

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Компьютерное прототипирование сувенирной продукции

Исполнитель

студент группы 0104-об

(подпись, дата)

Е.Г. Цыденова

Руководитель

профессор, доктор техн.
наук

(подпись, дата)

И.Е. Еремин

Консультант:

по безопасности и экологичности

доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

инженер кафедры

(подпись, дата)

В.Н. Адаменко

Благовещенск 2024

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

«_____» _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Цыденова Е.Г.

1. Тема выпускной квалификационной работы: Компьютерное прототипирование сувенирной продукции (утверждено приказом от 03.04.2024 № 890-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) _____

3. Содержание выпускной квалификационной работы: анализ предметной области; освоение программного и технического обеспечения; разработка алгоритма решения; применение результата на практике.

4. Перечень материалов приложения: контекстная диаграмма процесса создания 3D-модели, диаграмма декомпозиции процесса создания 3D-модели, диаграмма последовательности создания 3D-модели, характеристика компьютера.

5. Дата выдачи задания 02.10.2023

Руководитель выпускной квалификационной работы: _____

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

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

Задание принял к исполнению (02.10.23) _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 стр., 50 рисунков, 3 таблицы, 23 источников.

3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЕ, 3D-ПЕЧАТЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЛЕГЕНДА О ХЭЙЛУНДЗЯН, ПУТЕШЕСТВИЕ НА ЗАПАД, СУВЕНИРНЫЕ НАБОРЫ

Объектом исследования является процесс создания сувенирной продукции по китайской мифологии. Целью работы является разработка и компьютерное прототипирование сувенирной продукции с использованием технологий 3D-моделирования и 3D-печати.

Процесс выполнения работы:

Проведение обзора профильного программного обеспечения и анализ источников информации о персонажах, сюжетах китайской мифологии для определения концепции и идей сувенирных изделий.

Создание трехмерных компьютерных моделей выбранных персонажей и элементов из мифов и легенд.

Осуществление 3D-печати разработанных моделей для получения физических прототипов сувенирной продукции.

Оценивание безопасности и экологичности применяемых материалов и технологических процессов для обеспечения соответствия требованиям и стандартам.

Результатом выполнения данной работы является компьютерное прототипирование сувенирной продукции.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Общая характеристика предметной области и объекта исследования	10
1.1 Компьютерное моделирование в различных отраслях.	10
1.1.1 Применение 3D-моделирования в технических областях:	10
1.1.2 Применение 3D-моделирования в гуманитарных областях:	16
1.2 Роль 3D-моделирования в производстве сувенирной продукции	19
1.3 Традиционный китайский эпос	22
1.3.1 Роман «Путешествие на Запад»	22
1.3.2 Легенда о Хэйлунцзян	24
1.4 Пример использования аналогичных технологий	25
2 Формулировка задачи исследования и общей методики ее решения	28
2.1 Общая методика решения поставленной задачи	28
2.2 Обзор профильного ПО	32
2.2.1 Обзор программ для создания модели человека.	32
2.2.2 Обзор программ для скульптинга.	37
2.2.3 Обзор программ для подготовки модели к 3D-печати.	40
2.3 Обоснование выбора	42
3 Практическая реализация сувенирных наборов	46
3.1 Проработка концептуального решения	46
3.2 Создание 3D-моделей	48
3.2.1 Создание 3D-моделей людей	48
3.2.2 Создание 3D-моделей мифических существ	53
3.3 Трехмерная кройка одежды	56
3.4 Детализация конечной модели	59
3.5 Подготовка изделия к 3D-печати	64
4 Безопасность и экологичность	70
4.1 Безопасность	70

4.1.1 Анализ потенциальных опасностей	71
4.1.2 Мероприятия по обеспечению безопасности	73
4.1.3 Требования к освещению на рабочих местах с ПЭВМ	74
4.1.4 Требования к организации рабочих мест с ПЭВМ	76
4.2 Экологичность	78
4.3 Чрезвычайные ситуации	81
Заключение	84
Библиографический список	86

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

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

ГОСТ 19.004-80. ЕСПД. Термины и определения.

ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования.

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

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

ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения

ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования

ГОСТ 24105-80 Изделия из пластмасс. Термины и определения дефектов

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 2603-79 Реактивы. Ацетон. Технические условия.

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

СанПиН 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда"

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Прототипирование – это процесс создания модели или образца продукта, который будет использоваться для тестирования и проверки его функциональности и внешнего вида.

ЧПУ-станок – ЧПУ (числовое программное управление) – это технология, которая позволяет управлять станками и другим оборудованием с помощью компьютера.

3D-принтер – установка для 3D-печати

3D-печать – это процесс создания трехмерных объектов из цифровых моделей.

3D-модель – трехмерная модель объекта

ВВЕДЕНИЕ

Различные отрасли промышленности активно используют компьютерное прототипирование. Это касается таких сфер, как медицина, автомобилестроение, производство товаров народного потребления и других.

Компьютерное моделирование играет важную роль на этапе разработки продукта, поскольку позволяет конструировать физические модели и тестировать их функциональность до запуска серийного производства.

Быстрое развитие 3D-технологий породило множество специализированных программных средств, которые тем или иным образом облегчают создание как точных копий объектов (3D-скан), так и совершенно новых уникальных изделий. Сувенирная продукция является одной из направлений для трехмерного производства. Технология прототипирования позволяет значительно снизить стоимость разработки, поскольку нет необходимости изготавливать пресс-формы, а также за счет высокой скорости формирования значительно сокращается производственный цикл продукта.

Применение компьютерных технологий при создании сувенирных наборов открывает широкий спектр возможностей. К примеру, миниатюрные копии известных архитектурных сооружений, фигурок героев фильмов или видеоигр, а также сувениры с персональными инициалами или именем заказчика – все это возможно благодаря 3D технологиям.

Созданные модели тиражируются при помощи станков с числовым программным управлением. Одним из типов таких станков считается 3D-принтер.

На основе приведенных аргументов мы сформулировали цель создать 3D-объекты, представляющие собой сувенирный набор легенды о «Хэйлунцзян» и набор по мотивам романа «Путешествие на запад»

Задачи, которые были поставлены в процессе:

- создание трехмерных моделей людей;
- создание трехмерных моделей мифических существ;

- осуществление 3D-печати полученных объектов для создания физических моделей;
- проведение анализа безопасности и экологичности всего процесса, включая используемые материалы и методы производства.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Компьютерное моделирование в различных отраслях.

С развитием технологии 3D-печати области ее применения становятся все более обширными. Цифровые характеристики 3D-печати с высокой рентабельностью и высокой точностью делают ее популярной во всех сферах жизни. Технология 3D-печати позволяет напрямую превращать 3D-модели в реальные изделия.

Сферы применения 3D-моделей:

1.1.1 Применение 3D-моделирования в технических областях:

Применение технологии 3D-моделирования в авиационной и космической промышленности:

Основные способы использования 3D-моделирования в авиационной и космической промышленности и его влияние на процессы создания техники:

– проектирование и разработка: 3D-моделирование используется для создания виртуальных моделей самолетов, вертолетов, ракет и космических аппаратов. Это позволяет инженерам и дизайнерам проводить детальный анализ конструкции, оптимизировать форму и геометрию, а также предсказывать поведение объекта в различных условиях;

– симуляция аэродинамики и механики полета: с помощью 3D-моделирования проводятся аэродинамические испытания и моделирование механики полета летательных аппаратов. Это помогает улучшить аэродинамические характеристики, повысить эффективность и безопасность полетов;

– создание тренажеров и симуляторов: 3D-моделирование используется для создания тренажеров и симуляторов для обучения и тренировки пилотов, космонавтов и технического персонала. Виртуальные среды позволяют эффективно симулировать реальные условия полетов и тренировать специалистов;

– анализ и оптимизация систем: 3D-моделирование позволяет

моделировать и анализировать различные системы, такие как системы двигателей, системы управления, системы топливоснабжения и другие. Это помогает инженерам оптимизировать работу систем и повысить надежность летательных аппаратов и космических аппаратов;

– производство и сборка: 3D-моделирование используется для создания документации, чертежей и схем для производства самолетов и космических аппаратов. Это помогает сократить время и затраты на производство, повысить точность и упростить сборку компонентов;

– разработка космических аппаратов: в космической индустрии 3D-моделирование играет особенно важную роль, поскольку создание космических аппаратов требует высокой точности и надежности. 3D-моделирование позволяет анализировать и оптимизировать конструкцию ракет, спутников и других космических аппаратов (рис. 1).

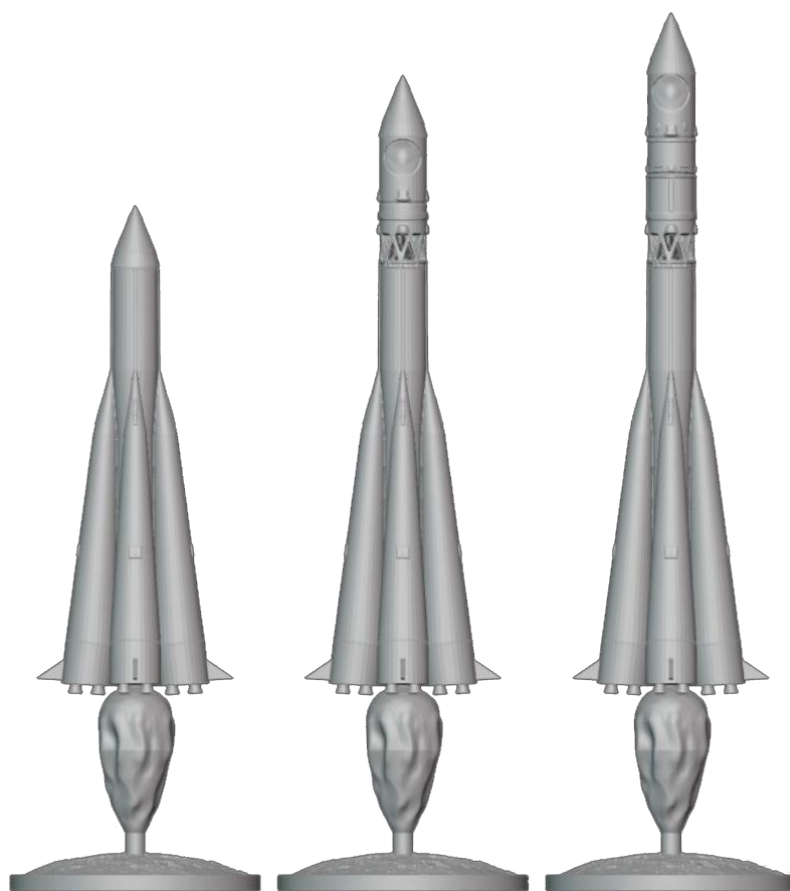


Рисунок 1 – 3D-модели кораблей: Sputnik 8K71PS, Vostok 8K72K,
Voskhod 11A57

Применение технологии 3D-моделирования в игровой индустрии:

Применение технологии 3D-моделирования в игровой индустрии является ключевым фактором для создания реалистичных и захватывающих игровых миров, персонажей и объектов. 3D-моделирование позволяет разработчикам игр создавать детальные и качественные графические элементы, которые игроки могут исследовать и взаимодействовать во время игрового процесса. В данном докладе мы рассмотрим основные аспекты применения 3D-моделирования в игровой индустрии. Основных способов, как применяется 3D-моделирование в игровой индустрии:

- создание игровых миров и уровней: с помощью 3D-моделирования разработчики игр создают разнообразные игровые миры, включая ландшафты, архитектурные сооружения, интерьеры и многое другое. Это позволяет создавать впечатляющие и интерактивные окружения, в которых игроки могут свободно перемещаться и взаимодействовать;

- создание объектов и реквизита: разработчики также используют 3D-моделирование для создания различных объектов, предметов и реквизита в игре, таких как оружие, транспорт, предметы инвентаря и декорации. Это помогает обогатить игровой мир и создать более увлекательный игровой опыт;

- анимация и риггинг: 3D-моделирование позволяет создавать анимацию для персонажей и объектов в игре. Риггинг, процесс добавления контрольных точек для анимации, также часто осуществляется с помощью 3D-моделирования. Это позволяет персонажам и объектам оживать и реалистично взаимодействовать в игровом мире;

- визуальные эффекты и сцены действия: 3D-моделирование позволяет создавать различные визуальные эффекты и сцены действия, такие как взрывы, спецэффекты, частично разрушаемое окружение и другие элементы, которые делают игровой процесс более динамичным и захватывающим;

- дизайн персонажей: 3D-моделирование используется для создания персонажей игр, включая главных героев, врагов, NPC (неперсонажные

персонажи) и других существ. Детальные 3D-модели персонажей помогают создавать уникальные внешности, анимации и эмоциональные выражения (рис 2).



Рисунок 2 – 3D-модель персонажа игры

Применение технологии 3D-моделирования в строительстве.

Технология трехмерной моделирования позволяет представить трехмерную модель здания, визуально отражает процесс строительства, позволяет избежать допущения ошибок проектирования, осуществления и сопровождения строительства, позволяет создавать детальные виртуальные модели зданий и сооружений, содержащие информацию обо всех их компонентах и системах. Это облегчает процесс проектирования, позволяет провести детальный анализ конструкции, оптимизировать форму и геометрию объекта, а также предсказать его поведение в различных условиях и т. д.;

Во-первых, применение 3D-моделирования позволяет изменять точку обзора и источник света, используемый материал, что позволяет оценивать различные решения с клиентами, сокращая доработки на более позднем этапе. Позволяет различным участникам проекта (архитекторам, инженерам, подрядчикам и другим) работать над проектом совместно, обмениваться

информацией и координировать свои действия. Это снижает вероятность ошибочного строительства, снижает строительные риски, конфликты, улучшает коммуникацию и повышает эффективность работы команды.

Во-вторых, 3D-моделирование позволяет проводить различные анализы, такие как анализ прочности, аэродинамики, энергоэффективности, стоимости и сроков строительства. Это помогает оптимизировать проект, улучшить его качество и снизить риски возникновения проблем в процессе строительства. Позволяет создать цифровой двойник здания или сооружения, который может использоваться на всех этапах жизненного цикла объекта, включая проектирование, строительство, эксплуатацию и обслуживание.

В-третьих, создавая 3D-модель цифрового картографирования, можно быстро получить трехмерную информацию о городских землях, включая здания, дороги и т. д. Позволяет представить 3D-модель города, чтобы отразить общую структуру и характеристики города. Эта информация может помочь градостроителям лучше понять структуру и характеристики городов, а также предоставить более качественные данные и модели для городского планирования (рис 3).



Рисунок 3 – 3D-модель города

Применение технологии 3D-моделирования в автомобильной индустрии.

