

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.03.02 – Информационные системы и технологии
Направленность (профиль) образовательной программы Информационные системы и технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ А.В. Бушманов
«___» _____ 2025

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Компьютерное прототипирование персональных бюстов на базе фотографий

Исполнитель
студент группы 1104-об

(подпись, дата)

П.А. Попов

Руководитель
профессор, доктор техн. наук

(подпись, дата)

И.Е. Ерёмин

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль
Инженер кафедры

(подпись, дата)

В.Н. Адаменко

Благовещенск, 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.03.02 – Информационные системы и технологии
Направленность (профиль) образовательной программы Информационные системы и технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ А.В. Бушманов
«___» _____ 2024

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Попова П.А

1. Тема выпускной квалификационной работы: Компьютерное прототипирование персональных бюстов на базе фотографий (утверждено Приказом от 14.04.2025 №980-уч)
2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) : 10.06.2025
3. Содержание выпускной квалификационной работы: анализ предметной области; освоение программного и технического обеспечения; разработка алгоритма решения; применение результата на практике.
4. Перечень материалов приложения: диаграмма последовательности создания 3D модели, контекстная диаграмма процесса прототипирования бюста, декомпозиция процесса прототипирования бюста.
5. Дата выдачи задания 02.10.2024

Руководитель выпускной квалификационной работы _____

Ерёмин И. Е. профессор кафедры ИиУС, доктор техн. наук, профессор

(фамилия, имя, отчество, должность, уч.степень, уч.звание)

Задание принял к исполнению 02.10.2024 _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 70 с., 35 рисунков, 17 источников.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ,
ПЕРСОНАЛЬНЫЕ БЮСТЫ, 3D-БЮСТЫ, 3D-ПЕЧАТЬ.

Объектом исследования является процесс компьютерного 3D-моделирования. Целью работы является разработка персонального 3D-бюста академика РАН Луценко Михаила Тимофеевича

Работа разделена на несколько этапов. Первый этап состоит в характеристике предметной области, области применения 3D-моделирования, просмотр существующих решений.

Во второй этап входит выбор решения для реализации цели.

В третьем этапе обоснование выбора приложений и рассматриваются подбор референсов, моделирование, подготовка бюста к 3D-печати.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Разработка компьютерных 3D-портретов предметная область и область исследования	9
1.1 Области применения 3D-моделирования	9
1.2 Существующие методы реализации 3D бюстов	13
1.2.1 3D-сканирование	17
1.2.2 Фотограмметрия	18
1.2.3 3D-моделирование методом скульптинга	19
1.3 Краткая биография академика ран М.Т. Луценко	22
2 Методология разработки цифровых скульптур	25
2.1 Общая схема методики решения рассматриваемой задачи	25
2.1.1 Сбор исходных данных, референсов	25
2.1.2 Создание базовой формы	26
2.1.3 Детализация и доработка	26
2.2 Существующие программные средства для решения задачи	27
2.2.1 Программные средства для 3D-моделирования	27
2.2.2 Программные средства для реализации 3D-печати	31
2.3 Обоснование выбора программного обеспечения	35
2.3.1 Растровый редактор изображений Photoshop	35
2.3.2 Пакет для 3D-моделирования Blender	36
2.3.3 Программное обеспечение для 3D-печати Orca Slicer	36
3 Практическая реализация индивидуального 3D бюста	38
3.1 Подбор референсов М.Т. Луценко	38
3.2 3D моделирование методом скульптинга	40
3.2.1 Создание базовой формы бюста	40
3.2.2 Точная детализация базовой формы	43
3.2.3 Финальная обработка и добавление мелких деталей	44

3.3 Практика 3D-печати бюста	46
3.3.1 Принтеры для 3D-печати	48
3.3.2 Материалы применяемые для 3D-печати	49
3.3.3 Программы слайсеры для подготовки 3D-печати	51
4 Безопасность и экологичность	52
4.1. Безопасность	54
4.1.1 Эргономика рабочего места за персональной ЭВМ	54
4.1.2 Физическая активность для поддержания здоровья	55
4.1.3 Требования к помещению для работы с ПЭВМ	59
4.1.4. Требования к микроклимату рабочих местах с ПЭВМ	60
4.1.5. Шумовые и вибрационные нормы на рабочих местах	61
4.1.6. Освещение рабочих мест с ПЭВМ	62
4.1.7. Организация рабочего места при работе с ПЭВМ	63
4.2 Экологичность	64
4.3 Чрезвычайные ситуации	65
Заключение	68
Библиографический список	69

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.304-81. Система проектной документации.

ГОСТ 19.004-80. ЕСПД. Термины и определения.

ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.

ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования. ГОСТ 2.311-95. Общие требования к технической документации.

ГОСТ 2.052 2015 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.502-2018. Единая система конструкторской документации. Компьютерное моделирование и техническое зрение.

ГОСТ Р 57412-2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения

СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.

ГОСТ Р 50949-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности.

ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПО	программное обеспечение
Полигон	геометрический объект, образованный множеством точек в пространстве
Render	процесс преобразования трёхмерной модели в двумерное изображение
UV-развёртка	процесс развёртки трёхмерной модели в двумерную форму для последующего текстурирования

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное 3D-моделирование занимает важное место в современном технологическом пространстве. 3D-моделирование предоставляет возможность воссоздать облик человека на основе фотографии с высокой степенью точности, что находит применение в художественных проектах, музеях, выставках и сувенирной продукции. Благодаря цифровым технологиям, можно не только воспроизвести внешние черты человека, но и адаптировать модель под нужды печати на 3D-принтере или дальнейшей визуализации. Технологии объёмного моделирования широко используются при подготовке визуальных материалов для презентаций и демонстраций, позволяя сделать акцент на индивидуальных особенностях объекта.

Кроме того, 3D-моделирование активно применяется в медицине, где оно помогает создавать реалистичные модели тела человека для обучения и подготовки к операциям. Подобные технологии перекликаются с задачами персонального прототипирования, так как обе сферы требуют высокой детализации и достоверного воспроизведения анатомических форм.

Работа с цифровыми изображениями позволяет создать виртуальную модель головы и плеч, а затем при необходимости перенести её в физическую форму с помощью технологий трёхмерной печати. Такой подход сокращает время на разработку, снижает затраты и предоставляет возможность быстрой корректировки на любом этапе.

Таким образом, компьютерное прототипирование персональных бюстов на основе фотографий становится эффективным инструментом в сфере индивидуализированного производства, сочетая творческий подход с точностью цифровых технологий.

В данной работе показана разработка бюста академика Российской академии наук Луценко Михаила Тимофеевича.

1 РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНЫХ 3D-ПОРТРЕТОВ ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ И ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Области применения 3D-моделирования

3D-моделирование – это процесс создания трехмерных объектов с использованием компьютерных программ, который нашел широкое применение в самых разных областях производства и науки. Это позволяет создавать не только макеты и прототипы, но и полноценные модели, которые могут быть использованы для изготовления реальных объектов. Технология активно используется на всех стадиях производства, от проектирования до производства готовой продукции. Использование 3D-моделей помогает сократить время разработки, улучшить точность и повысить качество продукции.

Трехмерное моделирование применяется в различных сферах, и его возможности выходят далеко за рамки стандартного создания объектов. Это позволяет не только создавать статичные объекты, но и моделировать различные аспекты, такие как движение, взаимодействие и поведение. Звуковая и визуальная трехмерность дают возможность создавать полноценные мультимедийные проекты, где элементы объемности и пространственного восприятия используются для более эффективной передачи информации.

Трехмерная графика в индустрии развлечений переживает бурное развитие. Кинематограф, анимация, видеоигры – все эти сферы не могут существовать без использования 3D-технологий. В кино 3D-эффекты создают удивительные визуальные миры и персонажей, которые становятся неотъемлемой частью фильмов. Создание виртуальных пространств, а также моделирование движений персонажей и объектов, возможно благодаря использованию полигонов и высокотехнологичных программ. Примером такой графики в фильмах может стать «Аватар» (Рис 1).



Рисунок 1 – Кадр из фильма «Аватар»

Современные видеоигры, особенно с открытым миром, позволяют игрокам взаимодействовать с окружающим миром в трехмерном пространстве. В мультипликации также активно используется трехмерная графика, что позволяет создавать более реалистичные и визуально насыщенные картины. Пример изображён на рисунке 2.

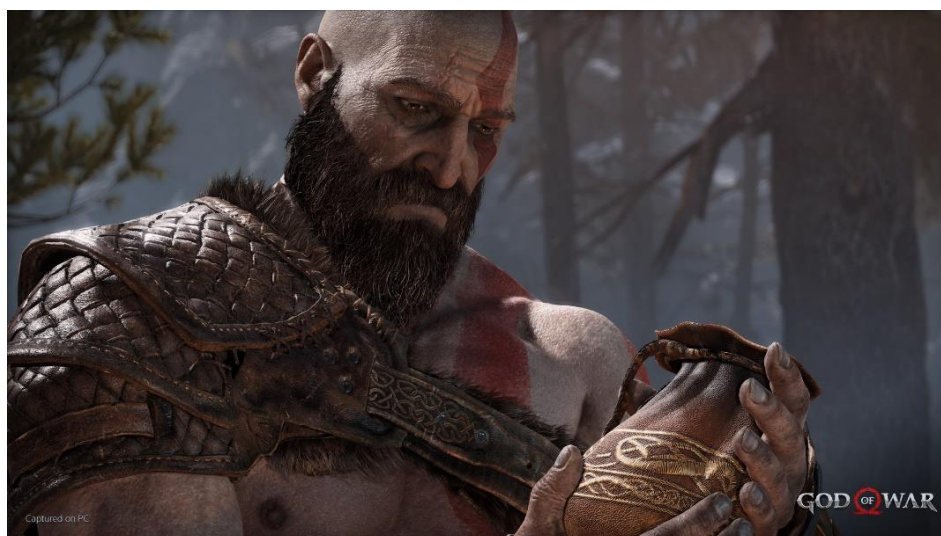


Рисунок 2 – Кадр из компьютерной игры «Бог войны»

Трехмерное моделирование в медицине открывает новые горизонты для диагностики и лечения. С помощью 3D-сканеров и принтеров можно создавать точные модели органов и тканей, что позволяет более точно диагностировать

заболевания и разрабатывать методы их лечения.

Например, создание 3D-моделей человеческих органов с целью выявления ранних признаков заболеваний позволяет врачам проводить операции с минимальными рисками. В стоматологии трехмерные модели используются для создания персонализированных имплантатов, что значительно улучшает качество лечения. Биопечать, которая также активно развивается, дает возможность создавать органы, использующие живые клетки и ДНК, что в перспективе может привести к созданию биологических органов для трансплантации. Пример изображён на рисунке 3.

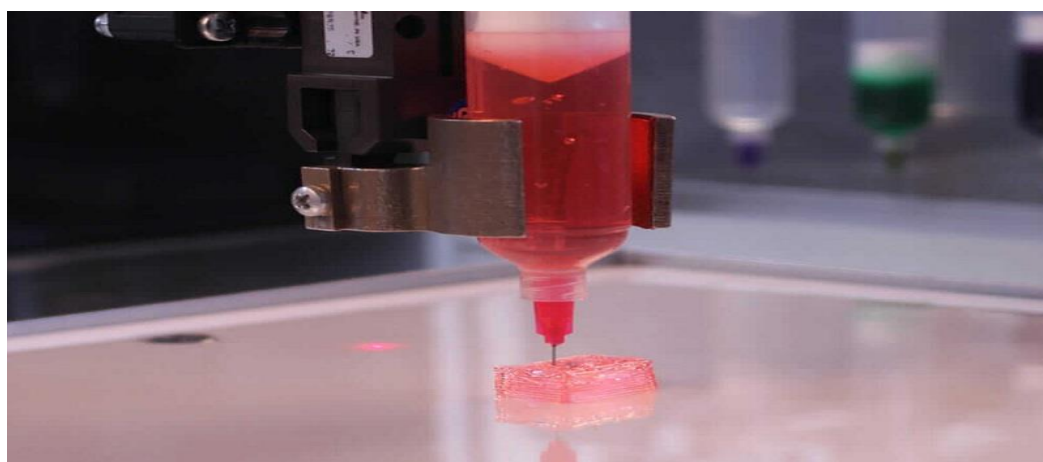


Рисунок 3 – Биопечать

В области навигации 3D-моделирование позволяет создавать точные виртуальные карты и модели объектов, что значительно упрощает ориентирование в реальной среде. Виртуальные экскурсии по историческим и культурным памятникам, музеям, выставочным залам становятся доступными для людей по всему миру. Например, можно не только увидеть здание снаружи, но и прогуляться по нему внутри, изучая детали, которые невозможно представить на обычных картах или схемах. Создание 3D-моделей городов и населенных пунктов также позволяет улучшить городской план, проработать оптимальные маршруты для транспортных средств и пешеходов, а также просчитывать различные сценарии развития городской инфраструктуры. Примером таких виртуальных карт могут стать «Google карты» (Рис 4).



Рисунок 4 – Виртуальная 3D-карта Токио

Одной из ключевых областей применения 3D-моделирования является архитектура. Архитекторы и дизайнеры могут не только создавать точные 3D-модели зданий и сооружений, но и демонстрировать их заказчику на всех стадиях разработки проекта. Это позволяет увидеть окончательный результат еще до начала строительства и скорректировать любые недостатки, выявленные на модели.

В случае с ремонтом, 3D-моделирование помогает визуализировать, как будет выглядеть пространство после завершения работ. В сложных климатических условиях, таких как пустыни или полярные регионы, использование трехмерных моделей позволяет спроектировать здания, которые будут наиболее эффективными в этих условиях. Технологии 3D-моделирования также активно используются в создании мебели и интерьера, что позволяет создать виртуальные макеты и согласовать их с заказчиком до начала производства.

3D-моделирование находит широкое применение в промышленности. В таких отраслях, как атомная, космическая и машиностроение, трехмерные модели позволяют создавать сложные конструкции и детали, которые невозможно изготовить с помощью традиционных методов. Также это помогает повысить точность изготовления и минимизировать брак. В более повседневных

отраслях, например, при производстве посуды, игрушек или сувениров, трехмерные модели позволяют создавать точные копии изделий с деталями, которые в дальнейшем можно будет отточить на стадии производства. Технологии трехмерного моделирования также активно применяются в военно-промышленном комплексе для разработки оружия, техники и других технических средств.

3D-модели используются для разработки и тестирования военной техники, а также для проектирования военных объектов. Это позволяет создавать точные прототипы, которые могут быть протестированы в виртуальной среде, что сокращает время на реальные испытания и позволяет внести коррективы на ранних этапах разработки. 3D-технологии также используются для создания различного оборудования, боевых машин, оружия, а также для оптимизации конструкции военной техники.

В образовательной сфере трехмерное моделирование помогает разнообразить учебный процесс, повышая его интересность и доступность. Ученики могут изучать различные исторические эпохи, исследовать природу и биологию, а также получать представление о самых сложных научных концепциях с помощью 3D-моделей. Например, изучая динозавров, студенты могут не только прочесть о них, но и увидеть их в 3D, что значительно улучшает восприятие информации. В медицине и биологии использование 3D-моделей помогает обучать студентов сложным анатомическим структурам и патологиям. Также, благодаря 3D-технологиям, студенты могут проводить виртуальные практические занятия, что дает им возможность получить опыт без реального взаимодействия с опасными или дорогостоящими объектами.

1.2 Существующие методы реализации 3D бюстов

Технологии 3D-моделирования играют ключевую роль в процессе компьютерного прототипирования персональных бюстов, обеспечивая высокий уровень детализации и реалистичности, что позволяет художникам реализовывать свои идеи и создавать уникальные произведения искусства.

Технологии 3D-моделирования представляют собой набор методов и инструментов, позволяющих создавать трехмерные цифровые объекты, что имеет ключевое значение для компьютерного прототипирования персональных бюстов. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к созданию индивидуализированных объектов, что обусловлено увеличением спроса на уникальные изделия как в коммерческом, так и в художественном контексте.

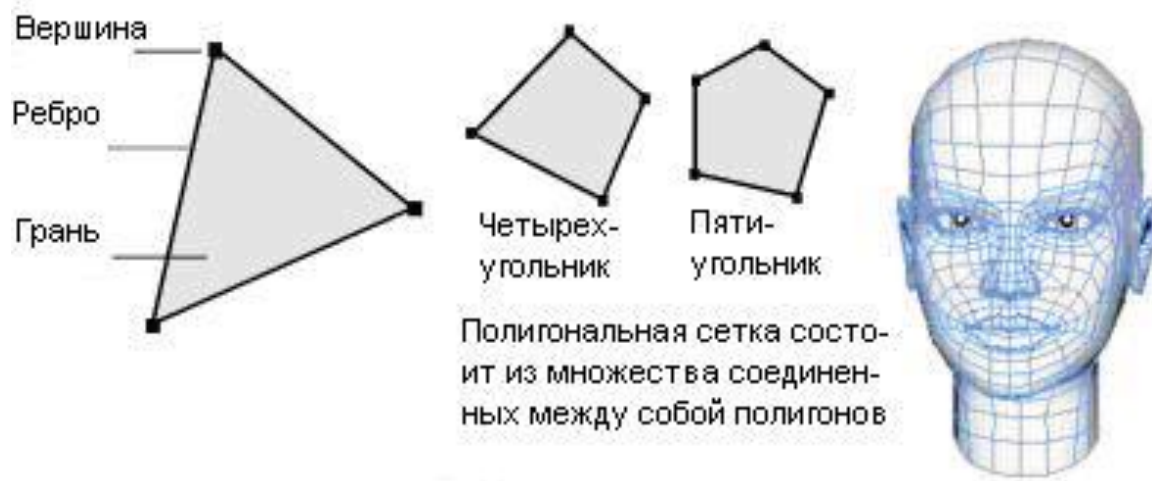


Рисунок 6 – Полигональное моделирование

Существуют несколько основных подходов к 3D-моделированию. Полигональное моделирование, представленное на рисунке 6, как наиболее распространенный метод, подразумевает создание 3D-объекта с использованием полигонов, что позволяет достичь высокой детализации и точности.

