

## Геометрическое моделирование эмоций виртуальных персонажей

В.В. Карабчевский<sup>1</sup>, А.С. Мазуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донецкий национальный технический университет, Артема, 58, Донецк, 83001, Украина

### Аннотация

Рассмотрены методы и средства моделирования эмоций виртуальных компьютерных персонажей. Особое внимание уделяется трехмерному моделированию свода черепа, нижней челюсти и зубов, а также лицевых мышц и языка. Моделирование выполнено с помощью программы ZBrush с использованием информации об анатомическом строении черепа и лицевых мускулов, таких как затылочная и височная мышцы, мышца гордецов, депрессор, жевательная мышца, малая скуловая мышца, большая скуловая мышца и мышца, поднимающая угол рта, мышца, опускающая угол рта, мышца, поднимающая верхнюю губу и крыло носа, подбородочная мышца и мышца, опускающая нижнюю губу. Полученная высокополигональная модель была, затем подвергнута ретопологии с уменьшением количества полигонов. Приведен пример моделирования головы персонажа. Анимация выполнена в программе Autodesk Maya, которая взята на вооружение многими крупными кинематографическими и анимационными студиями и среди профессиональных 3D-художников используется чаще других. Описаны принципы риггинга (добавления к модели цифрового скелета и элементов его управления) и скиннинга (прикрепления вершин поверхности, моделирующей кожу, к соответствующим участкам цифрового скелета). Приведены анатомические признаки проявления основных эмоций и описано управление полученной моделью для проявления некоторых эмоций.

### Ключевые слова

Моделирование эмоций, череп, лицевые мышцы, анимация, Autodesk Maya

## Geometric modeling of emotions of virtual characters

V.V. Karabchevsky<sup>1</sup>, A.S. Mazurov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Donetsk National Technical University, Artema, 58, Donetsk, 83001, Ukraine

### Abstract

Methods and tools for modeling emotions of virtual computer characters are considered. Particular attention is paid to 3D modeling of the cranial vault, mandible and teeth, as well as facial muscles and tongue. Modeling was performed using the ZBrush program using information about the anatomical structure of the skull and facial muscles, such as the occipital and temporal muscles, the arrogant muscle, the depressor, the masseter muscle, the small zygomatic muscle, the zygomaticus major muscle and the muscle lifting the angle of the mouth, the muscle lowering the angle of the mouth, the muscle that lifts the upper lip and the wing of the nose, the chin muscle and the muscle that lowers the lower lip. The resulting high-poly model was then retopologized with a decrease in the number of polygons. An example of modeling the character's head is given. Animation is made in Autodesk Maya, which is adopted by many large film and animation studios and is used more often among professional 3D artists. The principles of rigging (adding a digital skeleton and its controls to the model) and skinning (attaching the vertices of the surface that simulate the skin to the corresponding areas of the digital skeleton) are described. The anatomical signs of the

ГрафиКон 2021: 31-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 27-30 сентября 2021 г., Нижний Новгород, Россия

EMAIL: karabchevski@mail.ru (В.В. Карабчевский); itidze@gmail.com (А.С. Мазуров)

ORCID: 0000-0003-2941-9916 (В.В. Карабчевский); 0000-0002-0702-6161 (А.С. Мазуров)

manifestation of basic emotions are given and the control of the obtained model for the manifestation of some emotions is described.

### Keywords

Emotion modeling, skull, facial muscles, animation, Autodesk Maya

## 1. Введение

При обучении студентов по направлению подготовки «Информационные системы и технологии», профиль и магистерская программа «Информационные технологии в медиаиндустрии и дизайне», значительное внимание уделяется изучению технологий и инструментов трехмерного моделирования и анимации [1]. Знания и умения, полученные при изучении соответствующих учебных дисциплин, могут быть применены в ходе НИРС и дипломного проектирования. Ниже описывается моделирование эмоций виртуального персонажа, основанное на анимации трехмерной модели черепа, лицевой мускулатуры и закрепленной на мышцах кожи.

## 2. Моделирование персонажа

Модель должна быть создана таким способом, чтобы она деформировалась легко и естественно. Поверхность модели персонажа можно создать несколькими способами: с помощью полигонов, патчей или NURBS поверхностей (В-сплайн). Полигональные модели просты в конструировании и их можно использовать практически в любой области

Для создания точных моделей применяется высокополигональное моделирование. Оно позволяет создавать модели с хорошей детализацией. Процесс создания высокополигональной трехмерной модели называют цифровым скульптингом. Для практических целей необходимо создание упрощенной модели с уменьшением количества полигонов. Этот процесс называется ретопологией [2].

### 2.1 Скульптинг черепа

Для создания черепа была использована программа ZBrush [3], и объект DynaMesh, который может деформироваться в любую форму благодаря равномерной сетке. Была создана деформация сетки путем вращения (инструмент Rotate) определенной группы полигонов, а также вдавливание (инструмент Move) (рисунок 1).

