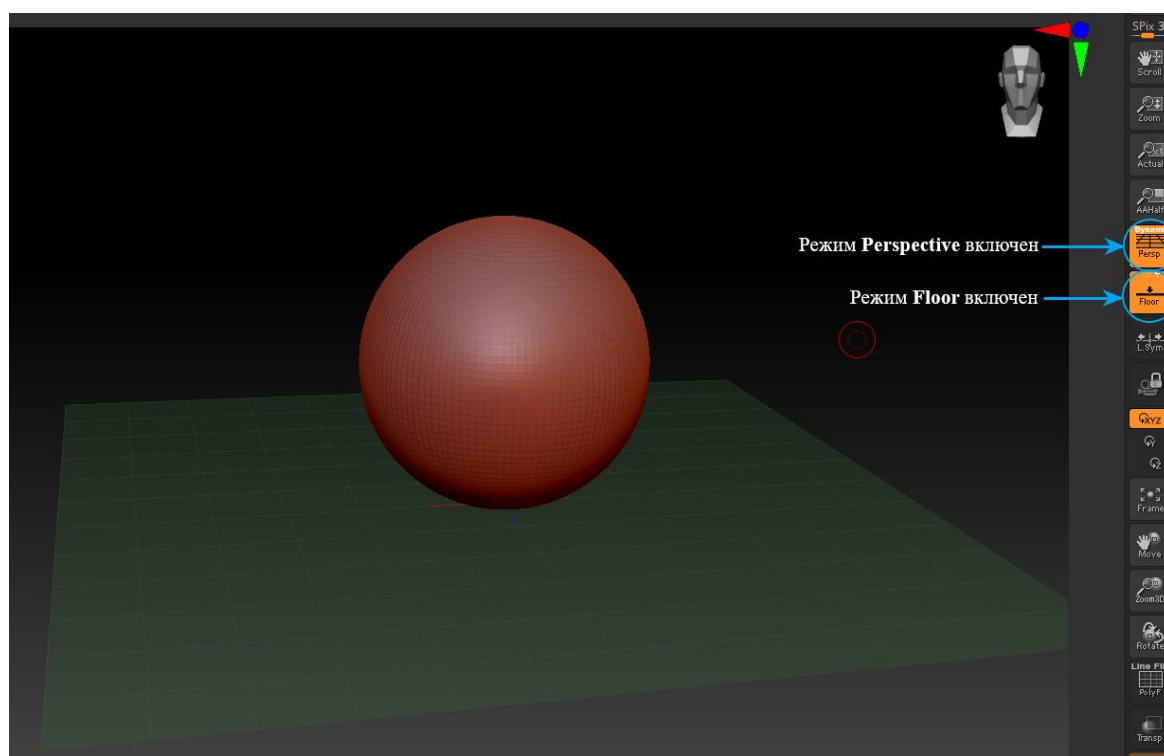


Рис. 2.10. Активация режимов Perspective и Floor

На правой панели также располагается кнопка *L.Sym* (Local Symmetry – Локальная симметрия), предназначенная для определения симметрии относительно центра подобъекта, а не центра виртуального скульптурного подиума.



3. СКУЛЬПТИНГ В ПРОГРАММЕ ZBRUSH

3.1. Открытие модели и использование клавиш для получения доступа к инструментам меню

Одной из основных процедур при работе в Zbrush является открытие модели. Для создания объекта нужно перейти в палитру *Tool* (Инструмент) в правом доке, после чего откроется набор всех доступных примитивов и элементов. Например, чтобы открыть модель *Sphere3D*, нужно, кликнув *ЛКМ* в центре холста, растянуть ее курсором, а затем нажать клавишу *T* для запуска режима правки *Edit*, расположенного на верхней панели меню. Чтобы сделать модель редактируемой и приступить к лепке, нужно преобразовать геометрию в полигональную 3D-сетку нажатием на кнопку *Make PolyMesh3D*. Это преобразует модель таким образом, чтобы можно было изменять ее форму. После активации данной кнопки с помощью функций *Move*, *Scale* и *Rotate*, можно перемещать, масштабировать и вращать модель.

Программа Zbrush обладает параметрической и полигональной геометрией. Геометрия называется параметрической, так как на ее форму влияют параметры инициализации примитива. Изменение параметров в правом доке панели *Tool* в пункте *Initialize* приводит к изменению топологии выбранного примитива (рис. 3.1). Подобные примитивы не могут быть деформированы кисточками Zbrush, о чем свидетельствует надпись на рисунке.

Активация кнопки *Make PolyMesh3D* запускает процесс скульптинга. На данном этапе, начиная лепку модели, можно воспользоваться панелью кистей *Brush*. Для отмены действия примененных инструментов достаточно нажать на комбинацию клавиш *Ctrl+Z*. При необходимости очистить холст от лишних элементов следует отключить режим правки (*Edit*) и воспользоваться сочетанием указанных клавиш.

Чтобы оперативно получить доступ к главным инструментам из левой и правой панелей, необходимо нажать и удерживать клавишу *Пробел* при перемещении курсора мыши на холсте. Это даст возможность открыть всплывающий экран (рис. 3.2), который позволяет быстро настроить параметры *Draw Size* (Размер кисти), *Focal Shift* (Фокусное смещение или жесткость кисти), *RGB Intensity* (Интенсивность цвета) и *ZIntensity* (Интенсивность деформации), а также получить доступ к цветовой



палитре, настройкам прозрачности, кистям и др. Кроме того, данные базовые функции кисти также располагаются и на верхней панели меню. Кнопки *Zadd* и *ZSub* отвечают за деформацию модели: первая наращивает виртуальную глину, а вторая выдавливает ее. Активация клавиши *Alt* на клавиатуре позволяет переключиться к альтернативной функции выбранного режима деформации.

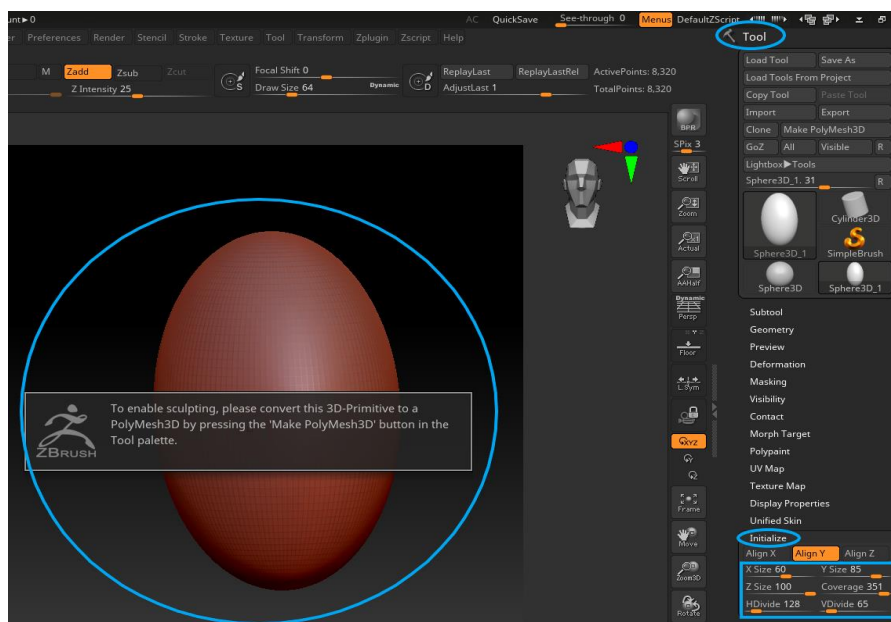


Рис. 3.1. Изменение формы примитива параметрами инициализации

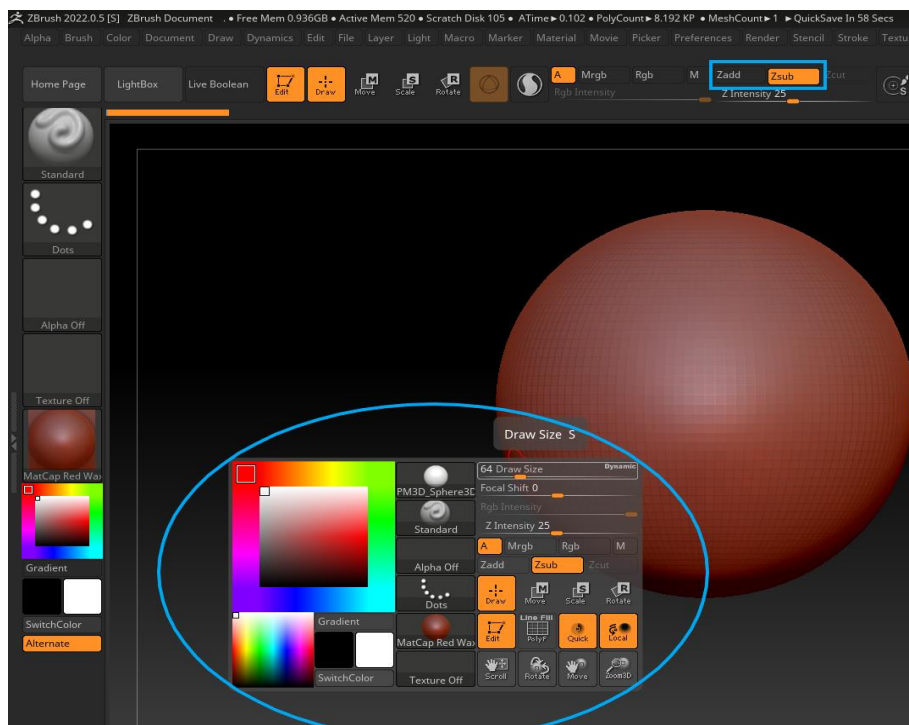


Рис. 3.2. Изменение настроек инструментов при помощи быстрой клавиши Пробел



3.2. Перемещение модели с помощью манипулятора транспозиции

Перемещение модели независимо от сцены или пола выполняется при помощи манипулятора транспозиции. Данная функция доступна после нажатия на кнопку *Make PolyMesh3D*. Для активации этого манипулятора транспозиции следует нажать клавишу *W* или кликнуть по значку *Move* на верхней панели меню, после чего появится линия с тремя парами колец и маркерами между ними. Большие внешние кольцевые элементы применяются для перемещения точек манипулятора транспозиции, а малые внутренние кольца – для деформации модели в активированном режиме *Move*.

Первое кольцо манипулятора представляет собой временную точку поворота, которая применяется при использовании функции вращения (рис. 3.3, поз. 1). Второе кольцо помогает переместить модель без изменения расположения пола сцены (рис. 3.3, поз. 2). Третье кольцо отвечает за уменьшение или увеличение масштаба вдоль нарисованной оси в режиме *Move Scale* (рис. 3.3, поз. 3). Удерживание клавиши *Shift* позволяет зафиксировать линию транспозиции на соответствующей оси (рис. 3.3, поз. 4).

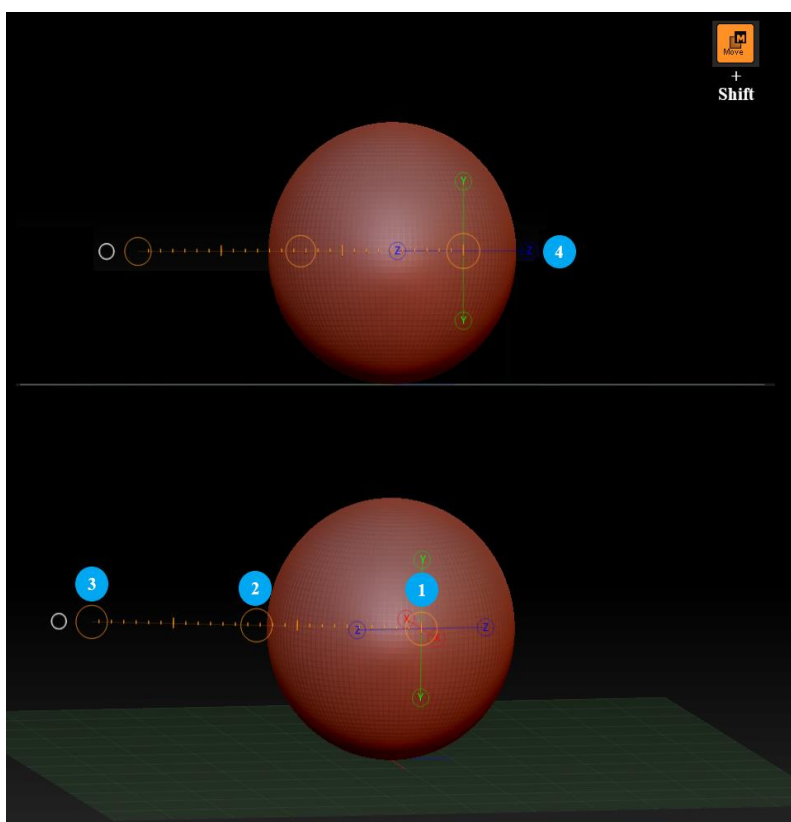


Рис. 3.3. Использование манипулятора транспозиции



3.3. Масштабирование и вращение с помощью манипулятора транспозиции

Манипулятор транспозиции также может использоваться для масштабирования и вращения объекта. Для этого при перетаскивании линии необходимо активировать клавишу *E* (чтобы запустить режим *Scale*) или клавишу *R* (чтобы запустить режим *Rotate*) либо кликнуть мышью по соответствующим значкам на верхней панели. Для управления функциями вращения и масштабирования лучше подходит внешнее кольцо, а не среднее, которое использовалось для перемещения модели (рис. 3.4, поз. 1 и 2). Какой бы режим ни был выбран, перетаскивание внешнего кольца в нужном направлении позволяет отмасштабировать или повернуть модель независимо от пола или сцены. С помощью комбинации функций *Move*, *Scale* и *Rotate* можно изменять позицию или ориентацию моделей, а также их геометрию, например превратить сферу в диск, используя внешнее кольцо манипулятора транспозиции в режиме *Move* (рис. 3.4, поз. 3).

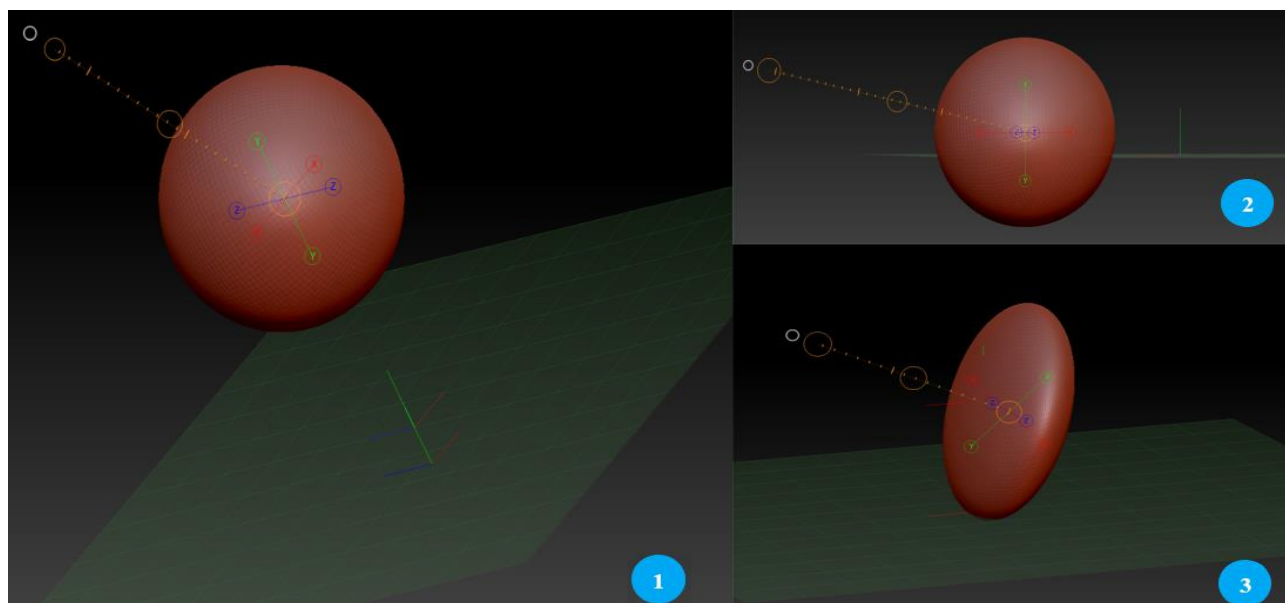


Рис. 3.4. Применение манипулятора транспозиции для вращения, масштабирования и изменения формы сетки

В обновленной версии программного обеспечения ZBrush активация значков *Move*, *Scale* и *Rotate* или использование горячих клавиш *W*, *E* и *R* инициирует включение модуля *Gizmo3D*. Данный инструмент может быть как включен, так и деактивирован через интерфейсную панель



управления путем выбора соответствующего иконографического элемента *Gizmo3D*.

Данный инструмент позволяет перемещать, вращать и масштабировать объект так же, как и в традиционных программах 3D-моделирования. Чтобы сдвинуть объект в определенном направлении, следует перетащить конус на конце линии соответствующей оси. В целях масштабирования модели в определенных направлениях используются прямоугольники, тогда как для равномерного масштабирования по всем осям применяется центральный квадрат. Для вращения объекта используется перетаскивание по нужной окружности (рис. 3.5).

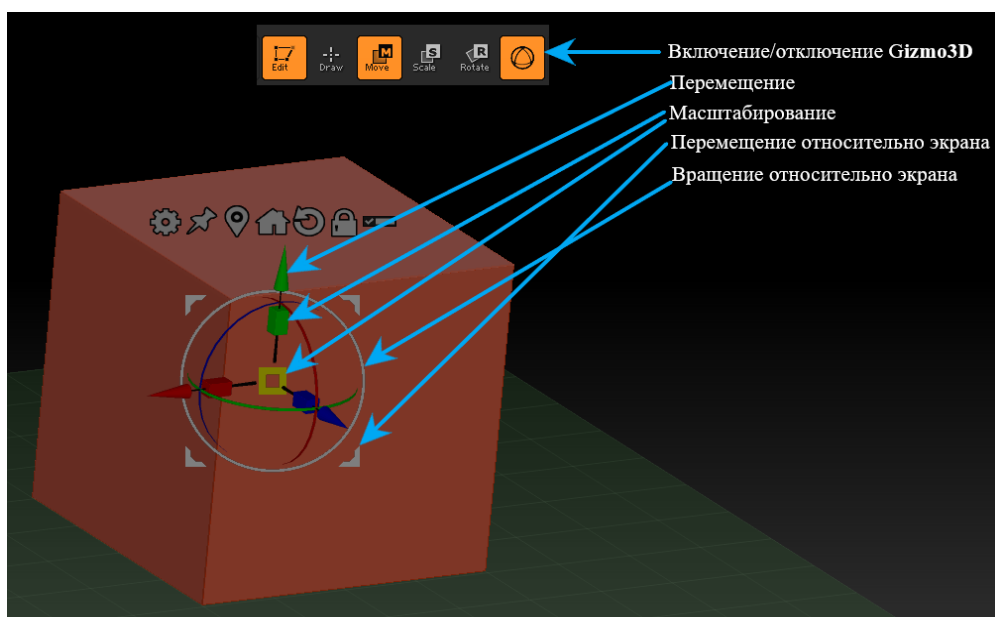


Рис. 3.5. Инструмент *Gizmo3D*

3.4. Базовые сетки Zbrush

В программе 3D-моделирования Zbrush можно опробовать некоторые из стандартных моделей ZTool и настроить их параметры, прежде чем преобразовывать в полигональную сетку для дальнейшей манипуляции и лепки. Для этого необходимо перейти в правый док в палитру *Tool* и выбрать один из примитивов, кликнув по крупному значку для открытия окна с доступными формами, например модель *Ring3D* (Кольцо). Нужно кликнуть *ЛКМ* в центре холста и растянуть курсором модель, а затем нажать клавишу *T*, чтобы активировать



режим правки (*Edit*). После этого открыть палитру *Material* (Материал) и выбрать белый материал *SkinShade4* (рис. 3.6). Затем можно использовать комбинацию клавиш *Shift+F* или выбрать квадратный значок *PolyF* на правой панели, чтобы активировать режим *Polyframe* и отобразить каркас объекта, позволяющий увидеть полигоны и то, как на них влияет то или иное преобразование.

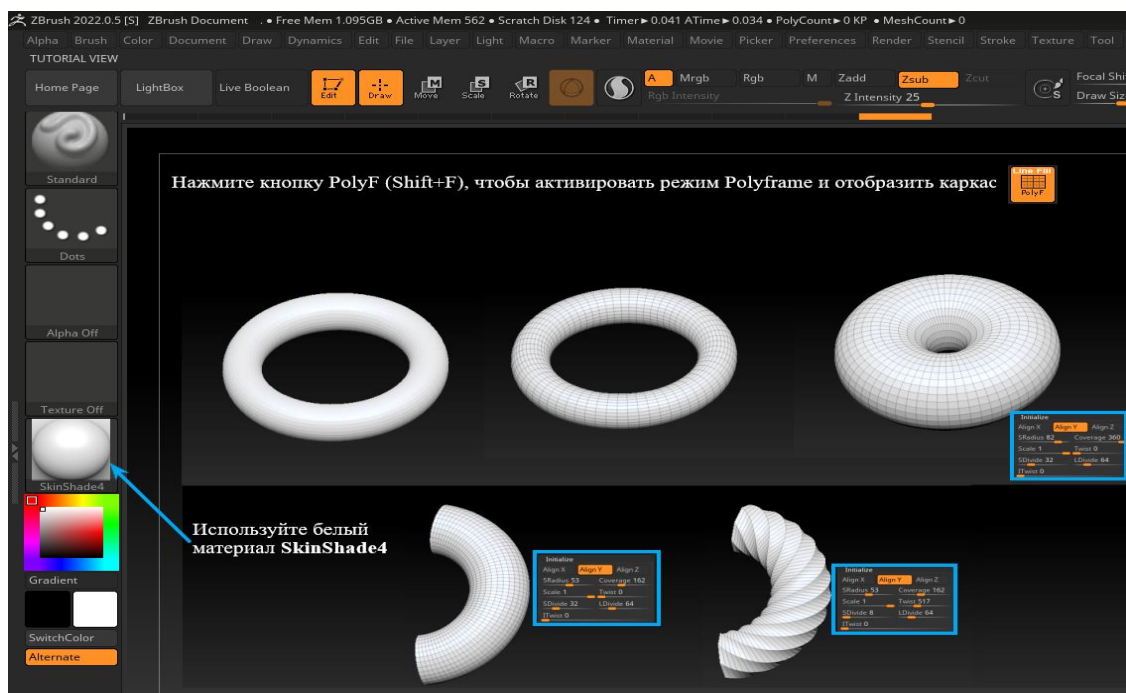


Рис. 3.6. Создание базовой сетки для редактирования и экспериментов

3.5. Инструмент *DynaMesh*

DynaMesh является важнейшим инструментом программы Zbrush, призванным устранить любые искажения геометрии модели, которые могут возникнуть в процесс скульптинга. Цифровая глина состоит из полигонов, которые имитируют поверхность реальной скульптуры. Для растягивания полигонов модели существуют некоторые ограничения. Удлиненные или вытянутые полигоны часто создают проблемные артефакты, которые с трудом сглаживаются и визуализируются непредсказуемым образом. Для решения данной проблемы в Zbrush и предусмотрен инструмент *DynaMesh*, который обеспечивает



равномерное распределение полигонов по всей поверхности модели. Без его участия сетка рискует растянуться и деформироваться в процессе лепки.

Для применения данного инструмента нужно выбрать примитив *Sphere3D* в правом доке в палитре *Tool*, разместить его на рабочей области (холсте) и активировать режим правки нажатием клавиши *T* (*Edit*). Далее преобразовать модель в полигональную 3D-сетку нажатием на кнопку *Make PolyMesh3D* в палитре *Tool* (рис. 3.7, поз. 1) и выбрать кисть *Move* на левой панели меню или активировать комбинацию клавиш *B*, *M* и *V*. После этого, удерживая нажатой клавишу *Пробел*, увеличивать размер кисти до тех пор, пока ее диаметр не превысит диаметр сферы. Затем перетащить нижнюю часть сферы вниз для получения нужной формы (рис. 3.7, поз. 2).

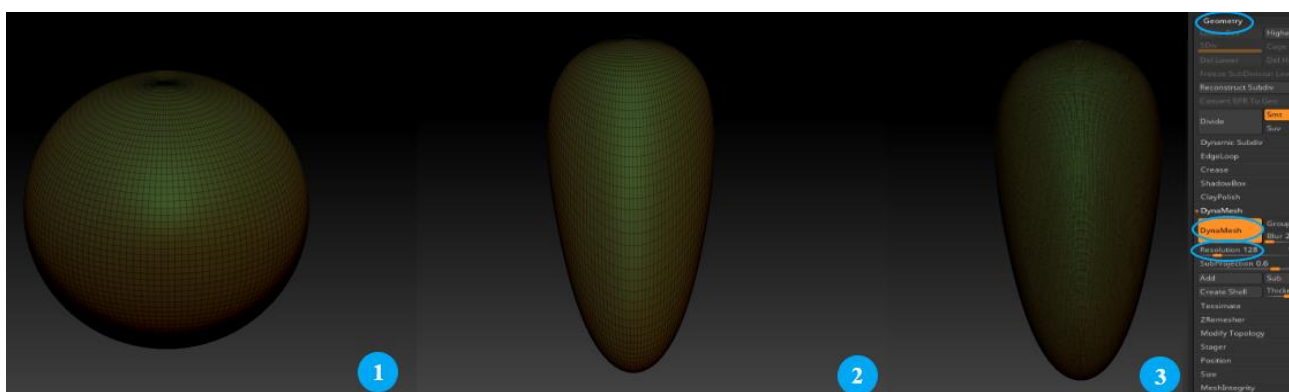


Рис. 3.7. Применение инструмента *DynaMesh*

Затем следует перейти на палитру *Tool* → *Geometry* → *DynaMesh* и активировать инструмент, нажав на большую кнопку *DynaMesh* (рис. 3.7, поз. 3). При разрешении 128 ед. полигоны, составляющие каркас модели, становятся более мелкими и менее искаженными, чем до использования данного инструмента, что облегчает процесс моделирования сетки. А разрешение инструмента *DynaMesh* можно изменить с помощью ползунка *Resolution*, чтобы сделать сетку более или менее плотной.

В процессе моделирования инструмент *DynaMesh* можно использовать неоднократно. При активной кнопке необходимо выполнить перетаскивание за пределами модели, удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, чтобы снова применить эту функцию. Однако перетаскивание с удержанием клавиши *Ctrl* может привести к одновременному удалению маски, что делает невозможным активацию функции *DynaMesh*, если маска была предварительно применена.



3.6. Маскирование

Метод маскирования позволяет временно защитить область модели от случайного редактирования, создания полигрупп, а также сокрытия или отображения частей сетки. Если удерживать клавишу *Ctrl*, курсор мыши изменит свой цвет на желтый и появится надпись *Mask*, что будет свидетельствовать об активации режима маскирования кисти. Для нанесения маски необходимо нажать клавишу *Ctrl* и перетащить *ЛКМ* по модели. При этом на ее поверхности появится затемненная область. При перетаскивании по модели автоматически используется кисть *MaskPen*, что равнозначно рисованию маски от руки.

Чаще всего для маскирования применяются следующие виды опций, представленные в палитре *Tool* в разделе *Masking* (рис. 3.8). Для редактирования жесткости кисти нужно с зажатой клавишей *Ctrl* менять значения *Focal Shift* в верхней части панели. Для повышения резкости границ маски достаточно, удерживая комбинацию клавиш *Ctrl+Alt*, кликнуть *ЛКМ* непосредственно на маску (данная команда известна под названием *Sharpen Mask*). Для размытия маски необходимо, удерживая клавишу *Ctrl*, кликнуть *ЛКМ* по маске (команда *Blur Mask*).