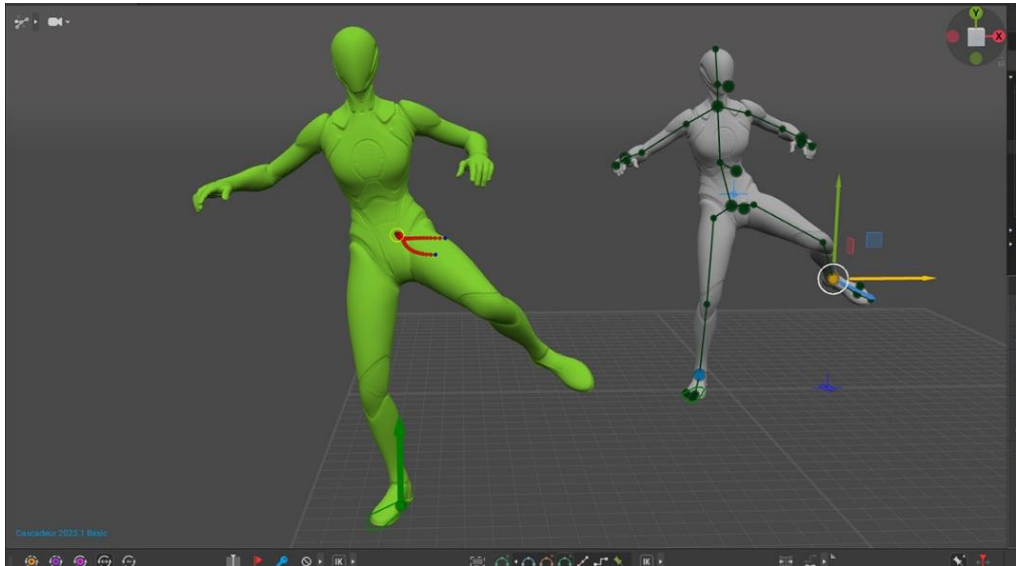


Рисунок 7 – Субдизивизионное моделирование

Субдизивизионное моделирование, являясь производным от полигонального, предполагает сглаживание и улучшение геометрии модели, что часто используется в анимации и игровой индустрии, рисунок 7.



Рисунок 8 – Скульптурное моделирование

Скульптурное моделирование, с другой стороны, предоставляет возможность «лепить» модели, создавая органические формы с высокой степенью детализации, рисунок 8.

Различные программные инструменты поддерживают указанные методы моделирования. Среди них можно выделить Blender, представляющее собой бесплатное и открытое программное обеспечение, охватывающее все.

ZBrush, представленный, специализирован на скульптурном моделировании, позволяя создавать высокодетализированные модели и текстуры.

Процесс 3D-моделирования включает несколько последовательных этапов. На этапе концептуализации разрабатывается идея, сопровождающаяся эскизами или референсными изображениями. После этого создается базовая форма объекта с использованием выбранного метода моделирования.

Этап детализации предполагает добавление мелких деталей и текстур, включая скульптурирование и использование карт нормалей.

Компьютерная графика является важной областью, охватывающей методы и технологии, используемые для создания, обработки и визуализации изображений с помощью компьютеров. В контексте компьютерного прототипирования персональных бюстов компьютерная графика играет решающую роль, обеспечивая реалистичность и высокую степень детализации 3D-моделей.

Основные компоненты компьютерной графики включают в себя рендеринг, текстурирование и анимацию.

Рендеринг представляет собой процесс генерации изображения на основе 3D-модели с использованием различных алгоритмов освещения и материалов. Данный этап требует применения сложных математических расчетов и алгоритмов для достижения реалистичных визуальных эффектов.

Текстурирование подразумевает наложение изображений или узоров на поверхность 3D-объекта, что значительно улучшает его внешний вид и придаёт детализацию. Этот процесс включает создание UV-развёрток, которые позволяют правильно сопоставить текстуры с геометрией модели.

Компьютерная графика также включает в себя алгоритмы, отвечающие за обработку изображений, что имеет значение для улучшения качества выходных материалов. Методы фильтрации, сглаживания и коррекции цвета позволяют повысить визуальное качество изображений, создавая более реалистичные результаты. Исследования в области компьютерной графики также акцентируют внимание на алгоритмах, использующих машинное обучение, что открывает новые горизонты для автоматизации процесса генерации и обработки изображений

1.2.1 3D-сканирование

3D-сканирование – это технология, позволяющая захватывать физические объекты и преобразовывать их в цифровые 3D-модели, что может быть использовано для создания персональных бюстов и других моделей. Существует несколько типов 3D-сканирования.

Лазерное сканирование, рисунок 9, использует лазерные лучи для измерения расстояний до поверхности объекта. При сканировании лазерный луч посылается на объект, и измеряется время, за которое отраженный свет возвращается к сканеру.

Преимущества этого метода включают высокую точность и детальность, а также его пригодность для больших объектов и сложных геометрий. Однако лазерные сканеры обычно являются дорогостоящими, и их использование требует опытного оператора.



Рисунок 9 – Лазерное сканирование

Структурированное световое сканирование, в свою очередь, использует проектор для отображения паттерна на объекте, который затем фиксируется камерой. Искажения на поверхности позволяют вычислить 3D-координаты точек. Этот метод отличается высокой скоростью сканирования и подходит для объектов среднего размера, но может сталкиваться с проблемами на отражающих и прозрачных поверхностях.

1.2.2 Фотограмметрия

Фотограмметрия, изображённая на рисунке 10, не требует специального оборудования и использует обычные фотографии, сделанные с разных углов. Программное обеспечение анализирует изображения и восстанавливает 3D-модель. Доступность этого метода, так как можно использовать стандартные камеры, делает его экономически выгодным. Однако он требует больше времени на обработку и может быть менее точным.

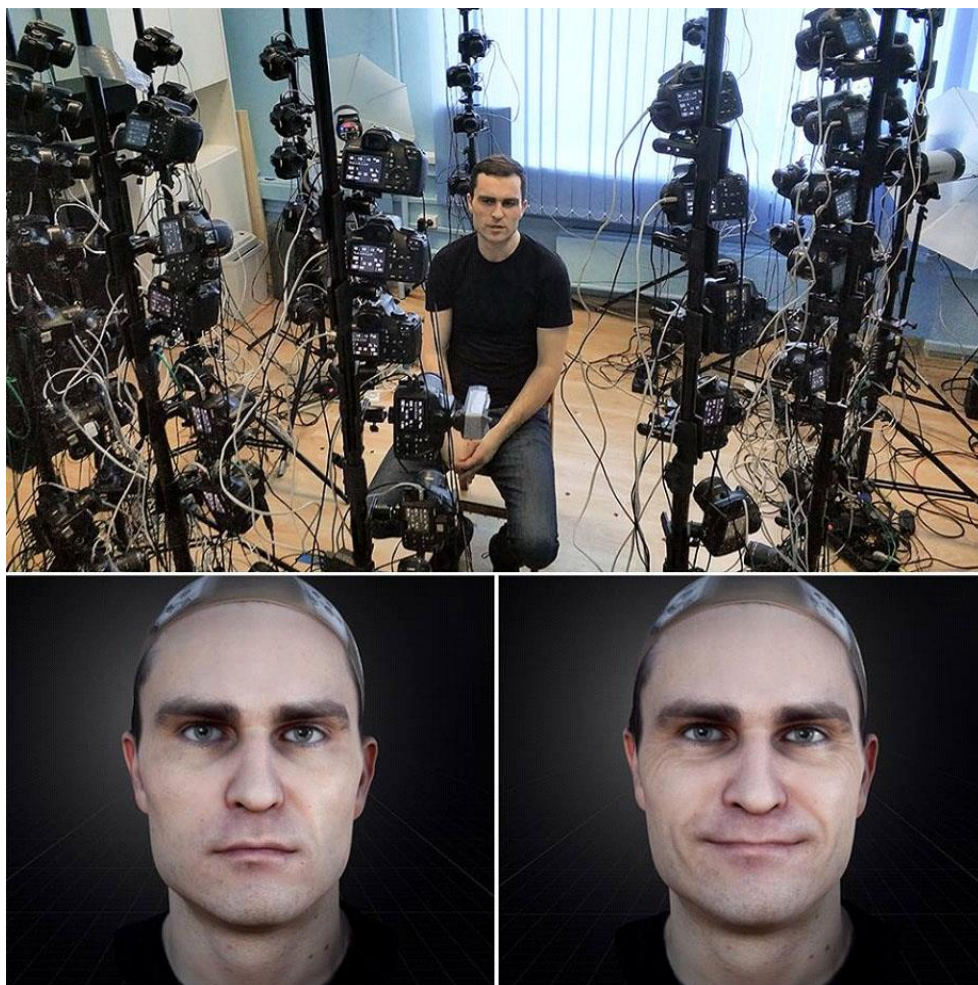


Рисунок 10 – Фотограмметрия человека

Полученные данные обрабатываются с помощью специального ПО для генерации 3D-модели, что может включать фильтрацию шумов, заполнение пробелов и текстурирование. После обработки модель может быть экспортирована в различные форматы для использования в 3D-дизайне, печати или других приложениях.

Существуют различные программы для обработки данных, полученных в результате 3D-сканирования, например, Geomagic Design X, подходящее для преобразования облаков точек в CAD-модели, MeshLab – открытое ПО для обработки и редактирования 3D-сеток, и Agisoft Metashape, популярное для фотограмметрии.

1.2.3 3D-моделирование методом скульптинга

3D-моделирование методом скульптинга – это процесс создания трехмерных объектов с использованием специализированного программного обеспечения.

Основные этапы 3D-моделирование методом скульптинга включают концептуальное проектирование, создание базовой формы, детализацию, текстурирование, освещение и рендеринг, а также экспорт и интеграцию готовой модели.

На первом этапе создается эскиз или концепт объекта, который будет моделироваться. Это может быть простая зарисовка или более детализированная графика, помогающая определить общие пропорции и детали.

Затем в программе для 3D-моделирования, такой как Blender, ZBrush или Autodesk Maya, начинается процесс создания базовой формы. Обычно моделирование начинается с простых геометрических примитивов (кубов, цилиндров и т.д.), которые постепенно преобразуются в более сложные формы.

Программное обеспечение для 3D-моделирования играет ключевую роль в этом процессе, и выбор правильного инструмента может существенно повлиять на качество и скорость работы.

Существует множество программ, которые можно использовать для ручного 3D-моделирования. Например, Blender, рисунок 11 – это бесплатная и мощная программа, подходящая для всех этапов 3D-моделирования, от скульптинга до анимации и рендеринга. Она имеет активное сообщество и обширные ресурсы для обучения, что делает ее идеальной для начинающих и профессионалов.

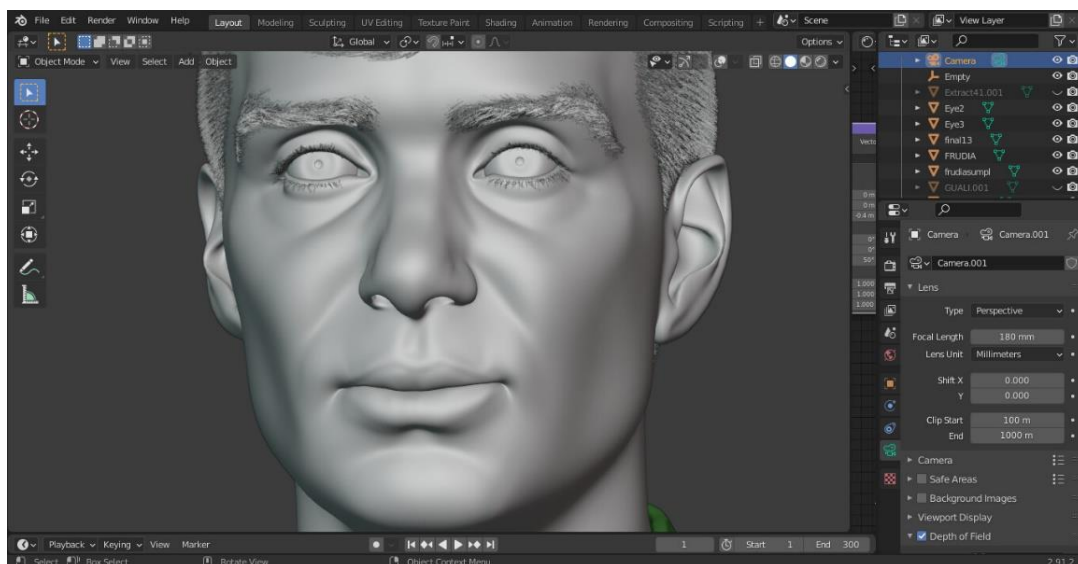


Рисунок 11 – Скульпт Мерфи К. в среде Blender

ZBrush, рисунок 12 – это специализированный инструмент для цифрового скульптинга, который позволяет создавать высокодетализированные модели, идеально подходящие для персонажей и сложных объектов. Его мощные инструменты скульптинга и возможности работы с текстурами делают его популярным в игровой и киноиндустрии.

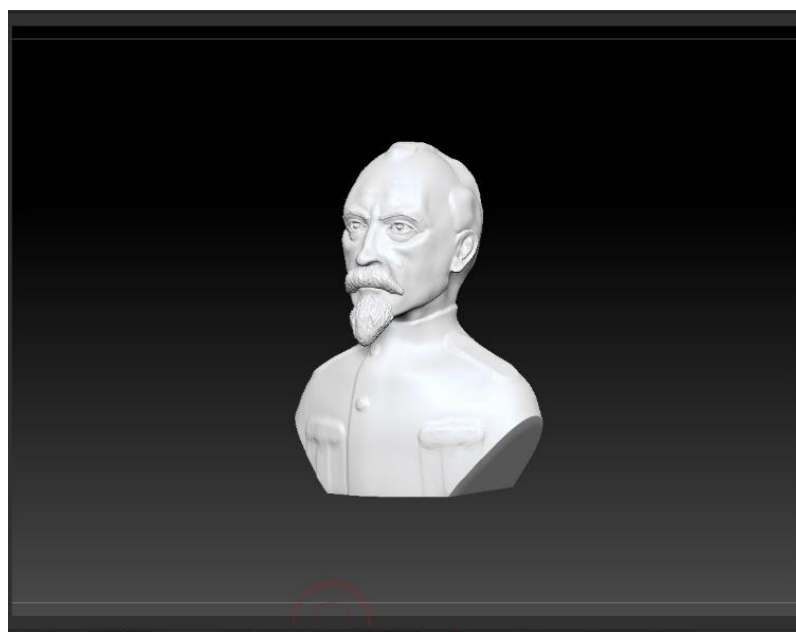


Рисунок 12 – Скульпт Держинского Ф.Э. в среде Zbrush

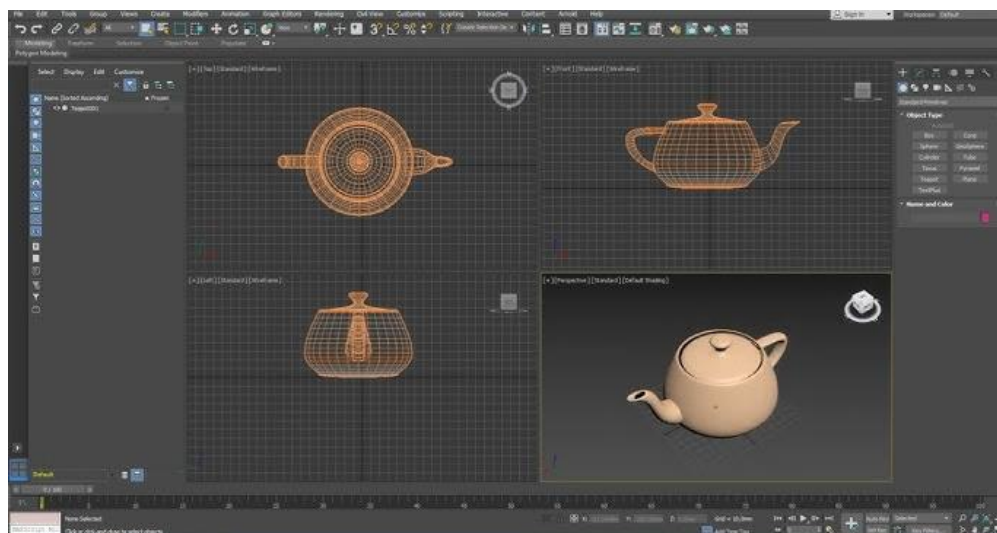


Рисунок 13 – Рабочая среда программы 3Ds Max

3Ds Max, рисунок 13, также является популярной программой для архитектурной визуализации и игрового дизайна, известной своей простотой и мощными инструментами моделирования. Она идеально подходит для создания интерактивных приложений и анимаций.