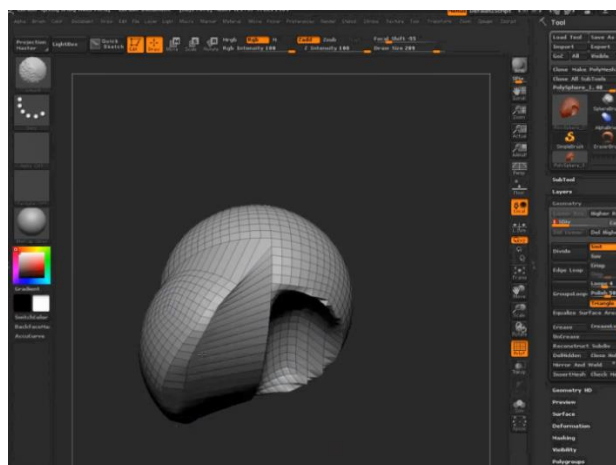
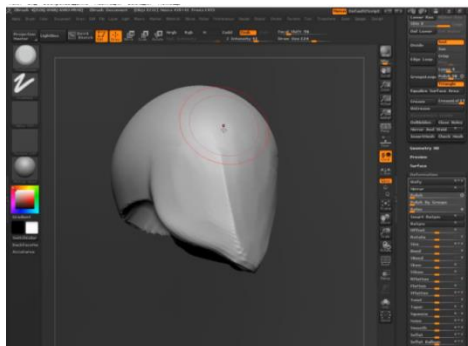


Рисунок 1: Работа с объектом DynaMesh

Далее была применена кисть TrimDinamic, которая позволила вдавить полигоны по одной оси координат и изменить форму модели с использованием той же кисти, только с меньшей интенсивностью (Intensity) и размером кисти (DrawSize). Произведено сужение нижней части челюсти путем использования инструмента Move. Так же был применен инструмент сглаживания (Smooth) (рисунок 2).



**Рисунок 2:** Применение кисти TrimDinamic

Были прорисованы основные линии лица по пропорциям, примерно соответствующим женскому типу черепа [4] (рисунок 3).



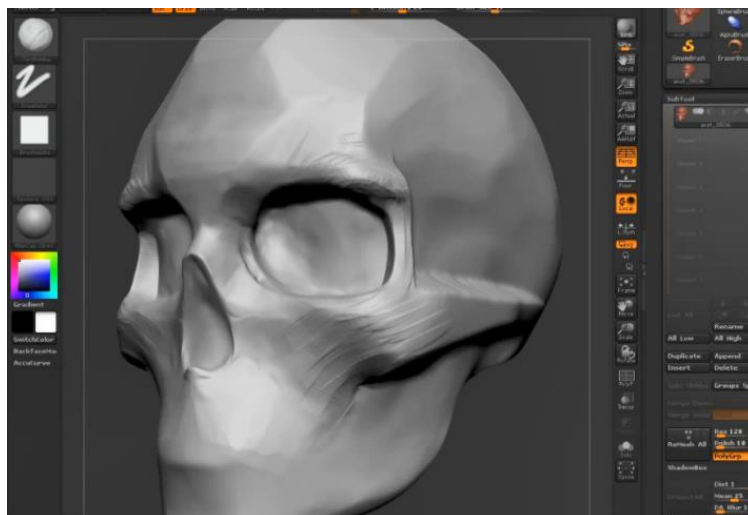
**Рисунок 3:** Прорисовка основных линий лица

Затем были созданы: глазницы, расположение скул при помощи кистей Move и Standard (рисунок 4).



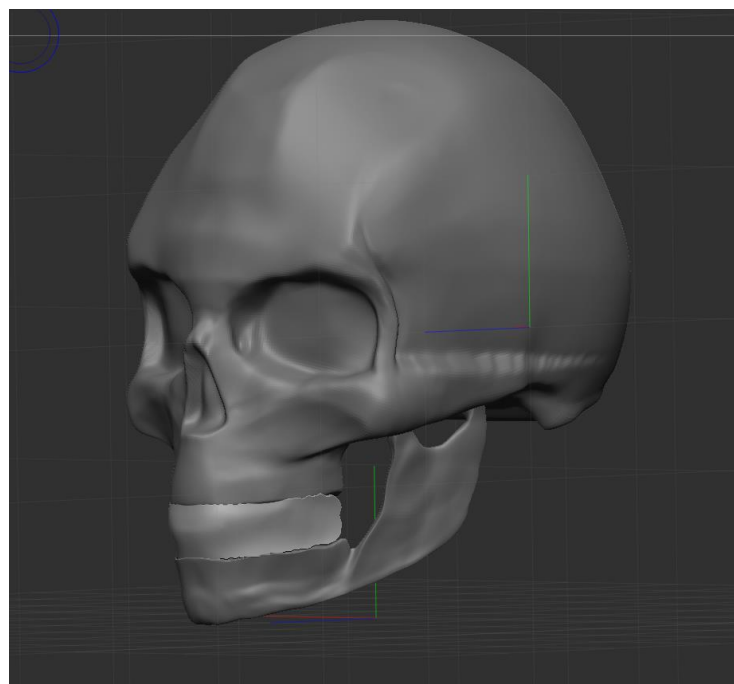
**Рисунок 4:** Глазницы и расположение скул

Была создана височная ямка, носовое отверстие и скуловая кость, (использованы инструменты «Smooth» и «Move»), были также использованы такие кисти, как «Clay», «ClayTubes», «Inflat», «DamStandard» (рисунок 5). Для движения кисти использована сплошная линия «FreeHand».