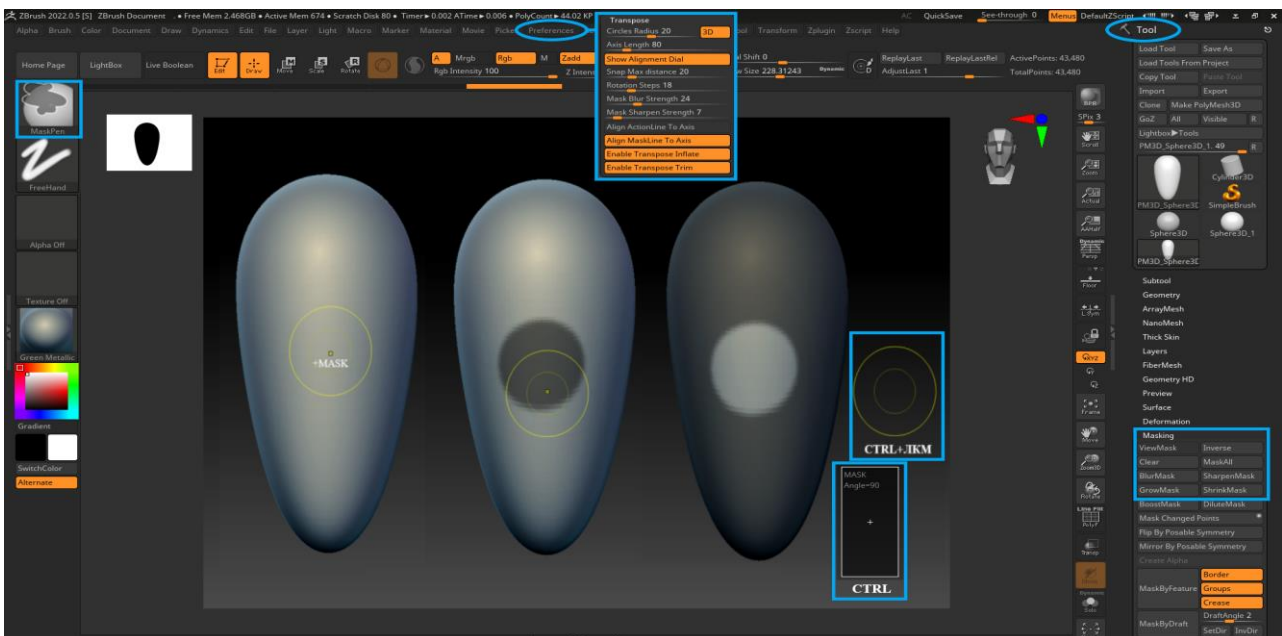


Рис. 3.8. Применение метода маскирования

Можно настроить степень влияния этих команд в настройке *Preferences* → *Transpose*. Инвертировать маску можно, кликнув *ЛКМ*



в пустоту холста, удерживая клавишу *Ctrl*. Для удаления части маски вручную применяется сочетание клавиш *Ctrl+Alt* в комбинации с любой кистью. Чтобы очистить маску с модели целиком, нужно, удерживая клавишу *Ctrl*, в пустоте холста кликом *ЛКМ* создать прямоугольник (растянуть окно).

Если интересуют другие способы применения масок, то, удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, нужно кликнуть по крупному значку в браузере *Brush*. После этого появится возможность увидеть дополнительные параметры кистей, такие как *MaskCircle* и *MaskLasso*. Представленные кисти – это всего лишь пресеты на основе базовых типов, отличающихся друг от друга только типом штриха.

Кисть *MaskCircle* позволяет создавать маску в виде эллипса. Для применения данного инструмента нужно растянуть область маски, для корректировки ее положения удерживая клавишу *Пробел*. После этого следует переместить инструмент по рабочей области и завершить операцию, отпустив *ЛКМ*. При растягивании данный тип штриха не сохраняет пропорции. Чтобы получить идеальный круг и задать центр маски, нужно открыть на левой панели меню браузер штриха *Stroke* и включить параметры *Square* и *Center* или использовать в качестве альтернативы готовый пресет (рис. 3.9).

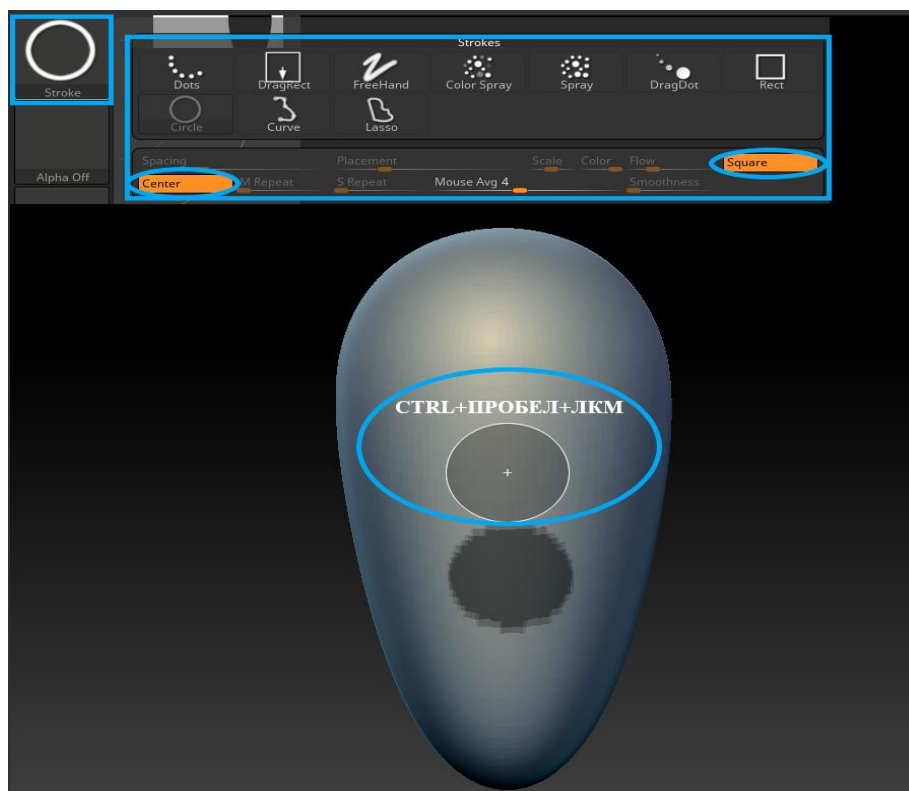


Рис. 3.9. Кисть *MaskCircle*



3.7. Подобъекты

Иногда бывает необходимо добавить в сцену дополнительные объекты. Разбитие модели на части облегчает работу над объектом – данная возможность схожа со слоями из программы графического редактора Adobe Photoshop. Для моделирования отдельных компонентов персонажа (головы, глаз, очков и торса) лучше воспользоваться специализированными инструментами графического редактора. Открыв правую панель инструментов (док), нужно перейти в палитру *Tool* для выбора примитива *Cube3D* и создания базовой модели на рабочем пространстве. После этого производится трансформация объекта в полигональную трехмерную сетку. Затем следует перейти в палитру *Tool* → *SubTool* (Инструмент → Подобъект). Имеется только один слой с кубом (рис. 3.10). На расположенной ниже панели нужно активировать кнопку *Duplicate* (Дублировать), чтобы добавить еще один куб. Выбрав второй слой на панели *SubTool*, с помощью клавиши *W* включить режим манипулятора транспозиции *Move* для перемещения второго куба. Далее повторить этот процесс еще раз, чтобы получить три куба в одном *ZTool*. После активации клавиши *N* открывается окно, содержащее все подобъекты. Если при этом удерживать клавишу *Alt* и кликнуть *ЛКМ* по одному из этих подобъектов в документе, то он будет выделен. А для того чтобы не запутаться в подобъектах, их можно переименовать с помощью кнопки *Rename* (Переименовать).

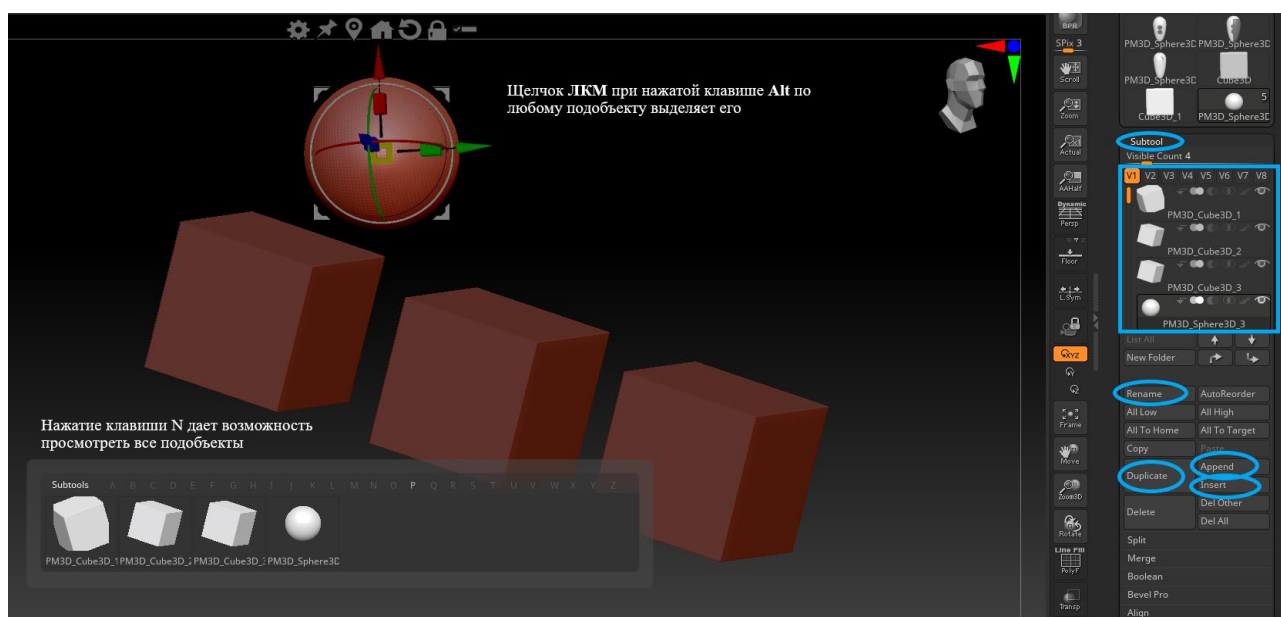


Рис. 3.10. Разделение проекта на слои и подобъекты



Для создания нового подобъекта другой формы можно активировать кнопку *Append* (Добавить) в палитре *SubTool*. Применение этой кнопки позволит добавить новую форму в конец стека подобъектов. При нажатии на кнопку *Insert* (Вставить) форма добавляется под активированный в данный момент подобъект. Такие подобъекты уже являются полигональными 3D-сетками, которые можно перемещать с помощью манипулятора транспозиции.

3.8. Изменение разрешения подразделений

Для эффективной лепки потребуются полигональные модели с высоким разрешением. Большое количество полигонов позволяет достичь более высокого уровня детализации поверхности, в то время как модель с меньшим количеством полигонов выглядит угловатой. Увеличить количество полигонов можно с помощью инструмента *DynaMesh* или увеличивая уровень подразделения. Этот инструмент усредняет полигоны по всей сетке, тогда как увеличение уровня подразделения делит каждый полигон на четыре части, повышая тем самым разрешение модели.

После добавления на холст объекта *Cube3D* его необходимо преобразовать в полигональную 3D-сетку (кнопка *Make PolyMesh3D*). При наведении указателя мыши на значок *Cube3D* на палитре *Tool* отобразится количество полигонов (рис. 3.11, поз. 1). Затем на палитре *Tool* нужно развернуть субпалитру *Geometry* (Геометрия) и нажать на кнопку *Divide* (Разделить), чтобы повысить уровень подразделения и в четыре раза увеличить количество составляющих модель полигонов (рис. 3.11, поз. 2). Количество полигонов будет увеличиваться при каждом повторном выполнении этого действия (рис. 3.12). Теперь в процессе лепки поверхность модели будет более сглаженной и детализированной. Текущий уровень подразделения указывается в верхней части субпалитры *Geometry* (рис. 3.11, поз. 3).

Увеличить разрешение можно также с помощью клавиш быстрого доступа в виде комбинации *Ctrl+D*. Для понижения уровня подразделения необходимо активировать кнопку *Lower Res* в субпалитре *Tool* → *Geometry* (рис. 3.11, поз. 4) или сочетание клавиш *Shift+D*. Чтобы снова повысить разрешение, следует нажать клавишу *D*.



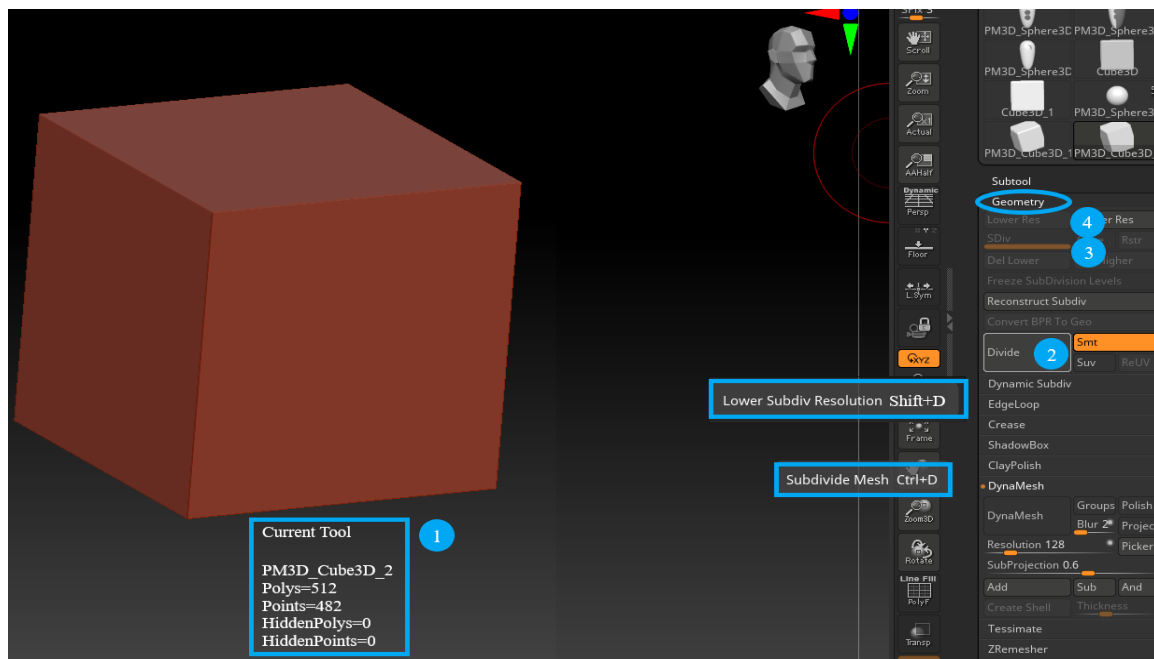


Рис. 3.11. Просмотр количества полигонов и управление палитрой Geometry

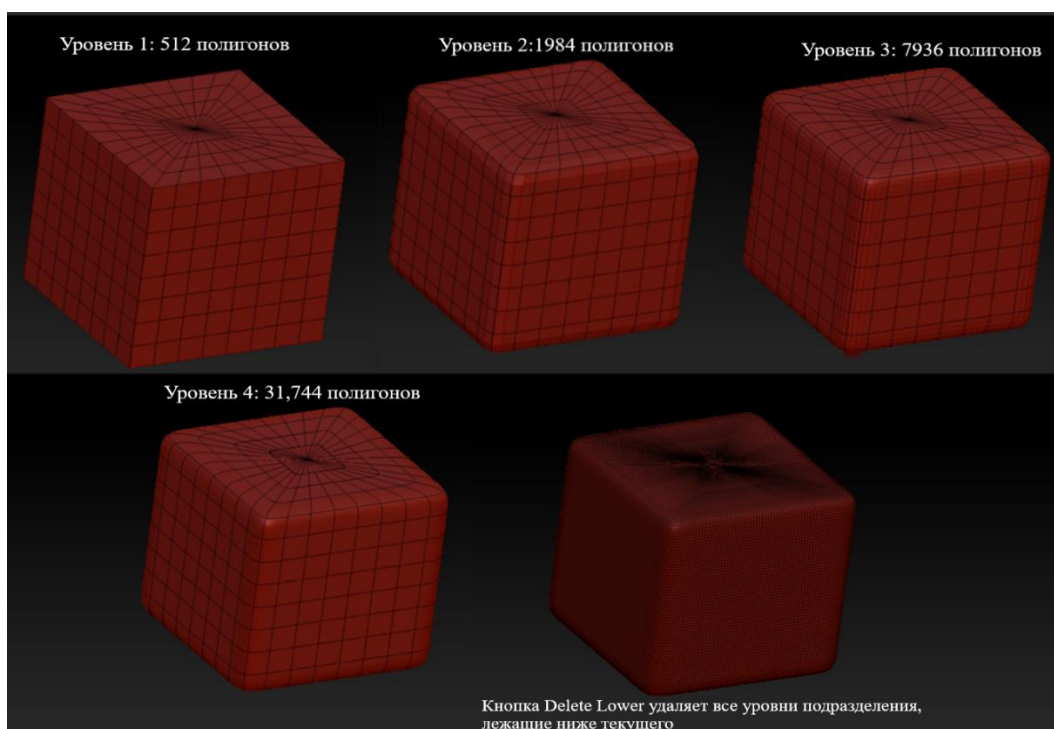


Рис. 3.12. Повышение уровня подразделений

Кроме того, можно заморозить уровни подразделения посредством применения команды *Tool* → *Geometry* → *Freeze SubDivision Levels*, если этого требует функция Zbrush, или полностью удалить их при помощи команд *Tool* → *Geometry* → *Delete Lower*, поскольку некоторые инструменты вроде *ZModeler* не применимы к сетке с более чем одним уровнем подразделения.



Уровни подразделения представляют собой слои, позволяющие работать над моделью на различных уровнях сложности. Чем выше уровень подразделения, тем выше разрешение сетки, что позволяет создавать такие мелкие детали, как морщины и поры кожи. Чем ниже уровень подразделения, тем более простой является модель, что позволяет вносить такие глобальные изменения, как корректировка позы или пропорций. Все эти изменения не теряются при переходе с одного уровня на другой, что упрощает внесение в модель серьезных корректировок.

3.9. Программный модуль Decimation Master

На любом этапе моделирования может понадобиться уменьшить количество полигонов, составляющих модель. Например, если по окончании работы модель имеет гораздо более высокое разрешение, чем нужно. К тому же большое количество полигонов замедляет работу программы. Модель должна состоять из определенного количества полигонов для того, чтобы можно было отправить ее для печати на 3D-принтер.

Для уменьшения количества полигонов нужно произвести предварительную обработку модели (рис. 3.13, поз. 1). Перейдя на палитру *ZPlugin*, где размещаются новые или сторонние скрипты, добавленные в Zbrush, которые нередко становятся частью основной программы, следует выбрать *Decimation Master* → *Preprocess Current* (Мастер децимации → Предварительно обработать текущий объект).



Рис. 3.13. Применение программного модуля *Decimation Master* для уменьшения разрешения модели без потери детализации



После завершения предварительной обработки можно приступить непосредственно к уменьшению количества полигонов с помощью функции *Decimate Current* (Выполнить децимацию текущего объекта). На рис. 3.13 (ноз. 2) показано, что уровень децимации составляет 2 % от оригинала, что существенно снижает плотность сетки, сохраняя при этом основные геометрические характеристики объекта. Но теперь модель состоит из треугольников, так как плагин *Decimation Master* использует в качестве полигонов треугольники (в отличие от *DynaMesh*, применяющего четырехугольники).

3.10. Применение Z-сфер

С помощью Z-сферы можно быстро создавать сложные органические формы, моделируя каркас из объектов. После создания такой модели ее можно преобразовать в полигоны и приступить к дальнейшему скульптингу. Кроме того, данный инструмент очень полезен при работе над позами создаваемых персонажей.

На палитре *Tool* нужно выбрать инструмент *ZSphere* и в режиме *Draw*, который можно активировать клавишей *Q*, поместить на холст одну Z-сферу. Затем перейти в режим правки *Edit* с помощью клавиши быстрого доступа *T* (при этом нет необходимости активировать полигональную сетку). Далее необходимо выбрать пункт *Transform* → *Activate Symmetry* (Преобразование → Активировать симметрию), что позволит моделировать обе стороны объекта. При этом нужно убедиться, что опция *Mirror* (>*M*<) является активной, для чего рекомендуется использовать горячую клавишу *X*. Нарисовав еще одну Z-сферу рядом с исходной, стоит обратить внимание на соединяющую их линию. С помощью манипулятора транспозиции или *Gizmo3D*, используя клавишу *W*, можно изменить положение Z-сферы в соответствии со своим дизайн-проектом. Для добавления еще одной части (рис. 3.14) следует активировать клавишу *Q* для возвращения в режим *Draw* и перетащить новую Z-сферу из нужного места модели. Перемещать новую часть необходимо до тех пор, пока модель не начнет напоминать изображение на рис. 3.14.

При работе над пропорциями к Z-сферам следует применить функции *Move*, *Scale* и *Rotate* с помощью клавиш *W*, *E* и *R*.

Для предварительного просмотра создаваемой модели необходимо активировать клавишу *A*. С целью придания динамических ха-



рактических объекту требуется отключить режим симметрии посредством нажатия клавиши *X*. Указанные манипуляции могут быть выполнены как по завершении процесса моделирования, так и на текущем этапе, что позволяет оценить степень динамичности формируемого объекта.

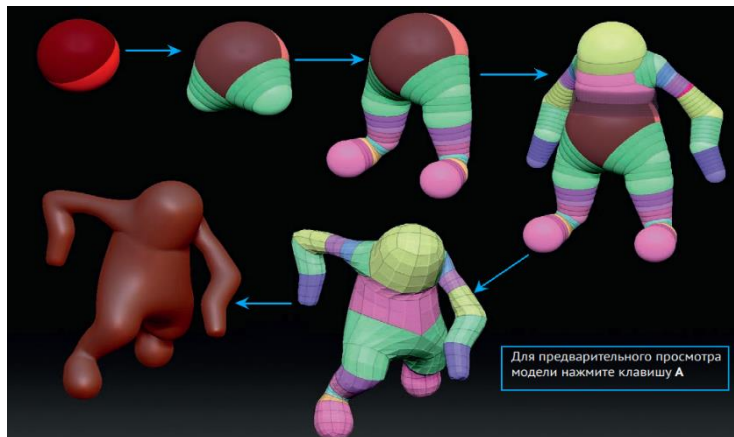


Рис. 3.14. Моделирование с помощью Z-сфер



Рис. 3.15. Преобразование модели из Z-сфер в редактируемую геометрию

С целью преобразования геометрии нужно активировать кнопку *Make Adaptive Skin* (Адаптивная оболочка) в палитре *Tool*. После этого в верхней части данной палитры будет создан новый *ZTool*. Приступая к лепке с помощью данного инструмента, следует кликнуть по нему на панели *Tool* (рис. 3.15). Для добавления этой модели в существующую сцену нужно использовать кнопку *Append* в субпалитре *SubTool*, а затем в открывшемся меню выбрать вновь созданный *ZTool*. После этого появятся две версии модели: первая в виде Z-сфер, а другая в виде адаптивной оболочки, с которой можно приступить к дальнейшему моделированию *ZTool*.



4. КИСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛЕПКИ

4.1. Браузер кистей Brush

Рабочей площадкой в процессе цифровой лепки в программе Zbrush является палитра кистей. Для получения доступа ко всей коллекции кистей можно воспользоваться быстрой клавишей *B* или браузером *Brush* на левой панели меню, но при этом доступ к палитре открывается лишь при активированной полигональной сетке (рис. 4.1).

Кисти различаются по форме, размеру и функциям. В этой главе будут описаны наиболее распространенный типы кистей и методы их эффективного использования.

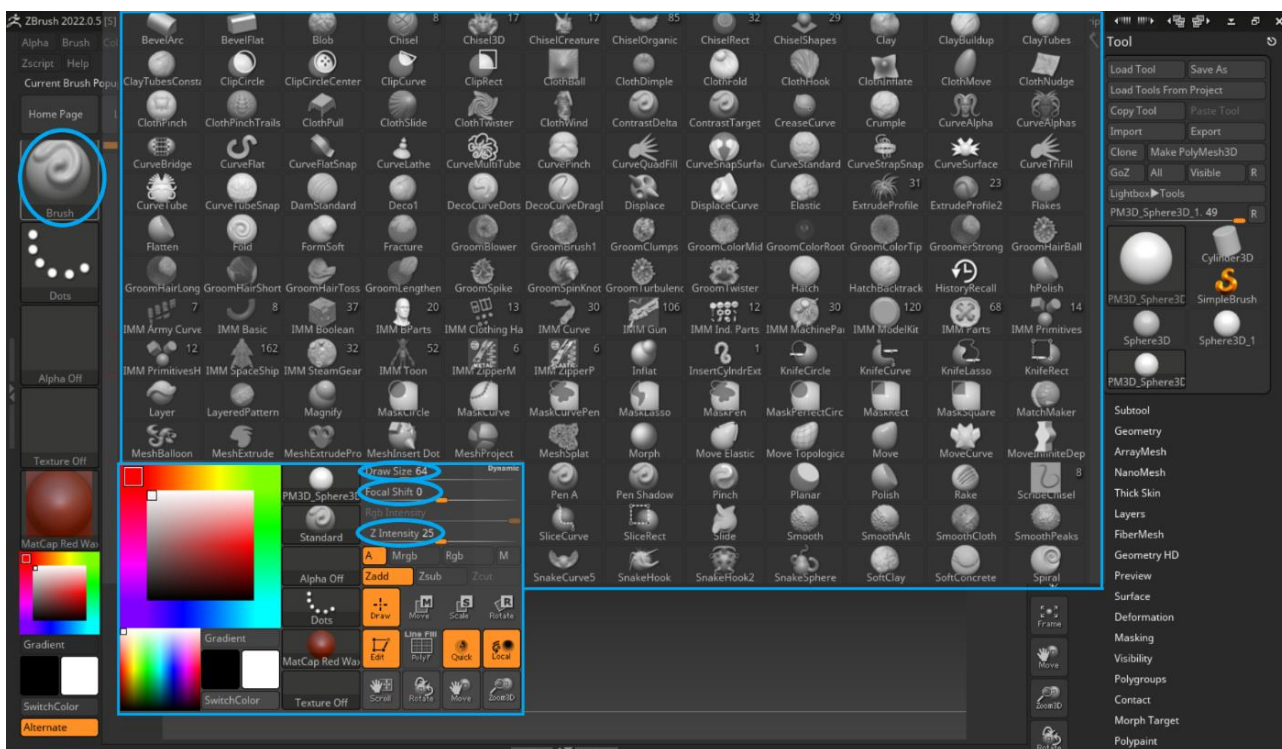


Рис. 4.1. Палитра кистей Zbrush

В первую очередь необходимо научиться настраивать ключевые параметры кистей – их можно найти на верхней панели и во всплывающем окне при нажатии клавиши *Пробел*. Параметр *Draw Size* (Размер кисти) определяет размер области воздействия инструмента, *Focal Shift*



(Фокусное смещение) дает возможность изменить жесткость кисти, отвечает за степень плавности перехода от центра к краям кисти, а *Z Intensity* (Интенсивность деформации) управляет интенсивностью создаваемого кистью эффекта.

Каждая кисть из палитры *Brush* способна выполнять разнообразные функции в соответствии с заданными параметрами, регулируемые посредством верхней панели интерфейса:

- *Zadd* – наращивает глину;
- *Zsub* – выдавливает глину;
- *Rgb* – добавляет цвет;
- *M* – добавляет материал;
- *Mrgb* – добавляет цвет и материал.

Перед началом лепки следует убедиться в том, что конфигурация данных параметров соответствует потребностям пользователя.

Множество кистей в *Zbrush* могут использоваться не только для скульптинга, но и для добавления цвета. При активации кнопок *Rgb* и *Zadd*, расположенных на верхней панели пользовательского интерфейса, становится возможным применение цветовых характеристик и параметров объема к трехмерной модели. Самой лучшей кистью для рисования является кисть *Standart*, поскольку она предусматривает очень небольшое количество настроек. Параметры *Zadd*, *Zsub*, *Rgb*, *M* и *Mrgb* можно активировать или деактивировать на верхней панели интерфейса меню.