Преимущества ручного 3D-моделирования включают высокую степень контроля над процессом и результатом, возможность создания уникальных и детализированных моделей, а также его пригодность для художественных проектов и дизайнерских решений. Так же данный метод не требует личного присутствия объекта моделирования, что позволяет создавать модели людей которых уже нет в живых. Однако этот процесс требует времени и навыков, чтобы освоить программное обеспечение и техники моделирования, и может быть трудоемким, особенно для сложных объектов. В то же время, ручное моделирование предоставляет возможность реализовать самые смелые идеи и раскрыть творческий потенциал.

1.3 Краткая биография академика РАН М. Т. Луценко

Михаил Тимофеевич Луценко (16 мая 1930 – 9 октября 2017) – советский и российский гистолог, академик РАН с 2013 года, рисунок 5. Ранее был академиком Академии медицинских наук СССР и Российской академии медицин-

ских наук. Инициировал создание первого на Дальнем Востоке Института физиологии и патологии дыхания, который возглавлял с 1981 по 2005 год. Затем руководил лабораторией, изучающей патогенез и восстановление дыхательной системы при заболеваниях лёгких.



Рисунок 5 – Луценко М. Т.

Окончил Ставропольский медицинский институт с отличием, затем прошёл аспирантуру и был направлен на работу в Благовещенский государственный медицинский институт, где работал более 30 лет, включая должность ректора .

Защитил кандидатскую диссертацию в 1958 году, исследуя процессы развития клеток костного мозга, а докторскую – в 1970 году, изучая изменения печени при гиперхолестеринемии. В 1980 году стал член-корреспондентом Академии медицинских наук СССР, а в 1986 году – её действительным членом. После реорганизации академии продолжил научную деятельность в РАН.

С 1983 года возглавлял Проблемную комиссию по физиологии и пато-

логии дыхания, был президентом Дальневосточной ассоциации учёных, основал кафедру медико-социальной работы в Амурском государственном университете.

Луценко внёс значительный вклад в изучение адаптации дыхательной системы к низким температурам и влияния неблагоприятной среды на лёгкие. Разработал меры по реабилитации пациентов с заболеваниями органов дыхания, за что был награждён медалью Жака Хилдеса Международной ассоциации по приполярной медицине.

Под его руководством созданы критерии риска бронхолёгочных заболеваний у новорождённых, внедрена система диспансерного наблюдения за беременными с патологиями дыхательной системы и их детьми. Основал известную школу морфологов, подготовил 15 докторов и 44 кандидатов наук. Автор более 570 научных работ, включая 36 монографий и 86 изобретений.

2 МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СКУЛЬПТУР

2.1 Общая схема методики решения рассматриваемой задачи

Всю схему общую схему создания 3D-бюстов можно разделить на несколько этапов.

2.1.1 Сбор исходных данных, референсов

Создание 3D-бюстов, как и другие творческие проекты, зачастую начинается с самой сложной части работы – с нуля. Когда перед разработчиком пустая рабочая область и отсутствуют даже приблизительные наброски, воплотить идею становится непросто.

Референсы – это примеры, которые художники, 3D-дизайнеры и другие специалисты используют как на этапе обучения, так и при подготовке к созданию проекта по заданной технической спецификации.

Референсом может быть всё: фотографии, изображения, эскизы, видеоролики, текстовые описания, схемы или даже посты в социальных сетях. Эти материалы помогают создать правильное представление о том, как должен выглядеть готовый 3D-бюст, что нужно заказчику и как верно понять задачу.

Сбор референсов не только помогает найти свежие идеи, но и дает четкое понимание того, какой конечный результат должен получиться.

В контексте 3D-моделирования можно выделить три основные категории референсов:

- стилистические – референсы, используемые для определения общего стиля проекта: изображения и фотографии. Они помогают выбрать цветовую палитру, детали и другие визуальные элементы, которые определяют стиль бюста;
- тематические – референсы, которые ориентируют на тематическую составляющую проекта. Это могут быть персонажи, исторические или фантастические образы, концепты, которые подскажут, как оформить и представить идею;

– технологические – референсы, связанные с техническими аспектами создания 3D-моделей. Это может быть изучение успешных приемов, методов моделирования, текстурирования, освещения или рендеринга, которые можно применить в своей работе.

2.1.2 Создание базовой формы

Следующим этапом после сбора референсов является создание базовой формы, на данном этапе формируется грубая заготовка будущего бюста.

Для создания модели необходимо выбрать подходящую базовую геометрическую форму, такую как куб, цилиндр, сфера или конус. Выбор формы зависит от того, какие элементы будут использоваться для формирования будущего объекта.

На данном этапе важно заострить своё внимание на общей форме будущего бюста и его пропорциях. Необходимо установить параметры ширины, высоты и глубины, чтобы форма соответствовала нужным размерам и пропорциям и в результате правильная основа бюста.

2.1.3 Детализация и доработка

На следующем этапе работы над моделью проводится её тщательная детализация и доработка. Этот процесс включает в себя проработку мелких анатомических элементов, текстурирование поверхностей и сглаживание форм. Такие действия позволяют значительно улучшить внешний вид бюста, придавая ему фотореалистичность и приближая его к исходному изображению. Особое внимание уделяется всем мелким особенностям внешности, чтобы модель выглядела максимально точно и натурально.

Для достижения этого используются различные инструменты, с помощью которых добавляются мелкие, но важные детали, такие как выемки, выступы, складки и другие анатомические особенности. Эти элементы значительно повышают реализм модели, делая её более выразительной и интересной для восприятия. Важно помнить, что детализировать модель нужно с осторожностью: излишняя детализация может привести к перегрузке изображения,

сделать его сложным для восприятия и нарушить общую гармонию. Всё должно быть в меру, чтобы модель оставалась чёткой, читаемой и гармоничной.

После того как основные детали проработаны, следующим шагом становится создание и наложение текстур на поверхность модели. Текстуры, включающие такие параметры, как цвет, нормали, отражения и другие, играют ключевую роль в визуальном совершенствовании модели. Они помогают воссоздать иллюзию различных материалов, таких как кожа, металл или ткань, а также детализируют поверхности, придавая им глубину и реалистичность. Каждая текстура выполняет свою функцию и влияет на восприятие модели, делая её более правдоподобной и визуально привлекательной.

2.2 Существующие программные средства для решения задачи

В настоящее время существует большое количество программ, подходящих для создания трёхмерных моделей. Основные отличия между ними заключаются в разнообразии предлагаемых инструментов и функций. Рассмотрено программное обеспечение для 3D-моделирования с целью определения наилучшего варианта для выполнения конкретной задачи.

2.2.1 Программные средства для 3D-моделирования

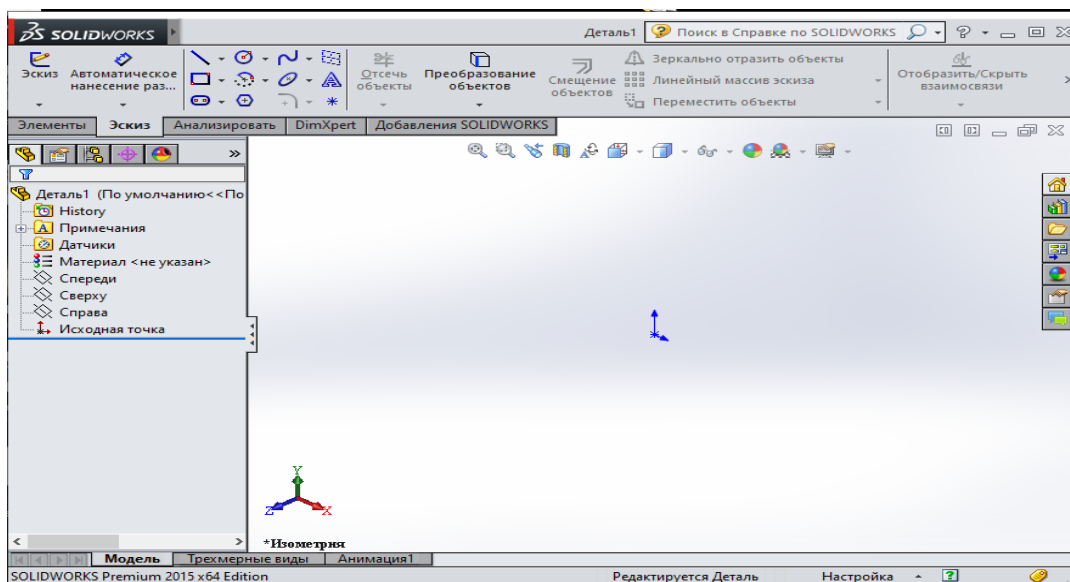


Рисунок 14 – Интерфейс Solidworks

SolidWorks считается одной из самых надёжных систем для инженерного моделирования. В ней удобно строить точные чертежи и сложные геометрические объекты. Часто используется в машиностроении и промышленном дизайне. Помимо обычного моделирования, SolidWorks позволяет проводить симуляции, например, посмотреть, как будет вести себя деталь под нагрузкой. Это реально помогает на этапе проектирования, особенно если важна точность и надёжность. Интерфейс представлен на рисунке 14.

Компас-3D – это российская CAD-программа, которая нередко применяется на производстве и в инженерных бюро. К плюсам программы можно отнести – локализацию и поддержку стандартов, используемых в СНГ. Функциональность программы хорошая, но интерфейс может показаться немного перегруженным, особенно тем, кто только начинает работать с 3D-моделированием. Но при хороших навыках пользователь сможет делать даже профессиональные проекты, соответствующие ГОСТ и прочим требованиям. Интерфейс программы изображен на рисунке 15.

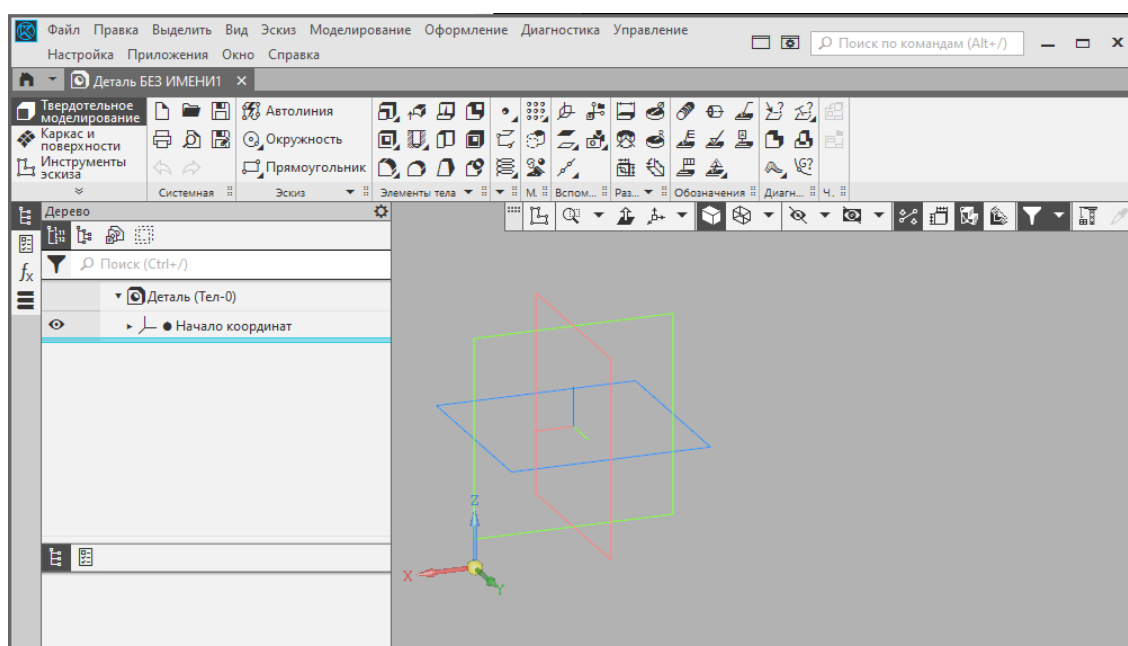


Рисунок 15 – Интерфейс Компас-3D

Blender, бесплатное решение с открытым кодом, которое может исполь-

зоваться для всего: от моделирования и анимации до рендеринга и видеомонтажа. Особенно популярен у дизайнеров, аниматоров и гейм-девелоперов. Освоение Blender требует времени, но программа не ограничивает в инструментах –можно работать с материалами, освещением, текстурами, создавать сложные формы и даже писать свои скрипты на Python. Интерфейс и рабочая среда программы изображены на рисунке 16.

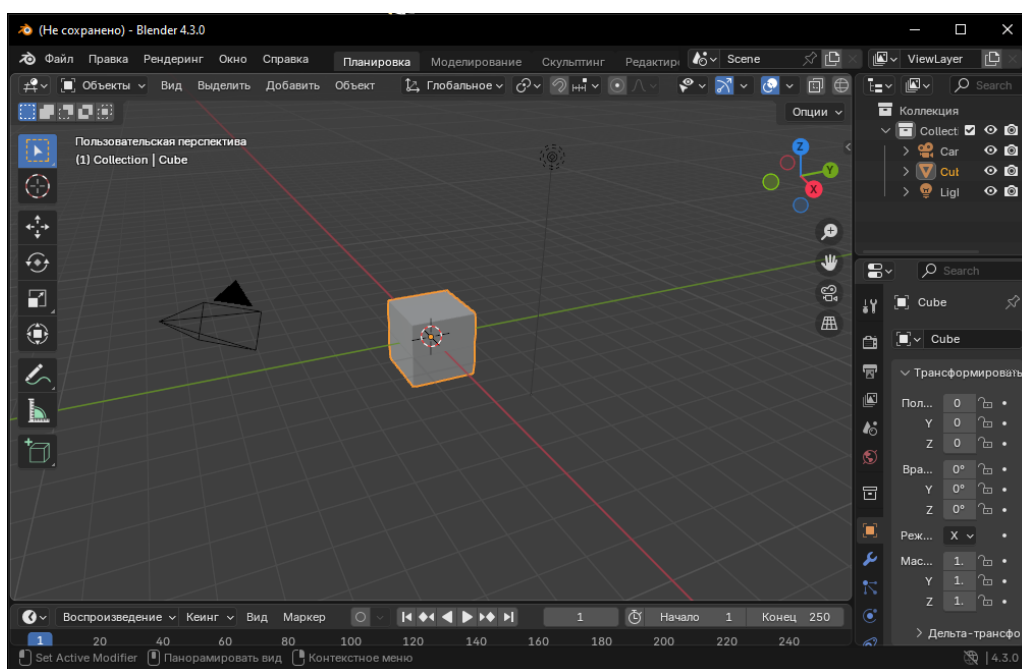


Рисунок 16 – Рабочая среда Blender

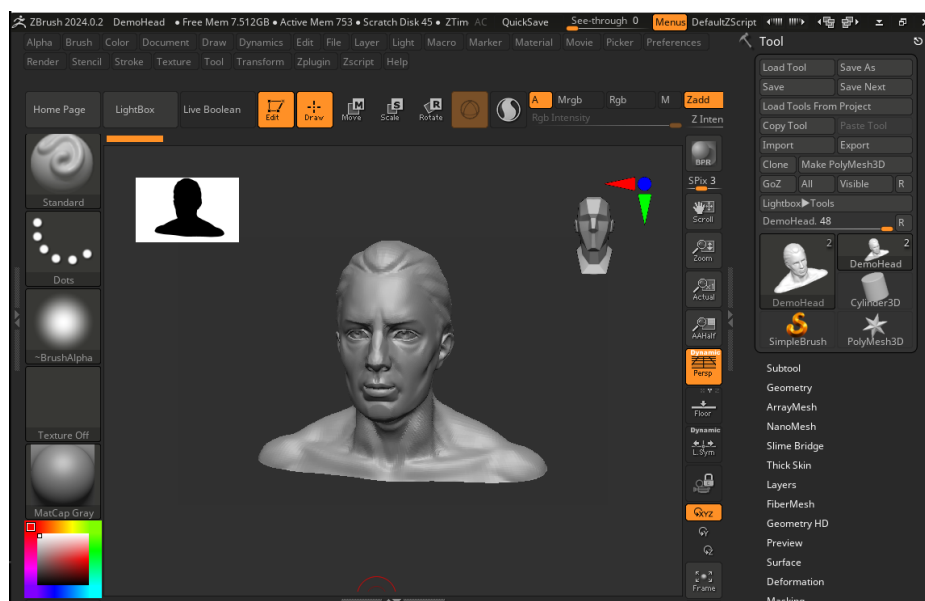


Рисунок 17 – Интерфейс Zbrush

ZBrush – специализированный инструмент для цифрового скульптинга. В отличие от CAD-программ, ZBrush больше подходит для органического моделирования – например, персонажей, монстров или скульптурных элементов. Позволяет работать с миллионами полигонов, использовать кисти для создания мелкой детализации и даже текстурировать модели прямо в процессе лепки. Программа активно используется в кино, играх и индустрии спецэффектов. Интерфейс программы изображён на рисунке 17.