3D-моделирование позволяет создавать виртуальные модели автомобилей, проводить тестирование и оптимизацию конструкции, а также повышать качество и эффективность производства.

Проектирование и дизайн:

– аэродинамические испытания: моделирование аэродинамических характеристик автомобиля с целью оптимизации формы и уменьшения аэродинамического сопротивления, что способствует повышению топливной эффективности и улучшению управляемости автомобиля;

– создание рекламного и маркетингового контента: использование 3D-визуализации для создания рекламных материалов и презентаций новых автомобилей, что помогает привлечь внимание покупателей и продвинуть продукцию на рынке;

– анализ жесткости и прочности: проведение численного анализа прочности и жесткости автомобильной конструкции, что позволяет определить оптимальные параметры материалов для повышения безопасности и надежности автомобиля;

– создание виртуальных 3D-моделей автомобилей, что позволяет инженерам и дизайнерам проводить детальный анализ формы, геометрии и эргономики автомобиля. Оптимизация внешнего вида и внутреннего пространства, что способствует созданию современных и удобных автомобилей (рис 4).



Рисунок 4 – 3D-модель автомобиля

1.1.2 Применение 3D-моделирования в гуманитарных областях:

Применение технологии 3D-моделирования в реконструкции исторических объектов:

– археологические раскопки: 3D-моделирование применяется для визуализации и анализа археологических находок, позволяя реконструировать раскопки и воссоздать контекст находок. Это помогает ученым лучше понять и интерпретировать артефакты и исторические находки;

– образовательные программы: 3D-моделирование используется для создания виртуальных образовательных программ и интерактивных экскурсий по историческим объектам и местам, что способствует образовательному процессу и популяризации культурного наследия;

– технология 3D-моделирования применяется в реконструкции исторических объектов для создания зданий, храмов, замков, памятников архитектуры и других объектов. Это позволяет восстановить изначальный внешний вид и структуру объекта для дальнейшего изучения и сохранения. Это позволяет изучать объекты в контексте их окружения, прогнозировать тенденции сохранности памятников культуры, фиксировать исторический ландшафт и анализировать урон, нанесённый памятникам в результате строительной деятельности (рис. 5).



Рисунок 5 –Макет Албазинского острога

Применение технологии 3D-моделирования в археологии и палеонтологии.

Технология 3D-моделирования применяется в археологии и палеонтологии для создания точных электронных объёмных моделей археологических находок и музейных экспонатов. Это позволяет сохранять и восстанавливать объекты культурного наследия, обеспечивать доступность этих объектов для широкого круга пользователей и облегчать изучение и преподавание.

Исследование рельефа и топографии: 3D-моделирование позволяет создавать цифровые модели археологических памятников, пещер, горных образований и ландшафтов. Это помогает исследователям лучше понять окружающую среду и контекст, в котором происходили археологические и палеонтологические находки.

Визуализация артефактов и находок: 3D-моделирование позволяет создать детальные виртуальные модели археологических находок, а также артефактов и костей, найденных на раскопках. Это помогает исследователям лучше визуализировать и изучать находки без необходимости физического присутствия.

Анатомическое моделирование и анализ костей: в палеонтологии 3D-моделирование используется для создания анатомических моделей и анализа костей из ископаемых останков динозавров, древних животных и людей. Это помогает ученым узнать больше о строении и эволюции видов (рис 6).

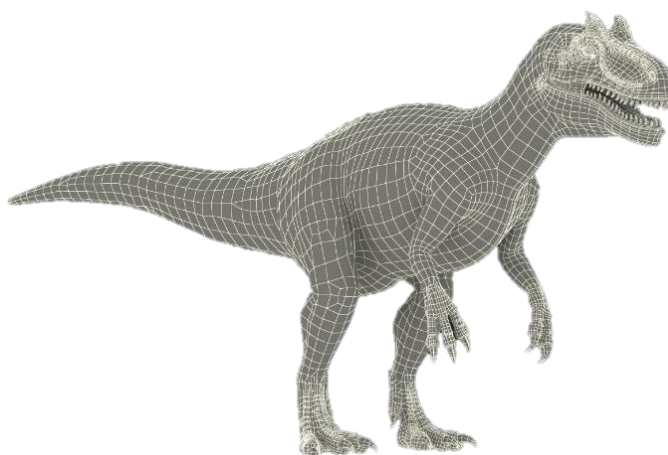


Рисунок 6 – 3D-модель динозавра

Применение технологии 3D-моделирования в образовании и культурном наследии.

Применение технологии 3D-моделирования активно используется в образовании, культурном наследии и туризме для создания более наглядных и интерактивных способов представления туристических объектов, достопримечательностей и путешествий.

Реконструкция исторических объектов: 3D-моделирование позволяет создавать виртуальные реконструкции исторических объектов, памятников и зданий, показывая, как они выглядели в разные исторические периоды, что способствует пониманию истории и культурного развития.

Образовательные программы и материалы: 3D-моделирование используется для создания образовательных программ, уроков и материалов, позволяющих студентам и учащимся лучше понимать и визуализировать сложные концепции и информацию.

Виртуальные туры и путешествия: создание виртуальных туров и путешествий с использованием 3D-моделей позволяет туристам и образовательным учреждениям проникнуть в неизведанные места, исследовать культурные объекты и исторические места, не покидая своего дома или класса.

Виртуальные музеи и выставки: создание виртуальных музеев и выставок с использованием 3D-моделей позволяет посетителям по всему миру изучать и экспонаты, и культурные объекты, а также обучаться и узнавать о различных аспектах культурного наследия.

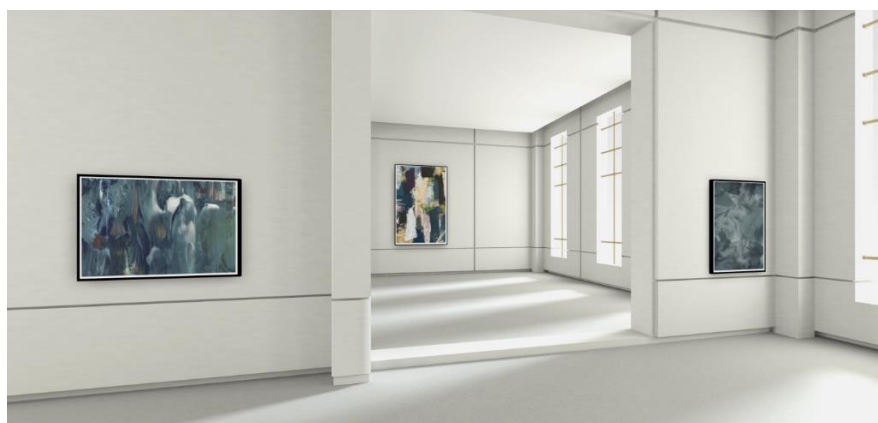


Рисунок 7– 3D-модель виртуальной выставки

1.2 Роль 3D-моделирования в производстве сувенирной продукции

Сувенирная продукция является важным элементом туристического бизнеса. Она не только сохраняет и передает уникальные черты культуры и истории, но и служит важным источником дохода для местных сообществ и предпринимателей. В условиях быстро меняющегося рынка и потребительских предпочтений, технологии, такие как 3D-моделирование, играют ключевую роль в совершенствовании процессов дизайна, производства и маркетинга сувенирной продукции.

Внедрение 3D-технологий в производство привело к значительному прогрессу в создании сувенирной продукции, позволяя создавать точные копии исторических зданий и памятников. Технологии упрощают процесс создания сувениров и обеспечивают высокую степень детализации.

Одним из важнейших преимуществ 3D-моделирования в сувенирной индустрии является возможность создания уникальных и персонализированных продуктов. С помощью 3D-моделей можно воплощать самые смелые идеи в реальность, а также предлагать клиентам возможность добавить индивидуальные элементы, такие как имена, даты, фотографии и даже 3D-отпечатки. Это позволяет создавать эмоционально значимые сувениры, которые будут иметь особое значение для покупателей.

Создание миниатюрных фигурок реальных людей – популярный бизнес, ориентированный на людей, уставших от традиционных фотографий. 3D-фигурки людей – это их точные копии в миниатюре, созданные путём сканирования с натуры и многослойной печати на 3D-принтере. Обычно длина таких статуэток составляет от 15 до 50 сантиметров. Современное 3D-оборудование позволяет передать все индивидуальные особенности человека, включая черты лица и тела, тон кожи, цвет глаз, родинки, морщины, татуировки и детали одежды. Кроме того, технология воспроизводит множество оттенков и обеспечивает точную передачу цвета. Благодаря встраиванию пигмента прямо в структуру материала, фигурки долго не блёкнут и сохраняют изначальную

яркость.

Например, их можно использовать для оформления свадебных торжеств (рис.8). Часто заказывают печать уменьшенных копий жениха и невесты. Они могут быть реалистичными или фантазийными. Трёхмерные изображения применяют в качестве реквизита для фотосессий, дарят гостям и родственникам, украшают приглашения, торт, стол или зал.



Рисунок 8 – Украшение свадебного торта

Детализация и реализм, которые обеспечивает 3D-моделирование, также играют важную роль в создании привлекательных сувениров. Благодаря этой технологии можно воссоздавать самые тонкие детали и текстуры, что делает продукты более реалистичными и привлекательными для потребителей. Визуализация сувениров в 3D формате также улучшает визуальное представление продукции, что помогает клиентам лучше понять ее дизайн и качество.

3D-печать широко используется в диорамах для создания миниатюрных копий реальных или фантастических объектов, таких как люди, техника, здания и исторические события. Это позволяет точно воспроизвести детали, внутреннее наполнение, текстуры и цвета объектов, обеспечивая максимальную достоверность.

Применение 3D-печати в диорамах даёт возможность быстро и эффективно создавать прототипы, макеты и демонстрационные образцы, что особенно полезно при разработке и тестировании новых продуктов или технологий (рис. 9).



Рисунок 9 – Диорама

Применение 3D-моделирования в сувенирной продукции также способствует повышению эффективности производственных процессов. Благодаря возможности создания виртуальных прототипов и быстрой коррекции дизайна, компании могут сократить время и затраты на разработку и выпуск новых продуктов. Это позволяет оперативно реагировать на изменения в спросе рынка и предложении конкурентоспособные сувениры.

Наконец, 3D-моделирование открывает новые возможности для маркетинга и продвижения сувенирной продукции. Компании могут создавать впечатляющие визуализации своих товаров, используя различные онлайн и офлайн платформы, такие как веб-сайты, социальные сети, выставки и магазины. Это помогает привлечь больше внимания к продукции и увеличить ее конкурентоспособность на рынке.

3D-моделирование играет важную и многофункциональную роль в сувенирной индустрии, обеспечивая возможности для креативности, индивидуализации, эффективности производства и маркетинговых стратегий.

Информационное моделирование вносит методологический вклад в развитие сувенирной индустрии. Кроме того, одним из направлений в создании сувениров является изучение традиционного эпоса разных народов. Это может включать создание моделей зданий, предметов быта, одежды и мифических существ, которые помогут лучше представить культуру и историю изучаемого эпоса.

1.3 Традиционный китайский эпос

Этнографические знания, представляют собой фундамент современного образования и культуры, относятся к числу наиболее значимых и приоритетных в современной системе общечеловеческих ценностей. При помощи ИТ-технологий можно значительно расширить возможности представления этнографических знаний. Современные технологии в этнографии, могут помочь в представлении культур и образов жизни различных народов мира, визуализировать сказки, которые представляют собой уникальное культурное наследие каждого народа. Они отражают традиции, обычаи, ценности и мировоззрение прошлых поколений. В народных сказках часто встречаются элементы фантастики, волшебства и приключений, что делает их интересными и захватывающими для читателей всех возрастов.

1.3.1 Роман «Путешествие на Запад»

«Путешествие на Запад» – один из четырех классических китайских произведений, первый романтический роман о богах и демонах в древнем Китае, написанный писателем эпохи Мин – У Чэньэнем. Роман написан более трехсот лет назад и стал неотъемлемой частью мировой культуры.

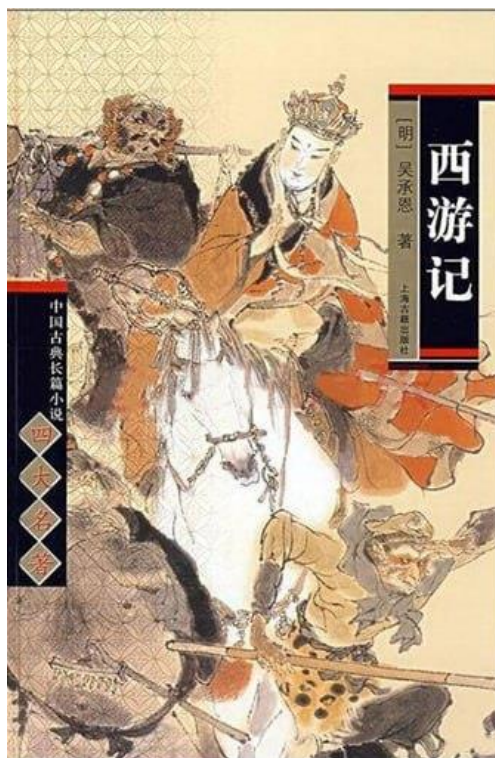


Рис. 10. Иллюстрация к роману «Путешествие на Запад».

Содержание «Путешествие на Запад» в основном описывает историю Сунь Укуна, Чжу Бацзе и Бай Лунмы, которые защищали монаха Тана во время его путешествия на запад за буддийскими писаниями во время правления императора Тайцзуна династии Тан в период Чжэнгуань. История покорения демонов, обретения истинного Священного Писания. Роман сочетает в себе мысли и содержание буддизма, даосизма и конфуцианства.

Историческое ядро сюжета – путешествие буддийского монаха Сюаньцзана в Индию за священными сутрами. Оригинальные сюжетные ходы, схватки с демонами и оборотнями окрашены юмором, который придает повествованию особую легкость. Действующие лица:

– Главный герой – царь обезьян Сунь Укун, который сопровождает монаха Сюаньцзана в его путешествии по Шёлковому пути в Индию за буддийскими сутрами.

– Чжу Бацзе, в прошлом хороший волшебник и воин, но за систематические нарушения дисциплины, а также за пьянство и прогулы по причине запоев был превращен в свинью.

– Монах Ша Сэн, в прошлом заслуженный генерал армии Будды, но в пылу спора с Буддой разбил дорогую вазу и был сослан его на землю.

– Сюаньцзан отправился за священными сутрами по воле богини и с соизволения императора на Запад, в далёкую Индию.