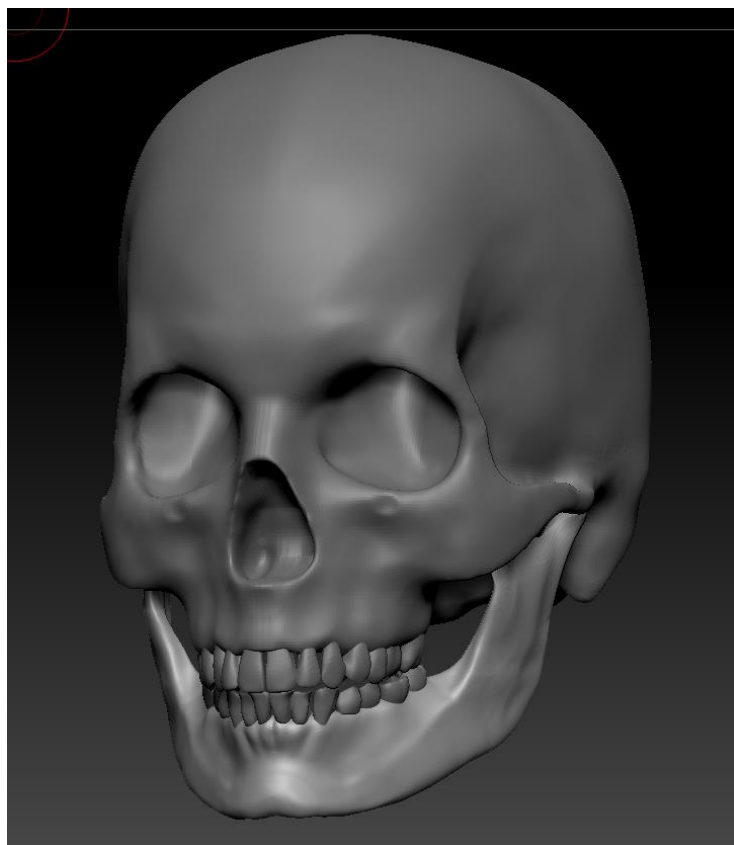
**Рисунок 5:** Моделирование черепа

Далее была изолирована нижняя часть – челюсть и преобразована в новый объект, добавлен объект для зубов (рисунок 6).



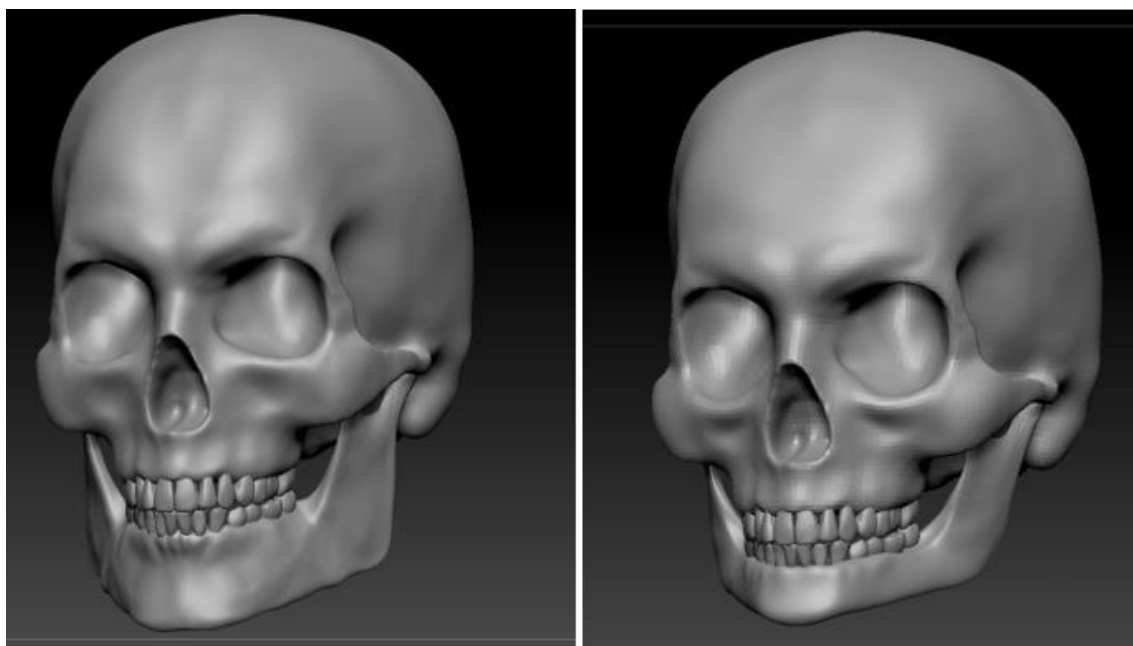
**Рисунок 6:** Подготовка к размещению зубов

Затем создавались зубы. Достаточно было создать 5 типов зубов: резцы, клыки, малый коренной зуб, большой коренной зуб. В итоге, если считать все зубы, верхние и нижние вышло 8 резцов, 4 клыка, 8 малых коренных зуба и 12 больших коренных зуба (рисунок 7).