3D-Coat – это коммерческое программное обеспечение для 3D-моделирования, ориентированное на создание органических форм и низкополигональных объектов. Оно предлагает обширный арсенал функций, включая цифровую лепку с автоматическим или ручным построением топологии, генерацию UV-разверток, интерактивное текстурирование, а также рендеринг статичных сцен и вращающейся анимации моделей.

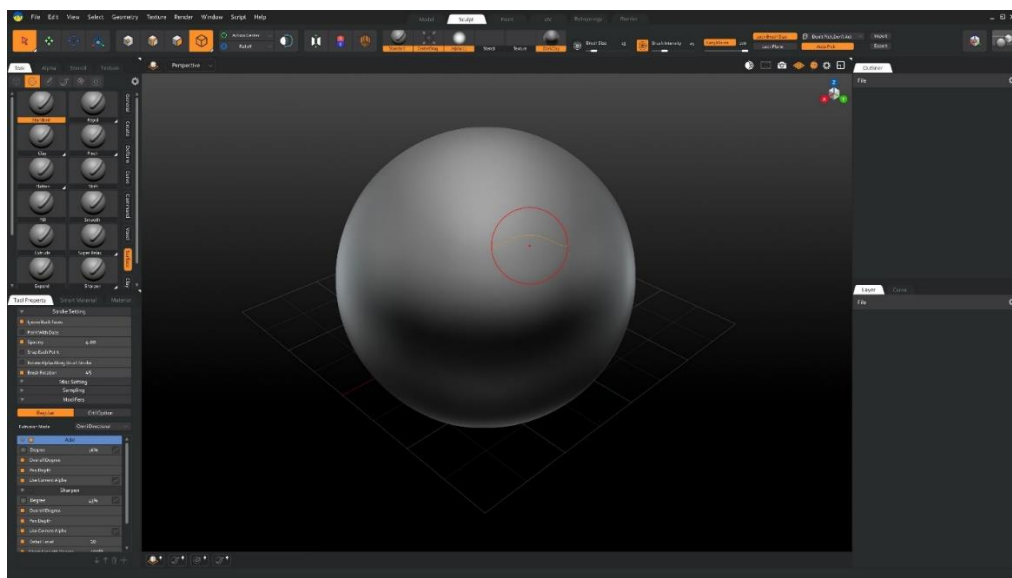


Рисунок 18 – Интерфейс 3D-Coat

Помимо самостоятельного моделирования, приложение служит мощным инструментом для доработки готовых 3D-объектов, импортированных из других программ. Внутри 3D-Coat такие модели можно конвертировать в воксельные скульптуры для детализации, а также генерировать для них UV-раз-

вертки, карты нормалей, карты бликов и диффузные текстуры. После обработки измененную модель вместе с текстурами и развертками можно экспортировать обратно в исходный софт без потери данных. Интерфейс программы изображён на рисунке 18.

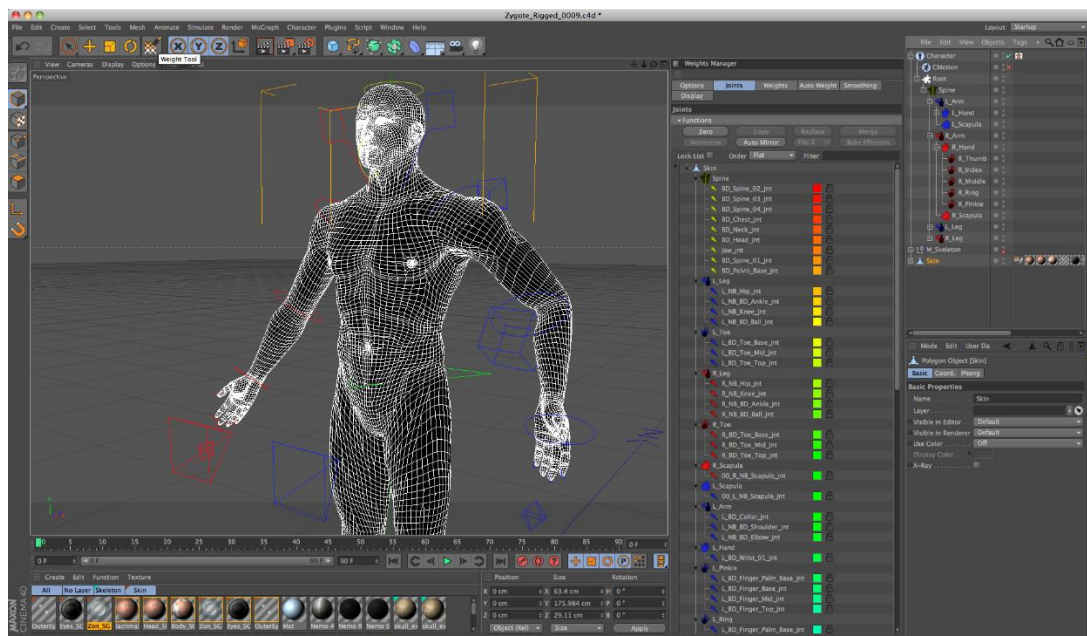


Рисунок 19 – Интерфейс программы Cinema 4D

Cinema 4D – профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и рендеринга, созданный немецкой компанией Maxon. Этот универсальный инструмент используется в индустрии компьютерной графики так же активно применяется в кинопроизводстве, рекламе, архитектурной визуализации, моушн-дизайне и других сферах.

Программа предлагает обширный функционал для работы с трехмерными объектами: от классического полигонального моделирования и цифрового скульптинга до сложных техник, таких как NURBS-моделирование и работа с частицами. Интерфейс программы представлен на рисунке 19.

2.2.2 Программные средства для реализации 3D-печати

Ultimaker Cura, – это интуитивно понятный слайсер, предназначенный для создания G-кода, подходящего для различных моделей 3D-принтеров.

Cura отлично подходит для подготовки моделей к печати на FDM 3D-

принтерах. Cura поддерживает широкий спектр файловых форматов, включая OBJ, STL, 3MF, X3D, а также изображения в форматах GIF, BMP, PNG и JPG.

Интерфейс программы будет удобен как для новичков, так и для опытных инженеров. Приложение поддерживает множество печатных материалов по умолчанию и совместимо с оборудованием разных производителей. Рабочая среда программы изображена на рисунке 20.

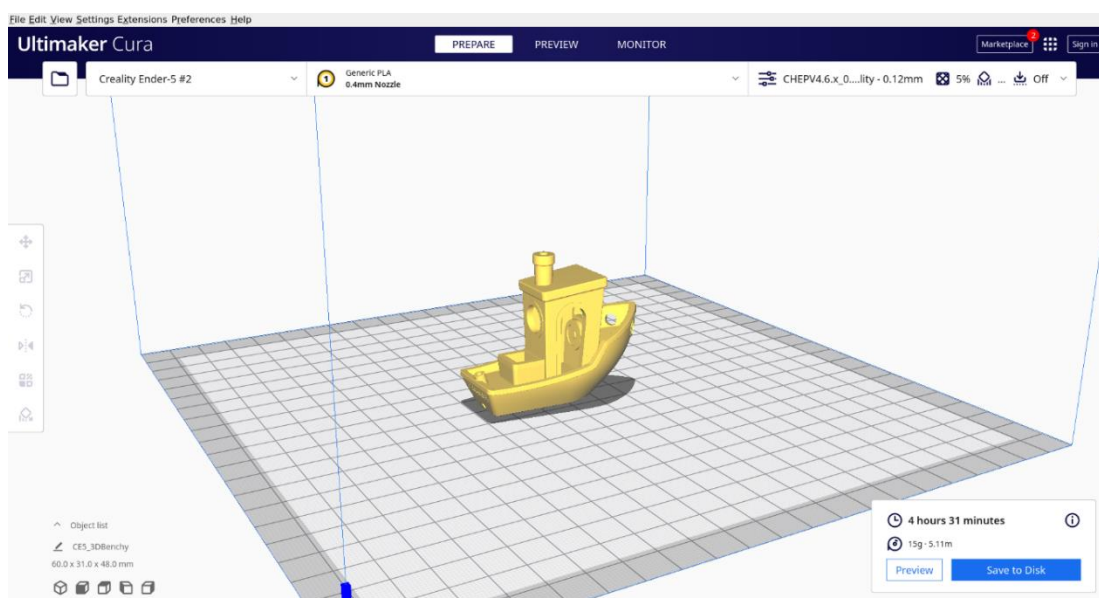


Рисунок 20 – Рабочая среда Ultimaker Cura

PrusaSlicer – это бесплатное программное обеспечение для подготовки моделей к 3D-печати, разработанное компанией Prusa Research. Оно основано на проекте Slic3r, созданном Алессандро Панеллуччи.

PrusaSlicer позволяет использовать принтеры различных компаний – в программу встроены готовые профили для устройств сторонних производителей и широкого спектра материалов. Последние версии слайсера получили расширенные функции, включая поддержку SLA-печати, автоматическое регулирование высоты слоя и другие полезные опции. Рабочая среда программы изображена на рисунке 21.

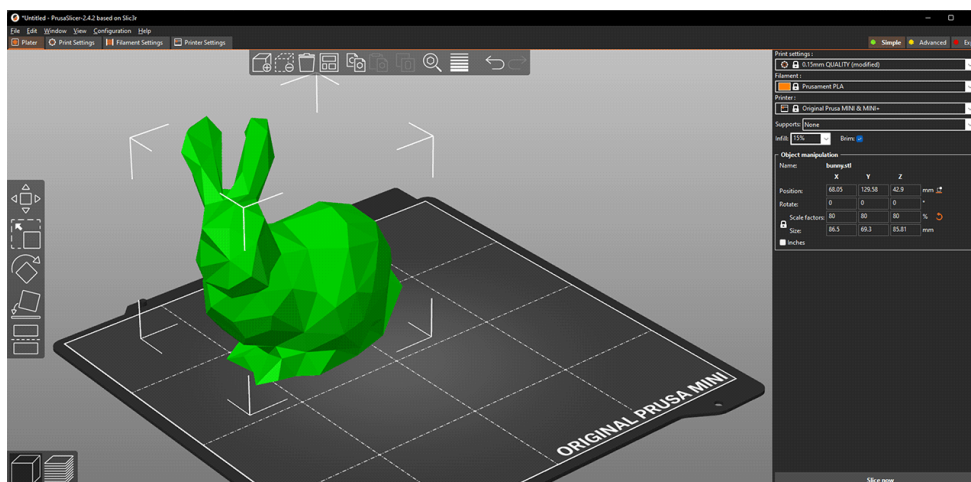


Рисунок 21 – Рабочая среда PrusaSlicer

Orca Slicer является свободно распространяемым решением с открытым исходным кодом, предназначенным для обработки трехмерных объектов перед печатью. Разработанный на базе Bambu Studio, данный слайсер перенял его сильные стороны, при этом избавившись от ограничений, связанных с поддержкой оборудования только одного производителя.

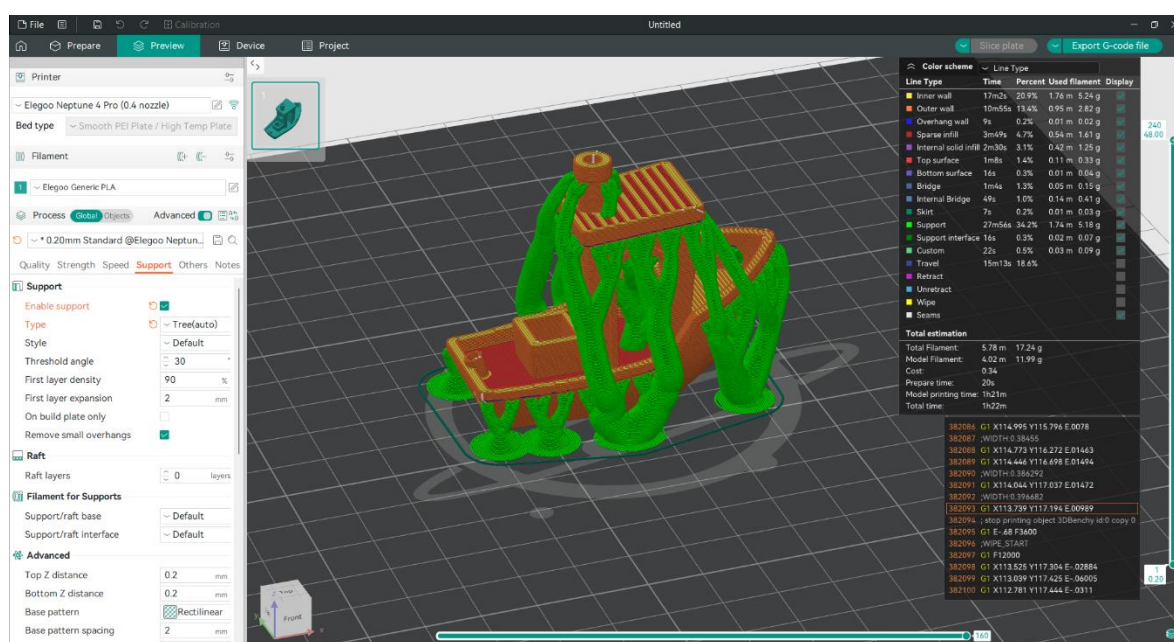


Рисунок 22 – Интерфейс Orca Slicer

В основе программного комплекса лежат технологии PrusaSlicer, что гарантирует использование проверенных временем алгоритмов обработки

трехмерных данных. Сочетание интуитивно понятного пользовательского интерфейса с богатым набором регулировок превращает этот инструмент в универсальное решение, одинаково удобное как для новичков, так и для профессионалов в области аддитивных технологий. Ключевой особенностью программы является ее способность работать на различных платформах и открытая архитектура. Интерфейс программы изображён на рисунке 22.

Simplify3D – это коммерческое программное решение, изображенное на рисунке 23, позволяет заменить несколько отдельных утилит, обеспечивая полный цикл работы: от импорта и редактирования трёхмерных моделей до генерации управляющего кода (G-code) и отправки задач на печать.

Программа поддерживает широкий спектр 3D-принтеров, что достигается за счёт постоянно обновляемой базы конфигурационных профилей, доступной для ознакомления на официальном ресурсе разработчика.

Simplify3D совместима с основными форматами трёхмерных моделей, включая STL, OBJ и 3MF, и обладает средствами для их анализа, исправления ошибок, а также оптимизации геометрии перед слайсингом. Программное обеспечение демонстрирует высокую производительность при обработке сложных и ресурсоёмких файлов.

Имеется возможность настройки параметров печати: пользователю доступно управление температурными режимами, конфигурацией экструдеров, стратегией заполнения, высотой слоёв, скоростью печати, охлаждением и другими критически важными параметрами. Также предусмотрена возможность ручного редактирования G-кода и сохранения параметров в виде отдельных процессов, что особенно полезно при необходимости тестирования различных конфигураций.

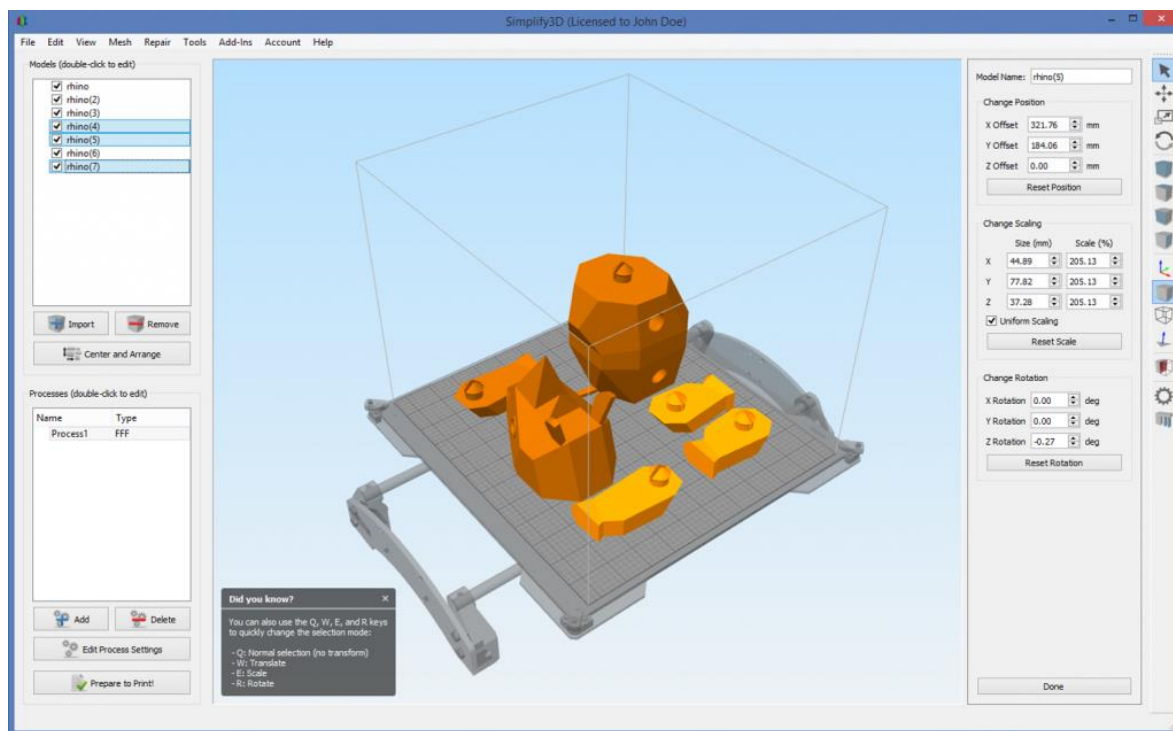


Рисунок 23 – Интерфейс Simplify3D

Одной из ключевых функций является интеллектуальная система поддержки: помимо автоматической генерации поддержек на основе углов наклона поверхностей, пользователь может вручную добавлять или удалять опоры, а также задавать их геометрию и расположение для минимизации риска повреждения модели при удалении.