4.2. Кисть *Clay*

Кисть *Clay* обеспечивает эффективное увеличение объема скульптурной композиции посредством добавления фрагментов глиняной массы к поверхности модели с использованием альфа-текстуры. Существуют несколько модификаций кистей с различными альфа-текстурами для создания специфических визуальных эффектов. Для изучения свойств кисти можно использовать сферу из палитры *Tool*, а затем трансформировать данную сферу в полигональную трехмерную сетку. После этого необходимо преобразовать модель в *DynaMesh* и увеличить разрешение объекта до значения 512, чтобы получить более плотную сетку и наблюдать за эффектами применяемых кистей.



В качестве примера можно выбрать кисть *Clay Buildup*, кликнув ЛКМ по крупному значку в браузере *Brush* или используя комбинацию клавиш *B*, *C* и *B*. Для параметра *Draw Size* следует установить числовое значение, равное *77*, и выполнить перетаскивание по поверхности сформированной сферы (рис. 4.2).

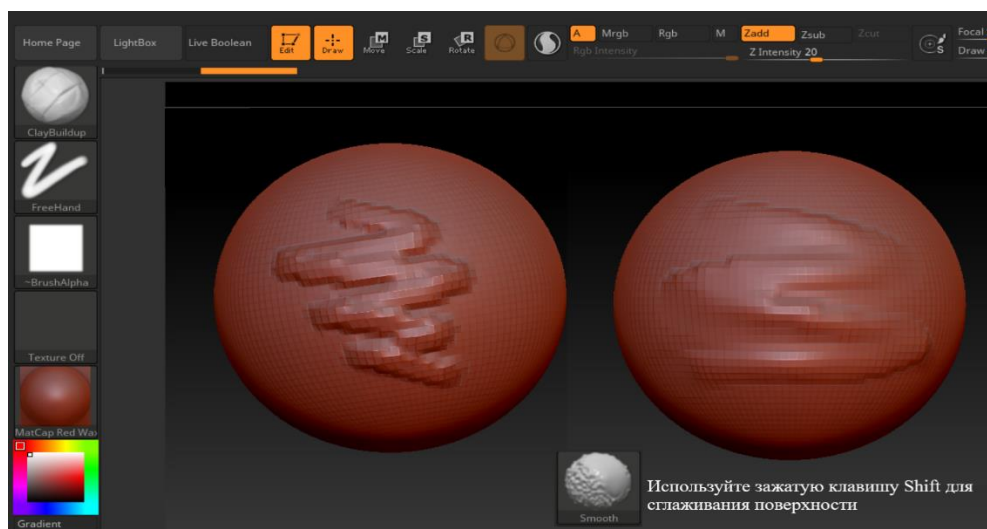


Рис. 4.2. Применение кисти *Clay* в процессе цифровой лепки

Многие кисти включают в себя опцию сглаживания *Smooth*, активация которой осуществляется путем удержания клавиши *Shift* во время их применения. Активация клавиши *Alt* при использовании кисти позволит инвертировать действие инструмента, чтобы создать углубления на поверхности глины.

Можно попробовать воспроизвести такую же лицевую структуру, как на рис. 4.3, путем применения инструментов *Clay Buildup* (для наращивания объема) и функции *Smooth* (для сглаживания текстуры).

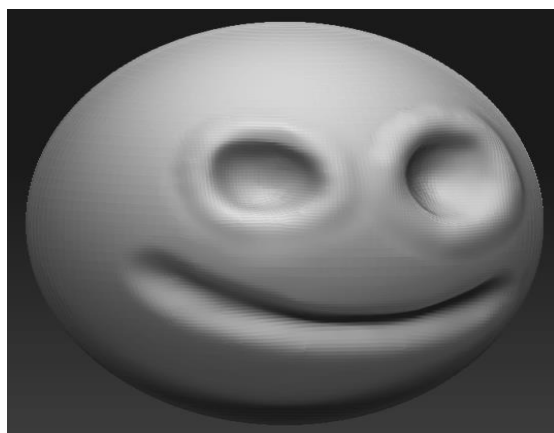


Рис. 4.3. Создание лица с помощью кистей *Clay Buildup* и *Smooth*



4.3. Кисть Move

Кисть *Move* используется для смещения областей модели с учетом параметров *Draw Size*, *Focal Shift* и *Z Intensity*. Этот инструмент является одним из наиболее часто используемых, что делает его освоение критически важным этапом работы (рис. 4.4). После выбора данного инструмента рекомендуется протестировать его функциональность путем вытягивания и вдавливания частей модели. Модификация указанных технических параметров оказывает влияние на результат применения кисти: увеличение диаметра ее внешней окружности приводит к возрастанию площади перемещаемой части модели. При минимальных значениях параметра *Focal Shift* наблюдается увеличение резкости краевых структур, что нежелательно при использовании инструмента *Move*. А параметр *Z Intensity* отвечает за интенсивность эффекта, следовательно, чем выше его значение, тем легче сместить область модели.



Рис. 4.4. Применение кисти *Move* для деформации и искажения скульптуры

4.4. Кисть Standard

Кисть *Standard* (рис. 4.5) имеет большое сходство с кистью *Clay* и подходит в качестве базовой для добавления объема на поверхность модели. Для нее не предназначена ни одна альфа-карта, что говорит о примитивности данного инструмента. Кисть *Standard* оказывается полезной, когда речь идет о рисовании и использовании режима *Rgb* (Цвет).





Рис. 4.5. Использование кисти Standard для лепки и изменения цвета модели

4.5. Кисть Inflat

Кисть *Inflat* предназначена для увеличения объема определенных областей трехмерной модели (нос, скулы, губы). Этот инструмент осуществляет локальное расширение выбранной части поверхности модели по направлению нормали, при этом на однородных участках происходит равномерное увеличение объема в соответствии с установленными параметрами (рис. 4.6). Однако при моделировании более сложных деталей, таких как нос, возникает вероятность пересечения между собой областей сеточной структуры. Для устранения данной проблемы рекомендуется применить инструмент *DynaMesh*.

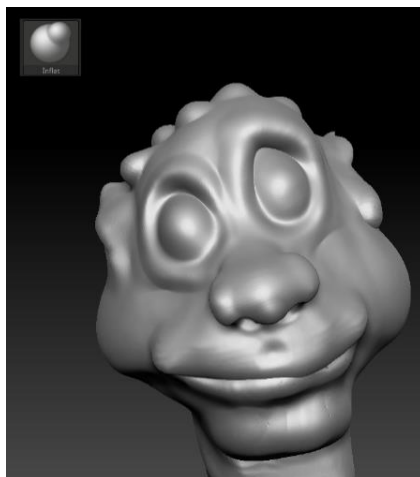


Рис. 4.6. Применение кисти Inflat для увеличения объема области скульптуры



4.6. Кисть Pinch

Из всех описанных в этой главе инструментов кисть *Pinch* используется реже всего. Своим эффектом она напоминает инструмент *Pinch* (Дистория) программы Adobe Photoshop, который стягивает область изображения. После применения данного инструмента к 3D-модели происходит стягивание полигонов ближе к центру в зависимости от местоположения кисти. Эта кисть удобна, когда необходимо сдвинуть уголки рта или стянуть часть сетки вокруг подмышечной впадины (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Использование кисти *Pinch* для стягивания областей скульптуры

4.7. Кисти Flatten и Polish

Такие инструменты моделирования, как *Flatten*, *Polish* и *hPolish*, обеспечивают возможность выравнивания определенных областей трехмерной модели на основе предварительно установленных параметров. Применение данных инструментов к моделированию головы поможет выявить их влияние на конечный результат. Использование этих кистей позволяет сделать плоскими шишки на голове персонажа и способствует выравниванию области губ (рис. 4.8).



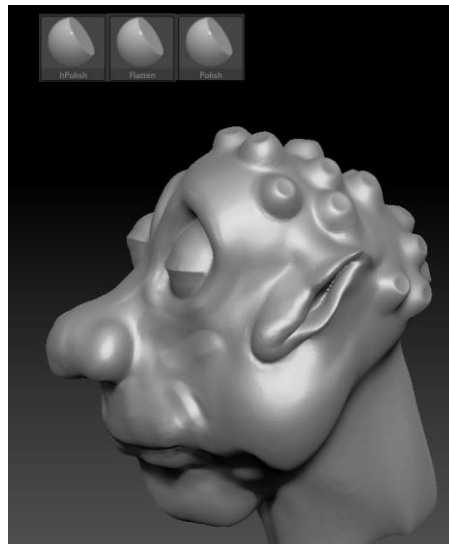


Рис. 4.8. Применение кистей Flatten, Polish и hPolish для выравнивания острых или неровных областей скульптуры

4.8. Кисть Dam Standard

Кисть *Dam Standard* предназначена для того, чтобы вырезать, а не увеличивать объем модели. Для данного инструмента характерно использование крайне малого альфа-изображения, благодаря чему даже при минимальных значениях параметра *Draw Size* можно вырезать тонкие линии на поверхности своей сетки. Эта кисть отлично подходит для создания морщин (например, возле глаз) или складок, а также для вырезания надписей и орнаментов (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Использование кисти Dam Standard для выделения тонких элементов и морщин



4.9. Кисть *Insert Cylinder*

Некоторые кисти дают возможность вставить новую фигуру в уже существующую сетку, а затем объединить эти элементы посредством инструмента *DynaMesh*. Найдите кисть *Insert Cylinder* в меню *Brush* или комбинацией быстрого доступа клавишами *B* и *I* отобразите в меню только те кисти, которые начинаются с буквы *I*. После этого нужно будет выбрать инструмент *IMM Primitives* и нужную кисть. Теперь добавьте к сетке модели головы два цилиндра. Поверхности этих объектов еще не соединены должным образом. При вставке одной сетки в другую создается маска. Чтобы удалить маску, выполните перетаскивание за пределами модели при нажатой клавише *Ctrl*, а затем повторите эту операцию, чтобы применить инструмент *DynaMesh* и объединить объекты в единую модель (рис. 4.10).

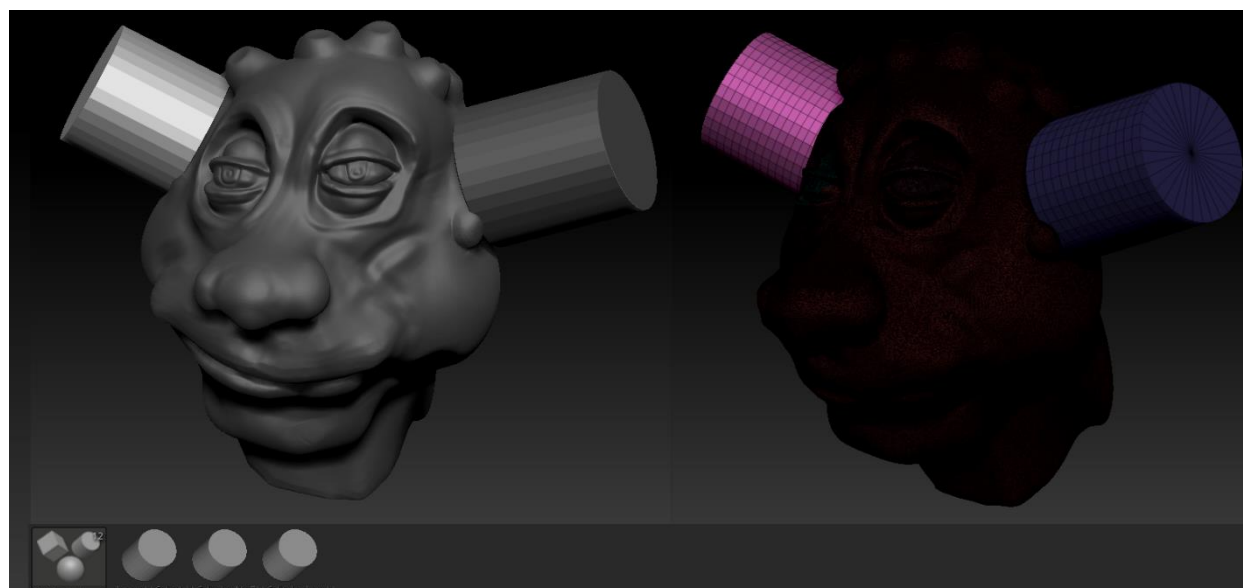


Рис. 4.10. Применение инструмента *Insert Cylinder* из *IMM Primitives* для добавления новых фигур к существующей сетке

4.10. Работа со вставленными сетками

После того как присоединенные с помощью инструмента *DynaMesh* цилиндры стали частью модели, открывается возможность редактирования данных элементов непосредственно со всей областью



модели. Для придания цилиндрам формы, схожей с ушными раковинами, подойдет кисть *Move*.

Применение кисти *Inflat* позволяет добиться увеличения объемной составляющей модели, а использование кисти *Clay Buildup* способствует добавлению детализированных элементов. Такой подход обеспечивает эффективный метод внедрения прогнозируемых геометрических форм без необходимости непрерывного наращивания объема посредством альтернативных инструментов (рис. 4.11). Сохранить свою модель для дальнейшего использования можно, перейдя в палитру *Tool* и активировав кнопку *Save As* (Сохранить как). При необходимости ее можно перезагрузить, нажав на кнопку *Load Tool* в палитре *Tool* в правом доке.

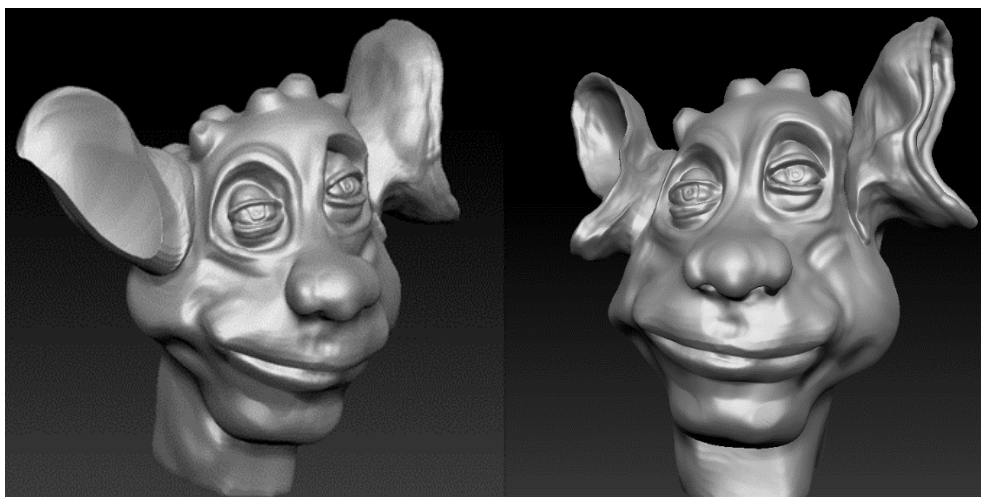


Рис. 4.11. Применение инструмента *DynaMesh* для дальнейшей лепки

4.11. Прочие кисти

Для выполнения операции моделирования вместо кисти *Insert Cylinder* можно использовать и альтернативные инструменты, такие как *Insert Cube* и *Insert Circle*. Функциональные принципы всех этих кистей аналогичны. Их активация осуществляется посредством переноса выбранной геометрической формы из меню *Brush IMM Primitives* на базовую модель. Затем выполняется процедура двойного перетаскивания вне пределов базовой модели при удержании клавиши *Ctrl* для интеграции новой геометрии с использованием функционала



DynaMesh. Описанная последовательность действий может быть повторена для внедрения различных форм с применением вышеуказанных кистей (рис. 4.12).

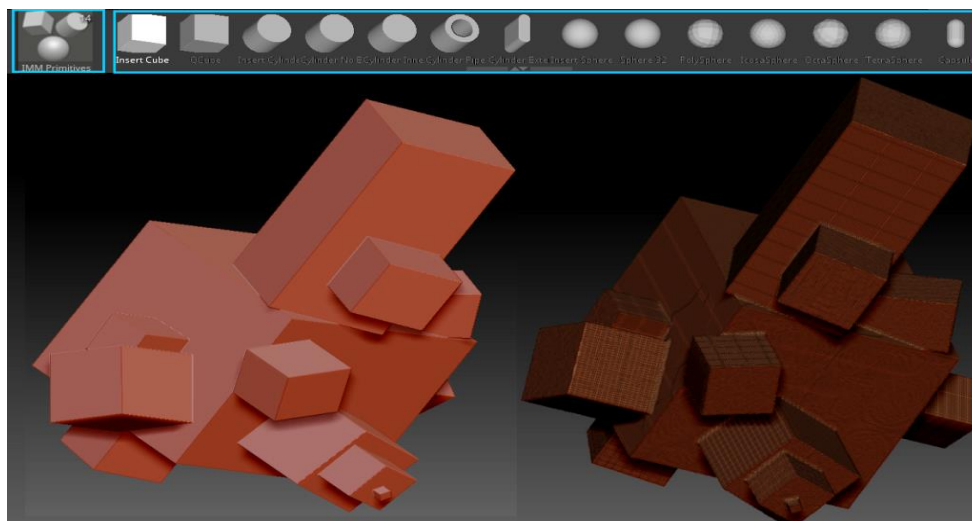


Рис. 4.12. Применение кистей *Insert Mesh*

4.12. Вычитание сетки, образование пустот в модели

Insert Mesh представляет собой один из методов построения базовой сетки. Кисти *Insert* можно использовать не только для вставки, но и для удаления геометрической фигуры из модели. В этом случае следует отменить действие режима правки *Edit* с помощью клавиши *T* и использовать комбинацию клавиш *Ctrl+N*, чтобы создать прозрачный слой для работы. Далее загрузить на холст новый примитив сферы и применить к ней инструмент *DynaMesh* с разрешением 256 (рис. 4.13, поз. 1). В правом доке в меню *Subtool*, выбрав кнопку *Insert*, можно вставить в выбранную сферу *Cylinder3D* (рис. 4.13, поз. 2). С помощью инструмента *Merge* следует объединить сферу с цилиндром для того, чтобы объекты находились в одном *Subtool* (рис. 4.13, поз. 3). Затем нужно перейти во вкладку *Geometry* в правом доке и активировать опцию *Groups (Multi Groups DynaMesh)*. После этого во вкладке *Polygroups* выполнить преобразование модели в формат *Auto Groups*, а также скрыть целевой объект, внутри которого предполагается формирование полых областей (в данном случае – сферы). Для этого следует воспользоваться маской,



применив сочетание клавиш *Ctrl+Shift* и дважды кликнув *ЛКМ* по сфере – до тех пор, пока на рабочей плоскости не останется только цилиндр. После этого, преобразовав цилиндр с помощью кнопки *Group As Dynamesh Sub*, удалить маску путем комбинации клавиш *Ctrl+Shift* и кликом *ЛКМ* в пустоту холста (рис. 4.13, поз. 4). Для активации функции *DynaMesh* необходимо дважды выполнить перетаскивание за пределами модели (рис. 4.13, поз. 5), а для сглаживания получившейся модели во вкладке *Deformation* в правом доке *Tool* – изменить ползунок *Polish By Features*. Этот способ позволяет модифицировать модель и предсказуемо удалять внутренние поверхности.

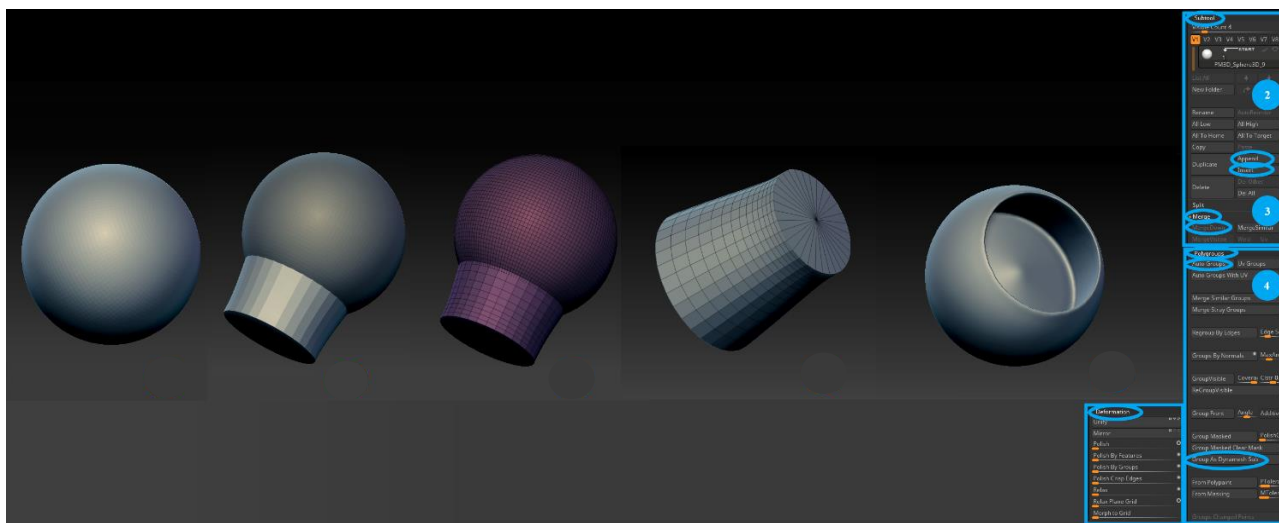


Рис. 4.13. Процедура вычитания геометрической формы из цифровой модели с помощью алгоритма *DynaMesh*

4.13. Создание новых кистей *Insert Mesh*

В программной среде *ZBrush* предусмотрена обширная библиотека предустановленных геометрических форм и инструментов моделирования (кистей), причем с помощью инструмента *Insert Mesh* пользователи могут создавать индивидуальные кисти на основе собственных 3D-моделей. Для осуществления этой идеи нужно взять куб и удалить его часть, используя технику вычитания *DynaMesh* (см. п. 4.12). После создания предпочтительной формы требуется осуществить переход к панели инструментов *Brush* и активировать кнопку *Create Insert Mesh*. В открывшемся диалоговом окне следует выбрать фразу *New*,



после чего в нижней части браузера *Brush* появится изображение новой кисти, которую можно использовать точно так же, как и другие кистевые инструменты этого типа (рис. 4.14).

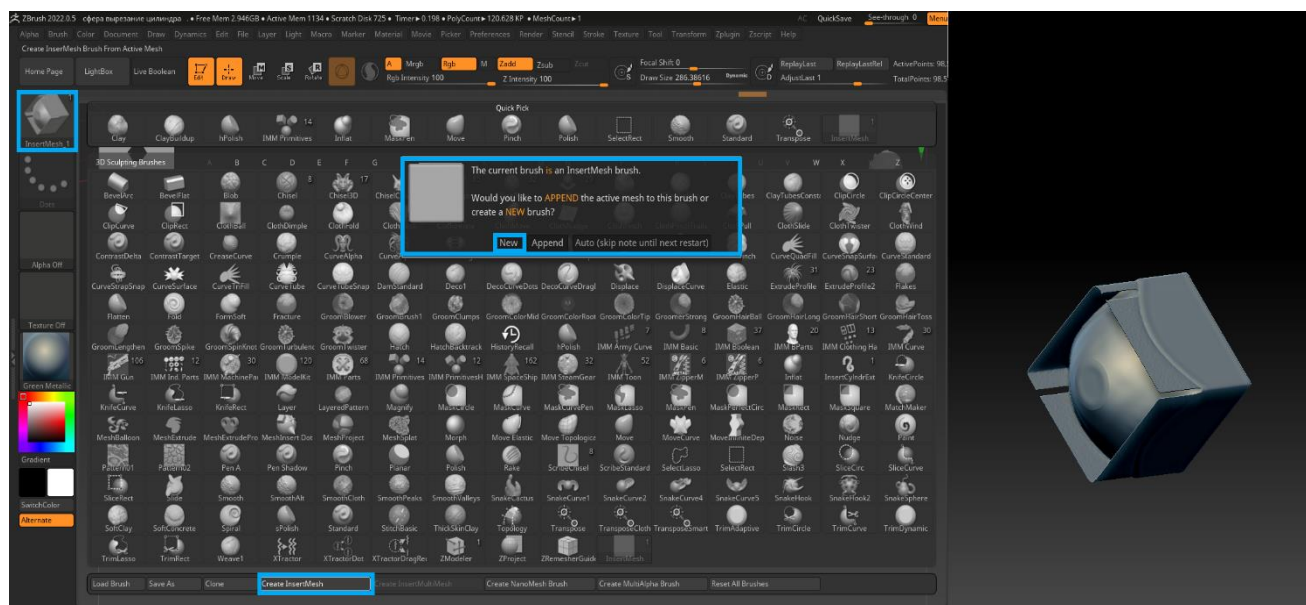


Рис. 4.14. Создание собственной кисти *InsertMesh*

В процессе применения разработанной кисти к модели было установлено, что для обеспечения правильной работы инструмента *DynaMesh* необходимо изменить ориентацию новой кисти. Достижение необходимого результата может быть обеспечено посредством использования манипулятора транспозиции. Во избежание подобных проблем кисти типа *Insert Mesh* необходимо создавать определенным образом и с правильной ориентацией. Ориентация объекта в окне документа при активации кнопки *Create Insert Mesh* показывает, каким образом этот объект будет вставлен при использовании новой кисти.

4.14. Создание новых кистей *Insert Multi Mesh*

Для создания кисти *Insert Multi Mesh (IMM)* также можно использовать несколько объектов. С этой целью необходимо загрузить из меню *Tool* и использовать субпалитру *Initialize* для изменения ее параметров, после чего активировать кнопку *Make PolyMesh3D* и оставить фигуру на экране под углом (рис. 4.15, поз. 1). Нажав на кнопку *Create*



Insert Mesh (рис. 4.15, поз. 2), нужно выполнить поворот шестерни до требуемого положения (рис. 4.15, поз. 3), используя клавишу *Shift* с целью оптимизации процесса позиционирования объекта. Далее требуется повторно активировать кнопку *Create Insert Mesh* и в открывшемся окне (рис. 4.15, поз. 4) выбрать команду *Append* (Добавить). После этого требуется снова повернуть объект и повторить весь процесс, убедившись, что была выбрана первая кисть *Insert Mesh* (рис. 4.15, поз. 5). В результате пользователь будет располагать кистью, состоящей из объектов, расположенных под разными углами.

Созданные инструменты станут видны после активации клавиши *M* (рис. 4.15, поз. 6). Преимущество кистей *IMM* заключается в том, что можно создать несколько пользовательских кистей *Insert Mesh*, не перегружая при этом палитру *Brush*.