**Рисунок 7:** Модель черепа женщины

Создав женскую модель черепа, создадим таким же образом мужской череп и череп старика (рисунок 8).



**Рисунок 8:** Модели черепов мужчины (слева) и старика (справа)

## 2.2 Скульптинг мышц лица

Голова и в частности лицо персонажа имеют достаточно сложную структуру и для их моделирования необходимо знать анатомические особенности их строения [5]. Если персонаж создается для последующей анимации, то это должно учитываться при создании модели. Правильно созданная модель лица играет огромную роль в передаче эмоциональной составляющей персонажа. Лицо представляет собой сложный набор мышц, которые тянут и растягивают кожу различными способами. Знание этих мышц и их функций необходимо для создания головы и лица персонажа. Группы мышц делятся на два вида: мышцы нижней части лица, которые контролируют рот и челюсть, и верхние мышцы лица, контролирующие глаза и брови. После создания черепа нужно разместить маркеры (рисунок 9) для того, чтобы обозначить пределы мышц и тканей лица. Толщина слоя может достигать 12 мм.

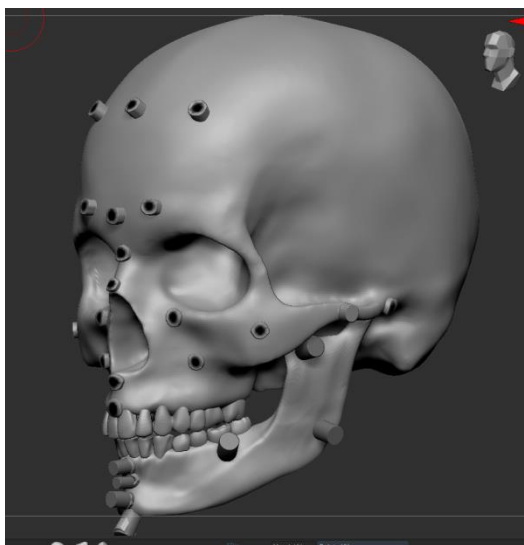


Рисунок 9: Маркеры на модели черепа

Начнем с создания затылочной и височной мышц, далее создадим мышцу, сморщивающую бровь, мышцу гордецов и мышцу депрессор. После этого приступим к моделированию мимических мышц лица: жевательная мышца, малая скуловая мышца, большая скуловая мышца и мышца поднимающая угол рта, мышца, поднимающая верхнюю губу, мышца, опускающая угол рта, мышца, поднимающая верхнюю губу и крыло носа, подбородочная мышца и мышца, опускающая нижнюю губу (рисунок 10).

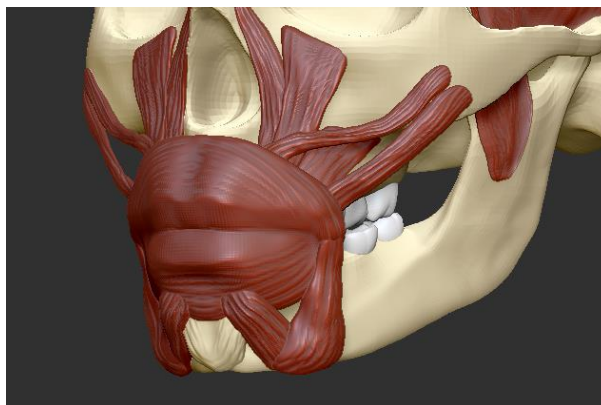
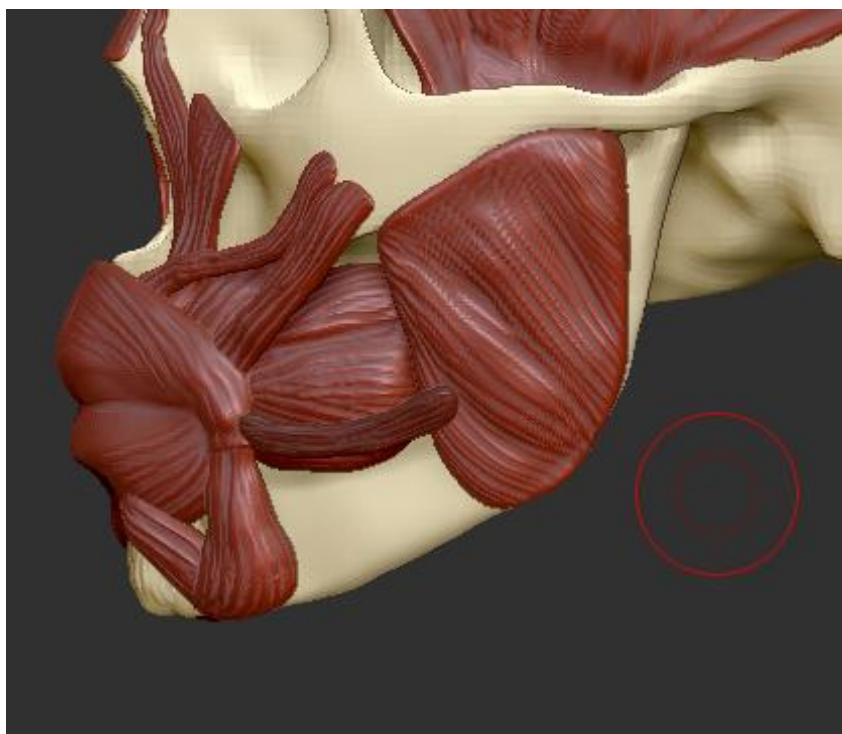