2.3 Обоснование выбора программного обеспечения

Для подготовки референсных изображений использовался Adobe Photoshop, процессы 3D-моделирования и 3D-печати реализованы в Blender и Orca Slicer.

2.3.1 Растровый редактор изображений Photoshop

Adobe Photoshop графический редактор с большим набором инструментов для редактирования изображений. Photoshop предоставляет разнообразные кисти и другие инструменты, такие как обрезка, изменение размера, коррекция цвета, изменение яркость, удаление дефектов для создания рисунков или для обработки уже готовых изображений

Photoshop поддерживает множество форматов файлов, включая PSD, JPEG, PNG, TIFF, PDF и другие, обеспечивая гибкость при сохранении и экспорте изображений.

Вы можете использовать свои собственные кисти в Photoshop, что делает его легче получить красивый результат на рисунке

2.3.2 Пакет для 3D-моделирования Blender

Главным преимуществом Blender является то, что это полностью бесплатное программное обеспечение для работы с 3D, которое подходит как для начинающих пользователей, так и для профессионалов. Главное его преимущество в том, что программа не требует покупки лицензии, оставаясь при этом полнофункциональным решением для 3D-графики.

Программа предлагает все необходимые инструменты для работы с 3D, а именно моделирование, рендеринг. Blender позволяет выполнять весь цикл работ в одной среде без использования сторонних приложений.

Особенно стоит отметить удобные инструменты для скульптинга, с помощью которых можно создавать 3D-модели подобно скульптору создающему скульптуры из глины. При этом имеется предпросмотр того как будет выглядеть модель, благодаря встроенным возможностям текстурирования и визуализации.

Blender поддерживается активным сообществом пользователей и разработчиков. Для данной программы существует огромное количество обучающих материалов, готовых решений и советов по использованию от других пользователей. Программа постоянно обновляется, получая новые функции и улучшения.

Ещё один плюс – возможность расширения функционала через плагины. Это позволяет адаптировать Blender под конкретные задачи, добавляя нужный дополнительный функционал.

2.3.3 Программное обеспечение для 3D-печати Orca Slicer

Orca Slicer выбран в качестве основного программного решения для подготовки 3D-моделей к печати благодаря целому ряду преимуществ, которые делают его универсальным и удобным инструментом для пользователей разного уровня. Это открытое и свободно распространяемое программное обеспечение, что означает отсутствие ограничений на его использование и возможность адаптации под конкретные нужды. Программа унаследовала все лучшие черты Bambu Studio, включая мощный функционал для обработки моделей, но при этом избавилась от главного недостатка – привязки к оборудованию только одного производителя. Это делает Orca Slicer более гибким решением, совместимым с широким спектром 3D-принтеров.

Одним из преимуществ программы является ее кроссплатформенность и открытая архитектура, что позволяет использовать ее на разных операционных системах и при необходимости модифицировать под свои задачи. Все эти особенности делают Orca Slicer оптимальным выбором для работы с 3D-печатью, независимо от уровня подготовки пользователя и типа используемого оборудования.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО БЮСТА

3.1 Подбор референсов М.Т. Луценко

Одним из важнейших этапов подготовки к созданию трёхмерного портрета является подбор референсов – визуальных материалов, на основании которых будет воссоздаваться облик конкретного человека. В рассматриваемом проекте объектом цифрового моделирования выступает М.Т. Луценко, а потому первым шагом стало детальное изучение его внешности по доступным изображениям.

Референсы – это изображения, отражающие особенности внешности, выражение лица, форму головы, пропорции и анатомическое строение черепа, мягких тканей и мимических зон. Чем больше разнообразных ракурсов будет собрано, тем точнее удастся передать индивидуальные особенности портретируемого в финальной 3D-модели.

Поиск изображений осуществляется преимущественно через интернет, так как цифровая доступность таких материалов значительно упрощает этап сбора. Фотографии могут быть взяты из различных источников: архивных фотобаз, музейных каталогов, публикаций в прессе, биографических очерков, а также некрологов. Особенно ценными являются изображения высокого разрешения, на которых хорошо различимы черты лица, структура кожи и мимика.

При выборе подходящих изображений следует учитывать несколько ключевых параметров:

- ракурс съёмки(анфас, профиль, три четверти и т.д.);
- качество и разрешение фотографии;
- естественное или студийное освещение, которое позволяет лучше увидеть формы лица;
- эмоциональное выражение (нейтральное или характерное для человека выражение лица);
- возрастной период, отражённый на изображении – желательно, чтобы

все фото относились к одному временному отрезку, особенно если моделируется портрет определённого возраста.

С целью повышения точности моделирования и систематизации визуального материала, изображения необходимо предварительно структурировать. Один из эффективных методов – анатомическая разбивка, при которой лицо условно делится на отдельные зоны: лоб, надбровные дуги, глаза, нос, скулы, губы, подбородок, уши, шея и линия роста волос. Такой подход позволяет не только внимательно изучить каждую часть лица в отдельности, но и облегчает процесс сопоставления деталей между разными фотографиями.

На рисунке 24 представлены подобранные референсы, прошедшие предварительную сортировку и разбивку по анатомическим областям. Это визуальное представление помогает лучше понять структуру лица М.Т. Луценко и служит отправной точкой для создания достоверного и выразительного 3D-бюста. Данный этап подготовки является фундаментальным, поскольку качество и точность собранного материала напрямую влияет на итоговый результат трёхмерного портретного моделирования.

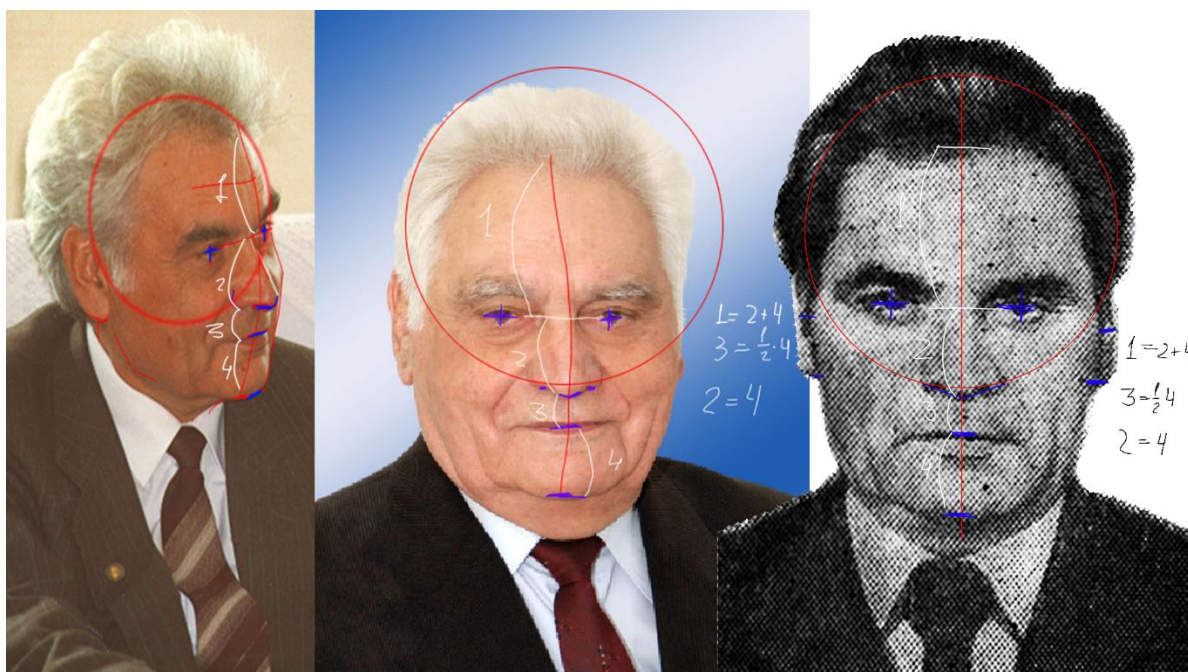


Рисунок 24 – Референсы Луценко М.Т

3.2 3D моделирование методом скульптинга

3.2.1 Создание базовой формы бюста

После завершения сбора, систематизации и анализа референсных изображений наступает один из наиболее ответственных этапов цифрового скульптурирования – построение базовой формы будущего бюста. Этот процесс служит фундаментом для последующей высокодетализированной работы и напрямую влияет на точность воспроизведения индивидуальных особенностей внешности портретируемого – в данном случае М.Т. Луценко. На этом этапе формируется так называемый «скелет» будущей модели, определяющий её общие объёмы, пропорции и пространственную композицию.

Создание базовой формы начинается с размещения в рабочем пространстве простейших геометрических объектов, или примитивов. В зависимости от выбранного программного обеспечения (например, ZBrush, Blender или аналогов), в распоряжении художника находятся такие фигуры, как сфера, куб, цилиндр, конус и их комбинации. Эти элементы используются для грубого наброска будущей головы и шеи, а также – в перспективе – плечевого пояса, если он входит в состав композиции. Работа с примитивами позволяет художнику избежать преждевременного ухода в мелкие детали и сосредоточиться на построении корректной, сбалансированной формы.

Применение примитивов даёт возможность оперативно определить массу головы, наклон черепа, соотношение между вертикалью и горизонталью, а также создать задел для пластики объёма. Это особенно важно, когда модель создаётся на основе реальных исторических персонажей, и необходимо сохранить анатомическую достоверность при условии часто ограниченного количества исходных фотографий. На рисунке 25 продемонстрирован пример того, как может выглядеть первоначальный объём, собранный из примитивных форм.

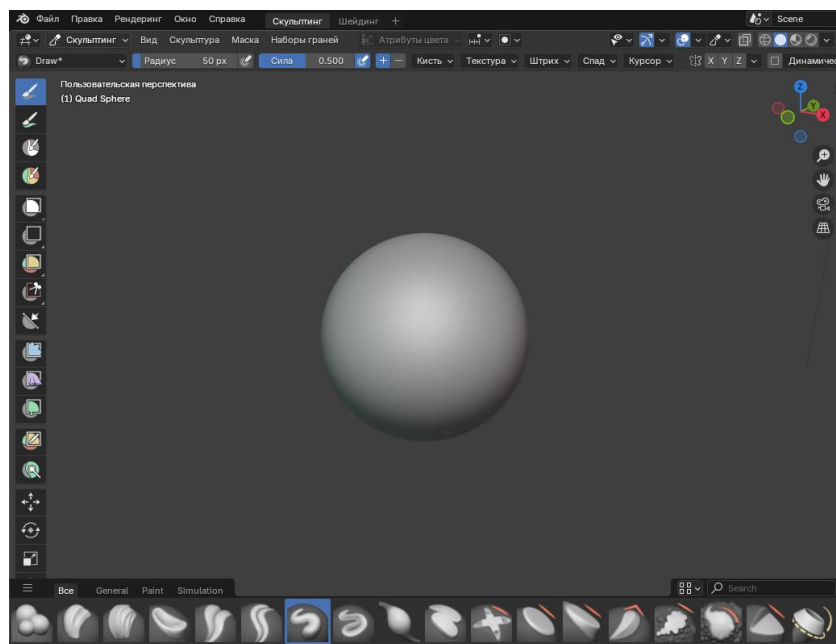


Рисунок 25 – Прimitives форма

После этого следует важнейший этап – разметка основных пропорций. В классическом портретном моделировании голова делится условно на несколько зон: верхнюю треть (лоб), среднюю треть (нос и скулы) и нижнюю треть (ротовая область и подбородок). Дополнительно могут быть выделены второстепенные ориентиры – например, линия роста волос, надбровные дуги, основание носа, центр глазных впадин, уголки рта и нижняя точка подбородка.

Точная установка этих пропорциональных ориентиров позволяет перейти к следующей стадии – формированию первичного объёма головы. Сначала блокируется череп, выстраивается затылочная часть, теменная зона, а также очерчивается линия подбородка и скул. Далее обозначаются такие ключевые структуры, как:

- линия бровей и надбровных дуг;
- форма и объём скуловой кости;
- контур нижней челюсти, включая угол и вырез по шее.

Затем начинается моделирование центральных элементов лица:

- создаётся нос с учётом переносицы, крыльев, ноздрей и изгибов хрящевой ткани;

- выстраиваются глазницы с правильной глубиной, что является критически важным для дальнейшего добавления глазного яблока и век;

- формируется ротовая щель – на этом этапе задаётся не только ширина и положение губ, но и степень их напряжённости, изгибы в уголках, асимметрия при необходимости;

- намечается подбородок с учётом его высоты, выступа и общей геометрии нижней части лица.

Когда базовые объёмы установлены, происходит условное разбиение лица на основные плоскости. Этот приём широко применяется в академическом рисунке и скульптуре и позволяет оценить, насколько грамотно выстроены массы лица и как они будут реагировать на освещение. Плоскостная разбивка включает в себя: лобную плоскость, боковые скуловые поверхности, переднюю носовую плоскость, области подглазничных углублений, губную зону и подбородочную плоскость. Такая структуризация не только упрощает анализ, но и создаёт ощущение архитектурной логики в форме.

Параллельно с этим модель регулярно просматривается с разных ракурсов – фронтального, бокового, верхнего, нижнего и под наклонами. Это позволяет контролировать симметрию, улавливать деформации и своевременно корректировать возможные ошибки. Кроме того, важно сохранять масштаб в рамках реалистичных человеческих пропорций, особенно если в дальнейшем бюст будет использоваться для печати или анимации.

На рисунке 26 представлен пример анатомически проработанной формы, полученной после прохождения описанных этапов. Видно, как основные объёмы обретают выраженность, а анатомические ориентиры помогают заложить точную основу для дальнейшего детализирования. Этот этап завершает первичную стадию цифрового моделирования и подготавливает скульптуру к фазе уточнения и финальной проработки мелких форм.

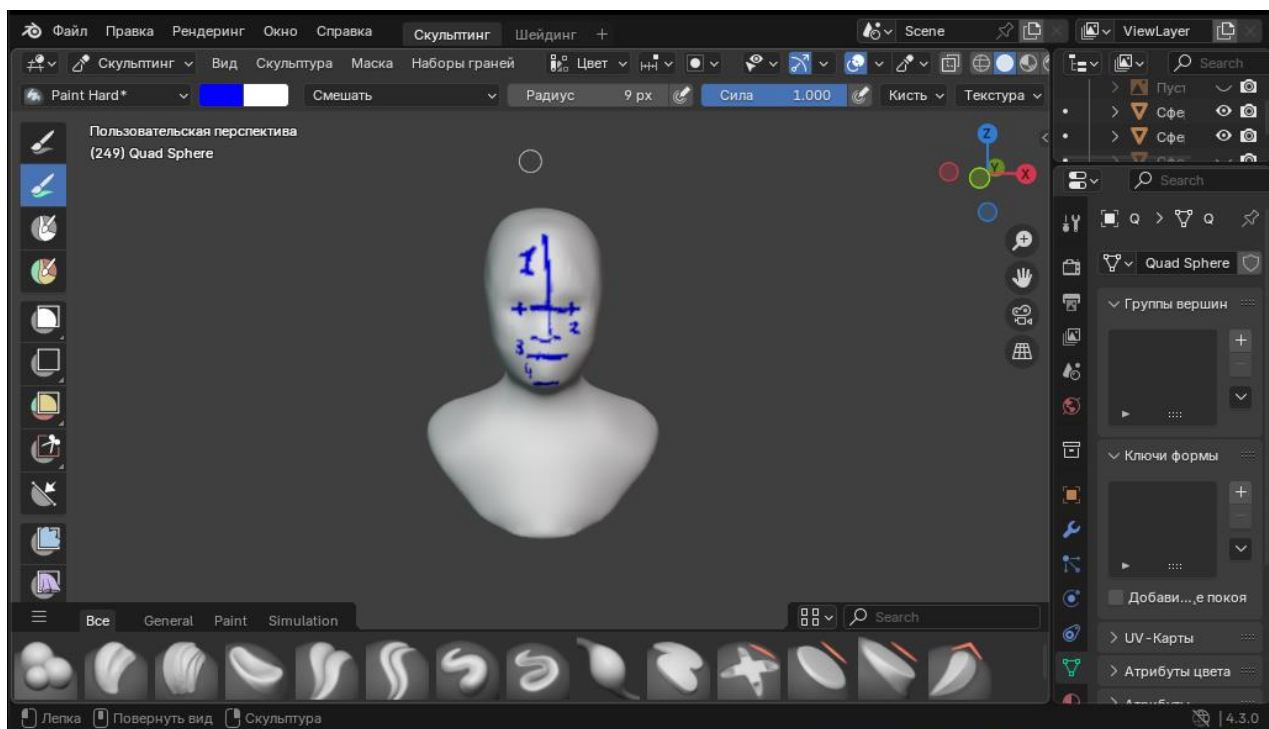


Рисунок 26 – Анатомическая форма

3.2.2 Точная детализация базовой формы

Когда конструкция головы и лица выстроена, а основные пропорции и объёмы закреплены, начинается этап точной детализации базовой формы. На этом этапе модель перестаёт быть просто анатомическим каркасом – она постепенно приобретает индивидуальные черты, близкие к тем, что определяют реальное лицо человека. В случае с портретом М.Т. Луценко именно сейчас закладывается визуальное сходство, которого невозможно достичь только при помощи обобщённых форм.