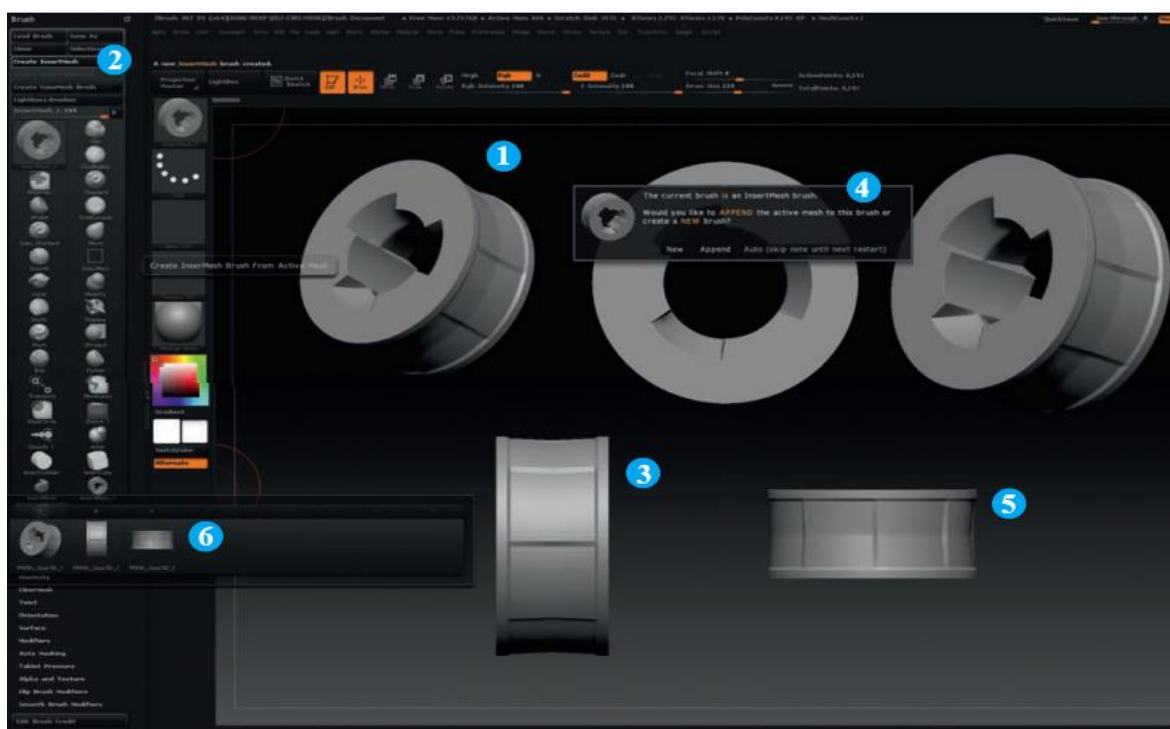


Рис. 4.15. Создание кисти *Insert Multi Mesh*

4.15. Инструмент ZModeler

Функция *ZModeler* предоставляет доступ к инструментам полигонального моделирования и идеально подходит для разработки моделей рукотворных объектов (рис. 4.16).



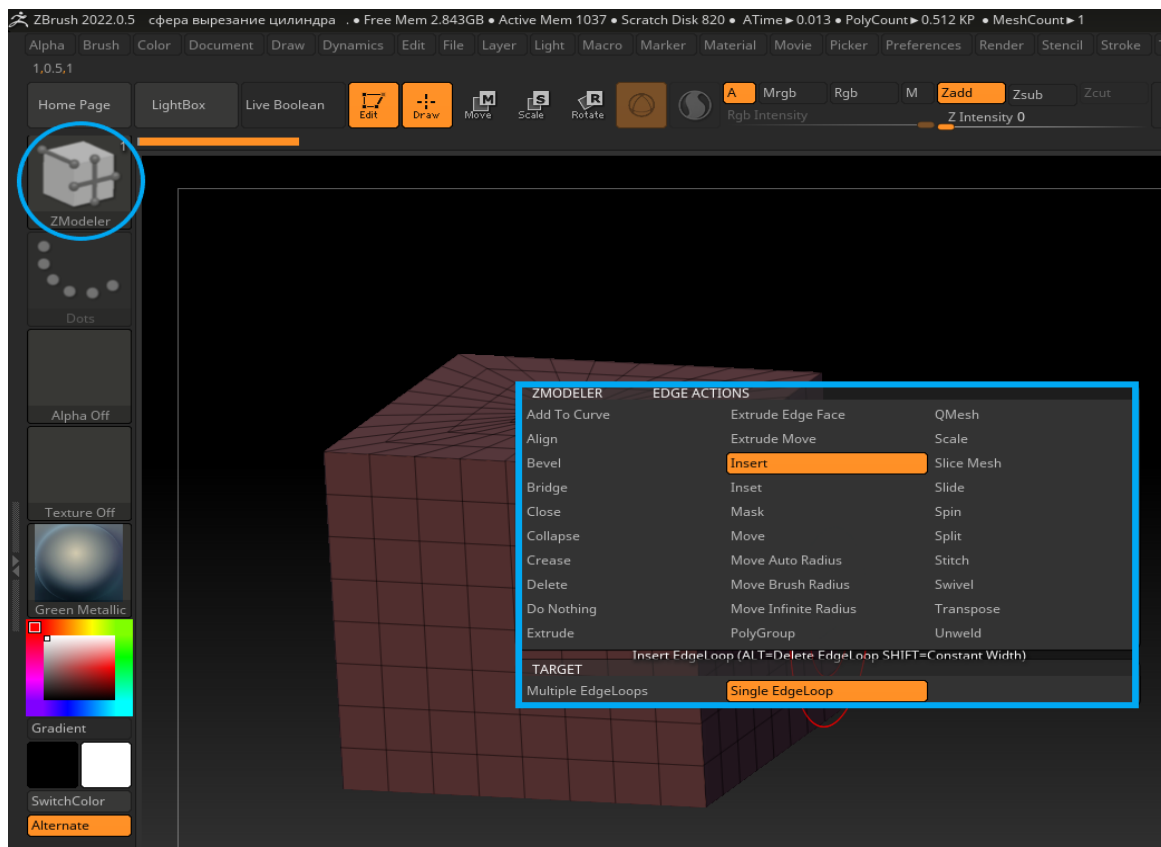


Рис. 4.16. Инструмент ZModeler с доступными операциями

Принцип работы данного инструмента можно рассмотреть на примере примитива *Cube3D*. После создания редактируемого куба с помощью кнопки *Make PolyMesh3D* нужно выбрать кисть *ZModeler* в палитре *Brush*. При активации режима *Polyframe* путем сочетания клавиш *Shift+F* появляется возможность визуализации каркасной структуры куба. В этом режиме доступны различные операции с геометрическими элементами объекта, включая ребра, полигоны и вершины. К таким операциям относятся, например, *Extrude* (экструзия), *Crease* (складка), *Offset* (смещение), *Bridge* (соединение) и *Divide* (деление). Чтобы открыть контекстное меню с перечнем действий, необходимо навести курсор мыши на один из компонентов куба и инициировать команду посредством активации клавиши пробела.

4.16. Операции над полигонами ZModeler

Для более подробного знакомства с операциями над полигонами, предусмотренными в меню *ZModeler*, требуется навести курсор мыши на один из полигонов, составляющих куб, и активировать клавишу



Пробел для вызова контекстного меню *ZModeler Polygon afterActions* (рис. 4.17). В этом меню необходимо выбрать действие, которое планируется совершить, и нужный целевой объект, а также настроить соответствующие параметры и модификаторы, являющиеся интуитивно понятными. Для применения выбранной операции к нужному полигону следует использовать *ЛКМ*. В качестве примера операция *Delete* (Удаление) обеспечивает удаление выделенных полигонов, тогда как операция *Spherize* (Сферизация) трансформирует выбранные полигоны в объекты с геометрией сферы. Операция *Extrude* (Экструзия), в свою очередь, позволяет произвести выдавливание полигональных элементов из базовой формы, такой как куб.

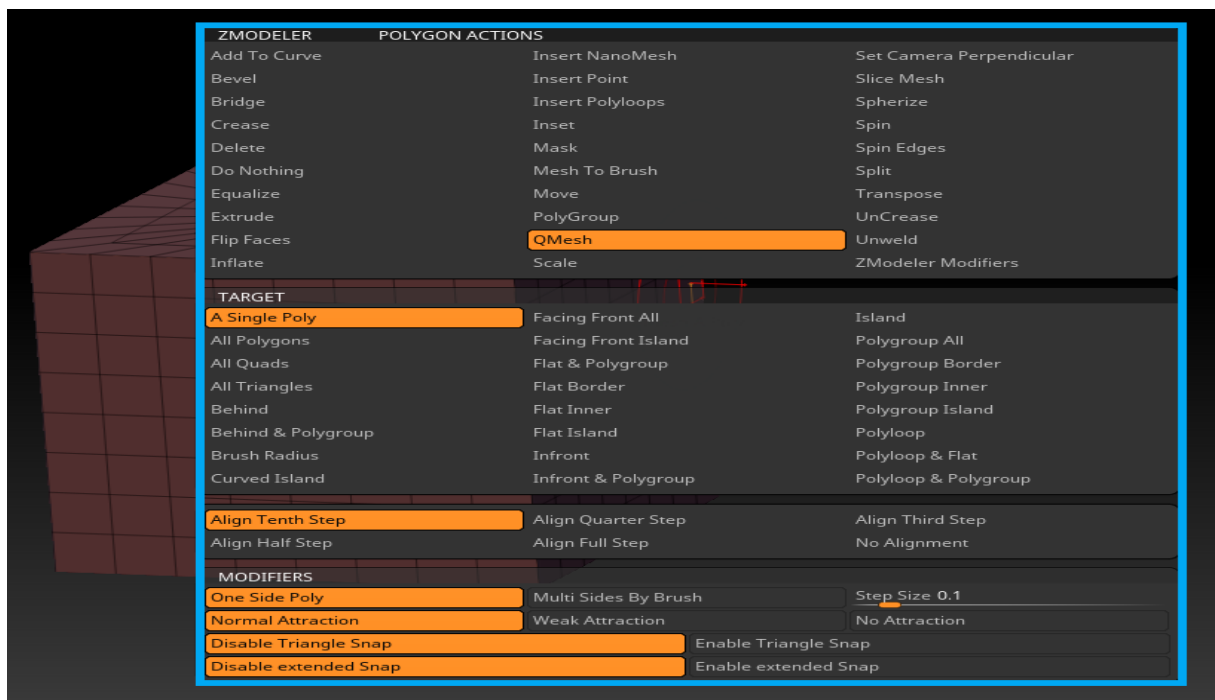


Рис. 4.17. Операции над полигонами в меню *ZModeler*

Чтобы выдавить грани с помощью инструмента *ZModeler*, следует удерживать нажатой клавишу *Alt*, кликая по тем полигонам, которые планируется выдавить (рис. 4.18, поз. 1). Об их выделении будет свидетельствовать изменение цвета. С этой целью необходимо привести указатель мыши на полигон и активировать клавишу *Пробел*, чтобы открыть меню *ZModeler Polygon Actions*, затем выбрать пункт *QMesh*, который позволяет выдавливать или объединять вместе несколько полигонов, или пункт *Extrude* в разделе *Polygon Actions*, и пункт *A Single Poly* (Один полигон) в разделе *Target* (Цель). Отпустив клавишу *Пробел*, чтобы закрыть меню, кликнуть *ЛКМ* и перетащите выбранные полигоны для выдавливания (рис. 4.18, поз. 2).



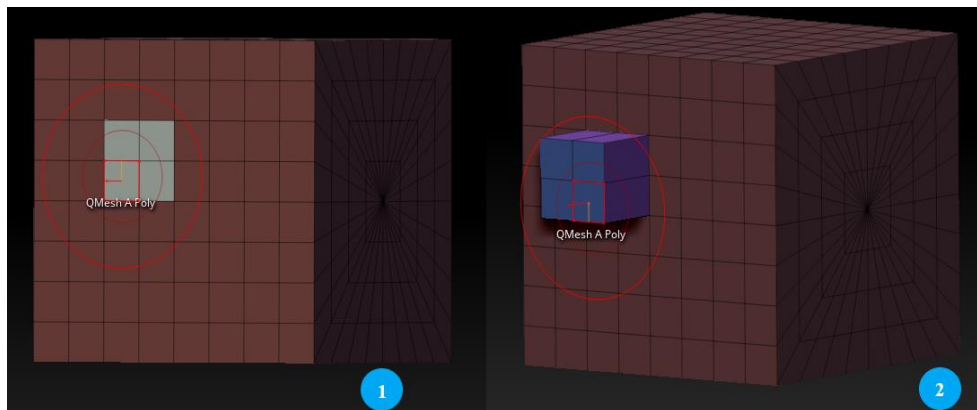


Рис. 4.18. Редактирование и выдавливание полигонов

Чтобы создать мост между полигонами, необходимо выделить стартовый полигон. Для этого следует воспользоваться кнопкой *Delete*, активируемой нажатием клавиши *Пробел* в разделе *ZModeler Polygon Actions*, после чего удалить полигон посредством клика *ЛКМ*.

Последующие операции аналогичного характера применяются к целевому полигону, который представляет собой конец моста (рис. 4.19, поз. 1). Наведя указатель мыши на ребро, нажать клавишу *Пробел* и в открывшемся окне выбрать операцию *Bridge* (Мост) в разделе *Edge Action* и пункт *Two Holes* → *Spline* (Два отверстия → Сплайн) в разделе *Target*. В месте удаленного стартового полигона кликнуть по любому из ребер, а затем перетащить мышью на одно из них, чтобы создать мост между ними (рис. 4.19, поз. 2). Также можно отрегулировать уровень подразделения и кривизну моста путем перетаскивания мыши вдоль разных осей (рис. 4.19, поз. 3).

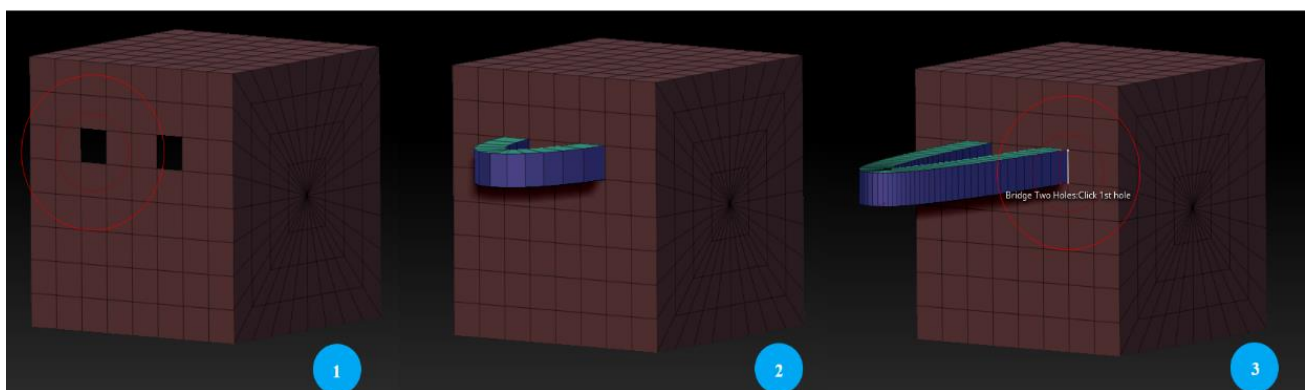


Рис. 4.19. Создание моста с помощью действий меню *ZModeler*

На рис. 4.20 (поз. 1) представлены объекты, которые являются результатом применения к кубу операций *Bevel*, *Crease*, *Delete*, *Bridge* и *QMesh* с указанием в качестве целей параметров *Single Poly* и *Polygroups* для небольшой корректировки значений каждого этапа преобразования.



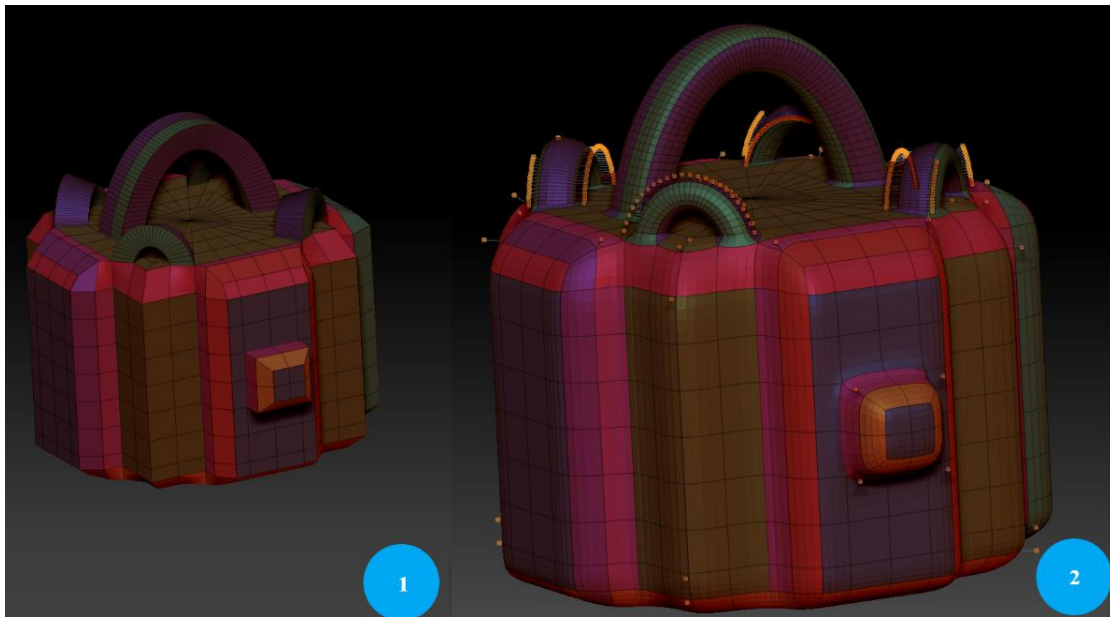


Рис. 4.20. Применение режима *Dynamic Subdivision*

Активация клавиши *D* при использовании инструментов *ZModeler* включает режим *Dynamic Subdivision* (Динамическое подразделение), позволяющий увидеть, как будет выглядеть модель при увеличении уровня подразделения, что бывает очень полезным при оценке складок, создаваемых на поверхности модели (рис. 4.20, поз. 2). Для отключения данного режима применяется комбинация клавиш *Shift+D*.

4.17. Ребра и вершины

Многие из инструментов меню *ZModeler* вполне применимы не только к полигональным поверхностям, но и к их составляющим элементам – вершинам и ребрам. Использование данных инструментов позволяет создавать разнообразные элементы вроде отверстий, фасок и сеток. Для примера на рис. 4.21 показан результат применения к ребру функций *Bevel* (Фаска). Для этого нужно навести курсор мыши на ребро и нажать клавишу *Пробел*, а затем выбрать вариант *Bevel* в качестве действия и *Edge Loop Complete* в качестве цели. Выбранное действие можно применить и к петле из ребер, если сначала отпустить клавишу *Пробел*, а затем кликнуть по ребру, чтобы перетащить ее. После чего при желании можно выдавить эту петлю, выбрав действие *Extrude* в меню *Polygon Action*.



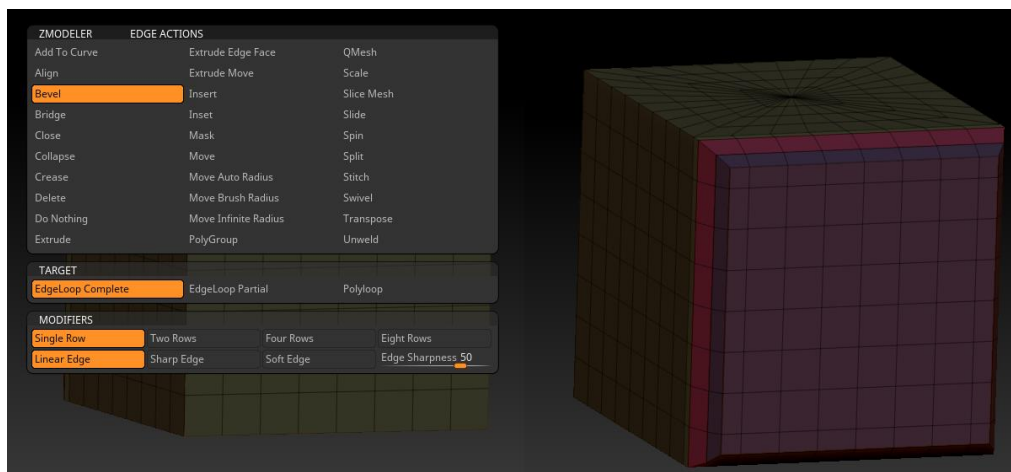


Рис. 4.21. Использование операции *Bevel* для создания фаски

Для формирования отверстия (рис. 4.22) необходимо навести указатель мыши на вершину и нажать клавишу *Пробел*, затем выбрать команду *Split* (Разделить) в качестве действия и функцию *Point* (Вершина) в качестве цели. Отпустив клавишу *Пробел*, выполнить необходимые операции для формирования круга. Затем выбрать вновь созданный круг из полигонов (кликая по ним при нажатой клавише *Alt*) и операцию *Extrude* из меню *Polygon Action* (чтобы вдавить их внутрь).

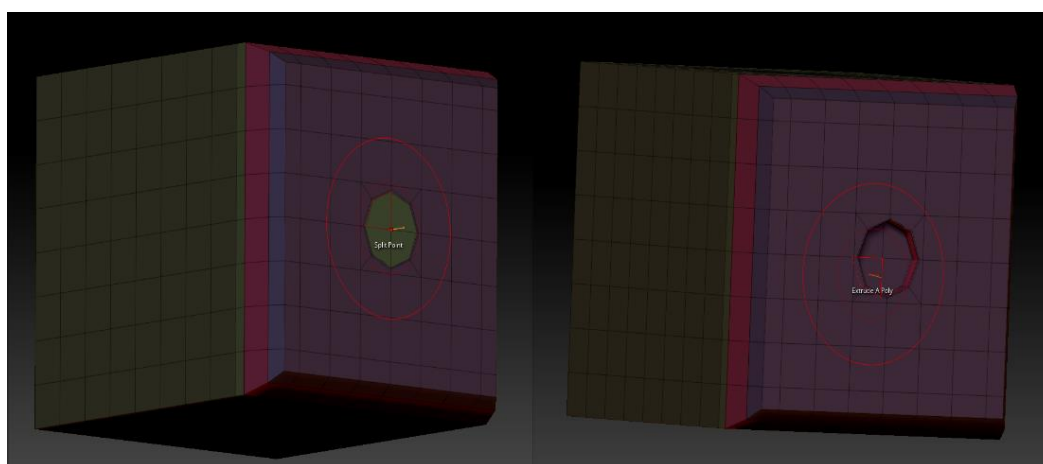


Рис. 4.22. Формирование отверстий с помощью операций *Split*, *Point* и *Extrude*

На рис. 4.23 изображен цилиндр в режиме *Dynamic Subdivision*. Некоторые петли полигонов вдавлены внутрь с помощью операции *Extrude*, а к другим вершинам была применена команда *Split*. Определить, к каким областям применялось действие *Crease*, достаточно просто, поскольку в режиме просмотра *Dynamic Subdivision* они остаются четкими, тогда как не затронутые этим действием области, обозначенные желтыми метками, становятся скругленными и сглаженными.



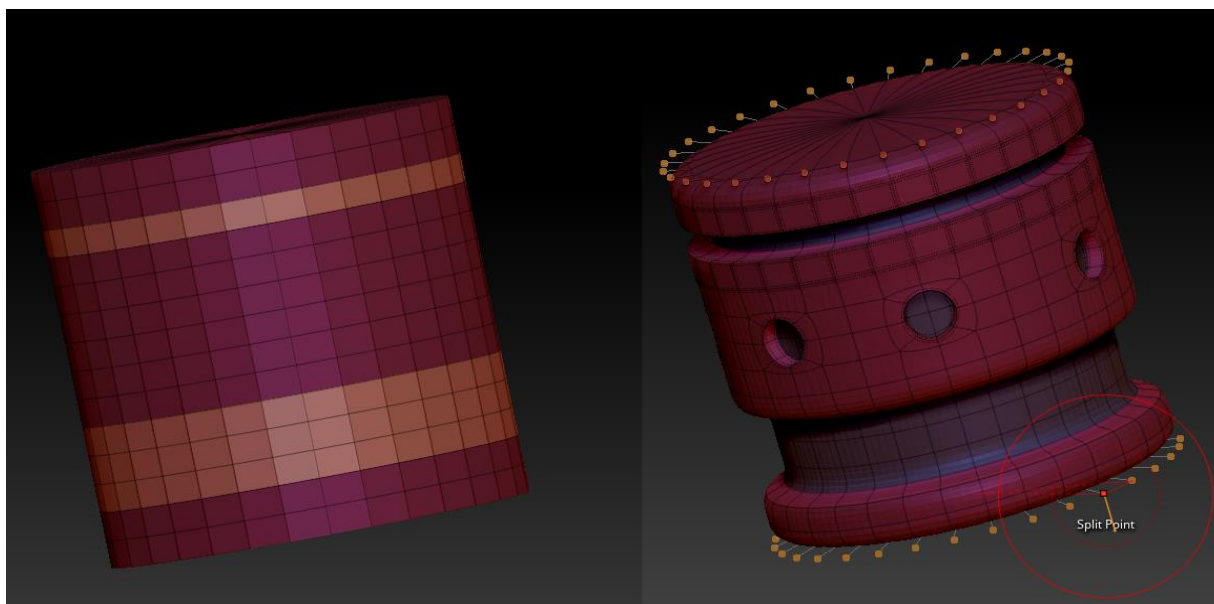


Рис. 4.23. Пример использования операций *Split*

4.18. Инструмент *Polypaint*

Данный инструмент представляет собой впечатляющий метод окраски трехмерных моделей, позволяющий присваивать различные цветовые значения отдельным вершинам сетки. Увеличение количества полигонов в модели способствует повышению разрешения и точности отображаемого изображения.

Для ознакомления с возможностями инструмента *Polypaint* следует загрузить на холст примитив *Cube3D* и преобразовать его в полигональную 3D-сетку, после чего выбрать кисть *Standard* в палитре *Brush* и отключить режим *Zadd* (рис. 4.24, поз. 1), чтобы вместо лепки применить к модели только цвет и материал. Затем нужно активировать комбинацию клавиш *Ctrl+D* три раза для увеличения разрешения модели. Далее необходимо перейти на субпалитру *Tool* → *Polypaint* (Инструмент → Полирисование) и нажать (рис. 4.24, поз. 2) кнопку *Colorize* (Раскрасить). Небольшой значок в виде кисти в меню *SubTool* (рис. 4.24, поз. 3) свидетельствует о том, что инструмент *Polypaint* является активным. Выбрав белый базовый материал *SkinShader* в палитре *Material*, следует убедиться в том, что на верхней панели активирован режим *Rgb* (рис. 4.24, поз. 4). Цвет выбирается на левой панели меню в палитре *Color* (Цвет).



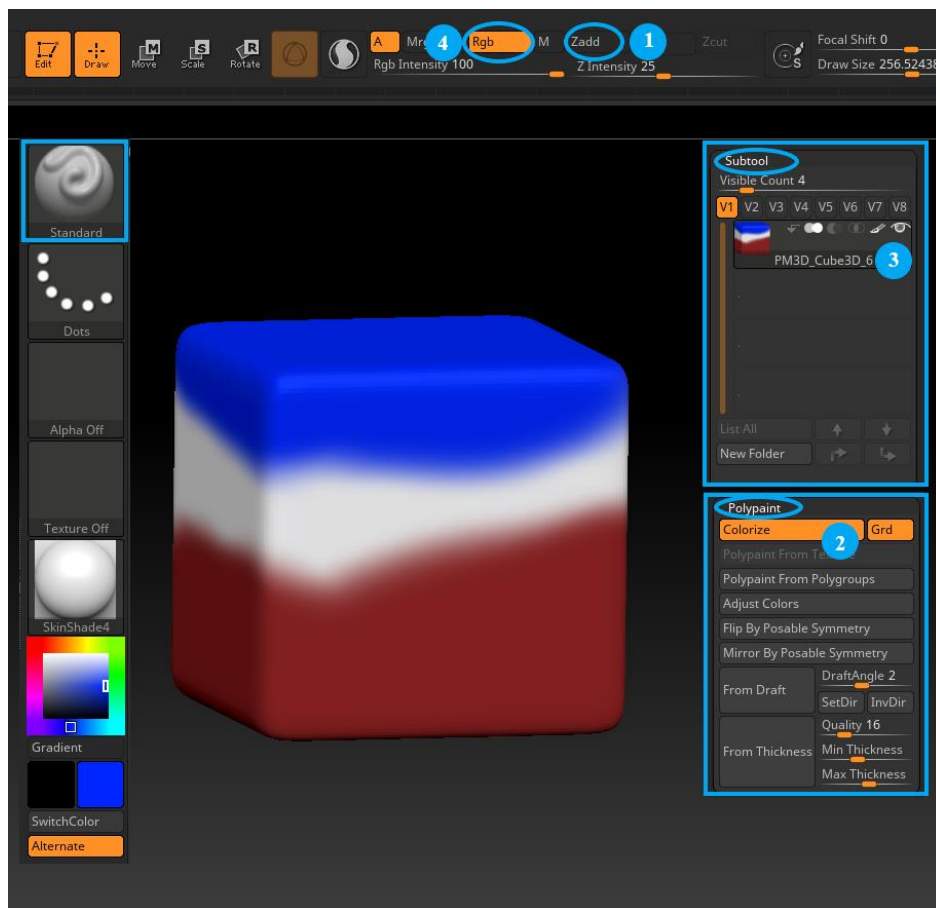


Рис. 4.24. Применение инструмента *Polypaint*

4.19. Функция *FillObject*

Для следующего упражнения рекомендуется использовать модель, созданную ранее в п. 4.10. После загрузки созданной модели головы необходимо перетащить ее на холст и переключить режим правки *Edit*. Данная модель уже представляет собой редактируемую сетку, которую можно лепить и раскрашивать, поэтому нет необходимости пользоваться кнопкой *Make PolyMesh3D*.