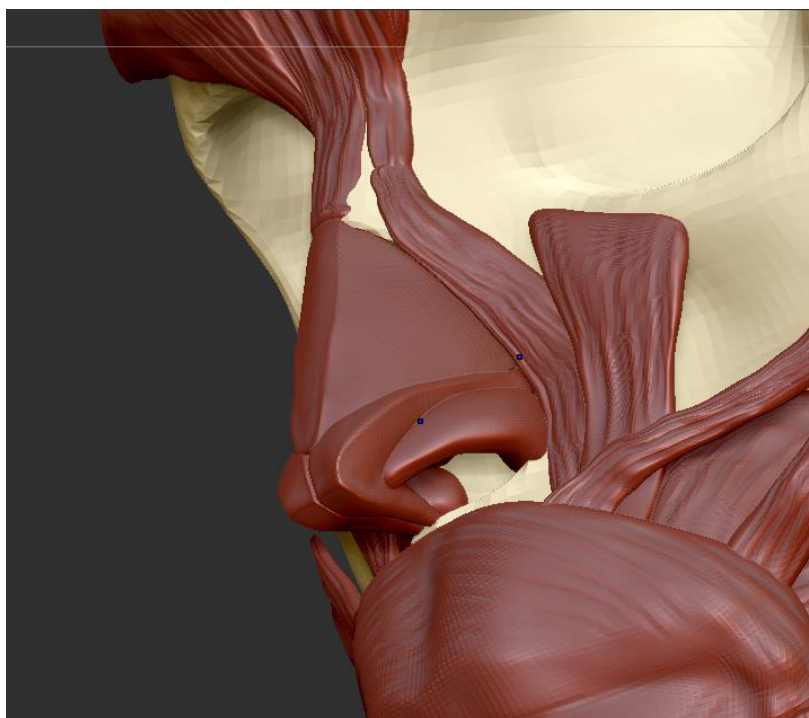
Рисунок 10: Мимические мышцы лица

Добавим жевательную мышцу и щечный мускул (рисунок 11).



**Рисунок 11:** Жевательная мышца и щечный мускул

Затем добавим мышцы носа: поперечная носовая мышца, мышца, опускающая перегородку носа и крыльчатая часть носовой мышцы (рисунок 12).



**Рисунок 12:** Мышцы носа

Затем добавим круговую мышцу глаза и ухо. После чего, все основные мышцы лица готовы.

### 3. Риггинг и скиннинг

Autodesk Maya предоставляет достаточно широкий инструментарий для работ по созданию скелета персонажа и последующей анимации [6]. Скелетная анимация подразумевает перемещение вершин поверхности моделей и соответствующее изменение формы персонажей. Скелет состоит из костей (bones) и суставов (joints). Не следует однозначно отождествлять эти объекты с биологическими элементами организма. Во многих пакетах, предназначенных для анимации, управление осуществляется посредством манипулирования костями, однако в Maya основным средством управления являются суставы. Кость находится между двумя суставами и отображается для удобства работы.

Среди профессиональных 3D-художников пакет Autodesk Maya используется чаще других. Этот трехмерный редактор взят на вооружение многими крупными кинематографическими и анимационными студиями.

После того, как моделирование персонажа закончено, следует этап подготовки к анимации. Этот процесс называется риггинг (от англ. rigging — оснастка), он заключается в добавлении к модели цифрового скелета и элементов его управления, чтобы аниматор впоследствии мог манипулировать персонажем и анимировать его. Скелет создается посредством создания системы костей персонажа и установкой иерархической зависимости между костями и суставами модели.

Главная задача риггинга — максимально упростить работу аниматора, организовать движение каждой группы костей и создать удобный интерфейс для управления. Правильно построенный скелет позволяет быстро и просто манипулировать всеми частями анимируемой модели.

Удобство скелетной анимации заключается в том, что она позволяет манипулировать большим количеством элементов с помощью малого количества управляемых контроллеров.