Работа продолжается с опорой на референсы внимательно изучаются формы лица, уточняются изгибы, мягкие переходы и специфические особенности, которые формируют индивидуальность. Там, где ранее использовались укрупнённые формы и условные деления, теперь появляются нюансы – более точные очертания носа, глубина глазниц, контуры губ и подбородка

Важно отметить, что на этом этапе большое значение приобретает восприятие модели в целом. Форма лица проверяется с разных углов, при разном

освещении, с периодическим зеркальным отображением, чтобы убедиться в симметрии.

Детализация не должна перегрузить форму или нарушить пластическое единство. Важно сохранить ощущение целостности, не превращая портрет в механическое собрание отдельных элементов. Здесь начинается поиск баланса между правдоподобием и художественной точностью, между конструкцией и живой формой.

Этот этап не является завершением скульптурной работы, но он подводит её к финальной стадии. Как только основные формы закреплены и уточнены, можно переходить к более тонкой проработке поверхности – добавлению мелких деталей, микрорельефов, фактуры кожи и завершающих штрихов, которые окончательно оживляют модель и делают её пригодной для дальнейшей визуализации. Пример детализированного бюста представлен на рисунке

27

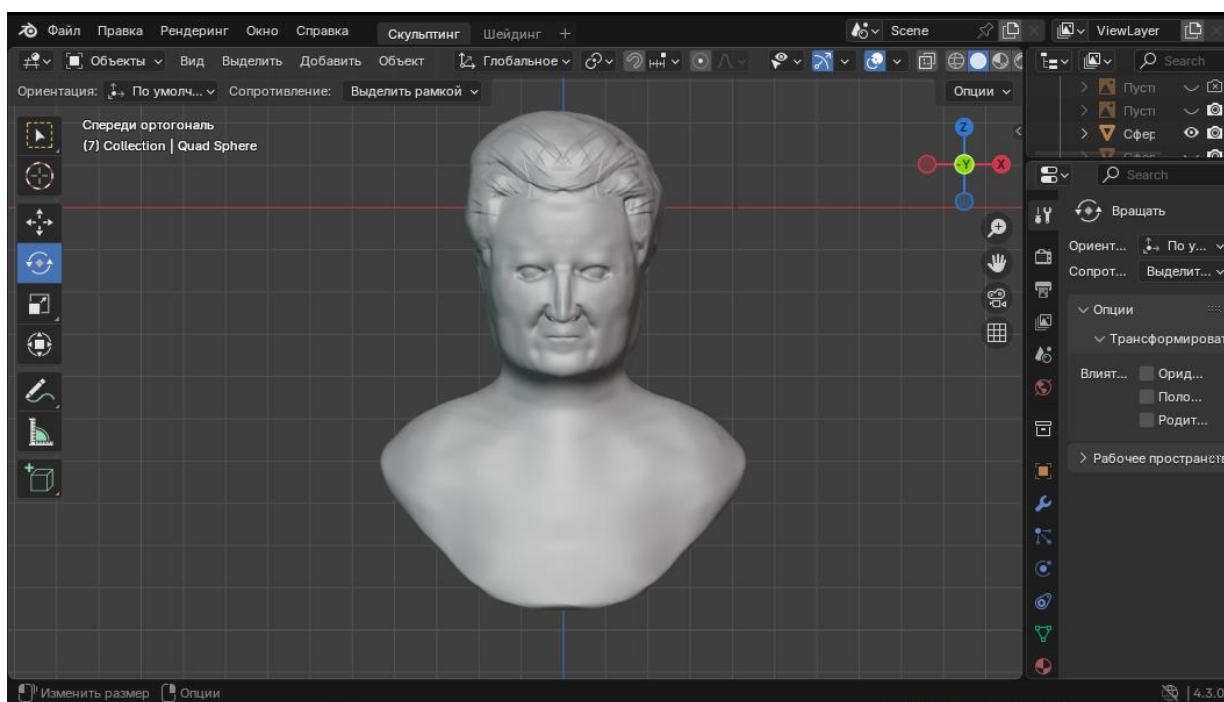


Рисунок 27 – Детализированный бюст

3.2.3 Финальная обработка и добавление мелких деталей

Когда скульптурная форма обретает устойчивую структуру и все основные объёмы приведены в соответствие с анатомией и референсными материалами, работа переходит в заключительную фазу – финальную обработку.

Это этап, на котором создаётся выразительность готового бюста. Здесь происходит то, что превращает цифровую модель из простой формы в полноценный художественный объект – завершённый бюст, способный передать не только портретное сходство, но и индивидуальность, характер и внутреннюю динамику образа.

В рамках финальной обработки полигональная сетка модели значительно уплотняется. За счёт повышения детализации становится доступной работа с поверхностью на уровне мельчайших неровностей. Это позволяет создавать тонкую пластическую проработку: выравнивать участки, придавать гладкость или, напротив, усиливать шероховатость, обозначать мягкие переходы и усиливать рельеф в необходимых местах. В этот период на поверхность наносятся микродетали, которые сложно заметить при первом взгляде, но именно они формируют общее ощущение реалистичности.

С особым вниманием моделируются черты, определяющие узнаваемость портрета. В соответствии с референсами уточняется форма глаз и глубина посадки глазниц, обрисовываются характерные линии век, формируется пластика скул, контура носа и подбородка. Все эти элементы приобретают законченные очертания. Помимо индивидуальных черт, на данном этапе в работу включаются те элементы, которые дополняют и обогащают образ: лёгкие морщины, складки кожи, едва заметные изгибы щёк, а также текстуры одежды и элементов причёски или волос.

Если предусмотрено, в моделирование могут быть включены также элементы одежды, воротник, декоративные детали, которые усиливают историческую или культурную точность изображения. Присутствие этих форм не только визуально завершает образ, но и помогает вписать его в художественный или исторический контекст.

В ходе финальной доработки модель часто сравнивается с первоначальными черновыми версиями – чтобы сохранить верность пластической задумке и избежать чрезмерной перегруженности формы. Финальные штрихи вносятся с учётом баланса между выразительностью и аккуратностью, между технической точностью и художественным вкусом.

На этом этапе бюст приобретает окончательный вид. Завершённая скульптура должна выглядеть целостной, правдоподобной и законченной как с технической точки зрения, так и с художественной. Пример результата финальной обработки представлен на рисунке 28, где можно наблюдать итоговую степень проработки всех элементов модели.

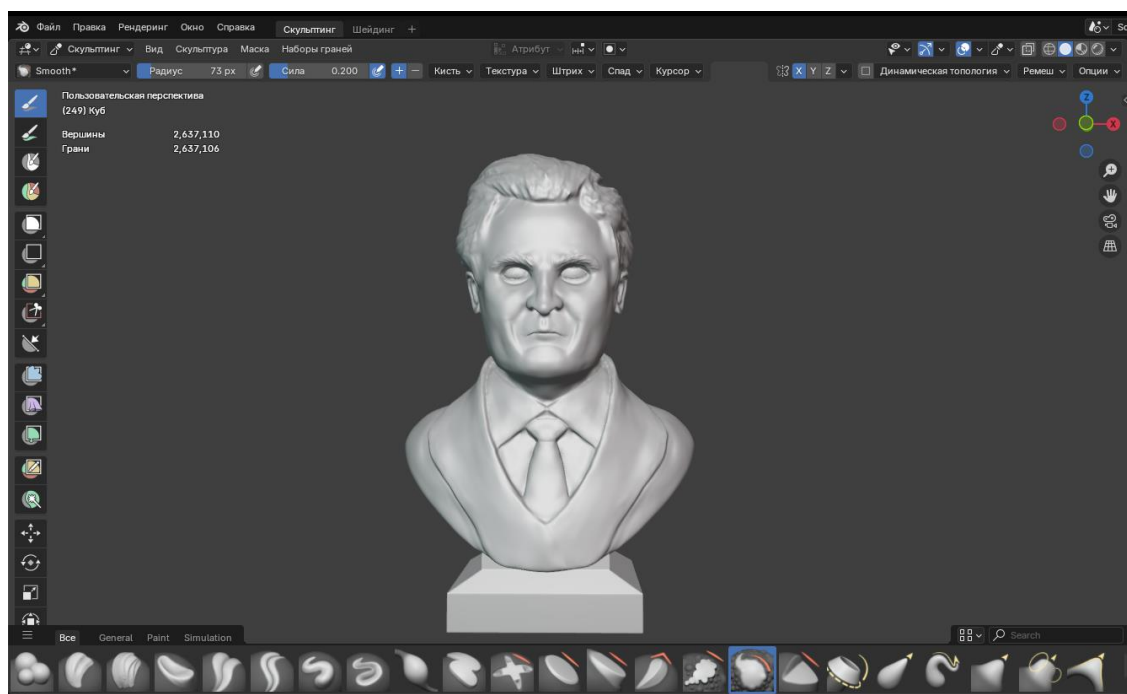


Рисунок 28 – Детализированный бюст

3.3 Практика 3D-печати бюста

После завершения цифрового моделирования, финальной детализации и визуальной оценки 3D-бюста, наступает этап подготовки модели к физическому воплощению – 3D-печати. Несмотря на завершённый внешний вид, модель всё ещё требует технической проверки и адаптации под особенности ад-

дитивного производства. Этот процесс играет критическую роль: ошибки, допущенные на этом этапе, могут привести к нарушению целостности печати, искажениям геометрии или полной невозможности произвести деталь.

В первую очередь осуществляется анализ целостности модели. Необходимо удостовериться, что форма замкнута, то есть не содержит дыр, открытых граней или разорванных соединений. Такие дефекты могут быть незаметны визуально, но они критичны для слайсера – программы, которая подготавливает модель к печати, разбивая её на послойные участки. Если в геометрии присутствуют дыры, система может интерпретировать модель как бесконечно тонкую оболочку или вовсе отвергнуть её. Исправление подобных недочётов проводится в той же среде, где происходило моделирование, либо в специализированных программах для проверки и исправления STL-файлов.

Следующий важный момент – направление нормалей. Нормали представляют собой векторы, указывающие направление «наружу» от поверхности модели. Их ориентация должна быть строго внешней, иначе слайсер может трактовать участки модели как внутренние пустоты, из-за чего на выходе получится искажённая или полая форма. В процессе подготовки все нормали проверяются и, при необходимости, корректируются, чтобы обеспечить корректную интерпретацию объёмов принтером.

Немаловажно также соотношение между уровнем детализации модели и её пригодностью к печати. Слишком высокая плотность полигональной сетки, накопленная на стадии детализации, может серьёзно замедлить процесс слайсинга и создать ненужную нагрузку на оборудование. При этом чрезмерное упрощение геометрии, напротив, приведёт к потере мелких черт, визуальной размытости и общей грубости поверхности. Поэтому модель часто оптимизируется вручную: удаляются невидимые полигоны, сглаживаются избыточные области, оставаясь при этом в пределах допустимого разрешения печати.

Следующим шагом становится ориентация модели на платформе 3D-принтера. Этот этап требует не только технической точности, но и некоторого

опыта. От того, как размещён бюст в пространстве, зависит необходимость в поддержках, качество поверхностей и даже устойчивость всей конструкции при печати. Выступающие части, такие как нос, уши, острые углы подбородка или воротника, требуют особого внимания. Их стараются расположить так, чтобы минимизировать нависающие элементы и, по возможности, обойтись без дополнительных поддержек. Однако если избежать опор невозможно, они проектируются заранее, с учётом удобства последующего удаления и минимального повреждения деталей.

На этом этапе модель проходит финальный экспорт в формат, совместимый с программой-слайсером, чаще всего STL или OBJ. После загрузки в слайсер и визуальной проверки слоёв, можно окончательно переходить к этапу печати. Таким образом, техническая подготовка является не менее важной частью всего процесса, чем художественная, и напрямую влияет на успех изготовления физического экземпляра бюста.

3.3.1 Принтеры для 3D-печати

Выбор 3D-принтера – один из ключевых этапов при подготовке к печати, поскольку от характеристик оборудования напрямую зависят качество, точность и надёжность итогового изделия. В рамках данного проекта используется технология FDM (Fused Deposition Modeling), и, соответственно, подходящие устройства должны обеспечивать стабильную работу с термопластичными материалами, поддерживать тонкие настройки процесса печати и обеспечивать достаточную область построения для размещения модели бюста.

Современные FDM-принтеры варьируются от простых настольных моделей до промышленных машин, отличающихся высоким уровнем автоматизации, точности и функциональности. Для создания художественных объектов, таких как 3D-бюст, особенно важны параметры, влияющие на детализацию: диаметр сопла, минимальная высота слоя, стабильность подачи филамента и точность перемещения печатающей головки.

В частности, для печати использовались принтеры, совместимые с слайсером Orca Slicer, что обеспечивает удобную настройку печати, автоматическую генерацию поддержек и управление температурными режимами. Среди часто применяемых моделей можно выделить такие как Creality Ender-3, Anycubic Kobra, Prusa i3 MK3S+ и их аналоги. Эти устройства сочетают доступность, надёжность и возможность точной настройки под задачи художественного 3D-моделирования.

Для печати детализированного бюста важную роль играет высокое разрешение по оси Z, то есть минимальная высота слоя, которую может обеспечить принтер. Большинство современных моделей позволяют печатать с шагом от 0,1 мм, чего достаточно для получения плавных переходов и точной проработки сложных элементов – таких как черты лица, складки ткани или волос.

Также стоит учитывать и площадь печатного стола, поскольку бюст требует определённого пространства по высоте и ширине. Если модель выходит за пределы допустимого объёма, её приходится либо масштабировать, либо печатать по частям, что усложняет сборку и может повлиять на визуальную целостность.

Важным техническим параметром является нагрев стола и сопла, особенно при работе с PLA. Для данного материала достаточно температуры сопла в районе 200–210 °C и подогрева платформы до 60 °C, что позволяет избежать деформаций и обеспечить хорошее прилипание первых слоёв.

Таким образом, выбор FDM-принтера должен основываться на балансе между точностью, надёжностью и размерами печатной области. При правильной настройке даже настольные устройства позволяют получать качественные и проработанные скульптурные объекты, полностью соответствующие замыслу цифрового прототипа.

3.3.2 Материалы применяемые для 3D-печати

После подготовки цифровой модели бюста к печати следующим важным

этапом становится выбор подходящей технологии производства. В данном проекте была использована одна из наиболее распространённых и доступных технологий аддитивного производства – FDM-печать, или метод послойного наплавления. Принцип работы этой технологии основан на экструзии – процессе, при котором термопластичный материал нагревается до полужидкого состояния и через сопло экструдера наносится на рабочую платформу тонким слоем. Принцип работы данной технологии представлен на рисунке 29. После нанесения каждый слой быстро остывает и затвердевает, обеспечивая прочность и устойчивость всей конструкции. Послойное формирование даёт возможность точно воспроизводить цифровую модель в физическом виде, включая мельчайшие детали, заданные на этапе детализации.

Одним из ключевых преимуществ FDM-печати является её экономическая доступность. Оборудование, использующее данный метод, относительно недорогое и не требует сложного обслуживания, что делает FDM одинаково привлекательным как для профессиональных студий и мастерских, так и для домашних пользователей. Простота эксплуатации, а также широкий ассортимент совместимых материалов открывают возможности для реализации самых разнообразных проектов – от технических прототипов до художественных объектов, таких как скульптурные бюсты.

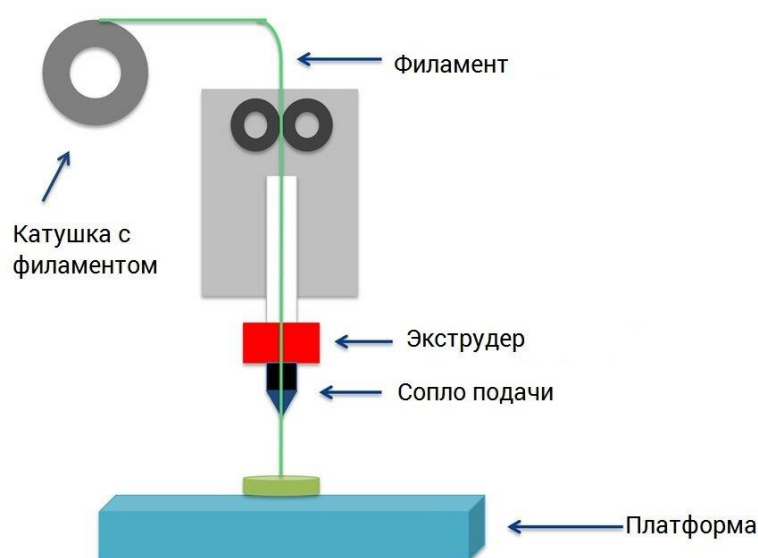


Рисунок 29 – Метод послойного наплавления

Для данного бюста в качестве рабочего материала был выбран полилактид (PLA) – термопластик на основе возобновляемого растительного сырья. PLA производится из таких природных источников, как кукурузный крахмал или сахарный тростник, что делает его экологически безопасной альтернативой традиционным пластикам на нефтяной основе. Одним из важнейших свойств PLA является его биоразлагаемость: при соответствующих условиях он может разлагаться без остатка, не нанося вреда окружающей среде. Это делает материал особенно актуальным в контексте устойчивого производства и сознательного использования ресурсов.