Для запуска процесса окраски необходимо перейти на панель управления цветовой гаммой (палитра *Color*) и выбрать темный цвет кожи. Далее, активировав функцию заливки объекта (*FillObject*), нужно применить к модели выбранные цвет и текстуру. В качестве материала рекомендуется использовать *SkinShade4*, который обладает оптимальными характеристиками для реалистичной визуализации персонажей данного типа (рис. 4.25).





Рис. 4.25. Применение функции *FillObject*

4.20. Раскрашивание модели с помощью базовых карт прозрачности

Для более детального раскрашивания поверхности рекомендуется использовать карты прозрачности (альфа-карты), черно-белые изображения, определяющие форму кисти. Палитра *Alfa* (Прозрачность) включает обширный спектр предварительно созданных карт прозрачности. В качестве иллюстрации можно использовать карту *Alfa 56*, содержащую линии, оптимально подходящие для имитации кожных покровов модели (рис. 4.26).

Для того чтобы придать голове персонажа более светлый оттенок, нужно перейти в левый док на палитру *Color* и начать процесс окрашивания объекта, предварительно убедившись в активации режима *Draw*. Необходимо сфокусировать внимание на выступах, а не на углублениях модели. Следует также придерживаться небольших величин параметра *Rgb Intensity*, а для параметра *Draw Size* выбрать значение 187.





Рис. 4.26. Использование карты прозрачности Alfa 56 для применения к голове более светлого оттенка

4.21. Раскрашивание кожи модели

Раскрашивание кожи требует наличия определенных практических навыков. Рекомендуется всегда начинать процедуру с нанесения основных цветов. При этом следует учитывать, что, так как области с наибольшей толщиной кожного покрова характеризуются более близким расположением кровеносных сосудов к их поверхности, это обуславливает необходимость использования более насыщенных красных тонов для их окраски. А участки с менее выраженной толщиной кожного покрова (например, лоб) следует окрашивать в серовато-голубоватые оттенки ввиду сниженного кровоснабжения данных областей – в частности, окраска серым цветом области подбородка поможет создать намек на щетину. Что касается ушей, то они представляют собой сложную анатомическую структуру, состоящую из хрящевой ткани и кожного покрова. Кожа уха обладает определенной степенью



прозрачности, что позволяет ей частично пропускать световые волны, однако в программе нет возможности создания прозрачной кожи, поэтому можно симитировать данный эффект с помощью более светлого оранжевого оттенка (рис. 4.27).



Рис. 4.27. Использование карт прозрачности и инструмента Polypaint для детализовки при раскрашивании кожи модели

4.22. Раскрашивание глаз модели

В ходе разработки усложненных моделей в среде ZBrush формирование таких элементов, как глаза, с последующим применением глянцевых материалов является стандартной процедурой. Однако иногда целесообразнее нанести изображение глаз непосредственно на поверхность головы модели. С этой целью рекомендуется заменить используемую альфа-кисть на стандартный круглый альфа-режим (кисть *Alfa 01*) и установить параметр *Rgb Intensity* на достаточно высокое значение (100). Затем следует закрасить всю область глаза белым цветом, после чего добавить круглое черное основание, достаточное по размеру для размещения зрачка и радужной оболочки. В завершение голубым оттенком наносится кольцевая структура радужки, оставляющая черный круг в качестве зрачка и тонкий черный контур (рис. 4.28).





Рис. 4.28. Раскрашивание глаз на сетке объекта

4.23. Создание отдельных глаз

В процессе работы с более сложными моделями возможно создание отдельных глазных структур как самостоятельных субобъектов. Для реализации данного подхода необходимо сформировать базовый объект типа *Sphere3D* в новом файле, переключиться в режим редактирования и конвертировать модель в полигональное представление. Далее следует активировать функцию симметрии посредством клавиши *X*, что обеспечит синхронное формирование обеих орбитальных полостей. Применение инструмента *Standard Brush* с зажатой клавишей *Alt* поможет сформировать глазницы (рис. 4.29, поз. 1).

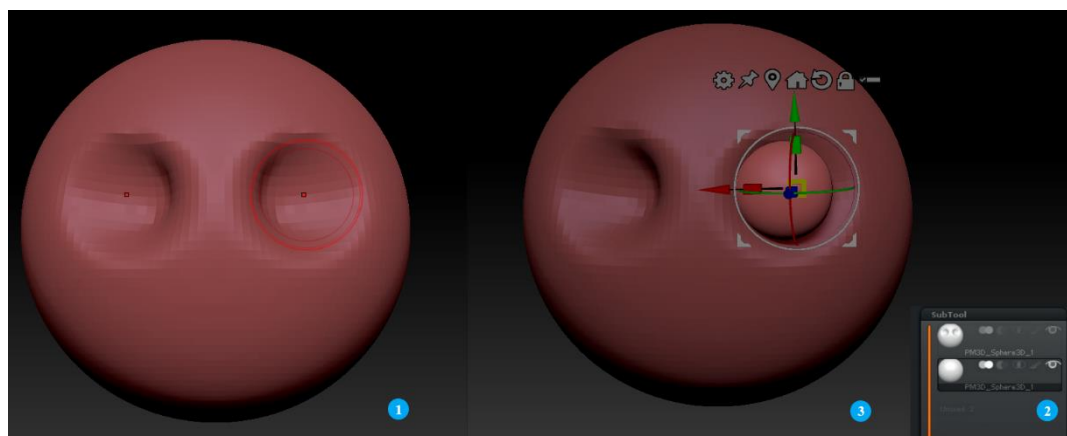


Рис. 4.29. Создание модели глаза



Затем следует перейти в субпалитру *Tool* → *SubTool*, активировать кнопку *Append* и открыть базовый объект *Sphere3D*. В стеке *SubTool* отобразятся (рис. 4.29, поз. 2) голова с глазницами (один подобъект), а также новая сфера, которая будет глазным яблоком (другой подобъект). Выбрав подобъект «глазное яблоко» в стеке, нужно переместить его туда, где можно хорошо его видеть, нажав клавишу *W* и используя внутреннее белое кольцо в середине манипулятора транспозиции. Глазное яблоко должно быть достаточно маленьким, чтобы уместиться в глазнице, поэтому при необходимости можно отмасштабировать его с помощью манипулятора транспозиции в режиме *Scale*. Для этого необходимо нажать клавишу *E* и перетащить линию, кликнув по большому внешнему кольцу. В заключение с помощью функции *Move* следует поместить глазное яблоко в глазницу (рис. 4.29, поз. 3).

Убедившись, что выбран подобъект «глазное яблоко», включены режимы *Draw* и *Mrgb*, а режим *Zadd* выключен, нужно выбрать кисть *Standard* в палитре *Brush* и *SkinShade4* в палитре *Material*, а потом цвет в палитре *Color* и нажать на кнопку *FillObject*, чтобы залить модель белым базовым цветом. Следует обратить внимание, что после этих операций на палитре *SubTool* станет активным значок в виде кисти для подобъекта «глаз», что свидетельствует о том, что к нему была применена функция *Polypaint* (рис. 4.30).

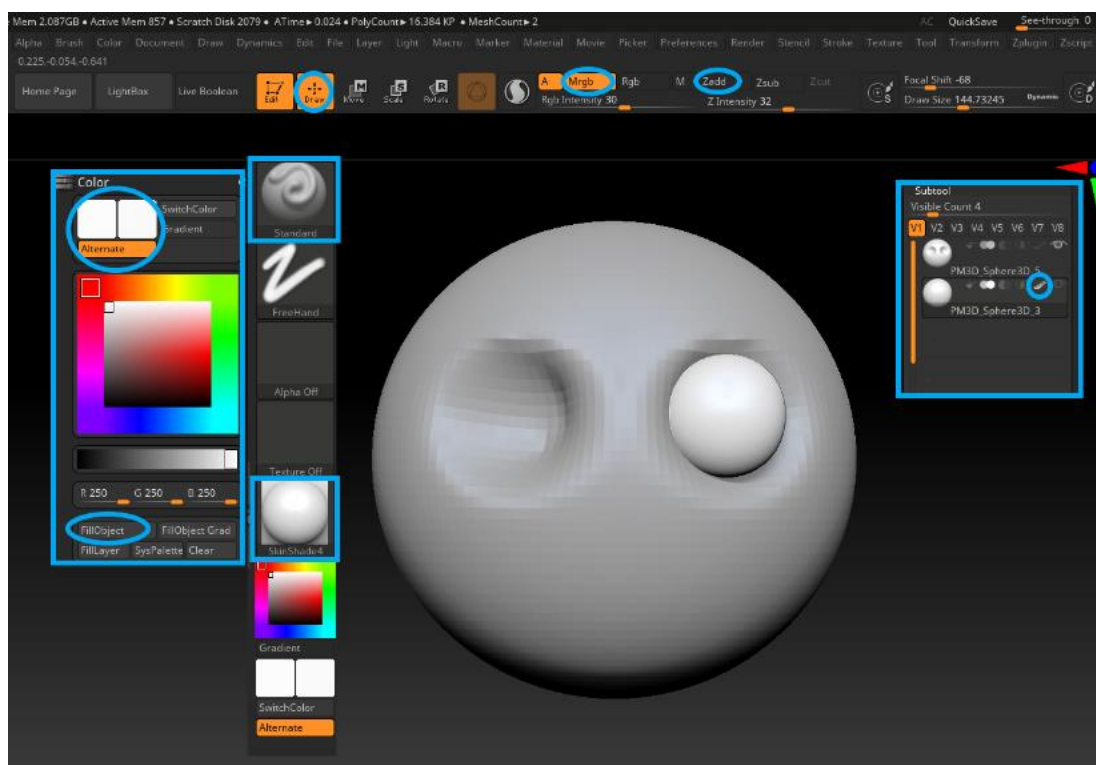


Рис. 4.30. Редактирование подобъекта «глазное яблоко»



Чтобы получить изображение радужной оболочки и зрачка (рис. 4.31), нужно выбрать подобъект «глаз», активировать режим *Rgb* и использовать кисть *Standard*. При этом можно скрыть ненужные объекты с помощью иконки глаза, расположенной над подобъектами, для управления их видимостью, а затем применить инструмент *Polypaint*.

При желании поэкспериментировать с другими материалами следует учесть, что использование функции заполнения объекта *FillObject* в режиме *Mrgb* приведет к окрашиванию деталей однородным цветом. Для предотвращения данного эффекта рекомендуется деактивировать режим *Mrgb* и включить режим *M*. Это позволит при активации функции *FillObject* применять исключительно материал без изменения цвета.

Для создания дубликата подобъекта «глаз» необходимо воспользоваться кнопкой *Duplicate* на палитре *SubTool* и переместить второй глаз в требуемое положение посредством манипулятора транспозиции (рис. 4.32).

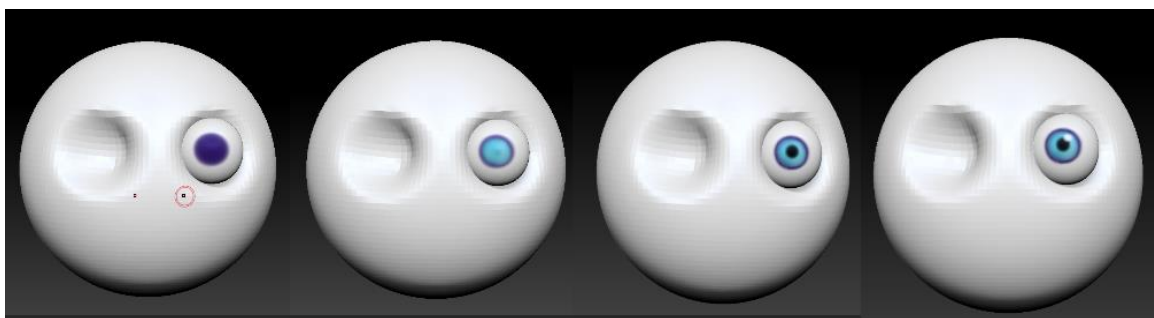


Рис. 4.31. Создание радужной оболочки и зрачка глаза

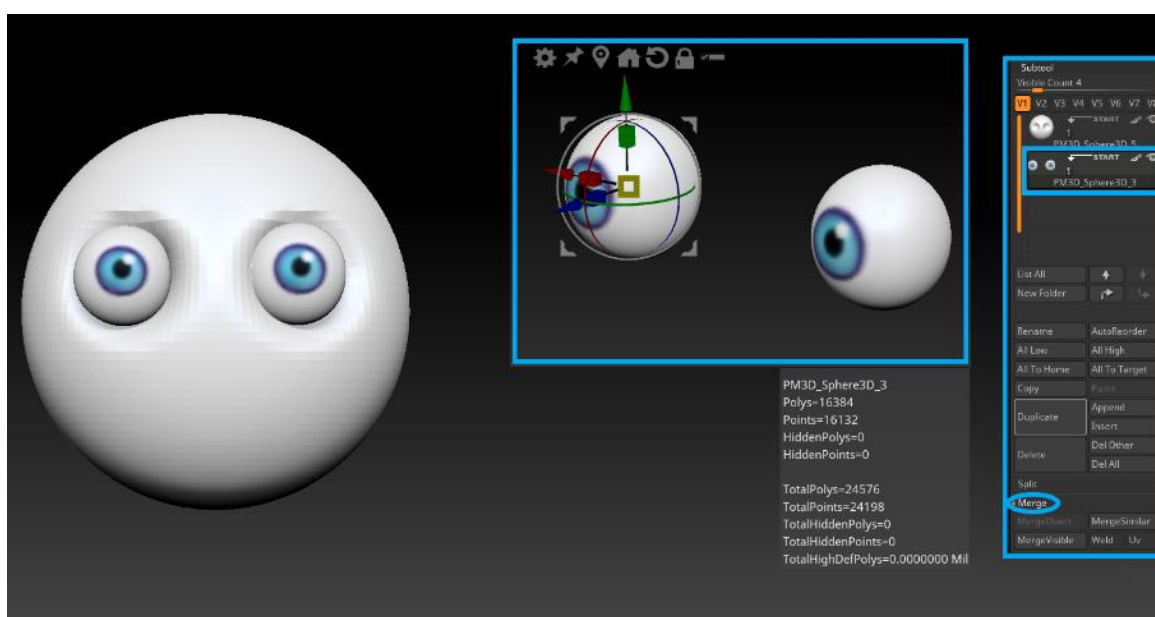


Рис. 4.32. Создание дубликата подобъекта «глаз»



Глаза должны находиться на правильном расстоянии друг от друга, чтобы поместиться в глазницы. Затем оба глаза следует объединить в единый подобъект, выбрав второй, расположенный выше в стеке подобъектов, и применяя команду *Merge* → *MergeDown* (Слияние → Объединить с нижележащим). Однако, прежде чем объединять их, необходимо убедиться в правильном расстоянии между глазными яблоками. Для этого нужно поместить их в глазницы вместе и расположить на одном уровне. Облегчить данную задачу можно путем фиксации положения головы, удерживая нажатой клавишу *Shift* в процессе перемещения в режиме *Move*.

Далее необходимо поместить глаза в глазницы. Полезным приспособлением для этого является привязка манипулятора транспозиции к нужной оси так, чтобы глаза двигались только по направлению к голове, а не вверх-вниз или в разные стороны. В режиме *Move* нужно кликнуть по одному из глаз и переместить манипулятор транспозиции, на котором находятся красные, зеленые и синие маркеры, которые обозначают оси *x*, *y* и *z*. Потом переместить глаза вдоль синей оси, кликнув по одному из синих маркеров. Если теперь перетащить центральное белое кольцо манипулятора, удерживая нажатой клавишу *Shift*, глаза будут двигаться только вдоль этой оси. Для удобства ориентации при перемещении глазных яблок следует активировать функцию *Transp* на верхней панели меню *Transform* или на правой панели, чтобы сделать оставшуюся часть модели полупрозрачной (рис. 4.33).

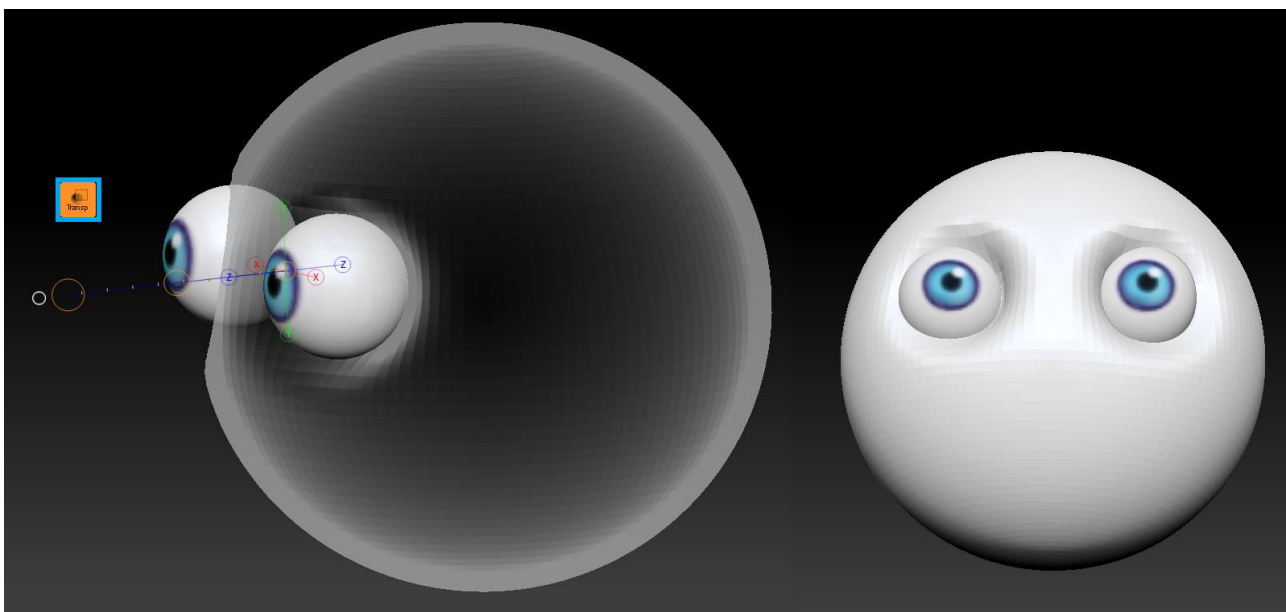


Рис. 4.33. Использование инструмента *Transp* и манипулятора транспозиции для установки и фиксации глаз в глазницы



5. ТЕКСТУРНЫЕ КАРТЫ И ИСТОЧНИКИ СВЕТА

5.1. UV-развертка и инструмент ZRemesher

Программа Zbrush позволяет превратить результат полирисования в текстурную карту.

UV-развертывание – это процесс, позволяющий наложить двухмерную текстурную карту, подобную коже, на 3D-объект, создавая серию координат на поверхности модели. Символы *U* и *V* используются для обозначения оси плоской текстуры, тогда как символы *x*, *y* и *z* соответствуют координатным осям трехмерной модели. Однако перед созданием *UV*-координат необходимо уменьшить разрешение модели с помощью инструмента *ZRemesher*, который идеально подходит для оптимизации топологической структуры полигональной сетки модели головы персонажа, разработанной на предыдущем этапе. Использование сетки с более низким разрешением снижает нагрузку на процессор при создании текстурной карты без потери качества изображения.

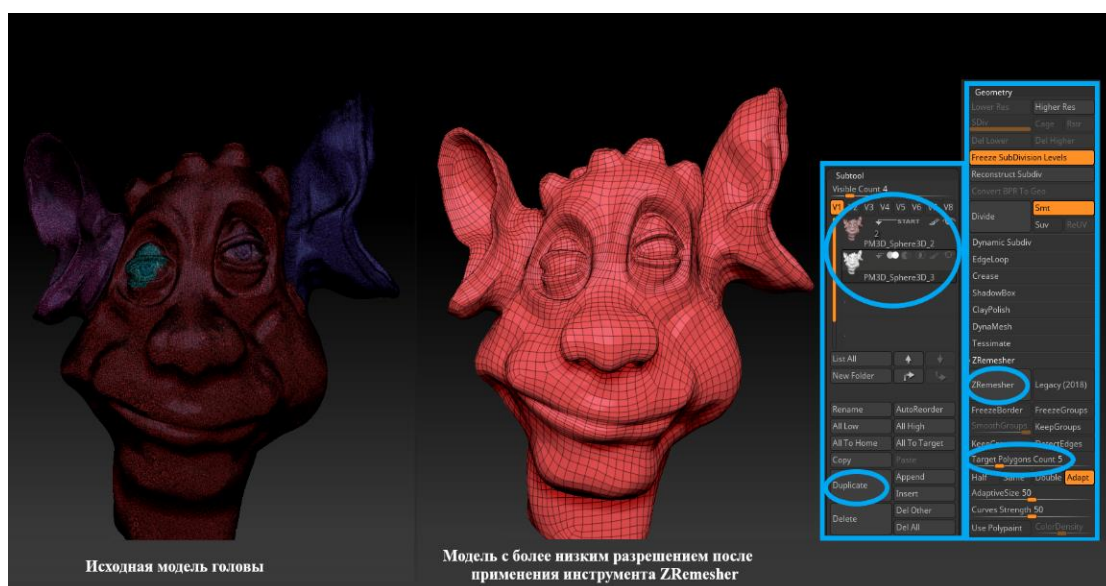


Рис. 5.1. Использование инструмента ZRemesher для создания UV-развертки модели

Создание дубликата головы персонажа начинается с активации кнопки *Tool* → *SubTool* → *Duplicate*. После этого нужно выбрать нижний экземпляр головы в стеке подобъектов и перейти в субпалитру *Tool* → *Geometry* → *ZRemesher*. Затем следует установить значение параметра *Target Polygons Count* (Целевое количество полигонов) равным 5 (что



эквивалентно 5000 полигонам) и запустить процесс, нажав на кнопку *ZRemesher*. После перерасчета появится модель с меньшим количеством полигонов и улучшенным качеством поверхности, на которую будет удобно проецировать текстурную карту (рис. 5.1).

5.2. Проецирование деталей на модель

Для сохранения результата полирисования и детализированной лепки необходимо спроецировать детали модели с большим количеством полигонов на модель с малым количеством полигонов.

На начальном этапе следует удостовериться, что в стеке подобъектов выбрана новая модель головы с низким количеством полигонов и активен значок в виде глаза, что свидетельствует о видимости обеих фигур головы. Чтобы увеличить уровень подразделения, к нижнему подобъекту применяется комбинация клавиш *Ctrl+D*, после чего активируется кнопка *Tool*→*Subtool*→*Project*→*Project All* (Инструмент→Подобъект→Спроецировать→Спроецировать все). Эти операции позволят спроецировать все детали на голову с малым количеством полигонов при данном уровне подразделения (рис. 5.2). Тем не менее для достижения более высокой степени детализации потребуется задействовать комбинацию клавиш *Ctrl+D*, а также дважды применить функцию *Project All*.

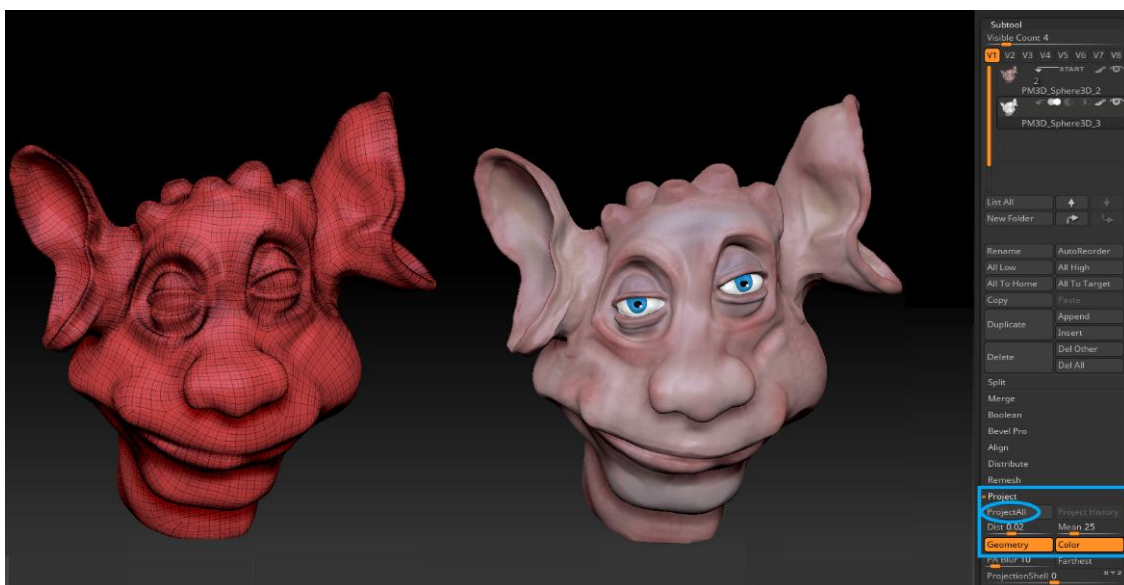


Рис. 5.2. Создание низкополигональной версии детализированной скульптуры с функцией *ProjectAll*



5.3. Базовая UV-развертка

Для создания текстурной карты необходимо выполнить развертку модели. Базовая развертка типа *Pelt* (Шкура) представляет собой набор UV-координат, который является результатом развертывания модели как шкуры животного. Используя этот метод, нужно снизить уровень подразделения до минимального при помощи комбинации клавиш *Shift+D* или кнопки *Tool*→*Geometry*→*Lower res*. Далее на палитре *ZPlugin* (рис. 5.3, поз. 1) следует найти плагин *UV Master*. Не меняя настройки, следует активировать (рис. 5.3, поз. 2) кнопку *Unwrap* (Развернуть).

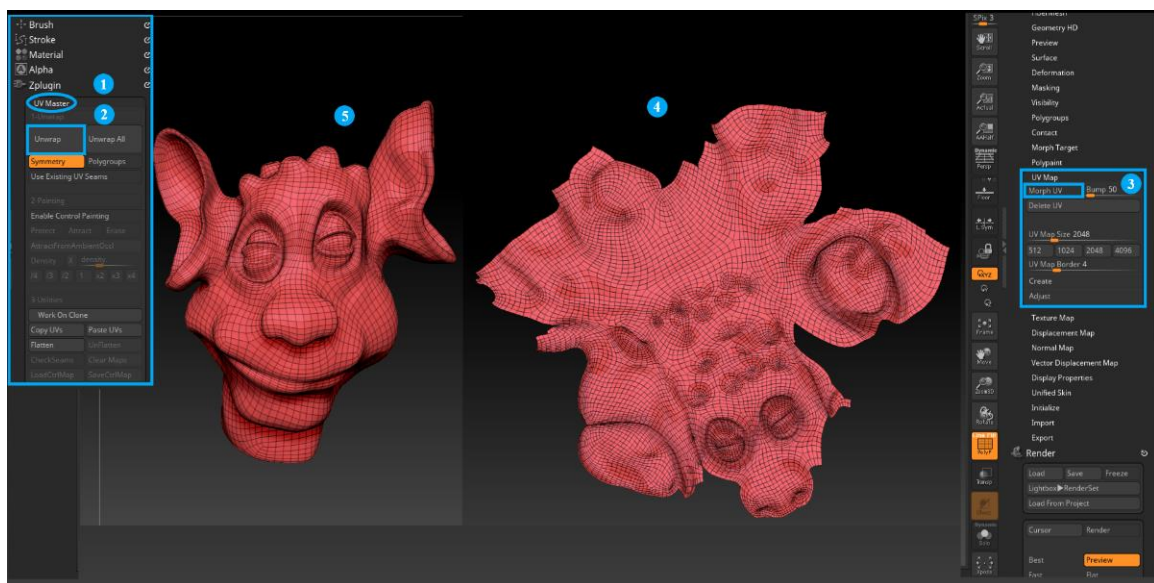


Рис. 5.3. Создание базовой развертки трехмерной модели

Результат развертывания можно увидеть, выбрав в правом доке в палитре *Tool* кнопку *UVMap*→*Morph UV* (рис. 5.3, поз. 3 и 4). А после повторной активации кнопки *Morph UV* (Превратить в UV) появляется возможность вернуться к трехмерному представлению модели (рис. 5.3, поз. 5). Описанный процесс представляет собой отличный способ быстрого создания приблизительных UV-карт.