1.3.2 Легенда о Хэйлунцзян

Легенда о Хэйлунцзян рассказывает о происхождении названия реки Амур, которая протекает через территорию провинции Хэйлунцзян в Китае. Хэйлунцзян (Амур) получил своё название из-за того, что речная вода содержит много гумуса и имеет черный цвет. В древние времена она называлась «Черная вода», «Слабая вода» и «Ван-вода» во времена династии Тан и «Хэйлунцзян» в «Истории династии Ляо». В другой местной хронике записано: «Вода в Хэйлунцзяне черная и вьется, как дракон, поэтому он называется Хэйлунцзян».



Рис. 11. Иллюстрация к легенде о «Хэйлунцзян».

Существует интересная легенда о происхождении названия «Хэйлунцзян». В далекие древние времена река называлась не Хэйлунцзян, а

Байлунцзян(с кит. Река белого дракона). В преданиях говорится о белом драконе, обитавшем в реке и причинявшем вред, превращая изначально плодородные земли в безжизненные пустоши. Ежегодно жители прибрежных районов должны были предоставлять Байлуну подношения в виде пищи, а также приносить в жертву своих детей. Однажды во время такого жертвоприношения появился черный дракон Хэйлун и вступил в схватку с белым драконом Байлуном. После трехдневной битвы Хэйлун победил и стал защитником реки, после чего местные жители снова зажили в мире и процветании. В благодарность за это они переименовали свою реку из Байлунцзян в Хэйлунцзян.

1.4 Пример использования аналогичных технологий

Сайт «Веронессе» – это платформа, предлагающая услуги по производству 3D фигурок для различных отраслей, включая искусство, историю и развлечения. С помощью передовых технологий и опыта команды профессионалов, сайт предлагает высококачественные 3D фигурки, которые точно воспроизводят реальные объекты или персонажи.

Есть множество моделей от миниатюрных до крупных, фигурки делаются коллекциями, выливаясь из металла (рис. 12).



Рис. 12. Пример статуэтки от компании «Веронессе».

Компания «Веронессе» является надежным и проверенным решением для тех, кто нуждается в высококачественных 3D моделях. Но цена у этих моделей довольно высокая, и нет возможности бесплатного распространения в виде программного файла.

Использование аддитивных технологий в трехмерной печати уже давно применяется в различных областях. Однако в производстве сувенирной продукции, использование 3D-печати может быть особенно эффективным. 3D-моделирование в сувенирной продукции позволяет создавать точные копии исторических зданий, памятников и других объектов с максимальной детализацией. Это упрощает процесс производства и сокращает время изготовления сувениров.

Ещё одним из примеров успешного применения 3D-технологий является работа под названием «Животные Дальнего Востока»

В данной исследовательской работе осуществлена разработка сувенирного набора «Животные Дальнего Востока» с использованием технологии 3D-моделирования и 3D-печати.

Для создания высококачественной линейки фигурок, изображающие реплики животных, были применены передовые технологии и программное обеспечение, способствующие виртуальному воссозданию образа реальных существ.

Важным компонентом данного процесса стало использование 3D-принтера, основанного на технологии послойного наплавления пластика (FDM). При помощи данного устройства, оцифрованные модели напечатали из ABS пластика, который более предпочтителен для изготовления фигурок с высокой детализацией (рис. 13).



Рисунок 13 – Сувенирный набор «Животные Дальнего Востока»

3D-печать в данном случае предоставляет возможность наслаждаться искусством без участия в процессе создания чучел на основе реальных животных, что может быть важным аспектом для тех, кто ценит этические и эмоциональные аспекты владения подобными предметами.

2 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЩЕЙ МЕТОДИКИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

2.1 Общая методика решения поставленной задачи

Поиск референсов

Референсы в 3D-графике представляют собой изображения, которые служат источником вдохновения для визуализаторов. Они могут быть посвящены различным тематикам и включать в себя людей, животных, объекты и элементы окружающей среды. Референсы помогают создателям трехмерной графики достигать большей реалистичности и качества в своих работах, позволяя им изучать и воспроизводить детали объектов, освещение, текстуры и другие аспекты.

Этап поиска референсов для компьютерного прототипирования сувенирной продукции является важным этапом в процессе разработки нового продукта. Вот несколько причин, почему этот этап является необходимым:

- поиск референсов для создания сувениров помогает найти вдохновение, определить основные цвета, текстуры и мотивы, используемые в проекте, и служит образцом для создания нового дизайна;

- изучение рынка сувенирной продукции позволяет понять текущие тренды, предпочтения потребителей и определить основные стили и направления;

- просмотр референсов помогает определиться с дизайном, формой и эргономикой сувенира, увидеть какие материалы и цвета используются в продукции и насколько они удобны;

- наличие референсов упрощает визуализацию и коммуникацию идей, что облегчает процесс прототипирования и совместную работу над проектом.

Создание базовой модели человека

Создание базовой модели человека для компьютерного прототипирования сувенирной продукции является важным этапом в процессе разработки и производства сувениров. Эта задача требует тщательного планирования,

креативности и технических навыков, чтобы создать модель, которая будет эффективно передавать желаемые характеристики и визуальный стиль. Создание универсальной модели человеческого тела для использования в компьютерном моделировании сувенирной продукции способствует лучшему пониманию особенностей дизайна и эргономики изделия. План действий для создания базовой модели:

- изучение основных параметров человеческого тела, таких как длина конечностей, туловища, размер головы, а также соотношение этих частей, поможет создать модель с правильными пропорциями. Следует учитывать, что пропорции у разных людей могут отличаться, поэтому лучше стремиться к созданию модели со средними параметрами;

- определение основных характеристик модели, включая пол и возраст, черты лица и особенности телосложения, позволит создать более точный образ;

- использование специализированных программ для трехмерного моделирования, таких как Blender, Autodesk Maya и ZBrush, MakeHuman для создания 3D-модели человека.

Создание базовой модели одежды человека

Этап создания базовой модели одежды для компьютерного прототипирования является одним из ключевых шагов в процессе создания сувенирной продукции. Основные этапы создания одежды:

Первый этап – сбор информации. Перед тем, как начать создание модели, необходимо собрать всю необходимую информацию о моделируемой одежде. Это могут быть фотографии, размеры, описание материала, из которого изготовлена одежда, и т.д.

Второй этап – создание 3D модели. На этом этапе используется программное обеспечение для создания 3D моделей. Сначала создается основа модели, а затем добавляются детали. Важно учитывать все особенности моделируемой одежды, чтобы модель была точной копией оригинала.

Третий этап – текстурирование. На этом этапе выбирается материал, который будет использоваться для создания модели, и импортируются его текстуры. Затем текстуры применяются к модели.

Четвертый этап – рендеринг. На этом этапе модель визуализируется, чтобы можно было увидеть, как она выглядит. Если необходимо, вносятся корректировки в модель или в текстуры.

Моделирование, детализация деталей

Моделирование специальных отдельных объектов и детализация образов являются важными шагами в процессе компьютерного прототипирования сувенирной продукции. Этот процесс позволяет разработчикам создавать уникальные и привлекательные элементы и образы, которые будут отражать заданный стиль и тему сувенира.

Первым шагом в моделировании специальных отдельных объектов и детализации образов является четкое определение целей и требований проекта. Необходимо понять, какие конкретные объекты или детали нужно создать, и как они будут соответствовать общему образу сувенира. Также необходимо учесть требования заказчика и предполагаемое использование объектов или деталей.

При моделировании специальных отдельных объектов и детализации образов важно учесть все малейшие детали. Работа над формой, пропорциями, текстурами, цветами и другими деталями, чтобы создать реалистичные и эффектные объекты или детали. Используя инструменты для создания сложной геометрии, скруглений, вырезов, чтобы добиться желаемого вида.

Создание специальных отдельных объектов и детализации образов также включает работу с текстурами и материалами. Использование разнообразных эффектов, такие как блеск, металлический блеск или фактурные отделки, чтобы придать объектам или деталям реалистичный вид.

Подготовка моделей к печати на 3D-принтере.

Этот процесс требует учета особенностей печати, выбора подходящих

материалов и тщательного приготовления моделей для их успешной реализации.

Первым шагом в подготовке 3D-моделей к печати является проверка и оптимизация моделей. Необходимо убедиться, что модель не содержит ошибок, таких как несоединенные вершины, пересекающиеся грани или некорректные топологии. Для проверки и исправления этих ошибок необходимо использовать программное обеспечение для моделирования.

Также важно учитывать ограничения и требования 3D-принтера. Каждый принтер имеет свои особенности, такие как размер печатного стола, поддерживаемые материалы и разрешение. Нужно убедиться, что модель соответствует этим параметрам и требованиям принтера.

Вторым шагом является наложение поддержек на модели. Поддержки – это необходимая структура, которая помогает сохранять форму и стабильность объекта во время печати. Понадобится использовать программное обеспечение для поддержки, чтобы автоматически или вручную добавить поддержки там, где это необходимо. Также важно убедиться, что поддержки легко удаляются после печати, чтобы не повредить модель.

Затем производится масштабирование и позиционирование моделей. Модели должны находиться в верном масштабе и быть расположены на печатном столе в оптимальном положении, для этого используют ПО для масштабирования и позиционирования моделей в соответствии с требованиями проекта и возможностями 3D-принтера.

Далее, просматривают модели для окончательных проверок перед печатью. Убеждаются, что все детали моделей корректны, нет недостающих частей или ошметков. Осматривают модели со всех сторон и убеждаются, что они соответствуют ожиданиям и требованиям проекта.

Когда модели готовы, экспортируют их в подходящий формат для 3D-печати. Некоторые популярные форматы включают STL или OBJ. Нужно

убедиться, что экспортированные файлы сохраняют все детали и текстуры модели.

Наконец, отправляют подготовленные модели на печать предварительно правильно настраивая 3D-принтер с учетом выбранного материала и параметров печати.

В итоге подготовка 3D-моделей к печати сувенирной продукции требует внимательности, знаний о возможностях 3D-принтера и хорошего понимания процесса печати. Правильная подготовка моделей позволит создавать качественные и точные физические объекты, которые будут точно соответствовать вашим компьютерным моделям и требованиям проекта. Это поможет вам получить высококачественные и эффектные сувениры.

2.2 Обзор профильного ПО

2.2.1 Обзор программ для создания модели человека.

Обзор MakeHuman.

MakeHuman – это бесплатное и открытое программное обеспечение, разработанное для создания реалистичных трехмерных моделей человека. Он предлагает широкий набор функций и инструментов, позволяющих пользователю создавать, уникальные персонажи с точностью до деталей.

Библиотека предустановленных персонажей: одна из главных особенностей MakeHuman – это богатая библиотека предустановленных персонажей. В ней можно выбрать из готовых моделей мужчин, женщин и детей разных возрастных групп и этнических характеристик. Кроме того, можно настраивать различные параметры модели, такие как форма тела, лица, волосы, глаза и даже одежда, чтобы создать уникальный персонаж.

Инструменты для настройки: MakeHuman также обладает мощными инструментами для настройки каждой части тела. Можно изменять анатомические параметры, такие как размеры тела, формы лица, скулы и пропорции. Программа также дает возможность придавать различные выражения лицу, изменять положение и размер глаз, рта и других элементов.

Совместимость с другими программами: MakeHuman также поддерживает экспорт персонажей в форматах, совместимых с другими программами для 3D-моделирования и анимации, такими как Blender.

Простой и интуитивный интерфейс: MakeHuman имеет простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который позволяет легко управлять параметрами моделирования и настройками персонажей. Он предоставляет также большое количество ресурсов и документации для пользователей всех уровней навыков, включая учебные руководства, видеоуроки и форумы поддержки.

Контент и сообщество: как открытое программное обеспечение, MakeHuman также активно поддерживается сообществом разработчиков, что гарантирует его стабильность и постоянное развитие. Новые функции и обновления регулярно выпускаются для улучшения программы и расширения ее возможностей.

Несмотря на то, что MakeHuman предлагает много возможностей и инструментов, он может показаться несколько ограниченным в сравнении с некоторыми коммерческими программами для 3D-моделирования. Однако MakeHuman все равно является мощным инструментом для создания детализированных и реалистичных моделей человека.

Обзор Daz Studio.

Daz Studio – это программное обеспечение для создания, анимации и визуализации трехмерных моделей и персонажей. Здесь представлен обзор основных функций и возможностей Daz Studio:

Библиотека персонажей и аксессуаров: Daz Studio предлагает широкий выбор предустановленных персонажей, одежды, причесок, а также различных аксессуаров. Доступны различные стили, включая фантастические и исторические персонажи.

Инструменты для настройки: Daz Studio позволяет настраивать и изменять параметры персонажей, включая форму тела, лица, волосы, глаза и

пропорции. Это позволяет создавать уникальные персонажи, соответствующие вашим потребностям и предпочтениям.

Рендеринг: Daz Studio предлагает интегрированный движок для рендеринга, который позволяет получить высококачественные визуальные изображения ваших моделей. Есть возможность настраивать освещение, материалы и другие параметры для достижения реалистичного эффекта.

Совместимость с другими программами: Daz Studio поддерживает импорт и экспорт в различные форматы файлов, включая OBJ, FBX и Collada, что позволяет работать с другими программами для 3D-моделирования и анимации.

Контент и сообщество: Daz Studio предлагает обширный маркетплейс, где вы можете найти дополнительные модели персонажей, аксессуары, одежду и другой контент. Кроме того, у Daz Studio активное сообщество пользователей, где можно получить поддержку, обменяться опытом и найти учебные материалы.

Простой и интуитивный интерфейс: Daz Studio разработан с учетом удобства использования и имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс. Это делает программу доступной даже для новичков в 3D-моделировании.

Обзор Character Creator.

Character Creator – это профессиональное и интуитивное приложение для создания трехмерных персонажей. Вот обзор основных функций и возможностей:

Библиотека предустановленных персонажей: Character Creator предоставляет обширную библиотеку готовых персонажей различных стилей и внешнего вида. Можно выбрать из различных этнических групп, полов, возрастных групп и стилей образа жизни.

Настройка персонажей: пользователи могут настраивать параметры персонажей, изменяя их размеры, форму тела, черты лица, волосы и многое

другое. Есть также возможность настроить детали, такие как пропорции тела, формы глаз и размеры рта.

Одежда и аксессуары: Character Creator предлагает большой выбор предустановленной одежды, обуви и аксессуаров для вашего персонажа. Также можно импортировать собственные модели одежды и аксессуаров для создания уникального стиля.

Анимация и риггинг: приложение поддерживает создание анимации для персонажей и предлагает инструменты для настройки поз, движения и выражений лица. Character Creator также обеспечивает интеграцию с программами для анимирования, позволяя вам экспортировать персонажей для дальнейшей работы с ними.

Графический рендеринг: Character Creator использует мощный движок рендеринга, позволяющий создавать фотореалистичные изображения ваших персонажей. Можно настраивать освещение, тени, материалы и другие параметры, чтобы достичь желаемого эффекта.