Обычно скелеты для персонажей человека или животного создают на основе их анатомического строения с небольшими изменениями. Эти изменения в большинстве случаев связаны с учетом особенностей поведения костей в трехмерной среде. Иногда необходимо создание дополнительных костей, которых нет у человека, для более правильной и реалистичной деформации модели. От сложности структуры рига зависит его гибкость и правдоподобность анимации. Но, с другой стороны, чем больше костей в структуре скелета, тем сложнее с ним будет работать.

Скелет состоит из набора сгруппированных и правильно размещенных узлов, называемых суставами (joints). Именно с их помощью осуществляются манипуляции над персонажем. А кости в системе скелета задают лишь расстояние между суставами, а также делают систему более наглядной.

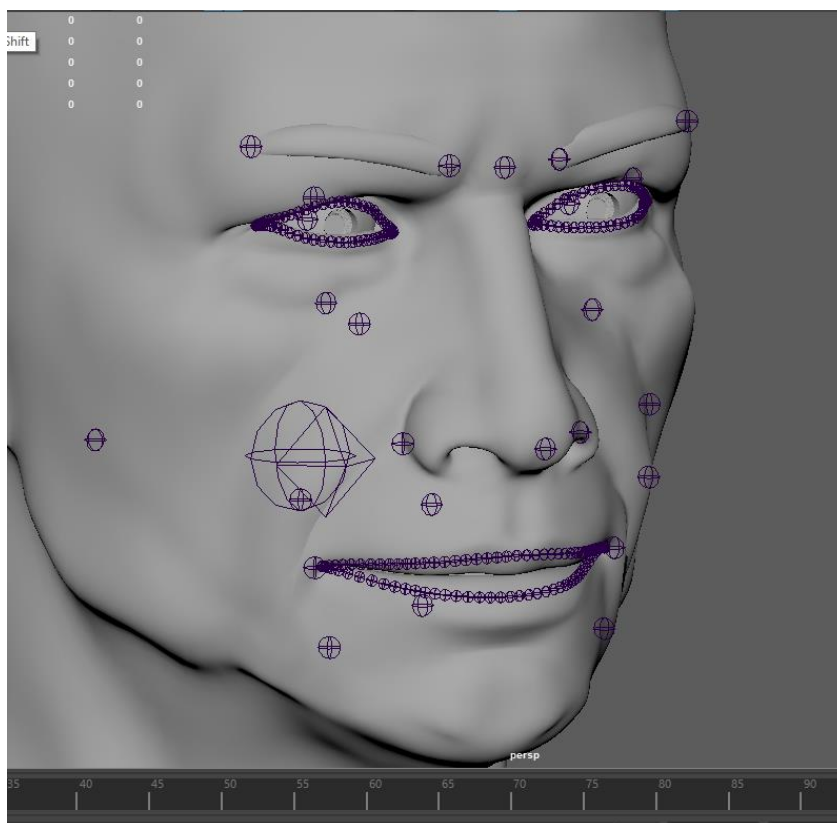
Далее для суставов задаются значения трансформации и создаются возможные углы поворота и вращений, которые позволяют избежать противоестественных трансформаций, например, чтобы руки и пальцы не гнулись в ненужном направлении.

Благодаря тому, что между костями персонажа устанавливается иерархическая зависимость, перемещение каждой кости, зависимой от другой, представляет собой набор ее собственных трансформаций и трансформаций родительской кости. Правильная настройка этих зависимостей упрощает процесс анимации, например, позволяет указывать траекторию смещения одних костей, которые будут тянуть за собой другие, находящиеся в иерархическом подчинении.

Риггинг персонажа «старик» начнем с размещения костей на лице (рисунок 13).

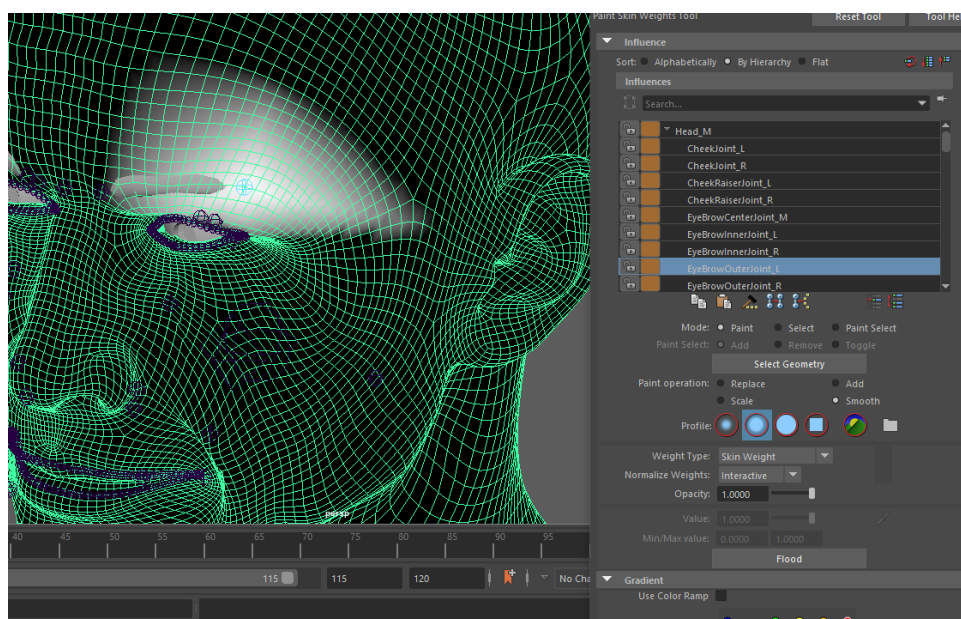
От того, в каких местах будут расположены кости, зависит будущая анимация, для этого и пригодятся знания анатомии мышц лица.