5.4. UV-развертывание с использованием полигрупп

В некоторых случаях требуется более высокая степень управления процессом. Например, при разработке прототипа персонажа, где точное расположение швов имеет критическое значение. Оптимальная стратегия



заключается в максимальной маскировке швов, а тщательный контроль за их позиционированием способствует повышению общего качества модели.

Для достижения большего контроля над процессом UV-развертывания можно использовать маскирование и полигруппы.

Полигруппы – это способ разбиения модели на наборы полигонов. В других программах они могут называться наборами вершин, или группами. Функция *Polygroup* (Полигруппа) разбивает модель на области, окрашенные в разные цвета. Это не влияет на фактическую геометрию, но является удобным методом организации.

Для выполнения процедуры маскирования требуется выбрать инструмент *MaskLasso* и активировать его с помощью клавиши *Ctrl*. Далее следует обвести область, которую необходимо изолировать, и применить сочетание клавиш *Ctrl+W*, чтобы превратить ее в новую полигруппу, выделенную отдельным цветом. Описанную последовательность действий требуется повторить для каждой из целевых областей.

Активация режима *Polyframe* и мониторинг изменений цветовой палитры осуществляются посредством комбинации клавиш *Shift+F*. Параллельно возможно формирование новой полигруппы путем активации кнопок *Tool* → *Polygroups* → *Auto Groups*. Это действие приведет к автоматической атрибуции уникального цвета каждой вновь сформированной полигруппе при всех последующих манипуляциях (рис. 5.4).

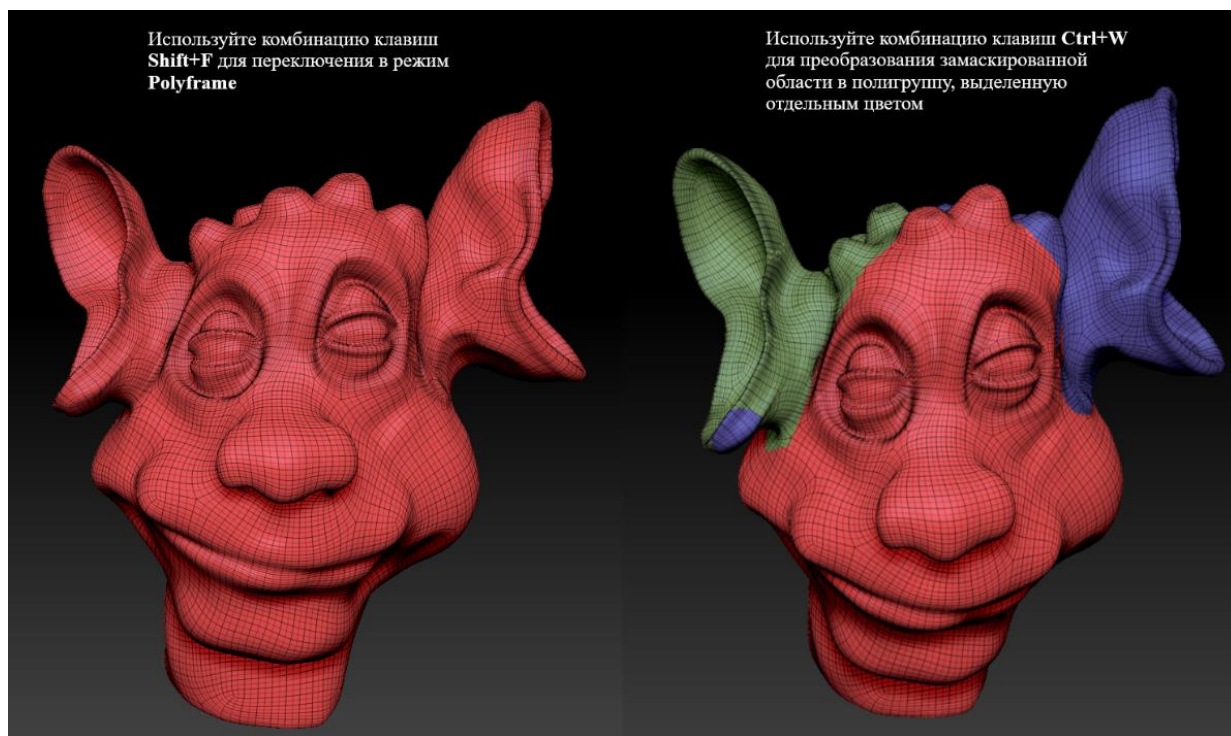


Рис. 5.4. Применение к модели головы разбиения на полигруппы



Разбив сетку на логические группы полигонов, можно создать новый набор *UV*-координат. После возвращения в субпалитру *ZPlugin* → *UV Master* необходимо убедиться, что кнопка *Polygroups* является активной. Нажимать кнопку *Symmetry* не следует, поскольку данная модель головы не является симметричной. Далее при помощи кнопки *Unwrap* нужно создать новый набор *UV*-координат, разделенный на области, исходя из определенных пользователем полигрупп (рис. 5.5).

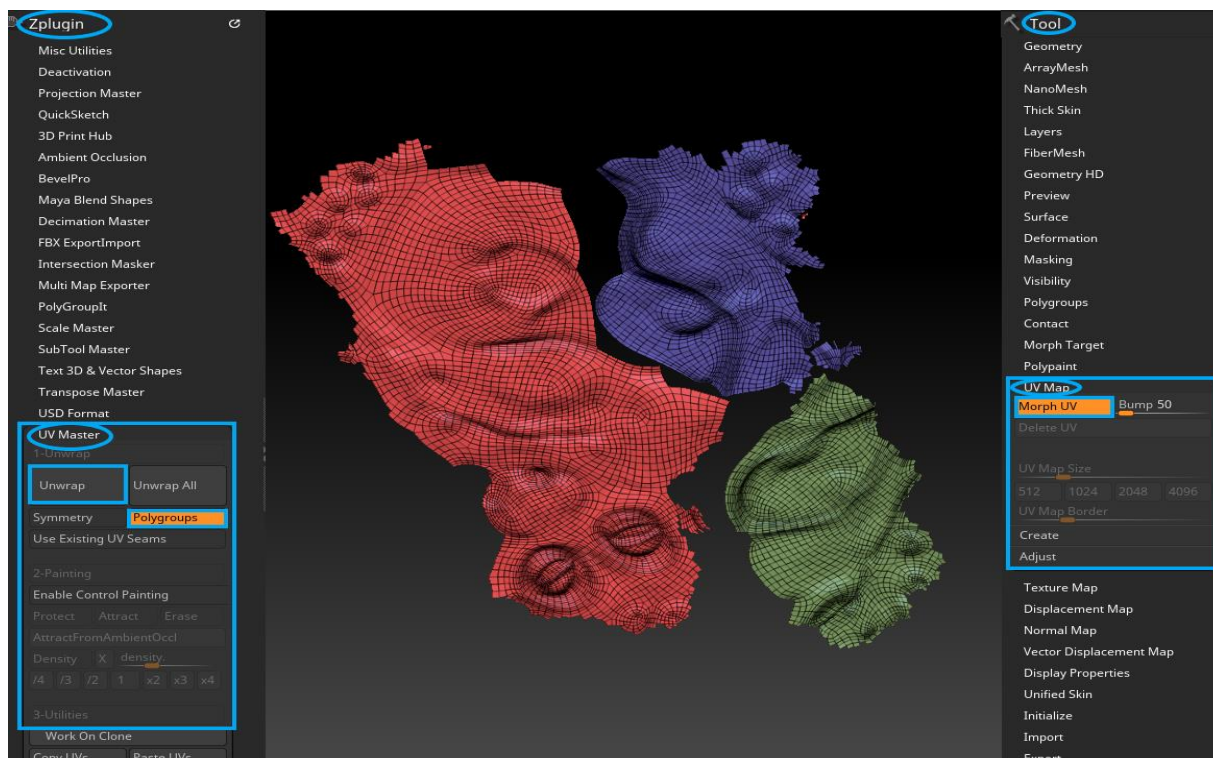


Рис. 5.5. Развертывание модели по *UV*-координатам с использованием полигрупп

5.5. Применение результатов работы инструмента *Polypaint* к текстурам

Текстура, полученная с помощью инструмента *Polypaint*, может быть интегрирована в ранее сформированную текстурную карту для достижения желаемого результата визуализации. Текстура может быть экспортирована для последующей обработки в программной среде Adobe Photoshop в формате двумерного изображения. После завершения редактирования модифицированная версия карты возвращается



в рабочую среду программы ZBrush. Этот метод особенно целесообразен, если пользователь отдает предпочтение созданию текстурных карт посредством манипуляций с двухмерными изображениями, а не нанесению текстур непосредственно на поверхность 3D-моделей.

Для создания текстуры высокого разрешения с помощью инструмента *Polypaint* необходимо наличие большого количества полигонов (данный метод является эффективным при условии, что исследуемая 3D-модель также имеет высокое разрешение). Для настройки максимального уровня подразделения модели нужно нажать клавишу *D*, после чего перейти в субпалитру *Tool* → *Texture Map* → *Create* (Инструмент → Текстурная карта → Создать), где выбрать (рис. 5.6, поз. 1) опцию *New From Polypaint* (Новая из полирисования). Несмотря на отсутствие видимых изменений в структуре модели, при возврате к низкому уровню подразделения и повторной активации кнопки *Morph UV* на палитре *UV Map* (рис. 5.6, поз. 2) будет отображаться подробная текстурная карта (рис. 5.6, поз. 3).



Рис. 5.6. Применение палитры *Texture Map* и *UV Map*

Полученную карту можно экспортировать в форматах PSD или JPEG. Для этого необходимо активировать кнопку *Tool* → *Texture Map* → *Clone Txtr* (Инструмент → Текстурная карта → Клонировать текстуру). После этого копия текстуры будет отправлена на палитру *Texture* (Текстура), где следует нажать на кнопку *Export* (Экспорт), чтобы



сохранить файл в нужном формате. После редактирования и сохранения изображения в программе Photoshop появится возможность импортировать полученное изображение обратно в Zbrush, кликнув по эскизу *UV*-карты в субпалитре *Tool*→*Texture Map*.

5.6. Инструмент Spotlight

Еще одним инструментом, позволяющим применять текстуры к модели, является инструмент *Spotlight*. Данная функция позволяет импортировать серии изображений и применять их к 3D-модели с помощью инструментов рисования программы Zbrush.

Инструмент *Spotlight* хорошо подходит для имитации текстуры кожного покрова. На панели *Texture* необходимо активировать функцию *Import*, после чего выбрать подходящие изображения текстур кожи для последующей загрузки в панель *Texture*. Каждое изображение (рис. 5.7, поз. 1) должно быть обработано путем нажатия кнопки *Add to Spotlight* (Добавить в *Spotlight*), что позволит загрузить выбранные образцы в интерфейс *Spotlight* на рабочем экране (рис. 5.7, поз. 2).

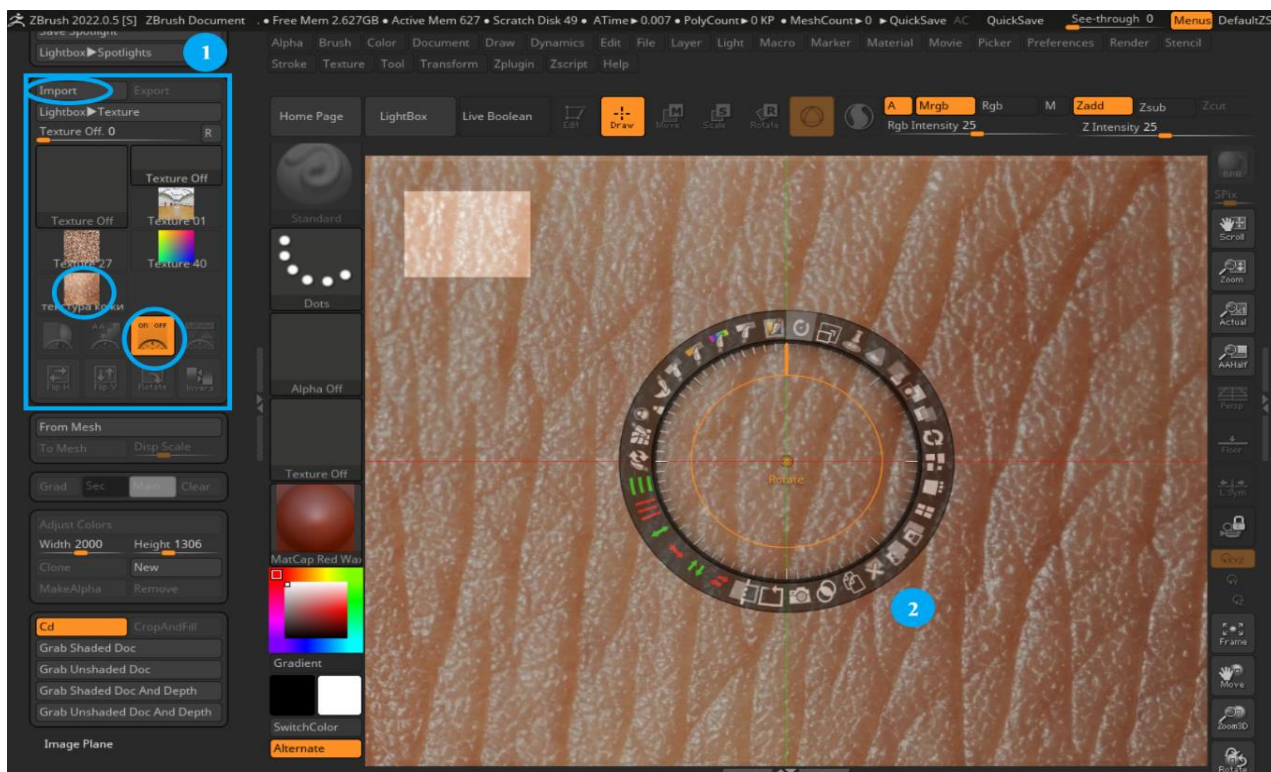


Рис. 5.7. Использование палитры *Texture* для добавления изображения в *Spotlight*



5.7. Кольцо Spotlight

Для проецирования изображения на поверхность модели требуется разместить интерфейс управления *Spotlight* в виде кольца над моделью, перетащив его за маленький круг в центре. Комбинация клавиш *Shift+Z* предназначена для активации изображения, а клавиша *Z* управляет видимостью интерфейса *Spotlight*.

Необходимо также удостовериться, что используется кисть *Standard* с деактивированным режимом *Zadd*, чтобы избежать изменения формы модели, при этом режим *Rgb* должен быть активирован. Данное кольцо предусматривает различные функции, в том числе масштабирование и вращение.

На начальном этапе, нажав клавишу *Z*, следует приступить к раскрашиванию модели. В результате область, покрытая изображением *Spotlight*, будет заполнена соответствующим образом, а используемая текстура применена к поверхности модели аналогично инструменту *Polypaint* (рис. 5.8).

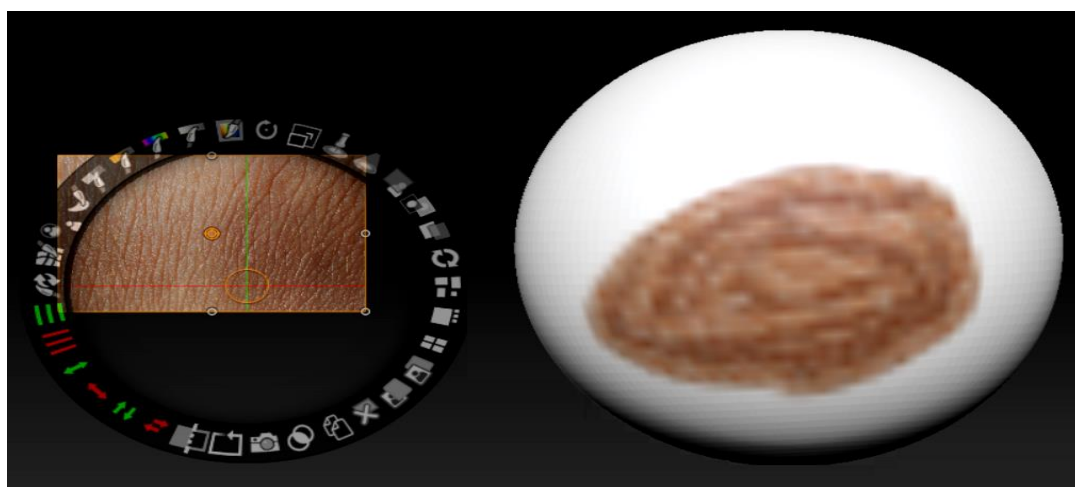


Рис. 5.8. Проецирование текстуры на модель с помощью инструмента *Spotlight* и кисти *Standard*

5.8. Основы освещения

Для начала работы с визуализацией требуется изучить основы освещения. С этой целью создается базовая сцена. В данном программном обеспечении материалы классифицируются по двум категориям: первая



группа включает материалы типа *MatCaps*, а вторая охватывает все прочие материалы. Материалы первого вида обладают предустановленными параметрами освещенности, что подразумевает их независимость от изменений настроек источников света в среде ZBrush.

Для реализации данной задачи необходимо выбрать материал *SkinShader4*, обладающий высокой чувствительностью к освещению сцены, затем – объект *Cube3D* на панели инструментов *Tool* для добавления его в рабочую область и трансформации в полигональную 3D-сетку. Далее следует выбрать объект *Sphere3D*, активировав кнопку *Append*, расположенную в субпалитре *SubTool*, и с помощью инструмента манипулятор транспозиции отодвинуть его от объекта *Cube3D*.

Далее следует повторить этот же процесс с новым объектом *Cone3D*. После активации режима *Floor* с помощью комбинации клавиш *Shift+P* нужно нажать на маленькую кнопку *BPR* (*Best Preview Render*), изображенную на рис. 5.9.

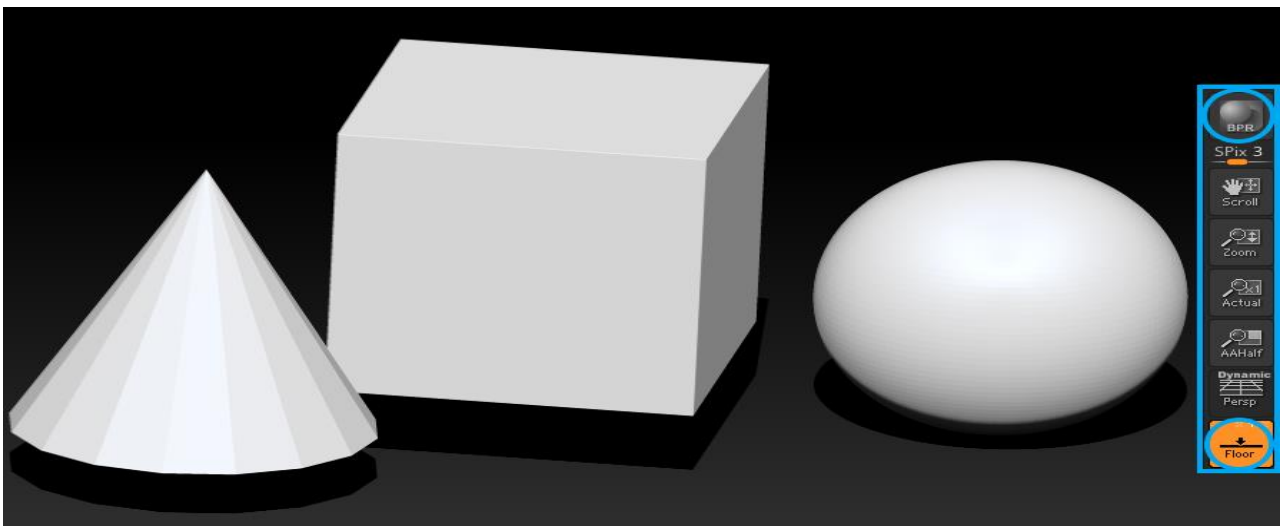


Рис. 5.9. Создание простой сцены для тестирования параметров освещения в Zbrush

5.9. Применение теней

Для уменьшения интенсивности теневых областей рекомендуется воспользоваться субпалитрой *Render* → *BPR Shadow* (Визуализация → Тени BPR), внося коррективы в параметры *Rays* (Лучи) и *Angle* (Угол) и установив их значения равными 30 и 50 соответственно.



Помимо использования ползунка, можно также воспользоваться ручным вводом или поэкспериментировать с другими параметрами, однако для понимания процессов достаточно изменить эти два значения. После вторичной инициации кнопки *BPR* следует провести анализ влияния увеличения значений двух параметров на степень смягчения теней и общее улучшение качества визуализированного изображения (рис. 5.10).

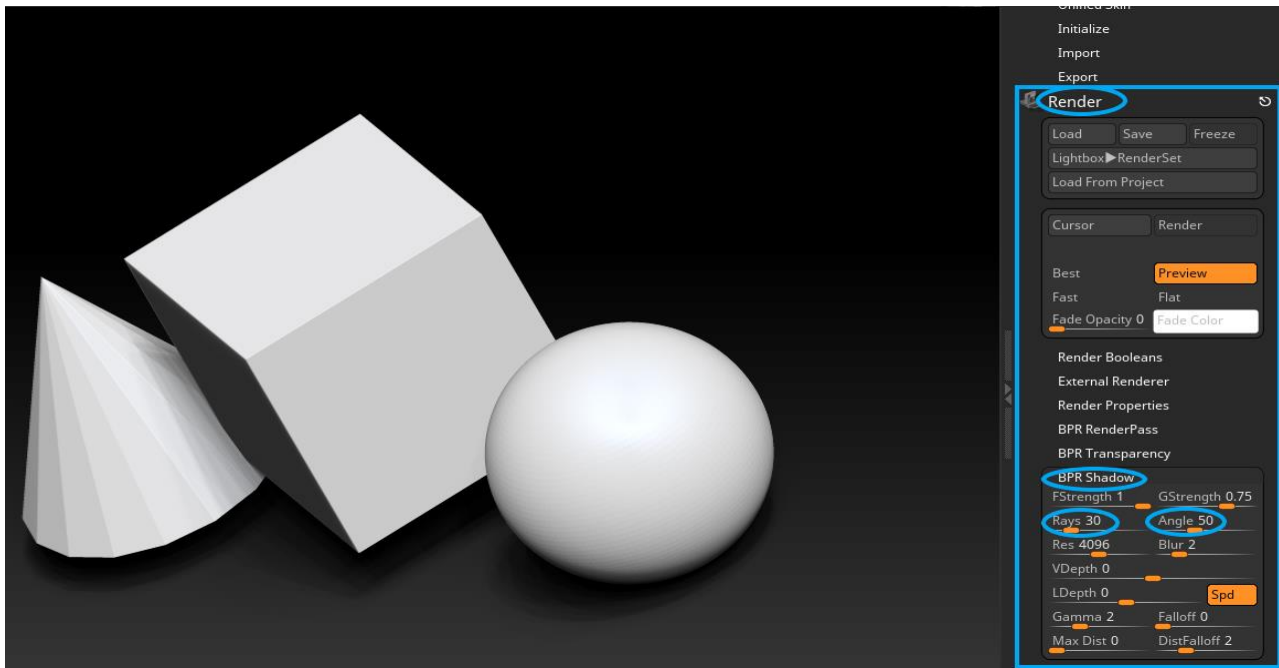


Рис. 5.10. Изменение резкости теней с помощью параметров на палитре Render

5.10. Освещение сцены

После активации модуля *Light* (Свет) в правом доке интерфейса необходимо сфокусироваться на сфере, расположенной в левом верхнем углу палитры. Осуществив выбор небольшого оранжевого маркера на поверхности сферы, требуется перетащить его в разные стороны от сферы для изменения положения источника освещения. Поместив маркер у левого края сферы, следует нажать на кнопку *BPR*, чтобы выполнить визуализацию и задать направление освещения сцены, при котором тени отбрасываются назад (рис. 5.11).



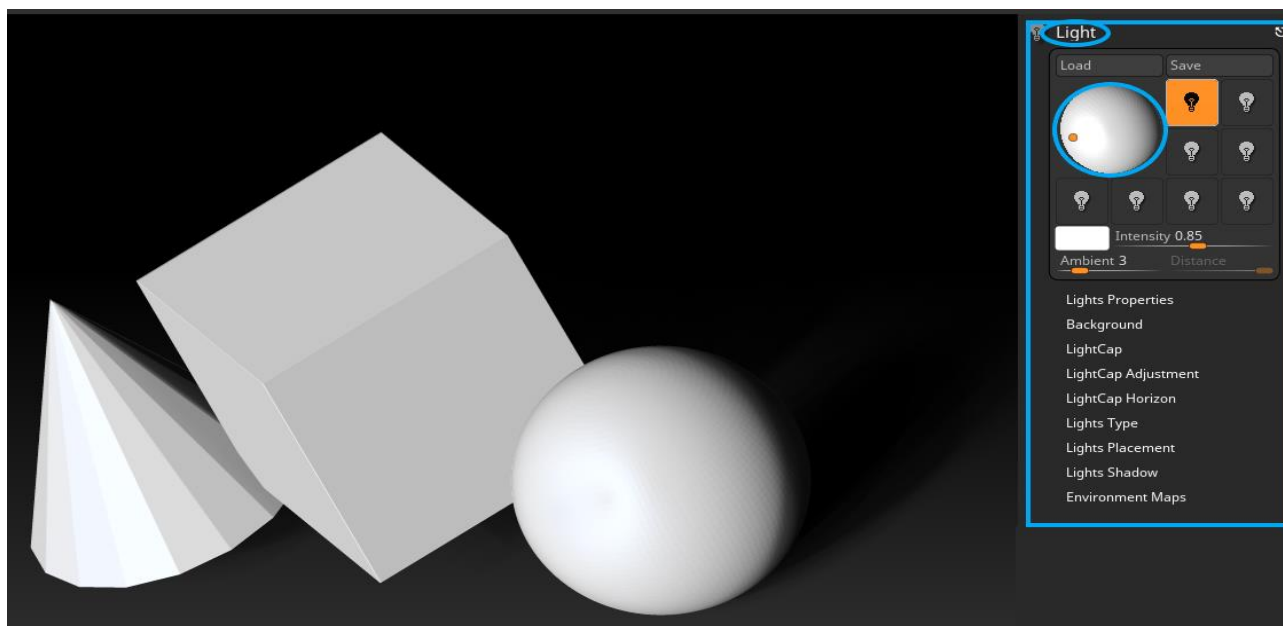


Рис. 5.11. Изменение угла отбрасывания теней с помощью направления освещения сцены

5.11. Применение цветного источника света

Для повышения визуальной привлекательности сцены необходимо добавить дополнительный источник освещения. С этой целью следует активировать второй элемент, представленный иконкой в форме лампочки на панели инструментов *Light*. Подтверждением активации станет изменение цвета выделенного элемента на оранжевый, что укажет на включение дополнительного источника света. Как и с первым источником света, после перемещения маленького маркера внутри сферы нужно активировать кнопку *BPR* до достижения нужного контраста между задним и передним планами.