Кроме своей экологичности, PLA также отличается удобством при печати. Он не требует подогреваемой камеры, менее подвержен деформациям при охлаждении и позволяет получать чистую, ровную поверхность без сложных настроек оборудования. Такие характеристики делают его особенно подходящим для печати художественных объектов, где важна не только прочность, но и эстетика результата.

Завершающим шагом перед запуском печати становится масштабирование и позиционирование модели на платформе. Цифровой объект проверяется на соответствие необходимым физическим размерам.

В случае необходимости масштаб может быть скорректирован прямо в слайсере. Далее модель размещается ближе к центру рабочей поверхности, что снижает вероятность её отрыва во время печати и обеспечивает более стабильное построение каждого слоя. Особое внимание уделяется ориентации: важно найти оптимальное положение, в котором минимизируется количество нависающих элементов и сокращается необходимость в поддержках. Это влияет как на качество готового изделия, так и на экономию материала и времени.

3.3.3 Программы слайсеры для подготовки 3D-печати

После завершения этапов моделирования, оптимизации и выбора технологии печати, финальная цифровая подготовка осуществляется в специализированной программе-слайсере. В данном проекте используется Orca Slicer –

современное программное обеспечение, предназначенное для генерации управляющих кодов (G-кодов), необходимых для корректной работы 3D-принтера. Orca Slicer отличается совместимостью с широким спектром моделей FDM-принтеров, что делает его универсальным решением как для начинающих пользователей, так и для профессионалов.

Одним из главных преимуществ Orca Slicer являются улучшенные алгоритмы генерации поддержек и внутреннего заполнения. Программа предлагает пользователю широкий выбор параметров, позволяя точно настраивать процесс печати в зависимости от геометрии модели, материала и требований к качеству готового изделия. Кроме того, слайсер содержит встроенные инструменты для калибровки, что значительно упрощает подготовку принтера и повышает точность результата.

Перед началом slicing-процесса необходимо указать параметры конкретного принтера и выбрать используемый материал. От этих начальных настроек будет зависеть корректность всех последующих операций. Одним из важнейших параметров, влияющих на качество итогового изделия, является высота слоя. Для печати художественного бюста, где важна высокая детализация поверхности, рекомендуется использовать значения в диапазоне от 0,1 до 0,2 мм. Такой шаг позволяет получить плавные переходы и чёткую проработку сложных форм, при этом не увеличивая чрезмерно время печати.

Следующий важный элемент – это настройка внутреннего заполнения. Хотя бюст не предполагает эксплуатационной нагрузки, его структура не должна быть полностью полой, так как это приведёт к хрупкости, особенно в тонких участках. Оптимальным решением является выбор средней плотности заполнения – это обеспечит баланс между прочностью и экономией материала.

Особое внимание следует уделить генерации поддержек, особенно в тех случаях, когда модель включает нависающие элементы – такие как нос, уши или выступающие складки одежды. В Orca Slicer доступна возможность автоматического создания поддержек с регулировкой минимального угла наклона.

Для данной модели был выбран порог свыше 45° , что позволяет программно определить участки, требующие поддержки, при этом избежать их избыточного количества. В качестве формы опорных структур рекомендуется использовать древовидные (tree-like) поддержки, поскольку они более экономичны по материалу, легко удаляются и не повреждают поверхность модели.

После настройки всех параметров производится проверка нарезки модели – слайсер визуализирует каждый слой печати, что позволяет убедиться в корректности конструкции, наличии поддержек и равномерности распределения материала. Готовый G-код экспортируется на карту памяти, после чего может быть использован для запуска печати на выбранном устройстве. Пример финально подготовленной к печати модели бюста представлен на рисунке 30

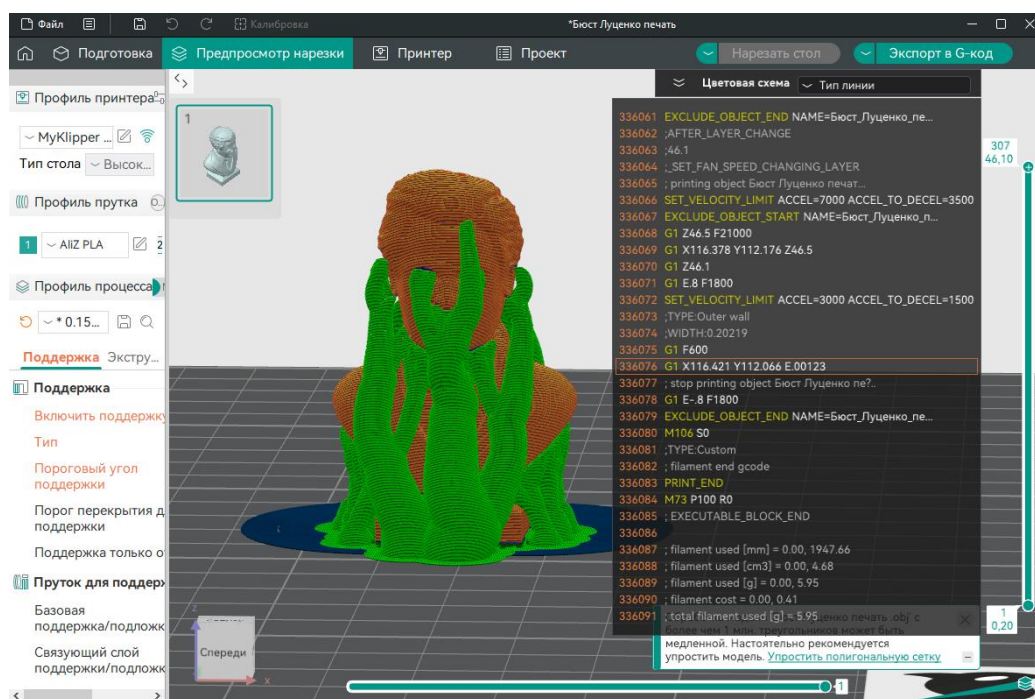


Рисунок 30 – Подготовленная модель

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

4.1. Безопасность

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) представляет собой комплекс мероприятий, направленных на защиту человека в окружающей его среде, сохранение его здоровья, а также разработку способов и средств, снижающих воздействие опасных и вредных факторов до допустимого уровня. Кроме того, БЖД включает разработку мер по снижению ущерба и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций как в мирное, так и в военное время.

Правила безопасности при работе с компьютером включают положения, изложенные в государственных стандартах (ГОСТ), инструкциях по охране труда и других официальных нормативных документах. Контроль за соблюдением этих требований на предприятии осуществляет специально назначенное ответственное лицо.

Соблюдение норм техники безопасности при работе за компьютером крайне важно, так как это способствует сохранению здоровья и предотвращает возможные травмы. Всё начинается с правильной организации рабочего места. Ошибки на этапе его обустройства могут привести к возникновению хронических заболеваний, быстрой утомляемости и снижению эффективности труда.

4.1.1 Эргономика рабочего места за персональной ЭВМ

Основные принципы и требования к безопасному и эргономичному рабочему пространству:

- стол и стул должны регулироваться по высоте, чтобы пользователь мог адаптировать их под себя и сохранять правильную осанку. Спинка стула должна поддерживать естественные изгибы позвоночника, а наличие подлокотников повышает комфорт;
- монитор следует размещать на уровне глаз или немного ниже, на расстоянии от 50 до 70 см, чтобы избежать перенапряжения глаз и мышц шеи;
- клавиатура и мышь должны быть расположены таким образом, чтобы

руки находились в удобном, нейтральном положении, а локти – под углом около 90 градусов;

- рабочее место должно быть освещено естественным светом сбоку, при этом нужно избегать прямого попадания солнечных лучей на экран;

- для уменьшения бликов и равномерного освещения рекомендуется использовать лампы с возможностью регулировки яркости и направленным светом.

Дополнительные советы для повышения комфорта и сохранения здоровья при работе с компьютером:

- расположите предметы на рабочем столе так, чтобы они находились в пределах лёгкой досягаемости, тем самым уменьшая лишние движения и нагрузку на организм;

- используйте подставки и органайзеры для размещения канцелярских принадлежностей и документов – это поможет сохранить порядок на рабочем месте;

- следите за правильным положением кистей и рук при работе с клавиатурой и мышью, чтобы предотвратить развитие туннельного синдрома и других нарушений опорно-двигательного аппарата;

- делайте перерывы каждые 60 минут, продолжительностью 5-10 минут, чтобы снизить утомляемость глаз и мышечное напряжение;

- во время перерывов выполняйте упражнения для глаз и тела – это поможет избежать переутомления и повысить общий тонус.

4.1.2 Физическая активность для поддержания здоровья

Для поддержания хорошей физической формы при длительной работе за компьютером рекомендуется выполнять специальные упражнения, особенно для глаз.

Пример упражнения: чередование фокусировки на ближних и дальних объектах. Посмотрите на предмет, находящийся рядом (например, палец на расстоянии около 30 см), затем переведите взгляд на объект вдали (например,

за окном). Повторите упражнение 10 раз– это поможет расслабить глазные мышцы и улучшить аккомодацию.

На рисунке 31 показан пример упражнения.

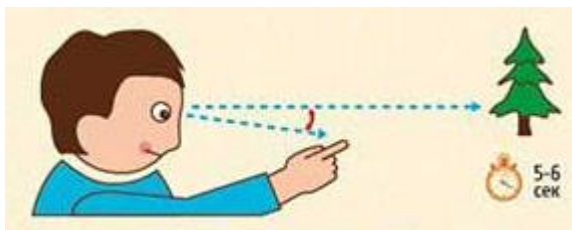


Рисунок 31 – Упражнение «Фокусировка на дальних и ближних объектах»

Это упражнение помогает размять хрусталик глаза, который при продолжительной работе за компьютером привыкает фиксироваться на одном расстоянии фокусировки.

Вращательные движения глазами. Медленно перемещайте взгляд по кругу: сначала по направлению движения часовой стрелки, затем – в обратную сторону. Повторите упражнение по 5–10 раз в каждую сторону. Пример выполнения показан на рисунке 32.

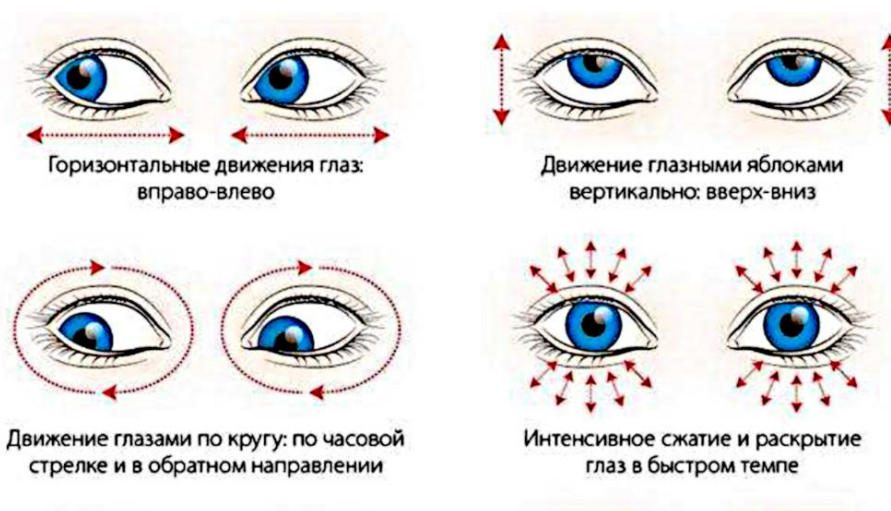


Рисунок 32 – Упражнение «Круговые движения глазами»

Рассмотрим упражнения, направленные на поддержание тонуса тела при длительной работе за компьютером.

Разминка шеи и плечевого пояса:

- медленно наклоняйте голову вперёд, затем назад, вправо и влево. Каждое движение повторяйте по 5–10 раз;
- плавно поворачивайте голову вправо, затем влево. Выполните упражнение 5–10 раз в каждую сторону.

На рисунке 33 представлены примеры выполнения данных движений.



Рисунок 33 – Упражнения «Наклоны головы» и «Повороты головы»

Разминка рук и кистей:

- вытяните руки вперёд и вращайте кистями сначала по часовой стрелке, затем в обратную сторону. Сделайте по 10 повторений в каждую сторону. Пример упражнения представлен на рисунке 34.
- плотно сожмите кулаки, затем резко раскройте ладони, широко разведя пальцы. Повторите упражнение 10–15 раз.

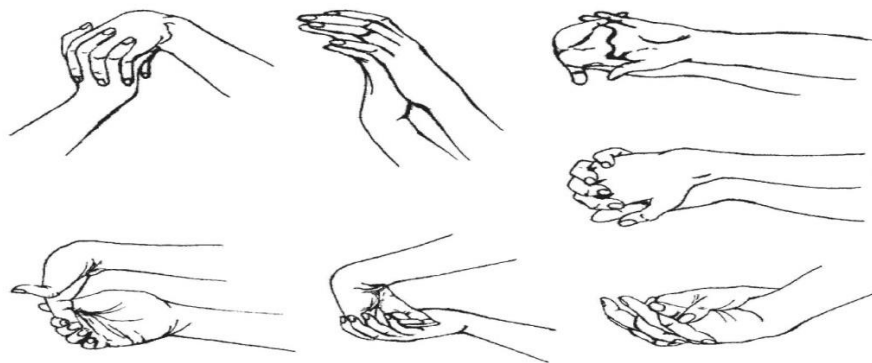


Рисунок 34 – Упражнение для рук и кистей

Упражнения для спины:

– встаньте прямо, поднимите руки вверх и потянитесь, стараясь прочувствовать вытяжение позвоночника. Задержитесь в этом положении на 10 – 15 секунд;

– поставьте ноги на ширину плеч, положите руки на бёдра и выполните круговые движения корпусом. Повторите 5 – 10 раз в каждую сторону.

На рисунке 35 наглядно показаны данные упражнения.

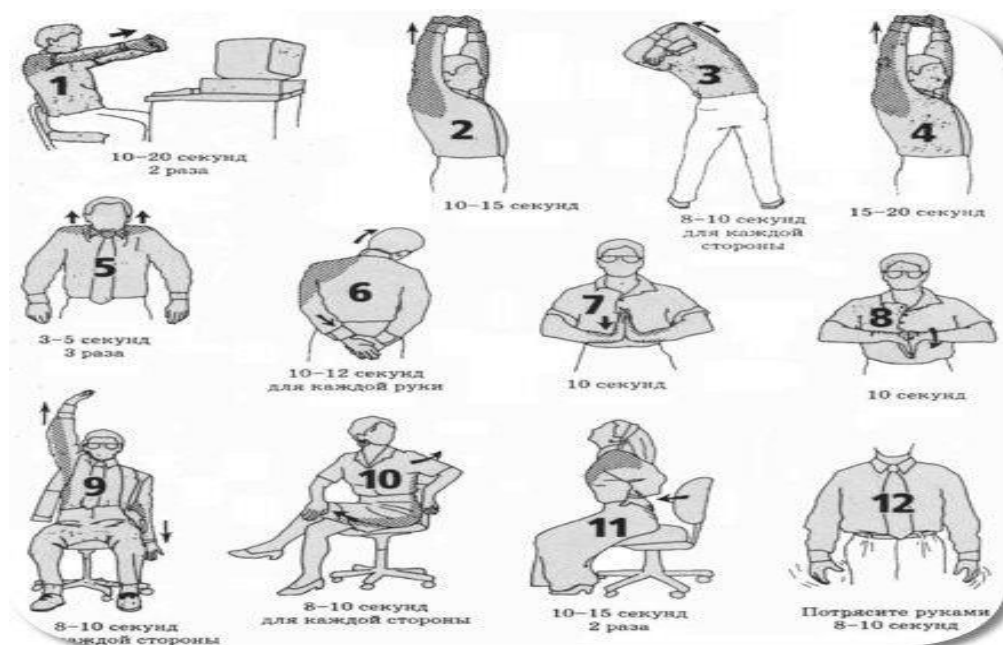


Рисунок 35 – Упражнения «Растяжка» и «Круговые движения»

Помещение, предназначенное для работы с ПЭВМ, должно соответствовать определенным требованиям, чтобы обеспечить комфорт и безопасность пользователей, а также надлежащее функционирование оборудования.

4.1.3 Требования к помещению для работы с ПЭВМ

Комната, предназначенная для эксплуатации персональных электронно-вычислительных машин, должна соответствовать определённым условиям, обеспечивающим комфорт, безопасность пользователей и стабильную работу техники.