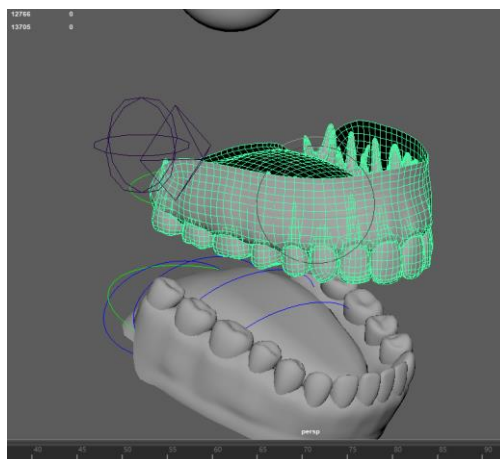
**Рисунок 13:** Риггинг персонажа «старик»

После того как управляющие элементы готовы, необходимо связать их с моделью, чтобы при анимации она двигалась за костями скелета. Этот процесс называется скиннинг (от англ. skinning — буквально “натягивание кожи”). Скиннинг заключается в связывании вершин поверхности персонажа с костями. Участки модели крепятся к соответствующим участкам скелета (рисунок 14).



**Рисунок 14:** Скиннинг модели

После настройки скиннинга персонажа создадим контроллеры для верхней части модели и для языка (рисунок 15).



**Рисунок 15:** Контроллеры для языка

Контроллеры необходимы для удобства управлением персонажа, чтобы аниматору не приходилось перемещать сами суставы. Настройка контроллеров заключается в создании связей между узлами различных объектов. Это позволяет получить анимацию одного объекта на основе анимации другого. Этого можно добиться с помощью ограничений (constraints) и управляемых ключей (drivenkey). Ограничения создают прямую связь между различными атрибутами объекта-источника и объекта-мишени. А управляемые ключи устанавливают связи между объектами сцены, позволяющие создать управления различными частями персонажа.

С помощью этих двух инструментов осуществляется связывание костей и контроллеров. На перемещение контроллеров можно устанавливать ограничения, например ограничить натяжения щеки, чтобы деформация была естественной.

Работа с суставами ведется последовательно, сначала челюсть, затем рот, глаза, веки, брови, нос и щеки. В лицевом риггинге важно учитывать, что все элементы будут между собой связаны, например, при поднятии и опускании брови за ней движется так же и веко, эти мелочи позволяют получить правдоподобную модель

#### 4. Управление эмоциями персонажа

Множество возможных выражений лица можно разбить на несколько основных категорий: ярость, отвращение, страх, радость, грусть и удивление. Когда лицо выражает ярость, глаза широко открыты, брови опущены. Рот обычно открыт, губы напряжены, зубы обнажены. Челюсть может быть опущена. При отвращении все лицо напряжено, глаза сужены, участок между бровями слегка опущен. Рот закрыт, верхняя губа напряжена, образуя презрительную усмешку.

Если человек испытывает страх, обычно рот широко открыт, его нижние углы оттянуты назад. Челюсть опущена, глаза широко открыты, брови подняты. В момент радости губы изогнуты вверх, образуя улыбку. Видны верхние зубы, щеки приподняты. Брови, как правило, расслаблены.

При грустном выражении нижние углы рта оттянуты вниз, нижние зубы обнажены. Глаза сощурены и могут закрываться во время плача. Внутренние уголки бровей приподняты. Когда персонаж удивляется чему-то, глаза широко открыты, брови подняты, но не образуют морщин. Рот расслаблен, челюсть свободно висит.

Верхняя часть лица вносит основной вклад в создание выражения персонажа. Один из способов быстро изменить выражение лица состоит в изменении положения бровей. Их положение, зачастую лучше, чем любая другая часть лица, способствует передаче эмоции. При поднятых бровях лицо становится более открытым, и персонаж выглядит радостным. Опущенные брови, как правило, соответствуют отрицательным эмоциям, например, ярости [7].

Придадим элементам модели положения, соответствующие некоторым эмоциям (рисунки 16-19).