На палитре предусмотрено небольшое цветное окошко, с помощью которого можно изменить цвет подсветки. Для этого источника цвета следует задать красный цвет, затем выбрать предыдущий источник света и поменять его цвет на синий. Интенсивность каждого источника света можно менять с помощью ползунка *Intensity*. После всех манипуляций путем нажатия на кнопку *BPR* оценивается результат внесенных изменений (рис. 5.12).



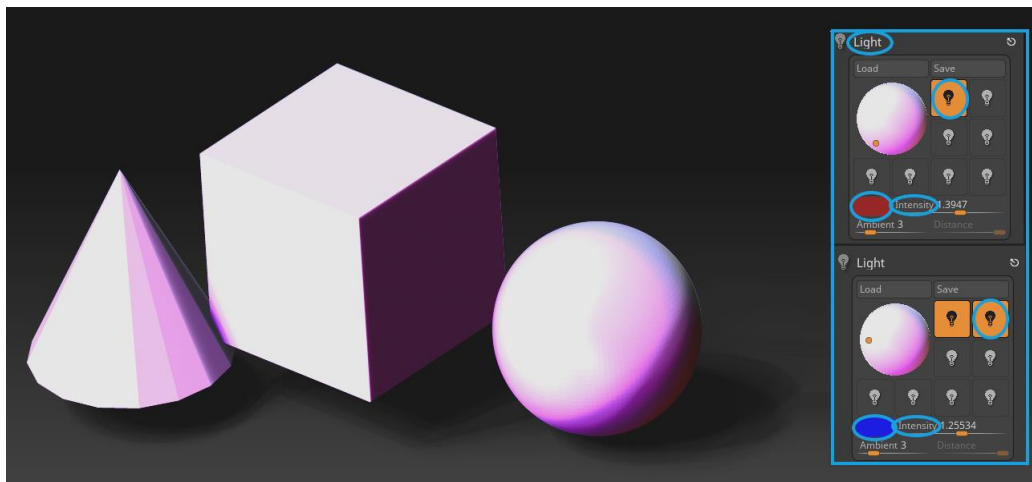


Рис. 5.12. Создание цветных источников света

5.12. Добавление дополнительного цвета

Главным секретом создания хорошей визуализации в Zbrush является взаимосвязь материалов, освещения и настроек рендера. Можно отрегулировать такие параметры, как уровень окружающего освещения, используя ползунок *Ambient* (Окружение) для каждого источника света (рис. 5.13). При минимальном значении данного параметра сцена будет освещаться только теми двумя источниками света, которые в нее поместил пользователь. После добавления третьего источника света путем активации соответствующего значка следует задать для него зеленый цвет и нажать на кнопку *BPR*. Применение третьего источника света делает освещение сцены более мягким.

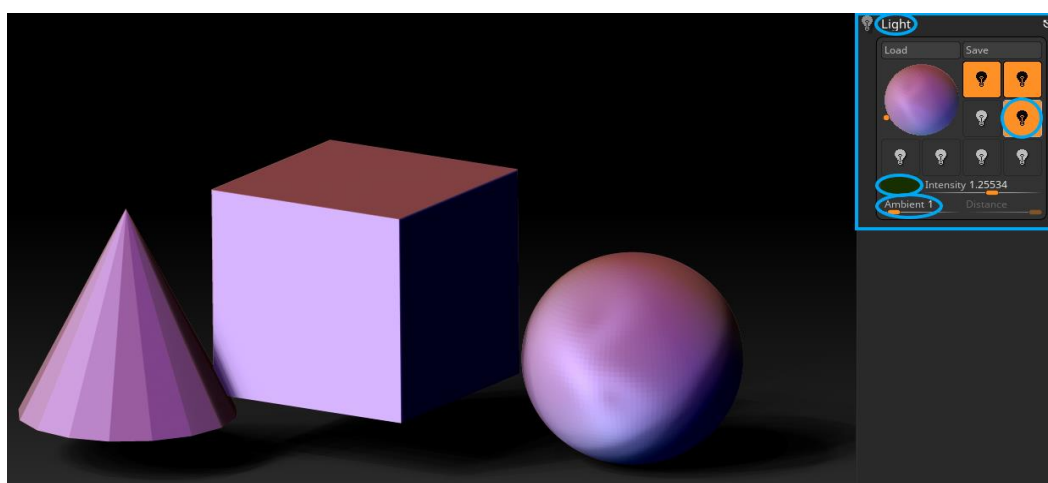


Рис. 5.13. Добавление третьего источника света на сцену



5.13. Настройка освещения модели

Параметры освещения, рассмотренные ранее, могут быть применены к модели головы (рис. 5.14), разработанной в гл. 5.12.

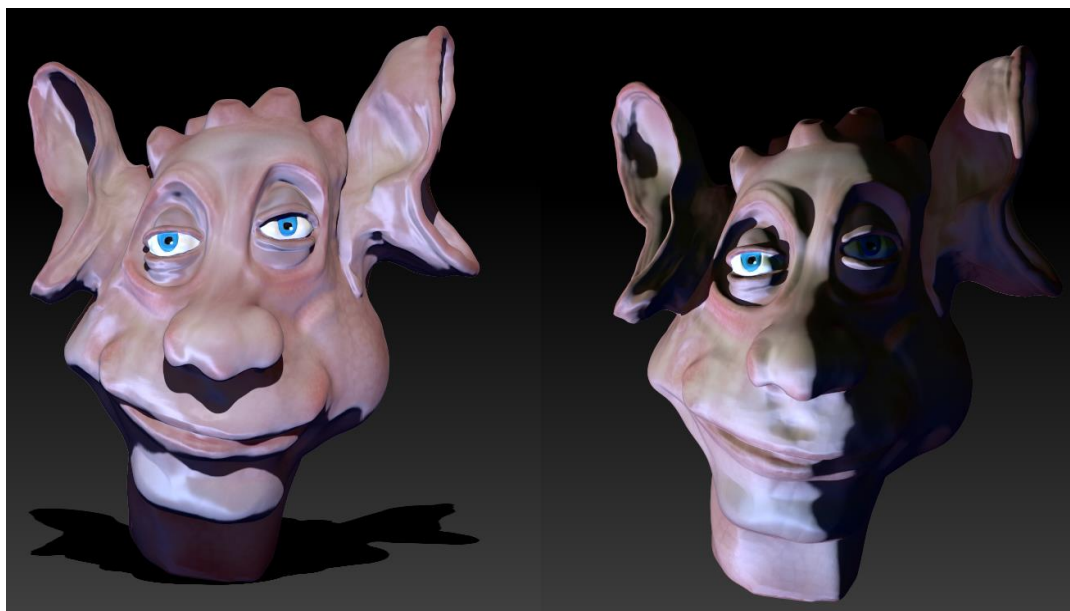


Рис. 5.14. Применение изученной схемы освещения к созданной ранее модели

Для достижения этой цели необходимо воспроизвести упомянутую схему с использованием трех источников света посредством экспериментирования с их расположением. Рекомендуется разместить один из источников света позади объекта для создания эффекта ореола. При необходимости можно изменить их цвет, чтобы создать нужное настроение.



6. ИНСТРУМЕНТЫ РЕНДЕРИНГА, ИМПОРТ И ЭКСПОРТ МОДЕЛИ

6.1. Система LightCap

Для улучшения качества визуализации внутри самой программы Zbrush подходит система *LightCap*, которая позволяет создавать более отзывчивую среду освещения. Сначала нужно загрузить любую модель и задействовать комбинацию клавиш *Shift+P* для активации режима *Floor*, затем на субпалитре *Light*→*LightCap* нажать на кнопку *New Light* (Новый источник света). В сцену будет добавлен новый источник света, который можно перемещать, перетаскивая красный маркер по палитре *LightCap*. С помощью данной палитры можно добавлять источники света и настраивать их, создавая сложные схемы освещения, пригодные и для повторного использования. Перед проведением визуализации необходимо отрегулировать ползунки *Rays* и *Angle* в субпалитре *BPR Shadow* палитры *Render* – увеличение количества лучей мгновенно повышает детализацию, а увеличение углового значения способствует быстрому смягчению теней (рис. 6.1).

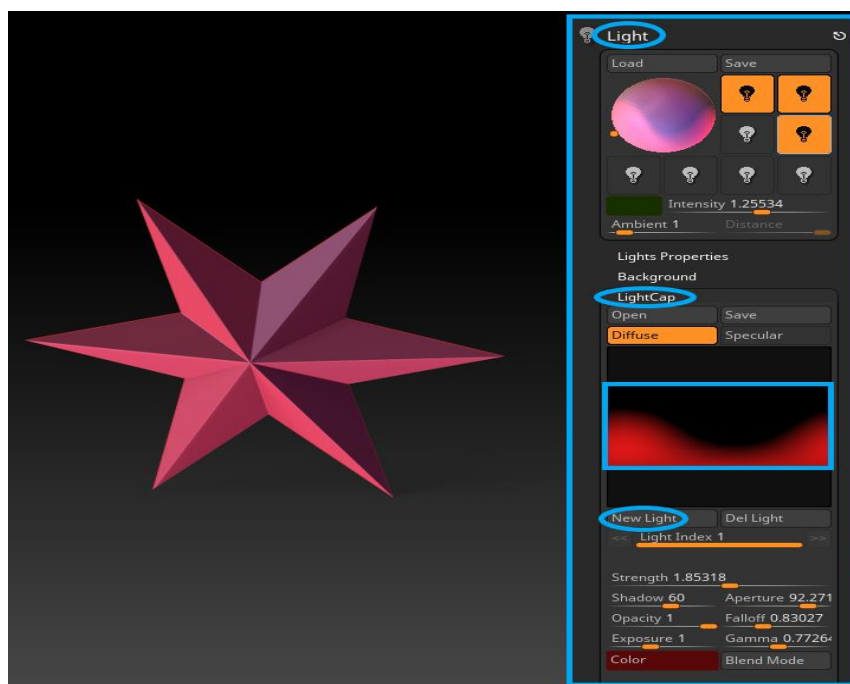


Рис. 6.1. Создание динамического освещения с помощью материалов *MatCaps*



6.2. Создание тумана

Программа предусматривает и другие способы создания сложных визуализированных изображений. Улучшить сцену можно путем создания туманной среды. Для этого нужно воспользоваться готовым проектом из *LightBox* и на субпанели *Render* → *Render Properties* (Визуализация → Свойства рендера) активировать (рис. 6.2, поз. 1) кнопку *Fog* (Туман). Затем следует перейти на субпанель *Render* → *Fog* и изменить некоторые параметры, например цвет и интенсивность (рис. 6.2, поз. 2). На рис. 6.2 пользователем был использован туман светло-голубого цвета, растворяющийся у основания модели.

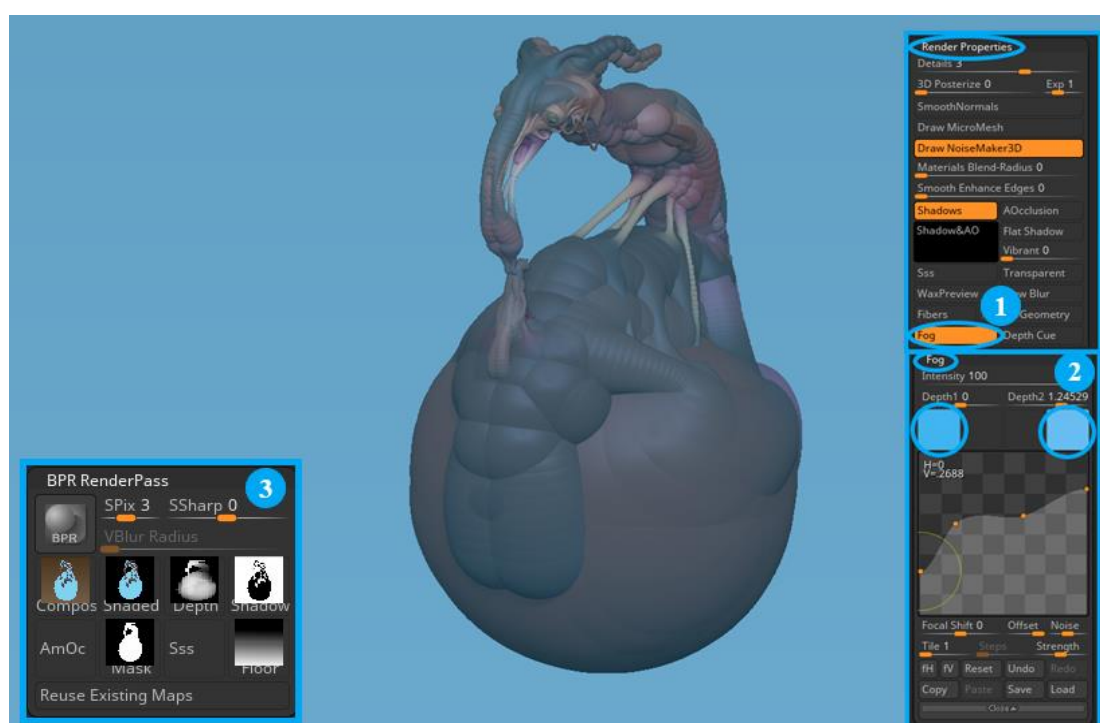


Рис. 6.2. Применение тумана для увеличения глубины обычной сцены

6.3. Каналы визуализации

В программе Zbrush имеется возможность, помимо самого изображения, сохранять определенные карты. После окончания процесса визуализации на субпанели *Render* → *BPR RenderPass* (Визуализация → Каналы визуализации BPR) можно увидеть несколько сгенерированных карт



(рис. 6.2, поз. 3), в том числе *Depth* (Глубина), *Mask* (Маска) и *Shadow* (Тень). В дальнейшем они пригодятся и для редактирования в других программах (например, Photoshop), если воспользоваться функциями импорта и экспорта в нужном для этого формате (рис. 6.3).

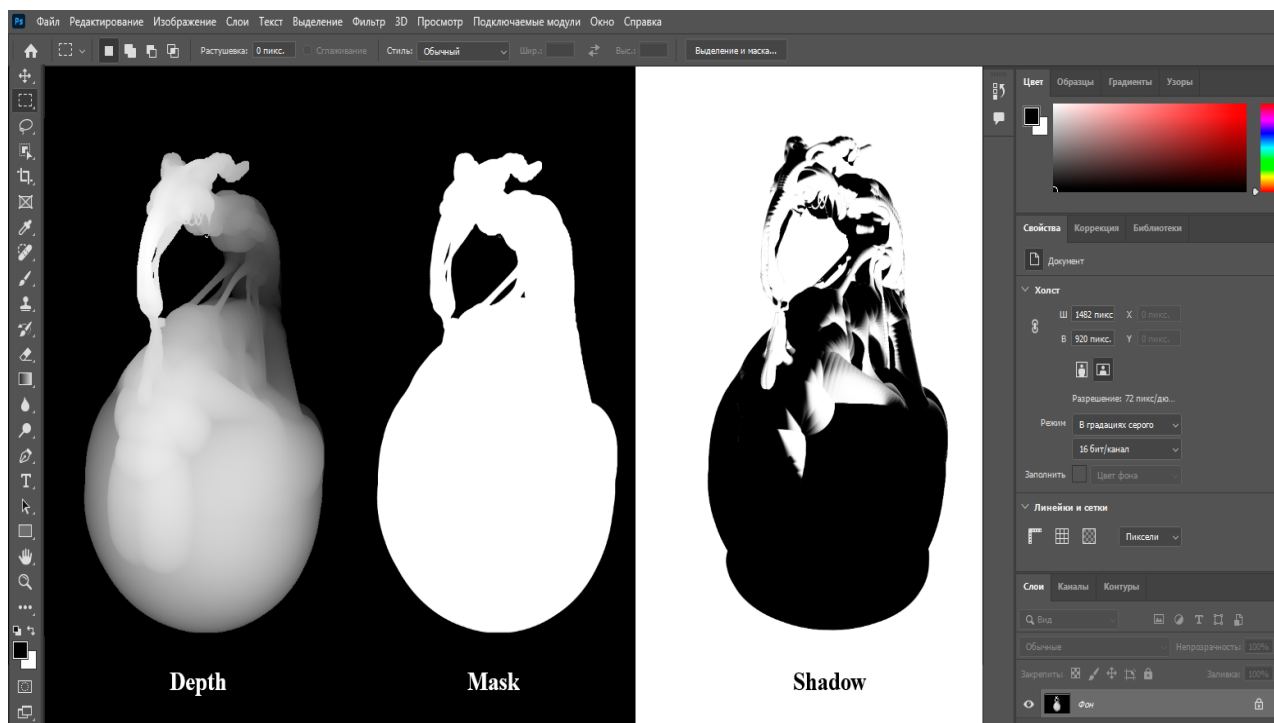


Рис. 6.3. Использование готовых карт визуализации из программы Zbrush в Adobe Photoshop

6.4. Импорт и экспорт файлов в формате OBJ

Иногда возникает потребность сохранить файл в другом формате для отправки в стороннюю программу. Например, для получения файла в распространенном формате OBJ достаточно нажать на кнопку *Export* (Экспорт) на палитре *Tool*. Этот формат является очень популярным и широко применяется во многих 3D-пакетах, так как позволяет сохранить необходимые *UV*-координаты для текстурирования.

После подготовки модели к экспорту нужно нажать на кнопку *Tool* → *Export* и выбрать пункт OBJ в открывшемся меню, где также есть такие варианты, как *MA* для программы Maya, веб-стандарт *X3D* и *GoZ* (рис. 6.4).



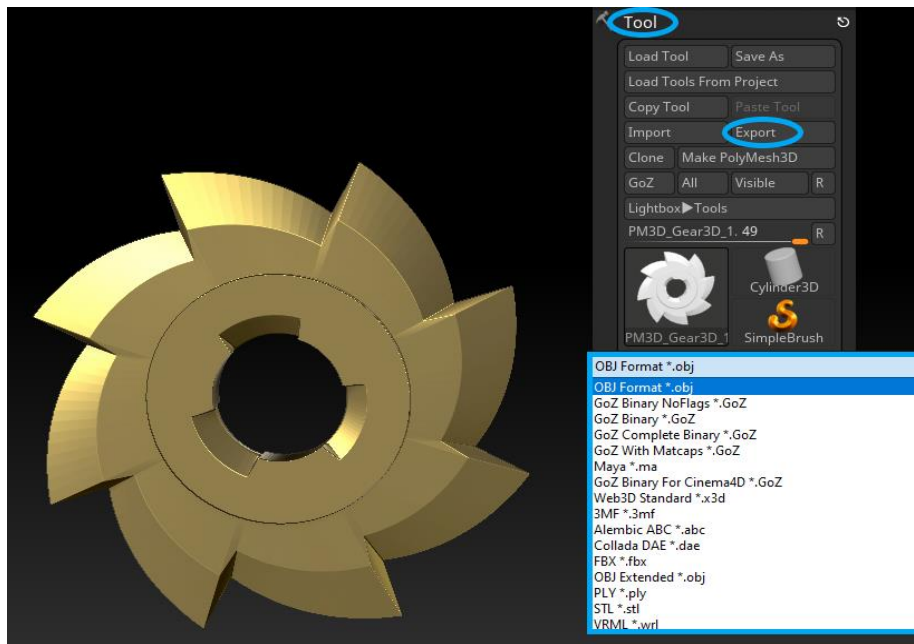


Рис. 6.4. Экспорт активной части модели в формате OBJ

Однако следует учесть, что можно экспортировать и сохранять только активный на данный момент слой подобъекта, а не весь *ZTool*. Для объединения всех частей в единый *ZTool* (рис. 6.5) и экспорта всей модели необходимо активировать кнопку *Tool* → *SubTool* → *Merge* → *Merge Visible* (Инструмент → Подобъект → Слияние → Объединить видимое).

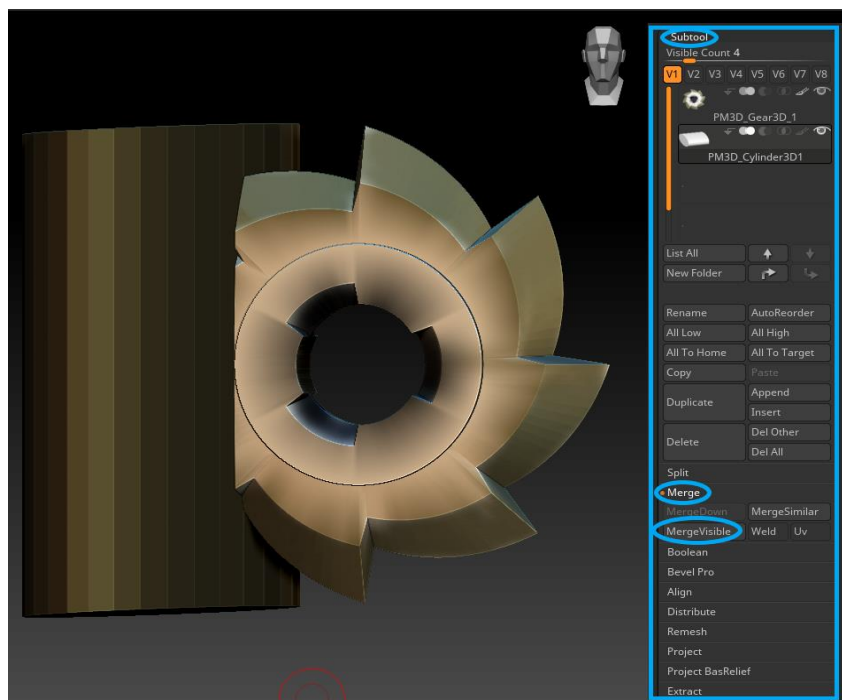


Рис. 6.5. Объединение модели в единый *ZTool* для дальнейшего экспорта



6.5. Кнопка QuickSave

В определенных ситуациях может понадобиться аварийный способ сохранения работы. На этот случай в правом верхнем углу панели меню Zbrush располагается кнопка *QuickSave*, после активации которой результаты работы пользователя будут сохранены в папке в виде ZProject. Чтобы загрузить его, необходимо открыть окно *LightBox* на верхней панели или использовать клавишу *Занятая*, после чего в открывшемся меню нажать на *QuickSave* (рис. 6.6). В этом меню находятся последние сохраненные проекты, поэтому в случае аварийного выключения программы Zbrush там можно найти даже несохраненные проекты. Но к этому методу следует прибегать лишь в экстренных случаях во избежание перегрузки памяти избыточными моделями.

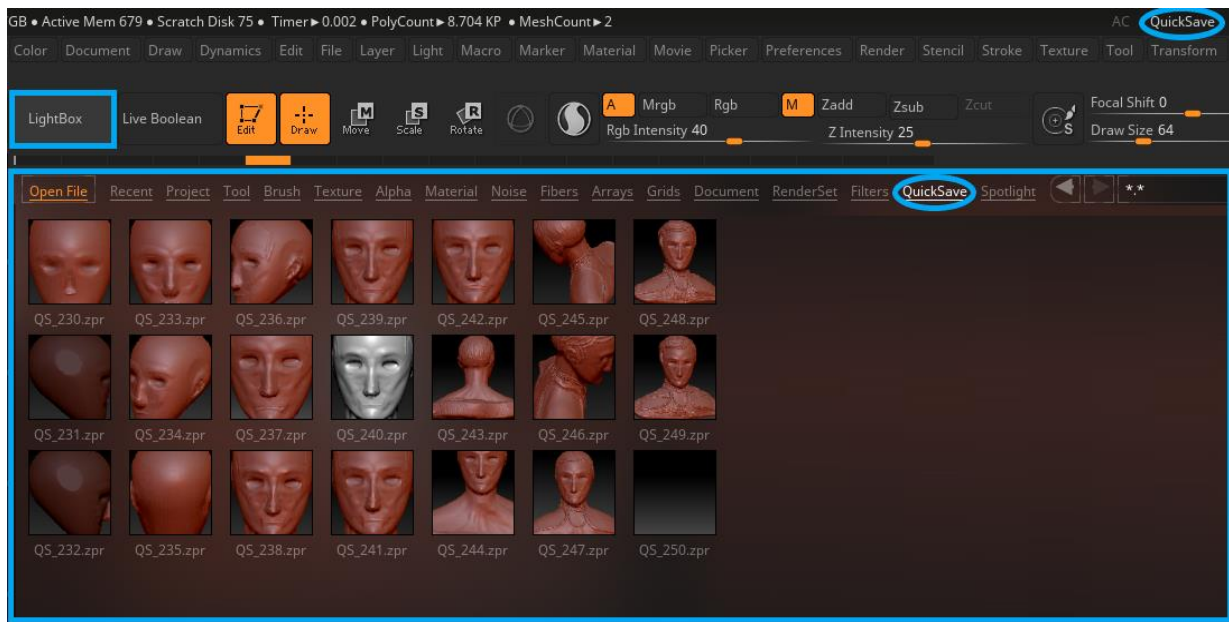


Рис. 6.6. Аварийный способ сохранения модели активацией кнопки QuickSave

6.6. Экспорт в виде изображения и масштабирование окна документа

В некоторых случаях при работе над проектом может потребоваться сохранить содержимое холста в виде изображения. Это могут



быть результаты визуализации или серии ознакомительных изображений. Для экспорта в верхней части панели нужно выбрать пункт *Document*→*Export* (Документ→Экспорт). Для сохранения нужных изображений подходят самые различные форматы, включая JPEG, PSD, PNG, BMP и 16-битный TIFF.

Для сохранения нужного изображения в более высоком разрешении следует увеличить размер окна документа перед визуализацией и сохранением. В меню *Document* нужно найти параметры *Width* (Ширина) и *Height* (Высота). При желании можно воспользоваться кнопкой *Pro* для сохранения пропорций. Затем изменить размер документа в соответствии с задачами, стоящими перед пользователем, и нажать клавишу *Resize* (Изменить размер). После этого окно документа изменится в соответствии с указанными значениями. Если размер в пикселах превысит разрешение монитора, часть окна будет скрыта.

Для увеличения размера окна документа требуется выбрать кнопку *Zoom* (Увеличение) на правой панели. Можно в любой момент вернуться к 100 % размеру путем активации кнопки *Actual* (Фактический размер). Кроме того, на этой панели имеется кнопка *AAHalf* (Половинный размер), нажав на которую, можно получить изображение, уменьшенное в два раза (рис. 6.7).

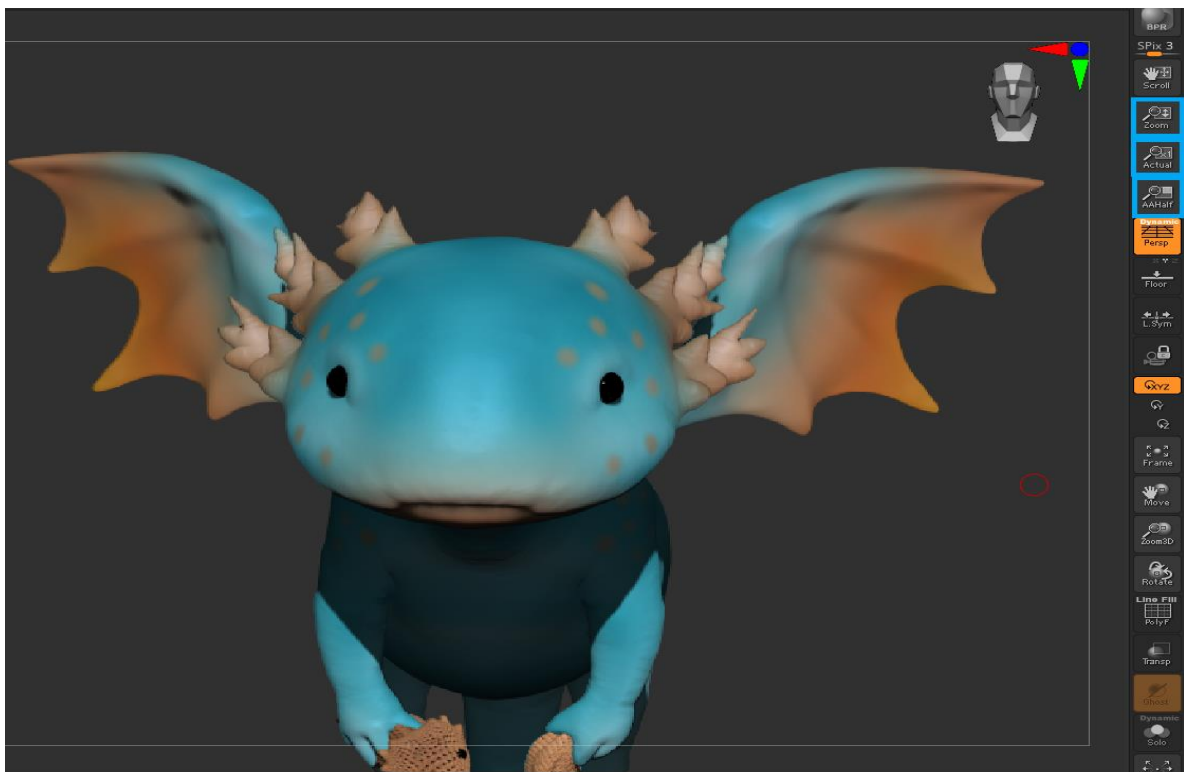


Рис. 6.7. Масштабирование изображения посредством уменьшения или увеличения его размеров



6.7. Создание двухмерного эскиза в Zbrush

Для начала работы нужно создать 3D-плоскость, на которой будет нарисован эскиз объекта моделирования. В палитре *Tool* следует выбрать значок *Simple Brush*, после чего перенести элемент *Plane3D* в рабочую область для создания плоскости нужного размера. Корректировка ее положения может быть выполнена посредством удержания клавиши *Shift* либо путем перемещения с использованием манипулятора транспозиции, активируемого нажатием на кнопку *Move*. Центрирование плоскости осуществляется при помощи клавиши *F*.