Интеграция с другими программами: Character Creator совместим со многими программами для 3D-моделирования и анимации. Можно импортировать и экспортировать модели и анимации в таких форматах, как OBJ, FBX и Collada, чтобы работать с ними в других приложениях.

Поддержка сообщества и ресурсов: Character Creator имеет активное сообщество пользователей, где вы можете найти полезные руководства, уроки, скрипты, модели и другие ресурсы, чтобы помочь вам в создании и работе с персонажами.

Обзор Poser

Poser – это профессиональное программное обеспечение для трехмерного моделирования и анимации персонажей.

Создание персонажей: Poser предоставляет широкий выбор предустановленных персонажей, которые можно использовать в проектах. Можно выбирать персонажей различных возрастов, полов, этнических групп и стилей, и

настраивать их внешний вид, включая форму тела, черты лица, волосы, одежду и аксессуары.

Инструменты для моделирования: Poser предлагает интуитивные инструменты для создания и настройки персонажей. Можно изменять анатомические параметры, такие как размеры и формы тела, лица, глаз и т.д.

Анимация: Poser позволяет создавать анимацию для персонажей. Вы можете настраивать позы, движения и выражения лица, чтобы создавать живые и динамичные сцены. Программа предлагает инструменты для создания кадров анимации, таймлайна и редактирования ключевых кадров.

Рендеринг и пост-обработка: Poser включает в себя мощный движок рендеринга, который позволяет создавать высококачественные визуальные изображения ваших моделей. Есть возможность настраивать различные параметры рендеринга, такие как освещение, материалы и тени. После рендеринга также можно применять пост-обработку для добавления эффектов и настройки фотографий.

Импорт и экспорт: Poser поддерживает импорт и экспорт в различные форматы файлов, позволяя работать с другими программами для 3D-моделирования и анимации. Это дает вам больше гибкости и возможностей для работы с вашими персонажами.

Ресурсы и поддержка: Poser предлагает доступ к большому количеству ресурсов, таких как модели персонажей, текстуры, объекты и другой контент, которые можно использовать в своих проектах.

Таблица 1 – Сравнение приложений для создания модели человека.

Свойство	MakeHuman	Daz Studio	Character Creator	Poser
Цена	Свободно распространяемое приложение	Бесплатно (базовая версия), от 200 долларов США (полная версия)	От 299 долларов США	От 199 долларов США

Продолжение таблицы 1

Платформа	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS	Windows	Windows, macOS
Интерфейс	Интуитивно понятный	Несколько сложный	Интуитивно понятный	Удобный для пользователя
Создание персонажей	Генератор персонажей на основе параметров	Библиотека готовых персонажей и аксессуаров	Настраиваемые персонажи	Библиотека готовых персонажей и аксессуаров
Анимация	Базовая анимация	Расширенные возможности анимации	Расширенные возможности анимации	Расширенные возможности анимации
Одежда и аксессуары	Большой выбор	Большой выбор	Большой выбор	Большой выбор
Рендеринг	Встроенный рендерер	Поддержка сторонних рендереров	Поддержка сторонних рендереров	Поддержка сторонних рендереров
Совместимость	Файлы OBJ, FBX, DAE	Файлы OBJ, FBX, DAE	Файлы OBJ, FBX, DAE	Файлы OBJ, FBX, DAE
Назначение	Создание реалистичных человеческих моделей	Создание реалистичных человеческих моделей и сцен	Создание реалистичных человеческих моделей и сцен	Создание реалистичных человеческих моделей и сцен

2.2.2 Обзор программ для скульптинга.

Вот сравнение основных характеристик и возможностей программного обеспечения для скульптинга, таких как Autodesk Maya, Blender, ZBrush и Mudbox:

Autodesk Maya:

– Maya предлагает инструменты для скульптинга в 3D-пространстве с использованием различных кистей и техник;

– программное обеспечение имеет широкие возможности в области

анимации, моделирования и текстурирования, что позволяет создавать полностью развитые и детализированные персонажи и объекты;

- Maya обладает интуитивным пользовательским интерфейсом и широкой поддержкой плагинов и сценариев.

Blender:

- Blender – Профессиональная бесплатная программа для создания трёхмерной графики, которая предлагает инструменты для моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки, монтажа аудиовизуальных материалов и создания 2D-анимаций;

- программа обеспечивает возможности скульптинга наряду с другими функциями, такими как анимация, моделирование и текстурирование;

- Blender также предоставляет возможности для создания специальных эффектов и физической симуляции.

ZBrush:

- ZBrush – это программа для 3D-моделирования, созданная компанией Pixologic. Она имитирует процесс лепки трёхмерной скульптуры с использованием движка трёхмерного рендеринга в реальном времени;

- программа обладает уникальными инструментами, такими как DynaMesh и ZRemesher, которые позволяют быстро создавать сложные и детализированные модели;

- ZBrush также предлагает набор инструментов для текстурирования и рисования, позволяя добавлять цвет и детали на модели;

Mudbox:

- Mudbox – это программное обеспечение для скульптинга и текстурирования, разработанное Autodesk;

- программа предлагает инструменты для создания деталей моделей с использованием скульптурных кистей и текстурирования;

- Mudbox обеспечивает интеграцию с другими программами Autodesk, такими как Maya и 3DS Max.

Таблица 2 – Сравнение приложений для скульптинга.

Свойство	Autodesk Maya	Blender	ZBrush	Mudbox
Стоимость	Коммерческая (подписка или бессрочная лицензия)	Свободно распространяемое приложение	Коммерческая (подписка или бессрочная лицензия)	Коммерческая (подписка или бессрочная лицензия)
Платформы	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS	Windows, macOS
Инструменты моделирования	Полигональное моделирование, NURBS-моделирование, скульптуринг	Полигональное моделирование, скульптуринг, NURBS-моделирование	Скульптуринг, полигональное моделирование, динамическое тесселирование	Скульптуринг, полигональное моделирование, динамическое тесселирование
Инструменты текстурирования	UV-развертка, текстурирование, шейдинг	UV-развертка, текстурирование, шейдинг	Текстурирование, шейдинг	Текстурирование, шейдинг
Инструменты анимации	Прямая анимация, скелетная анимация, динамическая анимация	Прямая анимация, скелетная анимация, динамическая анимация	Скелетная анимация	Скелетная анимация
Инструменты рендеринга	Arnold, Redshift, Mental Ray	Cycles, Eevee	KeyShot, Arnold	Arnold, V-Ray
Сообщество и поддержка	Большое и активное сообщество, обширная документация	Большое и активное сообщество, обширная документация	Специализированное сообщество, ориентированное на скульптуринг	Специализированное сообщество, ориентированное на скульптуринг
Подходит для	Профессиональное моделирование, анимация, визуальные эффекты	Профессиональное моделирование, скульптуринг, анимация	Скульптуринг высокого разрешения, детализация	Скульптуринг высокого разрешения, детализация
Сильные стороны	Мощный набор инструментов для моделирования, анимации и рендеринга	Бесплатный и с открытым исходным кодом, обширное сообщество	Специализированные инструменты для скульптурирования, высокая детализация	Специализированные инструменты для скульптурирования, динамическое тесселирование
Слабые стороны	Высокая стоимость, сложный интерфейс	Ограниченные возможности рендеринга	Ограниченные инструменты для моделирования и анимации	Ограниченные инструменты для моделирования и анимации

2.2.3 Обзор программ для подготовки модели к 3D-печати.

Ниже приведен обзор нескольких существующих приложений для подготовки печати 3D-моделей:

Ultimaker Cura – это популярное и бесплатное приложение, предназначенное для подготовки 3D-моделей к печати. Оно позволяет импортировать модели из различных форматов, настраивать параметры печати, добавлять поддержку для сложной геометрии и генерировать файлы G-code для использования на 3D-принтерах. Благодаря поддержке широкого спектра принтеров и материалов, Ultimaker Cura является незаменимым инструментом для профессионалов и любителей 3D-печати.

PrusaSlicer – это бесплатное и открытое программное обеспечение, разработанное компанией Prusa Research. Оно предлагает расширенные возможности для подготовки моделей к печати, включая поддержку сложной геометрии, оптимизацию времени печати и материала, настройку параметров печати и предварительный просмотр модели. PrusaSlicer поддерживает принтеры от Prusa и других производителей.

Simplify3D – это платное программное обеспечение, которое предоставляет широкий набор инструментов для подготовки моделей к печати 3D. Оно обладает оптимизацией пути печати, настройками поддержки и параметров печати, а также возможностью создания сложных комбинированных моделей. Simplify3D позволяет оптимизировать печать для большого количества принтеров и материалов.

MeshLab – это бесплатное приложение, предназначенное для обработки, редактирования и подготовки 3D-моделей к печати. Оно поддерживает импорт моделей из различных форматов, таких как STL и OBJ, и предоставляет инструменты для очистки модели, удаления неподходящей геометрии, создания мелких деталей и других операций. MeshLab также предлагает инструменты для подготовки моделей перед экспортом в программу для 3D-печати.

Таблица 3 – Сравнение приложений для подготовки модели к печати.

Свойство	Ultimaker Cura	PrusaSlicer	Simplify3D	MeshLab
Стоимость	Бесплатная и с открытым исходным кодом	Бесплатная и с открытым исходным кодом	Коммерческая (бессрочная лицензия)	Бесплатная и с открытым исходным кодом
Платформы	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS	Windows, macOS, Linux
Форматы файлов	STL, OBJ, 3MF, X3D	STL, OBJ, 3MF, AMF	STL, OBJ, 3MF, X3D	STL, OBJ, PLY, XYZ
Настройки печати	Настройки для различных принтеров Ultimaker, настраиваемые параметры печати	Настройки для различных принтеров Prusa, настраиваемые параметры печати	Расширенные настройки печати, поддержка различных типов принтеров	Инструменты для ремонта и подготовки сеток, ограниченные настройки печати
Инструменты нарезки	Автоматическая нарезка, ручная нарезка	Автоматическая нарезка, ручная нарезка	Автоматическая нарезка, ручная нарезка, расширенные алгоритмы нарезки	Ручная нарезка
Инструменты поддержки	Автоматическая генерация поддержки, настраиваемые параметры поддержки	Автоматическая генерация поддержки, настраиваемые параметры поддержки	Автоматическая генерация поддержки, настраиваемые параметры поддержки, расширенные алгоритмы поддержки	Ограниченные инструменты поддержки
Инструменты заполнения	Различные варианты заполнения, настраиваемые параметры заполнения	Различные варианты заполнения, настраиваемые параметры заполнения	Расширенные варианты заполнения, настраиваемые параметры заполнения	Ограниченные инструменты заполнения
Предварительный просмотр печати	3D-предварительный просмотр печати	3D-предварительный просмотр печати	Расширенный 3D-предварительный просмотр печати	Ограниченный 3D-предварительный просмотр печати
Подходит для	Начинающие и опытные пользователи	Начинающие и опытные пользователи	Опытные пользователи, требующие расширенных функций	Пользователи, которым нужны инструменты для ремонта и подготовки сеток

Сильные стороны	Бесплатная и с открытым исходным кодом, проста в использовании	Бесплатная и с открытым исходным кодом, для принтеров Prusa	инструменты нарезки	Инструменты для ремонта и подготовки сеток
Слабые стороны	Ограниченные расширенные функции	Ограниченные расширенные функции	Высокая стоимость	Ограниченные инструменты для печати 3D

2.3 Обоснование выбора

MakeHuman – это общедоступное программное обеспечение для 3D моделирования людей, создающее персонализированные трехмерные модели за считанные минуты. Эти модели можно использовать в других программах для моделирования и визуализации. MakeHuman отличается интуитивным графическим интерфейсом и системой естественных поз для улучшения моделирования движения мышц (рис. 14).

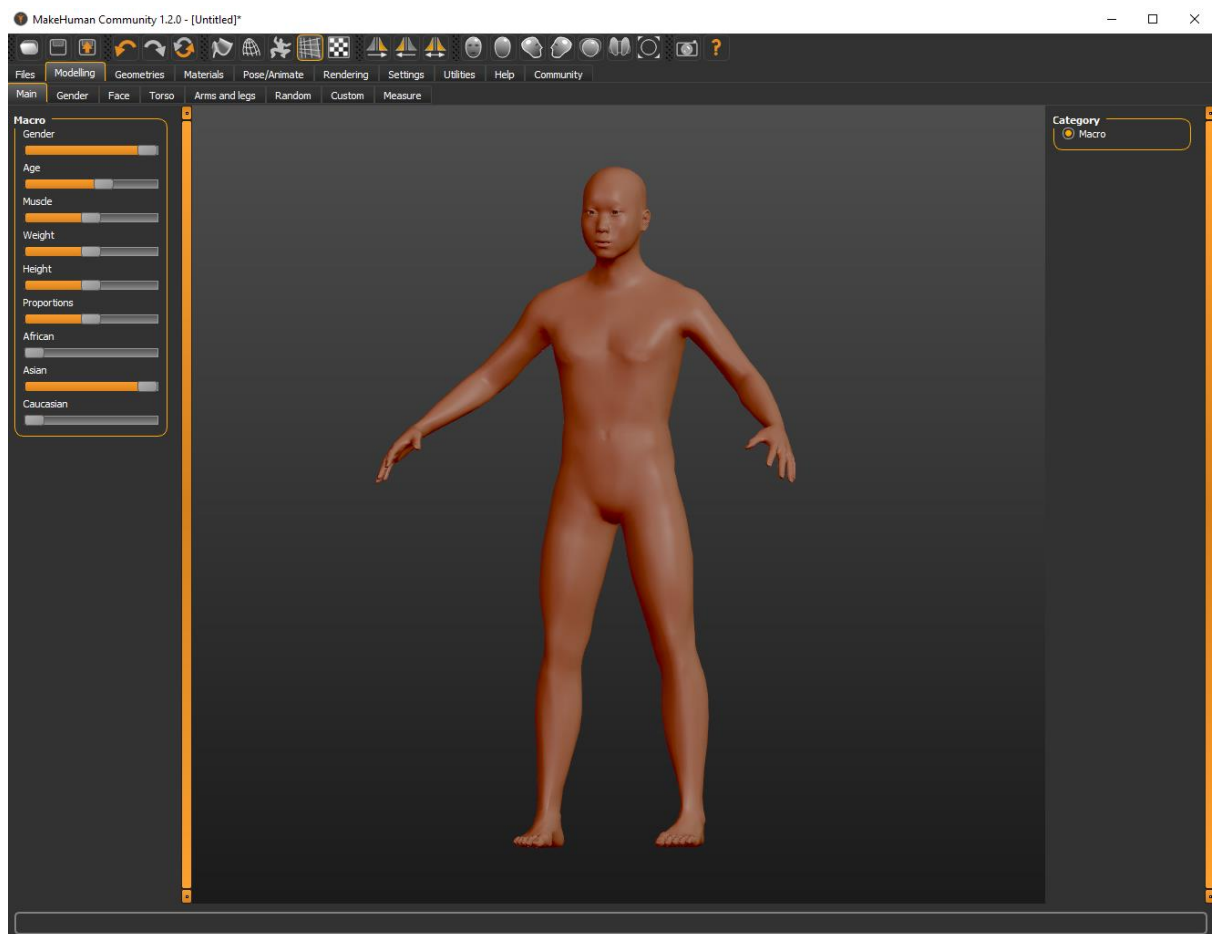


Рисунок 14 – MakeHuman

MarvelousDesigner программа используется в разных сферах: игровой индустрии, кинематографе и дизайне интерьеров. С ее помощью можно создавать и изменять виртуальные образы (аватары), разрабатывать схемы одежды и детализировать отдельные элементы при помощи различных текстур, складок и аксессуаров.