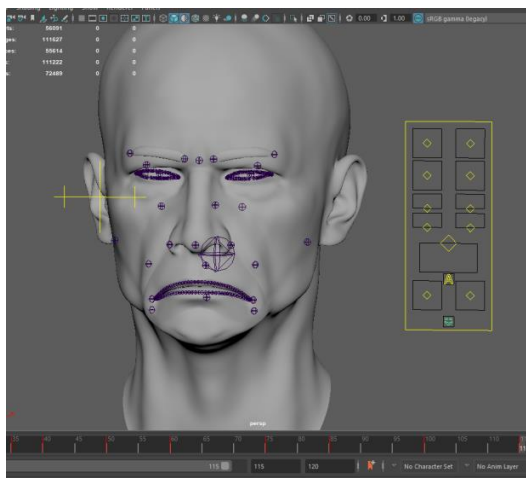


Рисунок 16: Грусть

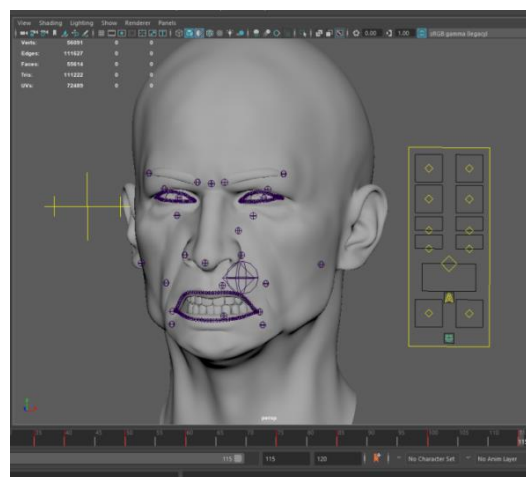


Рисунок 17: Отвращение

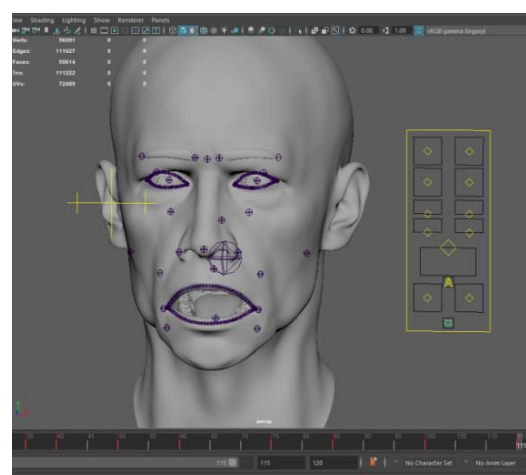


Рисунок 18: Страх

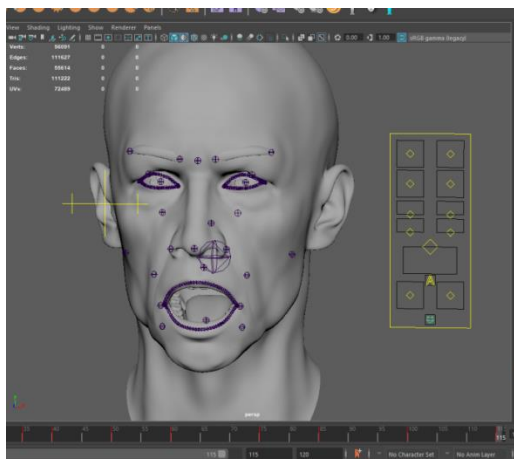


Рисунок 19: Удивление

## 5. Выводы

Проведенные исследования позволяют заключить, что чем больше требования к реалистичности персонажа, тем более близкой к реальности должна быть его трехмерная модель, что приводит к необходимости привлечения данных об анатомии и физиологии организма. Сформированные в ходе графической подготовки студентов компетенции [1], а также полученные при моделировании персонажей знания и умения могут быть использованы при разработке анимационных роликов, компьютерных игр, обучающих программ.

## 6. Литература

- [1] Vitaly Karabchevsky, Methodological foundations for teaching computer graphics for students in IT areas, in: CEUR Workshop Proceedings Volume 2744, 2020 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision, GraphiCon 2020; Saint Petersburg; Russian Federation. doi: [10.51130/graphicon-2020-2-4-28](https://doi.org/10.51130/graphicon-2020-2-4-28).
- [2] Уильям Воган, Руководство по топологии, 1-е издание. – М.: Gumroad, 2018. – 68с.
- [3] Эрик Келлер, Введение в ZBrush. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 754 с.
- [4] А.Ф. Шумбель, Основы рисунка. – М.: Высш. шк., 1994. – 159 с.
- [5] Мышцы и фасции головы. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2017. URL: [https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k\\_anatomia/stud/2017-2/mr12.pdf](https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_anatomia/stud/2017-2/mr12.pdf).
- [6] Сергей Цыщын, Понимая МАЯА, –М.: ООО «Арт Хаус медиа», 2019. – 702 с.
- [7] Джадд Симантов, Лицевой риг персонажа, 2013. URL: <https://perevodvsem.ru/threads/cg-workshops-character-facial-rigging-eng-rus.124/>.