Основные требования:

- поддержание температуры в пределах 22–24 °С.
- регулярный приток свежего воздуха необходим для снижения уровня углекислого газа и улучшения микроклимата;
- уровень шума в рабочей зоне не должен превышать 50 дБ, желательно – не более 40 дБ. Это способствует повышению концентрации и снижению утомляемости;
- работа техники должна сопровождаться минимальной вибрацией, чтобы не вызывать дискомфорт;
- все электроприборы должны быть заземлены и подключены к исправным сертифицированным розеткам. Проводка и розетки должны регулярно проверяться на наличие повреждений;
- на одно рабочее место для взрослого пользователя должно приходиться не менее 6 м² площади и 20 м³ объёма воздуха;
- должно быть достаточное естественное или искусственное освещение, исключающее усталость глаз. Идеально, если окна расположены сбоку от рабочего места для предотвращения бликов (подробнее рассматривается в следующем разделе);
- помещение должно быть защищено от постороннего шума для создания спокойной рабочей обстановки. Меры по борьбе с шумом описаны далее;

- наличие достаточного количества розеток для подключения всей необходимой техники. Обязательно наличие защиты от перегрузок и коротких замыканий;

- высота стола для взрослых должна регулироваться в пределах 680–800 мм. При отсутствии регулировки – стандартная высота 725 мм. Кресло должно быть регулируемым по высоте, углу наклона и положению спинки, а также иметь возможность поворота;

- рабочее помещение должно содержаться в чистоте и порядке, что способствует созданию благоприятной рабочей атмосферы.

Соблюдение этих норм способствует созданию безопасного и эргономичного рабочего пространства, повышающего эффективность труда и благополучие сотрудников.

4.1.4. Требования к микроклимату рабочих местах с ПЭВМ

Требования к микроклимату в зонах, предназначенных для работы с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ), ориентированы на создание благоприятных условий труда и недопущение негативного влияния окружающей среды на здоровье сотрудников. В частности, важна защита от перегрева, переохлаждения и воздействия чрезмерно сухого воздуха.

В помещениях производственного типа, где использование ПЭВМ не является основным видом деятельности, параметры микроклимата – температура, влажность и скорость воздушных потоков – должны соответствовать действующим санитарным предписаниям, регулирующим условия микроклимата в рабочих помещениях.

Основные положения, касающиеся микроклиматических условий:

- в комнатах, где размещены ПЭВМ и выполняется работа малой физической нагрузки (категория 1а), необходимо поддерживать температуру воздуха в пределах от 22 до 24 °С. Такой температурный интервал признан оптимальным для обеспечения комфорта и предотвращения термических перегрузок организма.

– приблизительный уровень относительной влажности должен составлять около 58 % при температуре около 20 °С. Чрезмерная влажность может вызывать чувство дискомфорта и способствовать образованию плесени, тогда как недостаточная влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек и глаз.

Воздушный обмен: В помещении следует обеспечить надлежащую циркуляцию воздуха, предотвращающую его застой и поддерживающую насыщение свежим кислородом. Это можно реализовать путём установки систем кондиционирования или вентиляции;

– обязательно наличие оборудования для фильтрации воздуха, которое позволит устранить пыль, бактерии и иные вредные примеси, способные ухудшать его качество и вызывать проблемы со здоровьем.

Соблюдение данных норм обеспечивает не только комфорт, но и защиту от возможных заболеваний, повышая тем самым общую работоспособность пользователей ПЭВМ.

4.1.5. Шумовые и вибрационные нормы на рабочих местах

Установленные требования, касающиеся допустимых уровней шума и вибрации в рабочем пространстве, определяются государственными стандартами и нормативами, направленными на защиту физического и психоэмоционального состояния трудящихся. Они предотвращают такие негативные эффекты, как переутомление, стресс и другие вредные последствия.

Ключевые нормативные положения включают:

– звуковое давление на рабочем месте не должно превышать предельно допустимые значения. Для офисной среды в рабочее время нормой считается уровень до 50 дБА. В производственных условиях допускаются иные показатели, определяемые спецификой деятельности;

– организация рабочих зон должна осуществляться с учётом минимизации влияния шумных агрегатов и устройств. При наличии громоздкого или

шумного оборудования рекомендуется размещать его вне рабочих помещений. В случае невозможности устранения источников шума сотрудники должны быть снабжены средствами индивидуальной защиты слуха – берушами или наушниками;

- предусматривается использование звукопоглощающих материалов с высоким коэффициентом поглощения в диапазоне частот от 63 до 8000 Гц, а также установка специальных шумозащитных экранов. Важно регулярно обслуживать оборудование для снижения уровня издаваемого им шума;

- при использовании видеодисплейных терминалов (ВДТ) и ПЭВМ в условиях производственного цеха уровень вибрационного воздействия не должен превышать предельные значения, определённые санитарными нормами (см. СанПиН, приложение 8), в зависимости от вида оборудования и выполняемых процессов;

- работодатели обязаны проводить системную оценку степени воздействия вибраций и шума на сотрудников и в случае необходимости внедрять мероприятия по их устранению либо смягчению.

Соблюдение указанных норм позволяет существенно снизить риски, связанные с нарушением здоровья работников, и способствует созданию комфортных условий труда.

4.1.6. Освещение рабочих мест с ПЭВМ

Светотехнические характеристики рабочих пространств, оборудованных ПЭВМ, должны обеспечивать комфортные условия, благоприятные для зрительной работы. Это предотвращает быструю утомляемость глаз, способствует сохранению хорошего зрения и повышает эргономичность среды.

Основные световые требования:

- в производственных помещениях уровень ослепляющего действия общего освещения не должен превышать 20 единиц. Для административных и общественных помещений этот порог составляет 40, а в учреждениях дошкольного и школьного типов – до 25 единиц;

- свет должен быть равномерно рассеян по всей рабочей поверхности, чтобы исключить появление бликов и теней на экране, вызывающих зрительное перенапряжение;

- источники света должны подбираться с учётом исключения эффекта мерцания, поскольку это может провоцировать раздражение глаз и визуальный дискомфорт;

- лампы и светильники следует устанавливать так, чтобы их свет не направлялся непосредственно на экран, создавая блики или отражения, мешающие восприятию информации;

- рекомендуется сочетать естественное освещение с искусственным. Окна должны быть снабжены регулируемыми элементами (шторы, жалюзи), позволяющими управлять яркостью и предотвращать засветку экранов;

- свет должен обладать комфортной для глаза цветовой температурой, не искажающей отображение цветов на мониторе. Наиболее подходящим вариантом считается тёплый белый свет с температурой около 4000К.

Соблюдение этих параметров освещённости помогает создать условия, при которых работа за компьютером становится менее утомительной и более продуктивной.

4.1.7. Организация рабочего места при работе с ПЭВМ

Организация рабочего места пользователя ПЭВМ требует учёта множества факторов, способствующих безопасной, комфортной и результативной деятельности.

Основные требования включают:

- рабочий стол и кресло должны быть адаптированы под антропометрические особенности пользователя, обеспечивая удобную рабочую позу, минимизируя мышечное напряжение и снижая риск заболеваний опорно-двигательного аппарата;

- конфигурация рабочего стола должна предусматривать удобное и

функциональное расположение всех необходимых устройств (монитор, клавиатура, подставка для документов и т.п.), с учётом их размеров и специфики выполняемых задач. Допускается применение различных моделей столов, соответствующих современным стандартам эргономики;

- экран ПЭВМ должен находиться на расстоянии от 60 до 70 см от глаз пользователя, но не менее 50 см, в зависимости от величины символов на экране.

- конструкция кресла должна позволять принимать оптимальную рабочую позу и менять положение тела, чтобы снизить статическую нагрузку на шею и спину. Выбор модели кресла зависит от особенностей и продолжительности работы за компьютером, а также роста пользователя;

- окна в помещениях с ПЭВМ должны быть снабжены средствами защиты от яркого света – такими, как регулируемые жалюзи, занавеси, внешние козырьки и прочие аналогичные элементы.

4.2 Экологичность

В современных реалиях, когда вопросы охраны окружающей среды и климатических изменений приобретают всё большую значимость, экологическая безопасность компьютеров становится одним из приоритетных факторов. Экологичность компьютерной техники выражается, прежде всего, в применении ресурсосберегающих решений и материалов, а также в стремлении свести к минимуму отрицательное влияние на природу.

Компьютеры, отличающиеся повышенной энергоэффективностью, потребляют меньше электроэнергии в процессе эксплуатации. Это способствует снижению общей нагрузки на энергетические системы и уменьшает выбросы парниковых газов в атмосферу. Устройства, соответствующие требованиям Energy Star или обладающие другими признанными сертификатами энергоэффективности, обычно классифицируются как экологически безопасные.

Производство компьютерной техники осуществляется с использованием материалов, пригодных для переработки или разложения в естественной

среде. Кроме того, в конструкции устройств стараются избегать применения токсичных компонентов, таких как ртуть, свинец и кадмий. Также особое внимание уделяется экологичности упаковки – она должна быть выполнена из безопасных, подлежащих вторичной переработке материалов.

Одним из признаков экологичности является высокая надёжность и долговечность компьютеров, что даёт возможность продлить срок их службы за счёт замены отдельных узлов и компонентов. Это снижает необходимость в частом обновлении оборудования и, как следствие, уменьшает объём технологических отходов, наносящих вред экосистеме.

По завершении эксплуатационного срока компьютеры должны быть утилизированы в строгом соответствии с установленными экологическими нормативами. Это предполагает предварительное разделение на перерабатываемые и не подлежащие переработке материалы, с последующим их безопасным уничтожением или вторичным использованием.

Многие современные модели оснащаются функциями, направленными на сокращение объёма электронных отходов. К таким функциям относятся, например, автоматический переход в режим энергосбережения, отключение при длительном бездействии, а также возможность восстановления устройства после сбоев и неисправностей.

Кроме того, конструкция компьютеров должна обеспечивать снижение уровня выбросов вредных соединений и испарений, в частности – ртути и фреонов, известных своим разрушительным воздействием как на здоровье человека, так и на атмосферу.

Учитывая все перечисленные характеристики, можно утверждать, что современные компьютеры разрабатываются с ориентацией на минимизацию ущерба, наносимого окружающей среде.

4.3 Чрезвычайные ситуации

Существует целый ряд чрезвычайных ситуаций, которые могут возник-

нута в процессе эксплуатации персональных электронно-вычислительных машин. Ниже приведены некоторые из них:

- возгорание может произойти вследствие перегрева оборудования, неисправности в электрической цепи или короткого замыкания;
- неправильное обращение с электротехническими устройствами либо их неисправность могут стать причиной поражения электрическим током, особенно если техника применяется во влажной среде или при повышенной влажности воздуха;
- неправильная эксплуатация литий-ионных батарей, устанавливаемых в ноутбуках и других мобильных устройствах, способна привести к их перегреву и последующему взрыву.

Подобные случаи подчёркивают важность соблюдения норм и требований техники безопасности при работе с компьютерной техникой, а также необходимость регулярного технического контроля и своевременного обновления оборудования.

Обеспечение пожарной безопасности и безопасных условий работы в процессе 3D-моделирования на компьютере требует соблюдения ряда профилактических мер и регламентированных процедур, призванных снизить вероятность возгорания и создать безопасную рабочую обстановку.

Следует удостовериться, что вся техника – от системного блока и монитора до периферийных устройств (принтеров, сканеров и прочего) – используется строго в соответствии с руководствами и инструкциями производителя. Недопустимо перегружать электросети и применять несертифицированные удлинители и шнуры питания.

Необходимо систематически осуществлять осмотр и профилактическое обслуживание компьютерных компонентов с целью раннего обнаружения и устранения потенциальных неисправностей, способных вызвать пожар.

При сборке новых системных блоков или модернизации имеющегося оборудования предпочтение следует отдавать надёжным комплектующим,

прошедшим проверку на устойчивость к возгоранию и имеющим официальные сертификаты качества.

Обязательно нужно обеспечить надлежащее охлаждение и вентиляцию всех рабочих узлов системы, чтобы исключить перегрев и последующее возпламенение. Очистка вентиляционных каналов и кулеров должна проводиться регулярно.

Для защиты оборудования от перепадов напряжения и коротких замыканий рекомендуется применять источники бесперебойного питания, стабилизаторы и устройства защиты от перенапряжения.

В случае работы с химическими веществами (например, клеями, растворителями, красками и пр.) требуется их хранение в специальных герметичных ёмкостях, предназначенных для этого, вдали от компьютеров и другой техники.

Важно также проводить регулярные инструктажи персонала по вопросам противопожарной безопасности, включая порядок эвакуации, навыки использования огнетушителей и действия при возникновении возгорания.

Содержать рабочее место в чистоте, не допуская накопления горючих материалов и мусора, – ещё одна мера профилактики пожара. Соблюдение перечисленных рекомендаций позволяет значительно снизить вероятность возгорания и создать безопасные условия труда при работе с компьютерной техникой в сфере 3D-моделирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования были проанализированы методы и технологии, применяемые при создании трёхмерных моделей. На первом этапе проведён обзор аналогов реализации задачи – как выполненных традиционными методами, так и реализованных с использованием современных цифровых инструментов. Изучены ключевые этапы, характерные для процесса 3D-моделирования, в том числе подготовка референсов, построение геометрической формы и финальная обработка.

Второй этап включал выбор и обоснование программного обеспечения, наилучшим образом подходящего для создания высокоточной 3D-модели персонального бюста. Были рассмотрены доступные пакеты для трёхмерного моделирования, визуализации и 3D-печати. Выбор сделан на основе функциональности, совместимости и уровня детализации, необходимого для получения качественного результата.

Третьим этапом стала практическая реализация проекта – создание персонального 3D-бюста академика Луценко М.Т. В этом разделе подробно представлены все стадии работы: от формирования референсных изображений до построения анатомически корректной формы, моделирования деталей лица и плечевого пояса, цифровой скульптурной обработки, подготовки модели к печати и визуализации готового бюста.

Таким образом, в рамках выполнения выпускной квалификационной работы успешно реализован проект по компьютерному прототипированию персонального бюста на основе фотографий, с применением современных цифровых технологий и программного обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Аббасов, И. Б., Основы трехмерного моделирования в графической системе 3ds Max 2018 [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Аббасов. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 186 с. – Текст: электронный // ЭБС Консультант студента. – Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970605165.html>. – 01.11. 2024.

2 Булгаков, А. Б., Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие /А. Б. Булгаков. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 627 с

3 Дорощенко, М. А. Компьютерная графика [Электронный ресурс]: курс лекций / М. А. Дорощенко. – Москва: ГБПОУ МИПК им. И. Федорова, 2021. - 152 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1684049>. – 01.11. 2024.

4 Дорощенко, М. А. Основы программы PhotoshopCC: курс лекций для студентов специальности 42.02.02 Издательское дело. / М. А Дорощенко, Л. И. Миронова – Москва: ГБПОУ МИПК им. И. Фёдорова, 2020. – 64 с.

5 Забелин, Л. Ю. Компьютерная графика и 3D-моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Л. Ю. Забелин, О. Л. Штейнбах, О. В. Диль. – 2-е изд. – Саратов: Профобразование, 2024. – 258 с. – Текст: электронный. – Режим доступа: <https://www.profspo.ru/book/139097165>. – 07.12. 2024.

6 Кардаш, Т. А. Эргономика рабочих мест служащих и инженерно-технических работников, оснащенных ПЭВМ: учеб. пособие / Т. А. Кардаш; АмГУ, ИФФ. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2002. – 60 с.

7 Кизиллов, Е. Е. Применение 3D-моделирования в кино и видеоиндустрии [Электронный ресурс] /Е. Е. Кизиллов // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77658>. – 01.11. 2024.

8 Кузьменко, А. А. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3D и 3ds Max / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин: учебное пособие. – М.: ФЛИНТА, 2019. – 142 с.

9 Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. Пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.

10 Лоттер, Р. Blender новый уровень мастерства [Электронный ресурс]: руководство / Р. Лоттер; перевод с английского И. Л. Люско. – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 452 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/348074>. – 01.11. 2024.

11 Пособие по безопасной работе на персональных компьютерах [Текст] / разраб. В. К. Шумилин. - М.: НЦ ЭНАС, 2005. - 28 с.

12 Сергеев, А. Н. Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. Пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.

13 Сидоров, В. И. Основы работы с графическим редактором Adobe Photoshop. – Москва: КноРус, 2021. – 236 с.

14 Трошина, Г. В. Трехмерное моделирование и анимация [Электронный ресурс] / Г.В. Трошина; Новосибирск: НГТУ, 2010. – 99 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/547761>. – 05.12. 2024.

15 Технология трехмерного моделирования в Blender 3D: учебное пособие / А. А. Кузьменко [и др.]. – М.: Изд-во ФЛИНТА, 2018. – 79 с.

16 Шумилин, В. К. Пособие по безопасной работе на персональных компьютерах [Текст] / разраб. В. К. Шумилин. - М.: НЦ ЭНАС, 2005. - 28 с.

17 Хэсс, Ф. Практическое пособие. Blender 3.0 для любителей и профессионалов. Моделинг, анимация, VFX, видеомонтаж [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ф. Хэсс. – Москва: СОЛОН - Пресс, 2022. – 300 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/322268>. – 05.12. 2024.