Одним из главных преимуществ Marvelous Designer является его способность имитировать физические свойства ткани и создавать реалистичные складки и деформации на одежде. Это позволяет создавать более точные и детализированные модели одежды, что делает их более привлекательными и реалистичными (рис. 15).

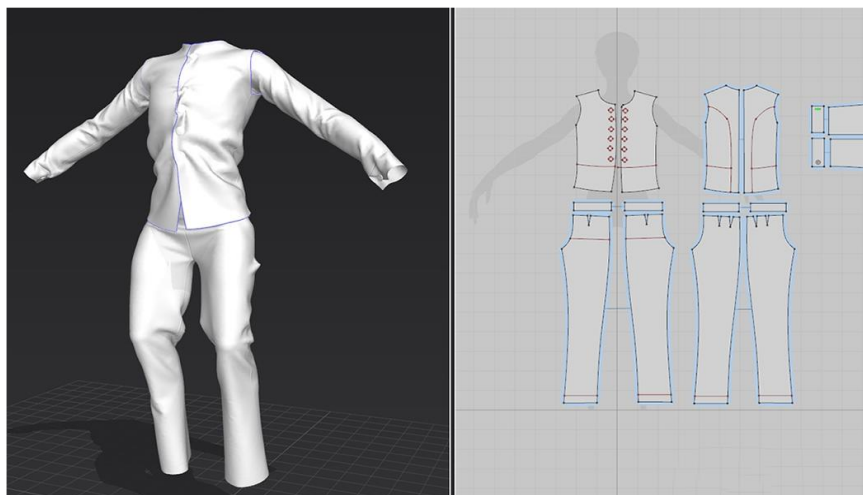


Рисунок 15 – MarvelousDesigner

Blender – программа для трехмерной графики с открытым исходным кодом, предназначенная для создания анимационных фильмов, визуальных эффектов, игр и моделей для 3D-печати. Он имеет множество функций, включая моделирование, скульптинг, анимацию, симуляцию, монтаж видео, композитинг и обработку изображений. Он также поддерживает множество форматов файлов и интеграцию с другими программными пакетами (рис. 16).

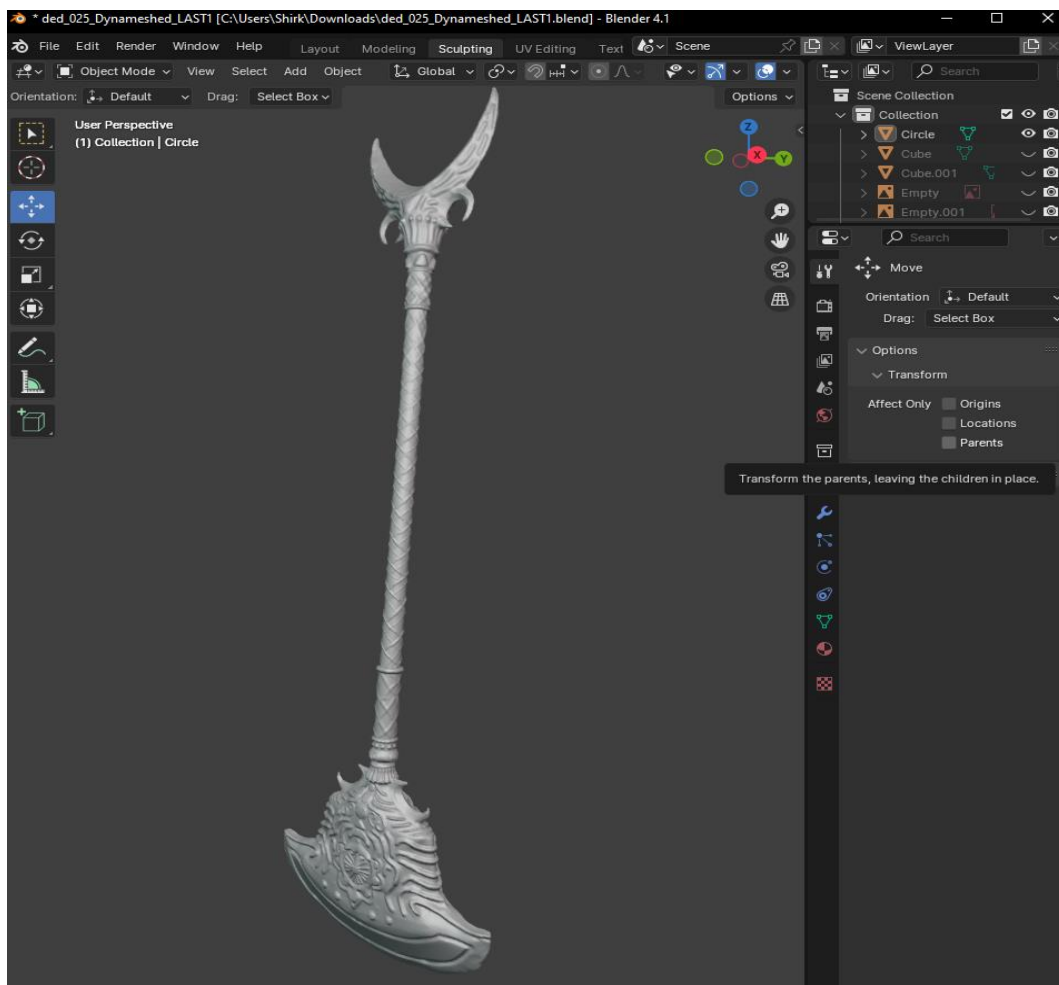


Рисунок 16 – Blender

Sura является одним из самых популярных и широко используемых приложений в области 3D-моделирования и 3D-печати благодаря функциональным возможностям, простому использованию и доступности. Программа предоставляет пользователям интуитивно понятный и простой интерфейс, что делает ее идеальным выбором для новичков в 3D-печати. Утилита предлагает огромное количество опций и настроек для оптимизации процесса 3D-печати и позволяет пользователям адаптировать параметры печати под свои нужды.

Одной из ключевых особенностей Sura является наличие профилей для большинства современных моделей 3D-принтеров, что позволяет пользователям быстро и легко настроить свои принтеры для достижения наилучшего качества печати. Это значительно экономит время и усилия пользователей, особенно тех, кто только начинает осваивать 3D-печать.

Кроме того, Cura предлагает расширенные возможности для опытных пользователей, позволяя им вручную настраивать параметры своего 3D-принтера, такие как температура экструдера, скорость печати и толщина слоя.

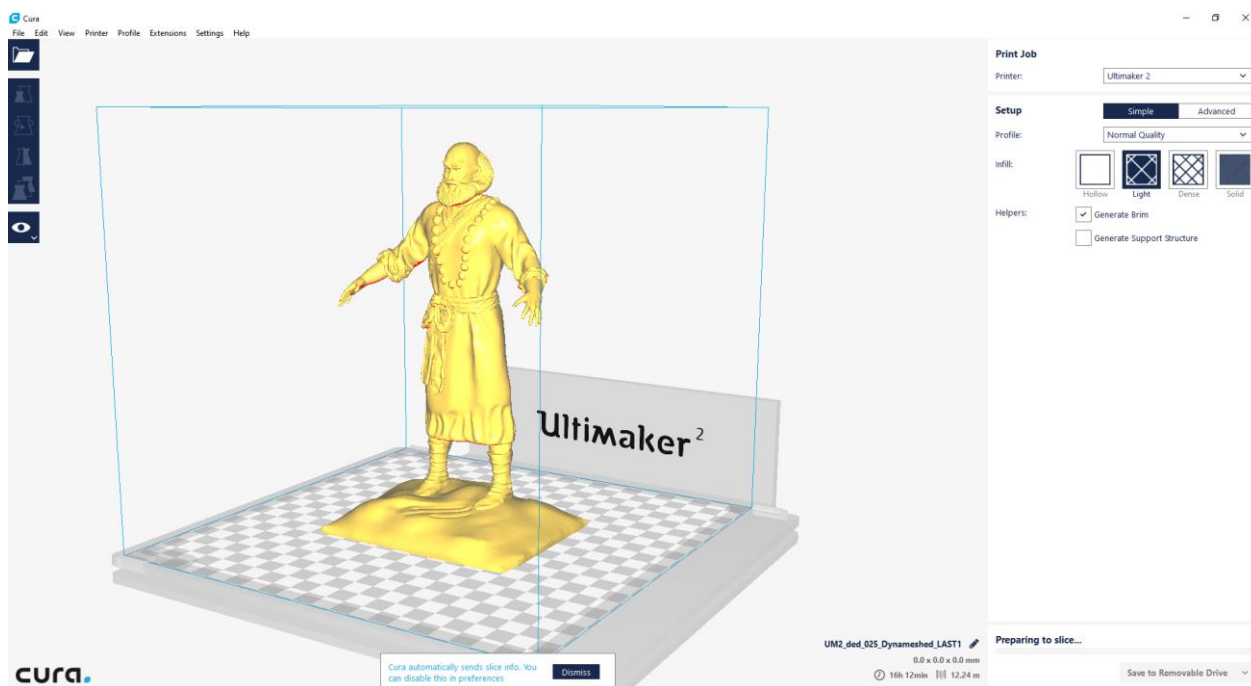


Рисунок 17 – Ultimaker Cura

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СУВЕНИРНЫХ НАБОРОВ

3.1 Проработка концептуального решения

Для проработки концептуального решения компьютерного прототипирования сувенирной продукции на тему романов и мифов Китая необходимо найти подходящий референс, определить основные идеи и концепции для прототипирования сувенирной продукции, разработать дизайн.

В качестве объектов моделирования сувенирного набора «Путешествие на запад» были выбраны:



Рисунок 18 – Референс «Путешествие на запад»

Монах Суаньцзан – главный герой романа. Внешний вид: Худощавое телосложение и невысокий рост, одет в традиционные монашеские одежды желтого или коричневого цвета, носит монашеские сандалии, при себе имеет монашеский посох и молитвенные чётки.

Сунь Укун, также известный как Царь Обезьян – обезьяноподобное существо с человеческим телосложением и чертами лица, Покрыт густой рыжей

шерстью по всему телу, имеет длинный хвост, который может использовать как оружие или опору, часто изображается с золотым ободком на лбу и посохом в руках, облачен в доспехи.

Чжу Бацзе – Антропоморфное существо со свиноподобной головой и некоторыми чертами свиньи, такими как пяточок и маленькие глазки, тучное человекоподобное тело, короткие толстые руки и ноги с копытцами вместо пальцев, одет в простую одежду, имеет оружие в виде деревянных граблей.

Ша Сэн – демон-людоед с черной бородой, носит ожерелье из человеческих черепов. Одет в одеяние буддийского паломника.



Рисунок 19 – Референс «Легенда о Хэйлунцзян»

3D-комплект, связанный с легендой о Хэйлунцзяне, должен содержать:

Рыбак китаец с бакланами – загорелый, худощавый мужчина невысокого роста с вытянутым лицом со впалыми щеками и глубоко посаженными глазами, в льняной рубашке, старой холщовой накидке, в широкой шляпе из

бамбука для защиты от солнца.

Рыбак китаец на плоту с фонарем – худощавый, жилистый телосложением, в хлопковой одежде простого кроя и в широкой шляпе из бамбука для защиты от солнца. Стоит на бамбуковом плоту с небольшим фонарем в руках.

Белый дракон Байлун – Огромное змееподобное тело, покрытое гладкой, блестящей белой чешуей, длинная шея с высоко поднятой головой, увенчанной рогами, четыре мощные лапы с острыми когтями

Черный дракон Хэйлун – Огромное змееподобное тело, покрытое блестящей черной чешуей, длинная шея с высоко поднятой головой, увенчанной рогами, четыре мощные лапы с острыми когтями

3.2 Создание 3D-моделей

3.2.1 Создание 3D-моделей людей

Процесс создания трехмерных человекоподобных моделей в специализированном приложении MakeHuman начинается с выбора отправной точки - базового шаблона человеческой фигуры. После запуска программы, перед пользователем открывается окно с предустановленным набором готовых базовых моделей, отличающихся по таким параметрам, как пол, примерный возраст и общие пропорции телосложения.

На этом первоначальном этапе необходимо произвести отбор наиболее подходящего базового шаблона, максимально близкого к желаемому конечному результату по своим исходным очертаниям и габаритам. Выбранная базовая модель задает стартовые пропорции человеческого тела, которые впоследствии будут подвергнуты целенаправленной корректировке и детализации при помощи инструментов редактирования, доступных в приложении MakeHuman. (рис. 20).