Для выполнения детального изображения требуется осуществить разделение плоскости на множество полигонов. С этой целью следует активировать режим редактирования *Edit*, используя клавишу *T*, а затем применить операцию преобразования посредством активации кнопки *Make PolyMesh3D*. Далее необходимо произвести разделение плоскости с помощью команды *Divide* в субпалитре *Tool*→*Geometry*. На следующем этапе нужно модифицировать материал плоскости, установив его цвет как белый, что поможет создать нейтральную основу.

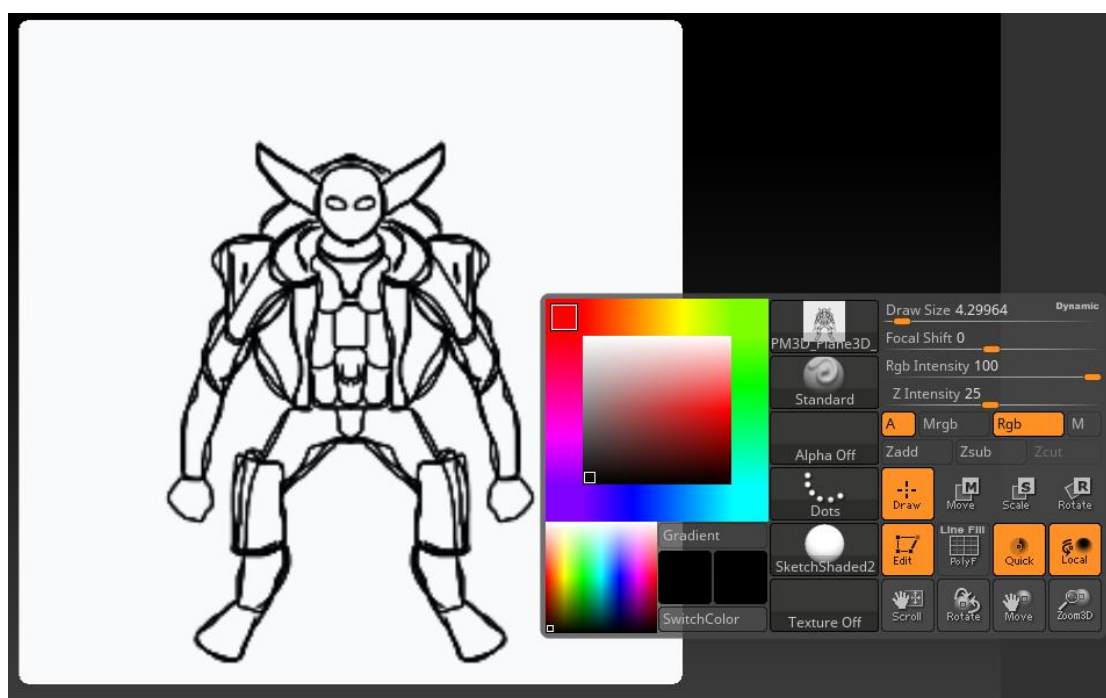


Рис. 6.8. Двухмерный эскиз

Для достижения симметрии эскиза следует воспользоваться панелью *Transform*, где задействовать опцию *ActivateSymmetry* по оси *X*. После этого можно приступать к процессу рисования, применив



инструмент *Polypaint*. Выбрав кисть *Standard*, нужно задействовать кнопку *Rgb* и отключить режимы *Zadd*, *Zsub*, *M* и *Mrgb*, чтобы иметь возможность рисовать кистью на плоскости. Удерживая клавишу *Пробел*, можно изменить размер кисти и другие параметры в открывшемся окне (рис. 6.8). Нажатие клавиши *C* во время рисования позволяет применить образец цвета из той точки, в которой находится указатель мыши. Созданный плоский эскиз в дальнейшем будет хорошим референсом для создания 3D-модели.

Простым способом сохранения эскиза является создание его снимка. Также можно визуализировать изображение с помощью кнопки *BPR* в субпалитре *Render* → *BPR RenderPass*. По окончании процесса визуализации необходимо кликнуть по значку с эскизом и сохранить его в виде файла PSD.

6.8. Применение аддитивных технологий для реализации проектов Zbrush

3D-печать с ее огромным потенциалом является важным инструментом для художников, работающих в программе Zbrush, позволяя им реализовать свои творения в виде трехмерной модели. Применение аддитивных технологий, таких как 3D-печать, позволяет художнику, использующему специализированное программное обеспечение, создавать прототипы скульптурных объектов, что способствует эффективному выявлению и устранению дефектов, а также оптимизации геометрических характеристик моделируемого объекта. Таким образом, любой цифровой макет, созданный с использованием данного программного комплекса, может быть воспроизведен посредством 3D-печати для последующей визуализации итогового изделия.

Основным распространенным форматом, используемым большинством 3D-принтеров в процессе аддитивного производства, является STL. Для экспорта модели необходимо перейти в верхней части экрана в пункт *ZPlugin* → *3D Print Exporter* и задать формат STL, а затем активировать кнопку *Save* (рис. 6.9). После этого модель интегрируется в программу PolygonX от компании Picaso для настройки параметров печати. Чтобы более эффективно использовать доступную область печати, модель следует отмасштабировать до нужного размера (рис. 6.10).



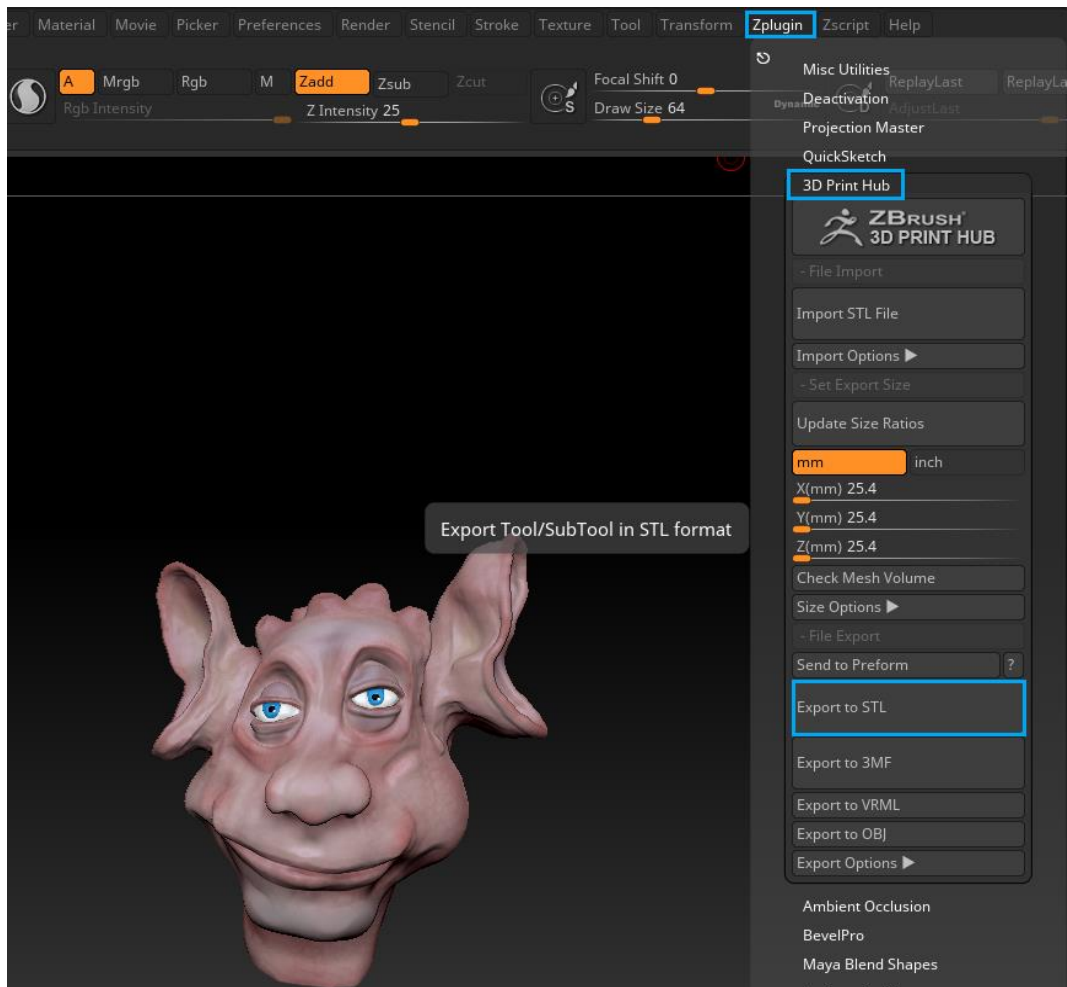


Рис. 6.9. Экспорт модели в формате STL для 3D-печати

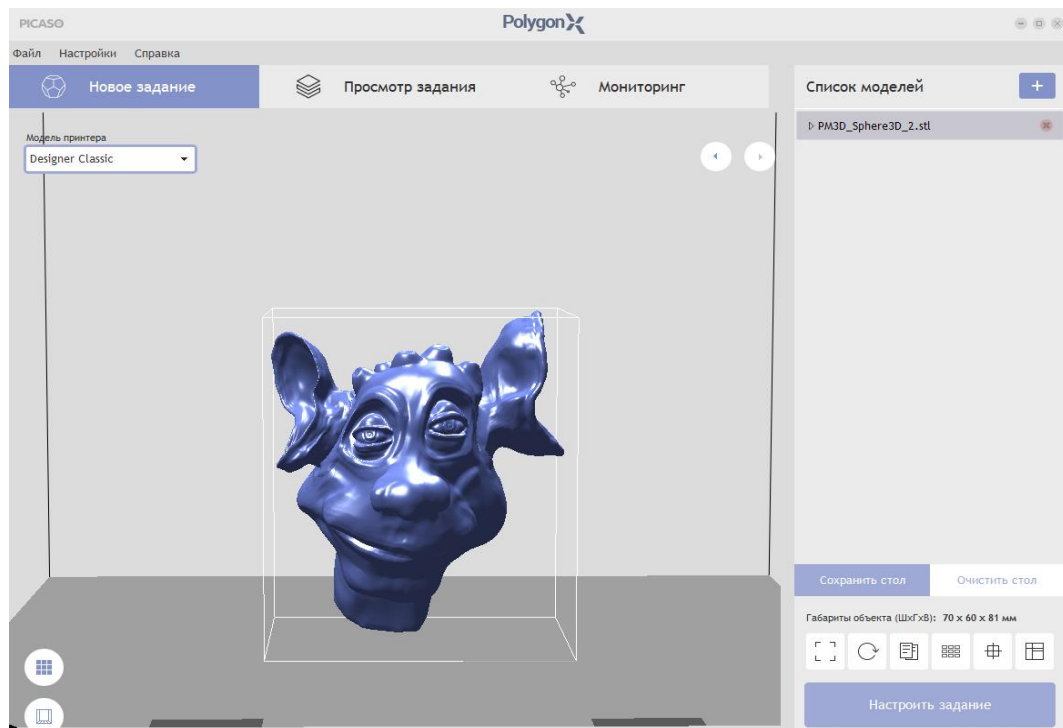


Рис. 6.10. Импорт модели головы персонажа



При создании 3D-модели необходимо учитывать, что принтер не может печатать фрагменты, подвешенные в пустом пространстве. Поэтому в программе PolygonX при настройке задания можно активировать автоматическую генерацию поддержек, напоминающих каркас. Причем каждый элемент изделия нужно расположить таким образом, чтобы минимизировать влияние поддержек и скрыть следы созданных при сборке модели опор (рис. 6.11).

Настройка задания

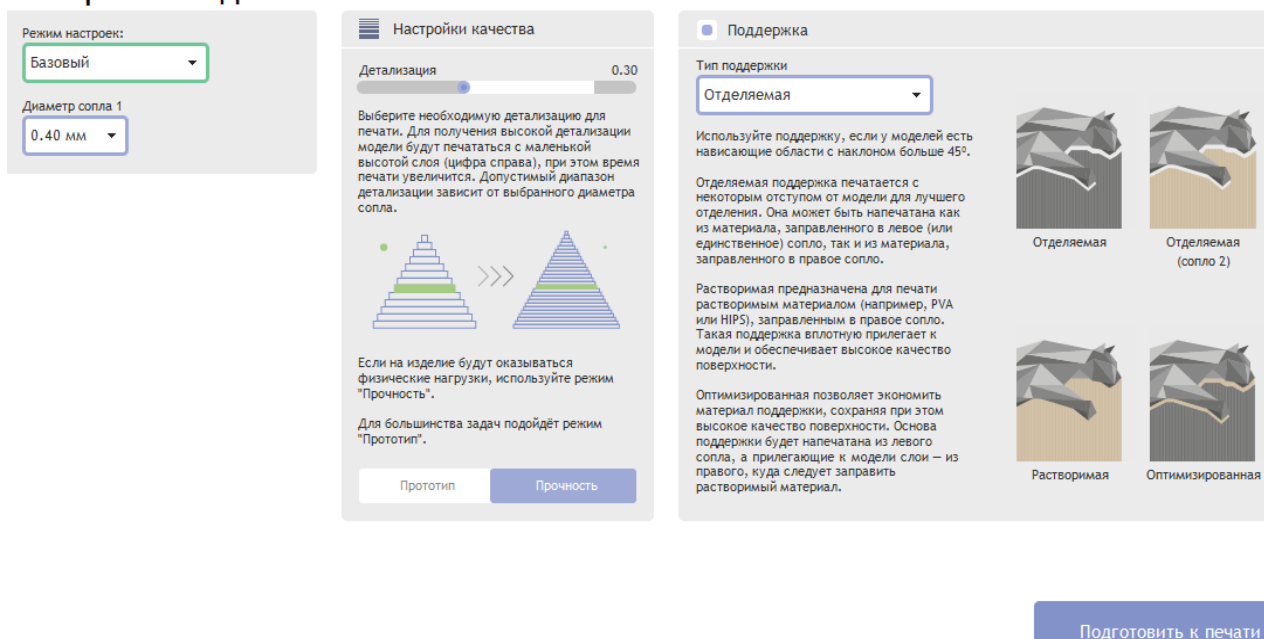


Рис. 6.11. Активация режима создания поддержек перед печатью

Настройку модели можно производить в трех режимах: базовом, расширенном и профессиональном (рис. 6.12 и 6.13). После настройки на экране появляется макет изделия (рис. 6.14), в правой части которого следует указать количество слоев затрачиваемого пластика и примерное время печати по технологии *Fused Filament Fabrication* (Послойное наплавление пластика). В данном случае используется PLA (пластиковая нить с диаметром 1,75 мм при диаметре сопла принтера 0,5 мм). Проект можно сохранить на флешку или отправить файл на печать через сеть Wi-Fi, к которой подключен компьютер и принтер Picaso Designer Classic.

Перед началом печати необходимо убедиться, что платформа чиста и зафиксирована на месте. Температура нагрева платформы составляет 50 °С, а экструдера – до 250 °С. Теперь, когда принтер готов, сохраненную модель нужно выбрать с помощью встроенного дисплея принтера и определить джойстиком режим скорости печати. После запуска автоматической калибровки координат рабочей области начнется сам процесс печати.





Настройка задания

Режим настроек:

Диаметр сопла 1

Пользовательский пресет:

Детализация

Все модели на платформе
PM3D_Sphere3D_12 (1).stl

Разрешение печати
Высота слоя: Первый слой:

Внутреннее заполнение
Ширина линии: Плотность:
Рисунок заполнения:
Кратность слоев: Пересечение с периметрами:

Настройки шва
Тип шва:
Положение на модели (вид сверху):

Внешняя поверхность
Количество периметров: Ширина линии периметров:
Порядок печати периметров:
Количество верхних слоёв: Ширина линии верх/нижн слоёв:
Количество нижних слоёв: Рисунок заливки:

Поддержка
Тип поддержки: Угол активации:

Адгезия к платформе
Тип адгезии:
Ширина линии: XY-расширение:
Z-зазор: Z-компенсация:

Рис. 6.12. Расширенная настройка задания





Настройка задания

Режим настроек:
Профессиональный

Диаметр сопла 1
0.50 мм

Пользовательский пресет:
Новый

Детализация
Прототип | Прочность

Все модели на платформе
PM3D_Sphere3D_12 (1).stl

Разрешение печати

Высота слоя: 0.20 мм
Первый слой: 0.20 мм

Внутреннее заполнение

Ширина линии: 0.50 мм
Плотность: 10 %
Рисунок заполнения: Соты

Пересечение с периметрами: 10 %
Пересечение с оболочкой: 15 %
Кратность слоев: 1

Внешняя поверхность

Количество периметров: 3.0
Порядок печати периметров: Стандартный

Ширина линии внешнего перим.: 0.39 мм
Ширина линии второго перим.: 0.39 мм
Ширина линии остальных перим.: 0.39 мм

Ширина линии верх/нижн слоёв: 0.39 мм
Количество верхних слоёв: 5
Количество нижних слоёв: 5
Рисунок заливки: Зиг-заг

Настройки шва

Тип шва: Вручную

Использование углов: Сглаженный

Траектория скрытия шва: Под прямым углом

Положение на модели (вид сверху)

Подготовить к печати

Рис. 6.13. Профессиональная настройка задания



Принцип работы принтера по данной технологии заключается в расплавлении термопластичной полимерной нити с послойным наращиванием модели по подготовленному к печати заданию. При этом текущее состояние и ориентировочное время печати будут отображаться на дисплее принтера. После завершения процесса печати печатающая головка перемещается в парковочное положение, и платформа опускается вниз. В течение 20 мин после окончания печати стекло охлаждается, после чего нужно ослабить зажимы платформы и извлечь его из принтера вместе с моделью для отделения ее основания. Затем следует удалить с поверхности модели любые неровности и созданные опоры.

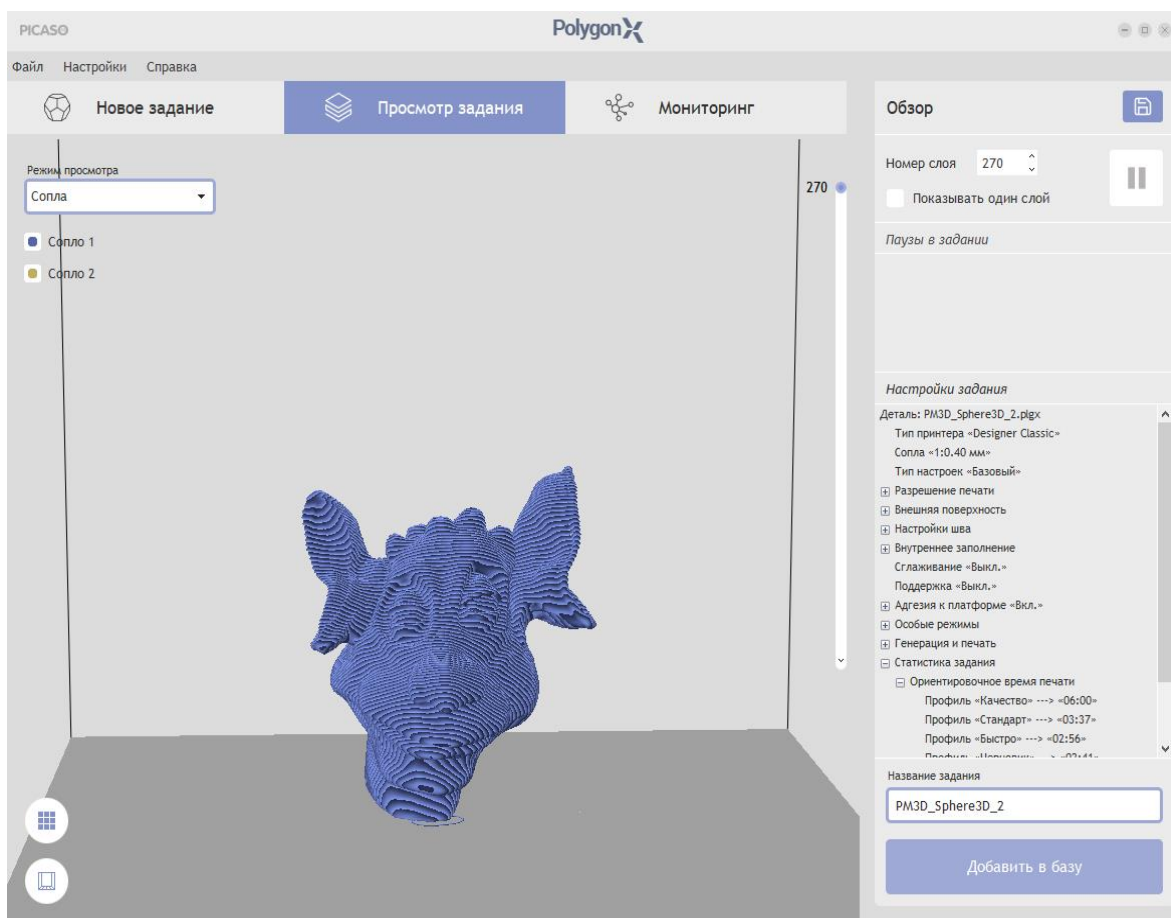


Рис. 6.14. Подготовка модели для печати

Принтер Picaso оснащен системой контроля подачи и наличия пластика, что позволяет благодаря встроенным датчикам проводить самодиагностику, а в случае частичного засорения сопла переводить печать на паузу для запуска автоматического алгоритма высокотемпературной прочистки сопла. Кроме того, принтер имеет систему контроля поверхности печати, позволяющего определить ослабление адгезии печатаемой модели к платформе и приостановить печать до вмешательства пользователя.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для любого художника, скульптора или дизайнера жизненно важным является наличие постоянного и удобного доступа к разнообразному арсеналу инструментов и материалов, способствующих реализации их творческих концепций. Творческая мастерская каждого из подобных специалистов должна быть оборудована таким образом, чтобы обеспечить ему оптимальную организацию рабочего пространства, включающего, среди прочих, разнообразные материалы для лепки, а также краски, кисти и специализированные инструменты для обработки глины. Именно в этом контексте в данном пособии рассматривается программа для трехмерного моделирования ZBrush.

Программа ZBrush представляет собой аналогичную виртуальную среду, предназначенную для создания цифрового искусства посредством использования наиболее передовых технологий компьютерной графики, предлагающих обширную палитру инструментов и симуляцию реальных материалов. Применение в процессе обучения аддитивных технологий в виде 3D-печати в сочетании с программой Zbrush позволяет быстро создавать прототипы скульптуры персонажа и дает возможность для исправления ошибок и оптимизации форм объекта, что, несомненно, открывает новые перспективы для будущих художников.

Автором предлагаемого пособия была разработана специальная методика по виртуальной лепке персонажей и неодушевленных объектов на примере авторских работ студентов и преподавателей по направлению подготовки «Технология художественной обработки материалов». Овладев данной методикой, обучающиеся смогут получить все необходимые навыки для успешной реализации собственных впечатляющих дизайнерских проектов в области компьютерного моделирования.



ЛИТЕРАТУРА

1. Воган, У. Цифровое моделирование: учебник / У. Воган. – Москва: ДМК Пресс, 2022. – 430 с.

2. Келлер, Э. Введение в ZBrush 4: учебное пособие / Э. Келлер. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

3. Пушкарева, Т. П. Компьютерный дизайн: учебное пособие / Т. П. Пушкарева, С. А. Титова. – Красноярск: Изд-во Сибирского федер. ун-та, 2020. – 192 с.

4. Кордонская, И. Б. Инженерная и компьютерная графика: учебник / И. Б. Кордонская, Е. А. Богданова. – Самара: Изд-во Поволжского гос. ун-та телекоммуникаций и информатики, 2020. – 264 с.

5. Основные средства моделирования художественных объектов: учебное пособие / А. Р. Шайхутдинова, Р. Р. Сафин, А. Н. Кузнецова, Л. В. Ахунова. – Казань: Изд-во Казанского нац. исслед. технол. ун-та, 2017. – 88 с.

6. Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать: учебное пособие / В. В. Лисяк. – Таганрог: Изд-во Южного федер. ун-та, 2021. – 109 с.



СЛОВАРЬ КЛАВИШ БЫСТРОГО ДОСТУПА

- Активировать режим правки Tool (Edit) – *T*
- Активировать режим пола (Floor) – *Shift+P*
- Активировать режим перспективы (Perspective) – *P*
- Активировать режим симметрии – *X*
- Активировать манипулятор транспозиции для перемещения модели (инструмент *Move Gizmo 3D*) – *W*
- Активировать режим нанесения маски (*Mask*) – *Ctrl* + перетаскивание *ЛКМ* по модели
- Включить или отключить браузер LightBox – *Занятая*
- Дублировать Tool с его перетаскиванием по рабочему пространству – *Shift+S*
- Изменить размер выбранной кисти – *S*
- Изменить размер жесткости выбранной кисти – *O*
- Изменить настройки инструмента в режиме трафарета – *Пробел*
- Изменить масштаб – *Alt+ЛКМ*, отпустить *Alt* и нажать *ЛКМ*, перетаскивая указатель вперед-назад
- Изменить масштаб – *Ctrl+ПКМ* и перетаскивать указатель *ПКМ* вперед-назад
- Инвертировать маску – *Ctrl* + клик *ЛКМ* за пределами модели
- Ластик для частей маски – *Ctrl+Alt*
- Открыть созданный проект – *Ctrl+O*
- Отобразить меню кистей (Brush) – *B*
- Отобразить каркас объекта, режим сетки (Polyframe) – *Shift+F*
- Отменить действие – *Ctrl+Z*
- Очистить экран от элементов – *Ctrl+N*
- Переместить модель – *Alt+ЛКМ*
- Применить сглаживание в режиме любой кисти – *Shift*
- Сохранить конфигурацию – *Shift+Ctrl+I*
- Сохранить проект – *Ctrl+S*
- Скрыть все панели меню и доки – *Tab*
- Увеличить разрешение объекта – *Ctrl+D*
- Удалить маску – *Ctrl* + перетаскивание *ЛКМ* за пределами модели



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Адиля Ильсуровна Шагеева

ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Редактор Е. И. Шевченко

Компьютерная верстка и макет – А. К. Рахманкулова

Подписано в печать 27.12.2023

Бумага офсетная

6,25 уч.-изд. л.

Печать цифровая

Тираж 400 экз.

Формат 60×84 1/16

5,81 усл. печ. л.

Заказ 143/23

Издательство Казанского национального исследовательского
технологического университета

Отпечатано в офсетной лаборатории Казанского национального
исследовательского технологического университета

420015, Казань, ул. К. Маркса, 68