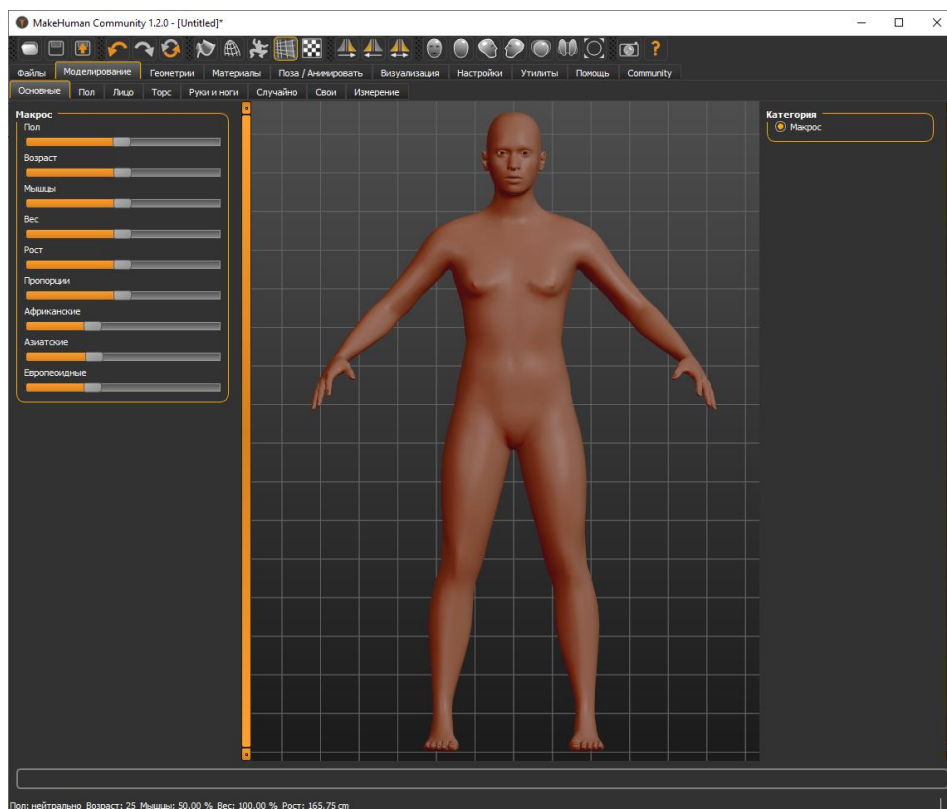


Рисунок 20 – Выбор базовой модели

При создании трехмерной модели, олицетворяющей образ древнего китайского рыбака, программа MakeHuman предоставляет возможность задать наиболее подходящие исходные параметры базового шаблона. Для достижения наибольшего сходства с задуманным художественным обликом рекомендуется выбрать базовую модель, соответствующую следующим критериям:

- пол: мужской, поскольку речь идет об образе рыбака;
- этническая принадлежность: азиатская внешность, характерная для китайцев;
- тип телосложения: среднее или худощавое, так как профессия рыбака предполагает подтянутую фигуру;
- возрастная категория: соответствующая зрелому возрасту, например, в диапазоне 50-60 лет. (рис. 21).

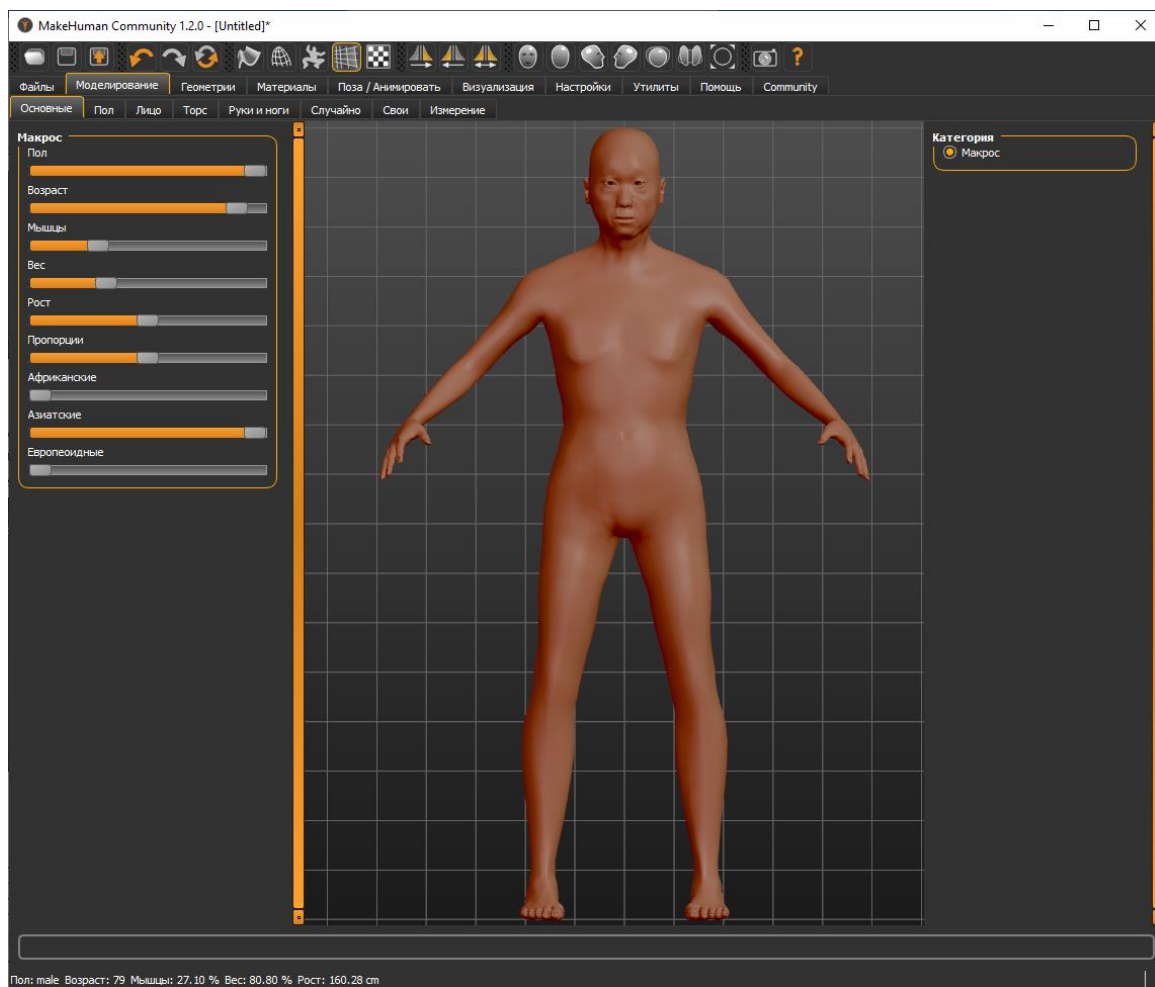


Рисунок 21 –Базовая модель китайского рыбака

После выбора базовой модели наступает второй ключевой этап работы – детальная проработка и кастомизация внешности создаваемого персонажа. Приложение MakeHuman предлагает поистине обширный функционал и множество настроек для редактирования практически любых аспектов внешнего облика трехмерной человекоподобной модели.

Основной инструментарий сосредоточен во вкладке «Моделирование», где можно регулировать форму, размеры и пропорции отдельных частей тела, будь то голова, торс, руки или ноги. В разделе «Материалы» предоставляется возможность подбора цветовой палитры для кожных покровов, радужной оболочки глаз, оттенков волос и ногтей.

Раздел «Основные» параметры позволяет масштабировать общие габариты модели – изменять рост, веса, степень мускулистости или полноты.

Кроме того, здесь можно корректировать мельчайшие детали внешности: форму черепа, изгибы бровных дуг, очертания губ, форму ушных раковин, изгиб переносицы и многое другое (рис. 22).

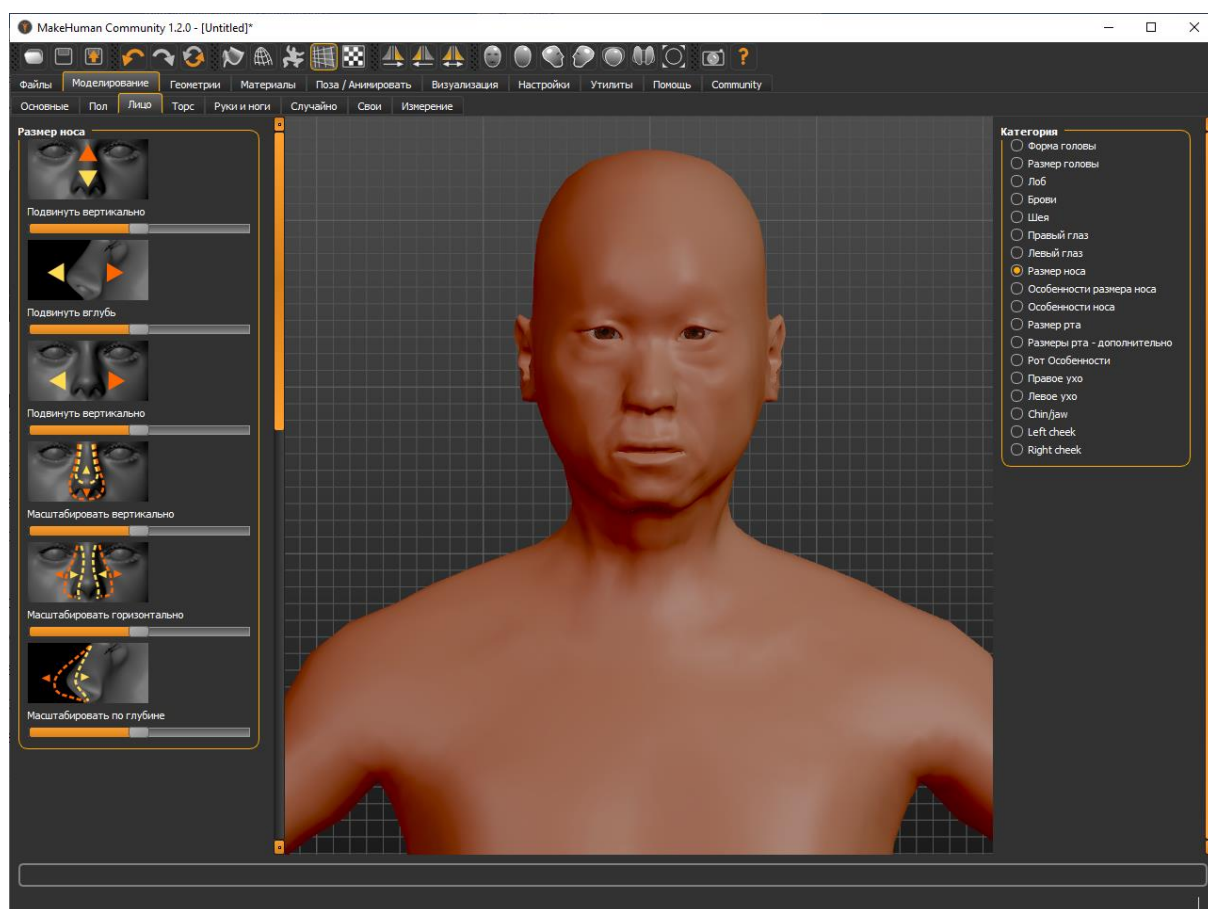


Рисунок 22 – Настройка внешности

Формирование характерных черт лица будущей модели древнего китайского рыбака осуществляется преимущественно в разделе «Моделирование». Здесь можно отрегулировать общие очертания черепа, степень выступания скул, конфигурацию челюстной линии и угол наклона подбородка. Для передачи образа пожилого рыбака лицевые черты следует сделать несколько обостренными и изможденными.

Затем работа переходит в раздел «Лицо», где доступна тонкая проработка мельчайших деталей. Для придания модели характерных азиатских черт необходимо внести ряд специфических корректировок:

- глазные впадины должны быть слегка приподняты по направлению к внешним уголкам и сделаны более узкими, что типично для монголоидной расы;
- брови менее густыми, укороченными и слегка изогнутыми;
- переносица должна быть расширена и слегка сплюснута;
- губы тонкие с четкими контурами;
- также необходимо добавить соответствующие возрасту морщины и кожные складки;

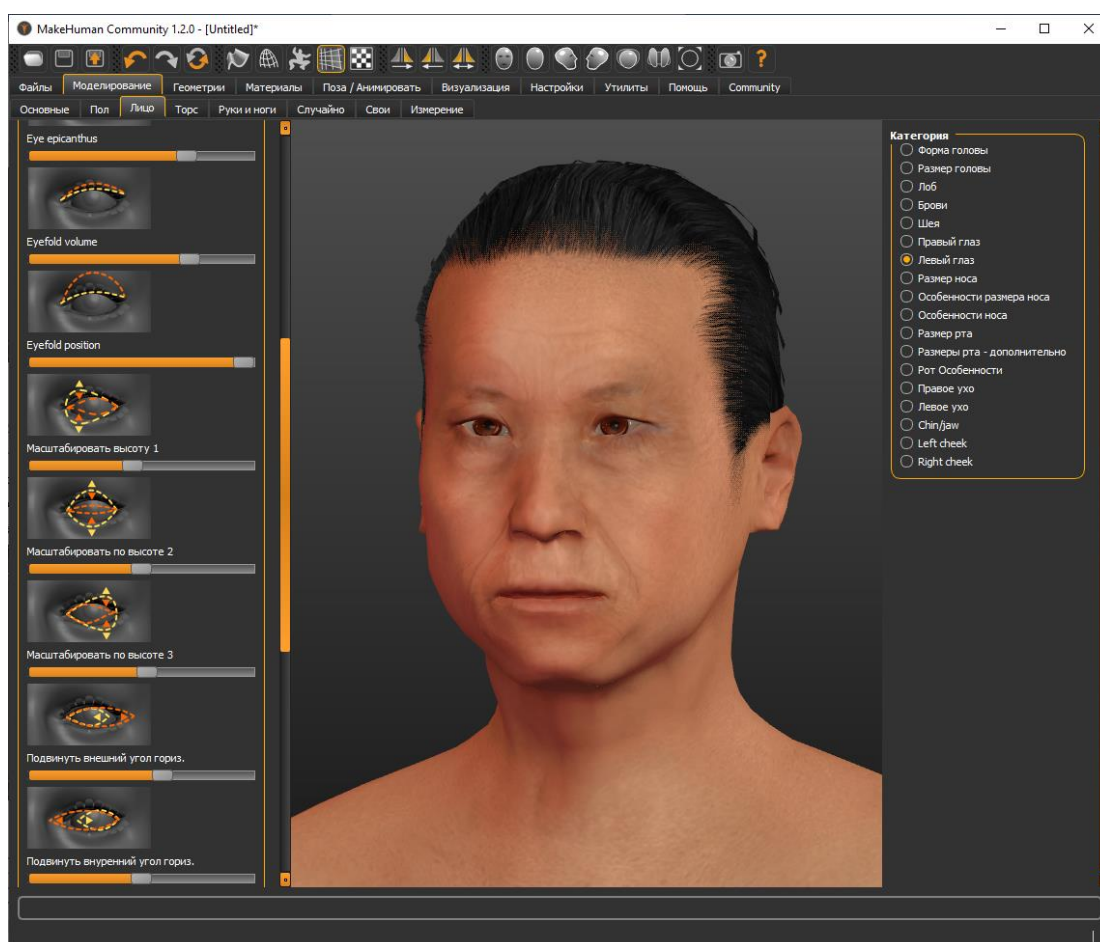


Рисунок 23 – Моделирование лица

– по завершении всего процесса детальной проработки и окончательного формирования облика трехмерной модели древнего китайского рыбака, наступает финальный этап работы в приложении MakeHuman. На этом заключительном шаге предстоит выполнить экспортирование созданной цифровой модели в один из широко используемых и поддерживаемых различными

программными продуктами форматов файлов для трехмерных объектов (рис. 24).

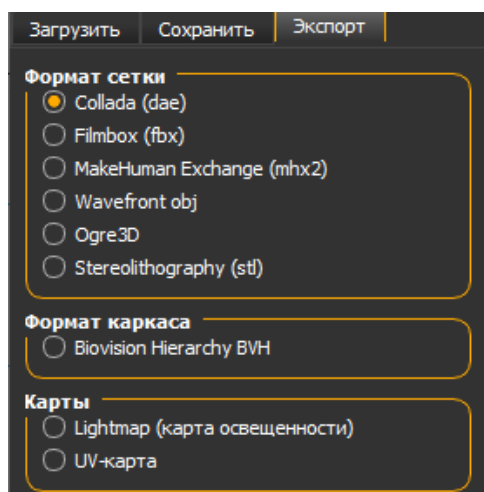


Рисунок 24 – Экспорт созданной модели

3.2.2 Создание 3D-моделей мифических существ

Процесс создания 3D-модели Чжу Бацзе – Свиноподобное существо, один из героев романа «Путешествие на Запад» в программе Blender был разделен на несколько этапов:

Процесс создания трехмерной модели начинается с формирования базового каркаса и общих очертаний объекта. На этом подготовительном этапе используются простейшие примитивные фигуры, которые затем последовательно деформируются и видоизменяются с помощью различных инструментов моделирования.

В данном случае отправной точкой для построения модели головы послужила обычная сфера. Затем, применяя функции выделения отдельных граней, ребер и вершин, экструдирования выделенных участков и формирования замкнутых петель из ребер, постепенно «вылепливалась» базовая форма черепа.

Для сохранения зеркальной симметрии объекта относительно средней плоскости активно использовался модификатор зеркального отображения. Он позволял автоматически переносить любые деформации, выполненные на одной половине модели, на ее вторую зеркально отображенную часть (рис. 25).

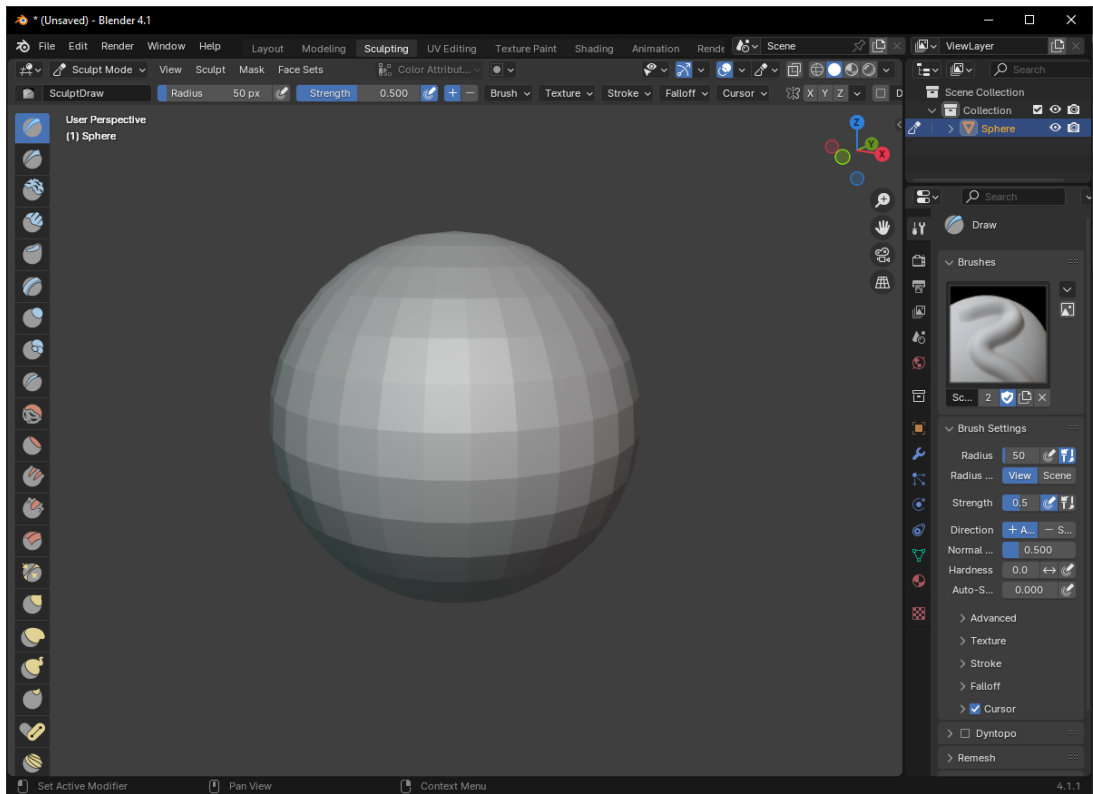


Рисунок 25 – примитивная фигура

После чего создается грубая модель головы. Для этого с помощью инструментов выделения были обозначены вершины в передней области черепа. Для достижения гладких, плавных поверхностей активно задействовались инструменты лепки, сглаживания и деформации (рис. 26).



Рисунок 26 – Базовая форма головы

После создания базовой формы головы переходим к детализации и проработке отдельных элементов лица.

Для ушей также создаются отдельные примитивы, которые путем экструдирования, деформации и скульптинговых операций превращаются в детализированные ушные раковины. Затем моделируется рыло и ноздри. На передней части морды при помощи инструментов построения петель и экструдирования формируются отверстия ноздрей. Поверхность кожи вокруг них детализируется с применением различных скульптинговых кистей и модификаторов, имитирующих кожный покров.

На финальном этапе в режиме скульптинга на всю поверхность модели накладываются мелкие детали – морщины, складки кожи, заломы и прочие текстурные элементы, придающие реалистичность объекту (рис. 27).



Рисунок 27 – Детализированная голова

Начальным этапом послужило создание базовых форм для туловища и конечностей с помощью простого примитива – сферы. Для придания торсу характерных свиных черт в области груди и живота были смоделированы дополнительные выпуклые формы. Конечности разделили на анатомические сегменты – плечо, предплечье, бедро, голень, имитируя строение человеческих

рук и ног. Кисти рук и свиные копыта детализировались отдельно (рис. 28).



Рисунок 28 – Детализированная модель персонажа

Для создания одежды использовалось специализированное программное обеспечение MarvelousDesigner. После моделирования и детализации одежды в этой программе, готовые 3D-модели были экспортированы и импортированы в Blender для дальнейшей интеграции с моделью персонажа (рис. 29).



Рисунок 29 – Готовая модель персонажа

3.3 Трехмерная кройка одежды

Для моделирования и визуализации цифровой одежды в MarvelousDesigner требуется создать или импортировать виртуальную фигуру-аватар, которая будет использоваться в качестве манекена для надевания

спроектированных элементов гардероба. Одним из способов получить подходящий аватар является его импорт из специализированной программы для создания 3D-моделей MakeHuman (рис. 30).

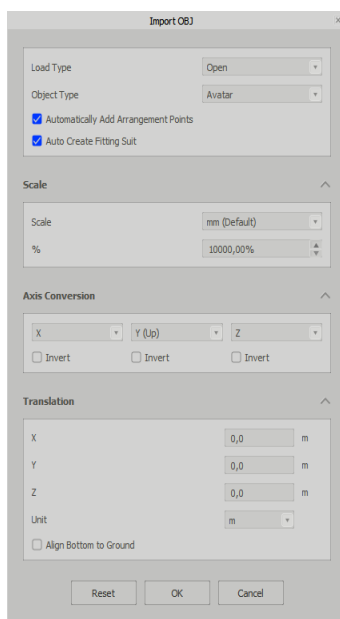


Рисунок 30 – Параметры импорта модели

В интерфейсе программы MarvelousDesigner основное рабочее пространство изначально разделено на две панели – трехмерную и двухмерную. Область 3D предназначена для визуализации виртуального манекена-аватара, на который в дальнейшем будет одеваться смоделированная одежда. Параллельно в 2D расположены специализированные инструменты для создания и редактирования плоских выкроек-деталей будущего наряда. После завершения работы с выкройками в 2D-режиме, их можно применить к 3D-аватару, используя функции симуляции натурального облегания ткани (рис. 31).

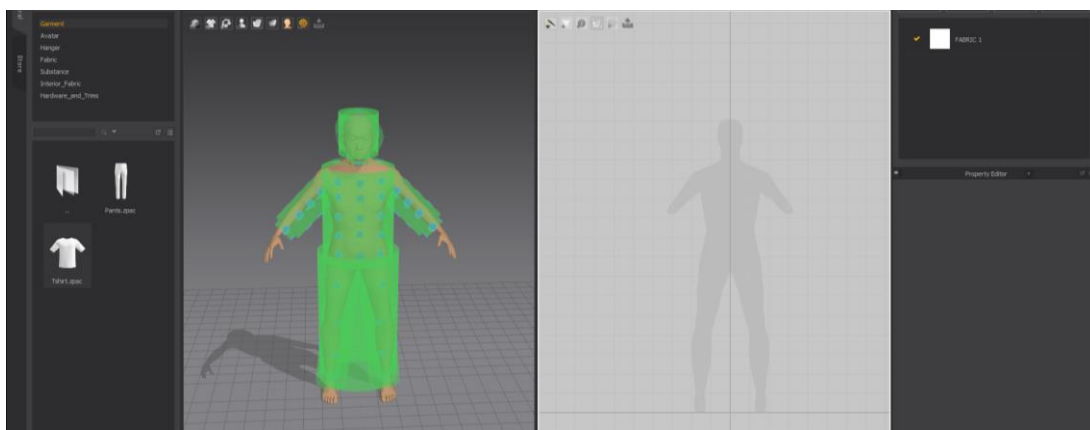


Рисунок 31 – Рабочая область Marvelous Designer

Далее создания базовой геометрии наступает этап разработки выкроек. Выкройка представляет собой шаблон или лекало, задающее форму и размеры отдельной детали будущей одежды (рис. 32).

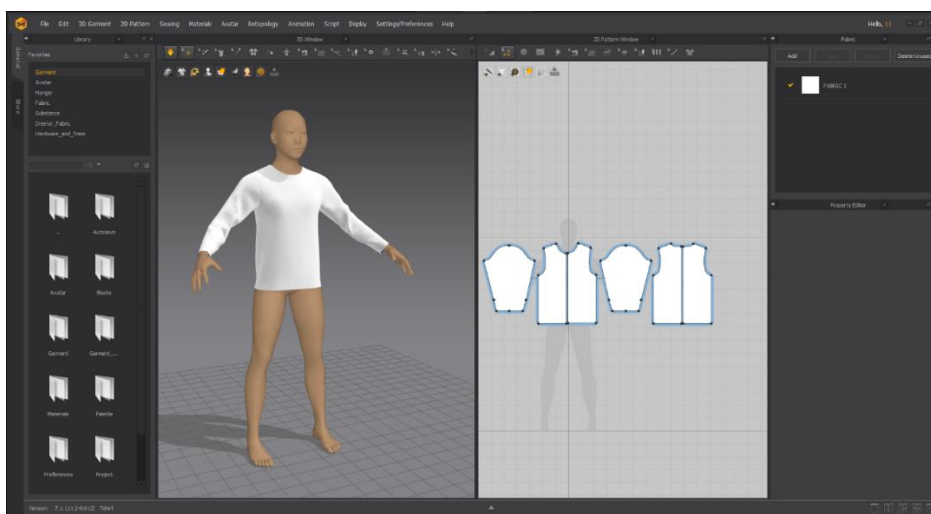


Рисунок 32 – Лекало рубашки

После создания базовых выкроек с помощью встроенных инструментов можно перейти к окончательному оформлению и детализации деталей проектируемой одежды. Программа автоматически симулирует реалистичное облевание и драпировку материала, учитывая свойства выбранной ткани. Благодаря этому обеспечивается натуральное поведение и визуализация ткани на трехмерной модели фигуры (рис. 33).

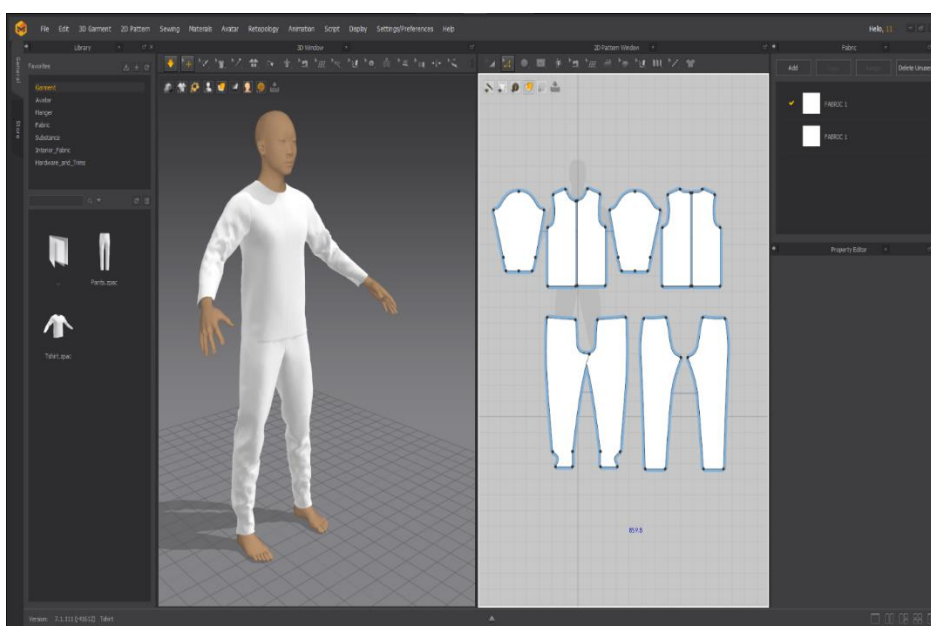


Рисунок 33 – Одетый аватар

После того, как базовая модель одежды будет создана в Marvelous Designer, ее можно будет импортировать в программу Blender для дальнейшего декорирования и детализации. Для этого в окне программы, отображающем все созданные выкройки, необходимо выделить нужные лекала и нажать кнопку экспорта (рис. 34).

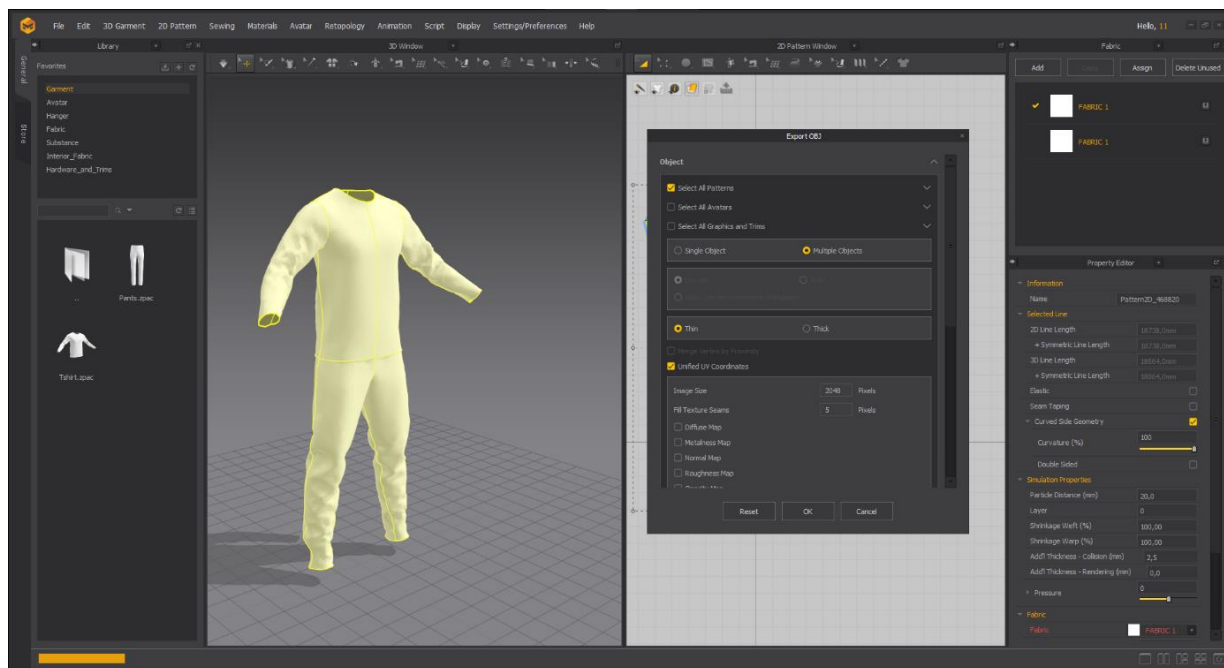


Рисунок 34 – Экспорт моделей одежды

3.4 Детализация конечной модели

Программа Blender предоставляет обширный набор инструментов для детальной проработки внешнего облика 3D-персонажей. В ней можно смоделировать не только основную фигуру, но и одежду, обувь, различные аксессуары и мелкие детали.

Процесс начинается с импорта в Blender предварительно созданной 3D-модели человеческой фигуры (рис. 35). Рабочая сцена дает возможность одновременно работать с множеством объектов, каждый из которых имеет свою уникальную геометрическую основу. Благодаря этому можно комбинировать и редактировать различные элементы в едином пространстве, формируя целостный законченный образ персонажа.



Рисунок 35 – Импортированная модель

Посредством специальных скульптинговых кистей и деформаций сеточной геометрии модели можно вылепить любые характерные черты лица, такие как форму глаз, носа, рта, волос и другие мелкие детали. Кроме того, скульптинг позволяет придать персонажу индивидуальные особенности телосложения – изменить формы мышц, добавить складки кожи, рубцы или другие уникальные черты (рис. 36).



Рисунок 36 – Базовая модель персонажа Сунь Укун

По завершении работы над базовой моделью персонажа в Blender происходит интеграция заранее смоделированной одежды (рис. 37).

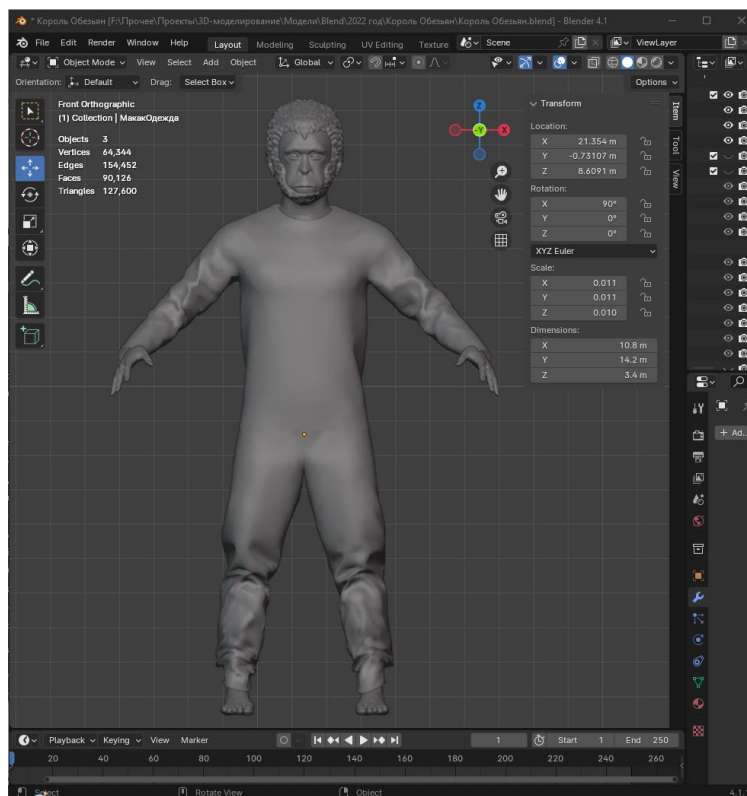


Рисунок 37 – Импортированная одежда

Для создания элементов брони, оружия и других дополнительных объектов экипировки персонажа используется комбинированный подход, сочетающий техники полигонального моделирования и цифрового скульптинга в Blender.

На начальном этапе базовая геометрическая форма будущего объекта формируется из простых полигональных примитивов – кубов, цилиндров, сфер и т. д. Затем с помощью различных инструментов моделирования эта геометрия преобразуется, деформируется и детализируется до желаемой сложной формы.

После создания основы модели к работе подключаются инструменты скульптинга. Они позволяют вылепить мельчайшие детали, добавить исторические мотивы, орнаменты, заклепки и другие мелкие элементы, придать объекту реалистичный вид и соответствующую фактуру поверхности.

Скульптинговые кисти имитируют процесс ручной лепки из виртуального «материала» – добавляют выступы, вмятины, бороздки, царапины и другие мелкие элементы рельефа (рис. 38).

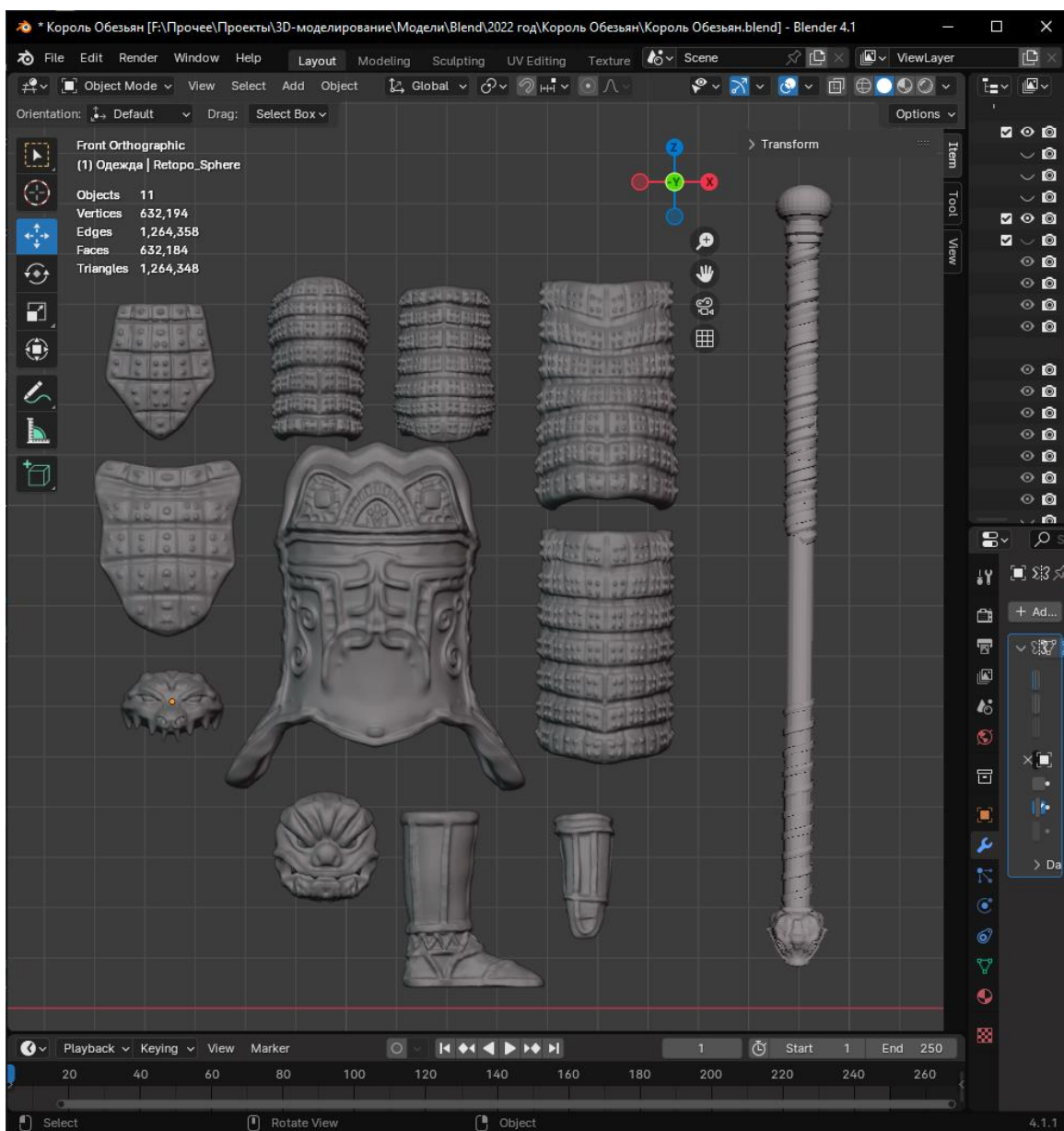


Рисунок 38 – Доспехи Сунь Укуна

По завершении процесса моделирования всех составных частей персонажа, включая базовую человеческую фигуру и элементы экипировки, наступает этап работы с системой костного каркаса, или, другими словами, риггинг модели. Для того чтобы обеспечить возможность анимирования и позиционирования персонажа в нужных позах, создается специальная иерархическая

структура из связанных между собой костей, образующих подобие скелета. Кости скелетного каркаса виртуально протягиваются внутри 3D-модели таким образом, чтобы их расположение и взаимосвязь соответствовали настоящей анатомии человека или существа. Затем при помощи весовых оболочек вершины самой 3D-модели «привязываются» к соответствующим костям скелета. После установки такой связи движение каждой кости скелета влечет за собой деформацию примыкающих к ней областей модели. Это позволяет аниматору управлять позами и анимацией персонажа, сгибая кости скелета в нужных суставах, подобно тому, как сгибаются настоящие кости живого существа (рис. 39).

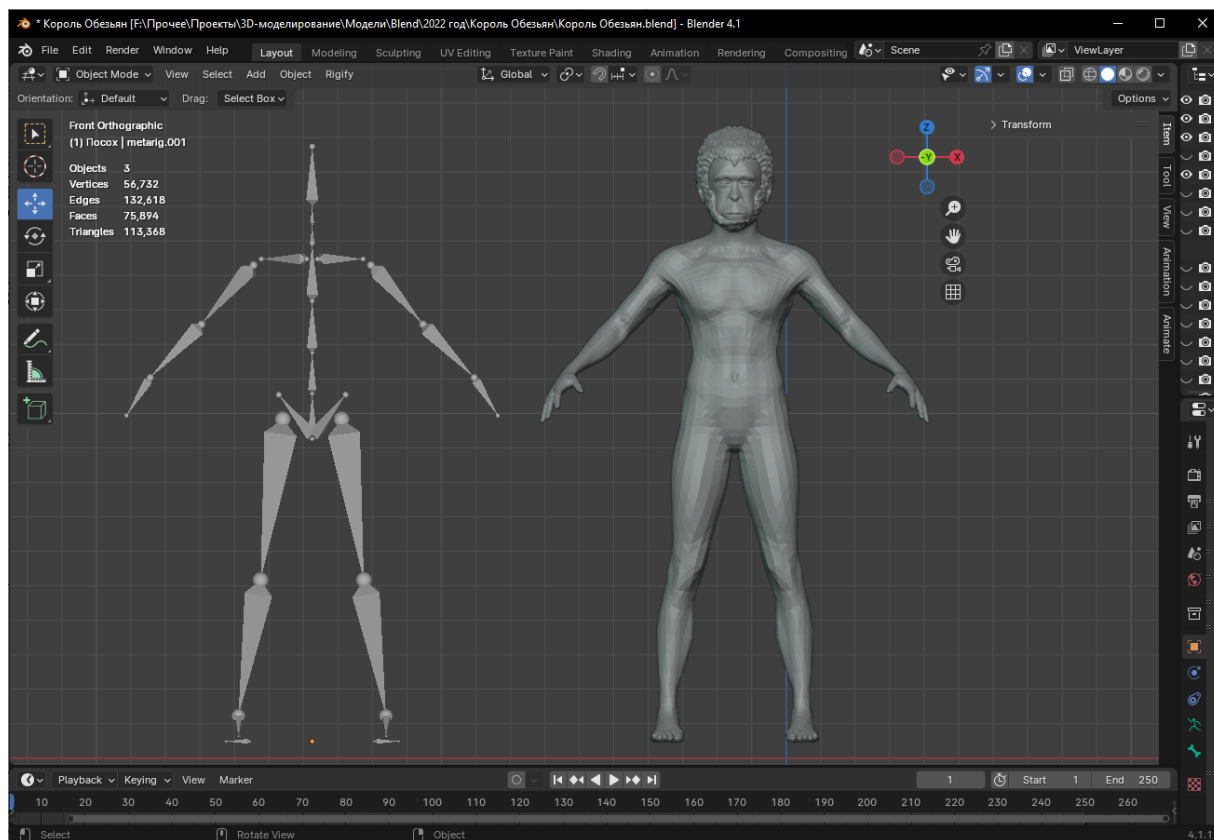


Рисунок 39 – Скелет Сунь Укуна

Завершенный результат работы представляет собой полностью готовую высокодетализированную 3D-модель.

После прохождения всех этапов создания 3D-модели – от начального проектирования и моделирования базовых форм до финального скульптинга,

риггинга и наложения текстур – конечная цифровая скульптура обретает свой окончательный визуальный облик (рис. 40).



Рисунок 40 – Позиционированная модель

3.5 Подготовка изделия к 3D-печати

Началом подготовки к 3D-печати служит импорт цифровой модели в программное обеспечение Cura, осуществляющее управление процессом печати.

После успешного импорта модели в интерфейсе Cura становится доступна широкая панель настроек параметров предстоящей печати (рис. 41).

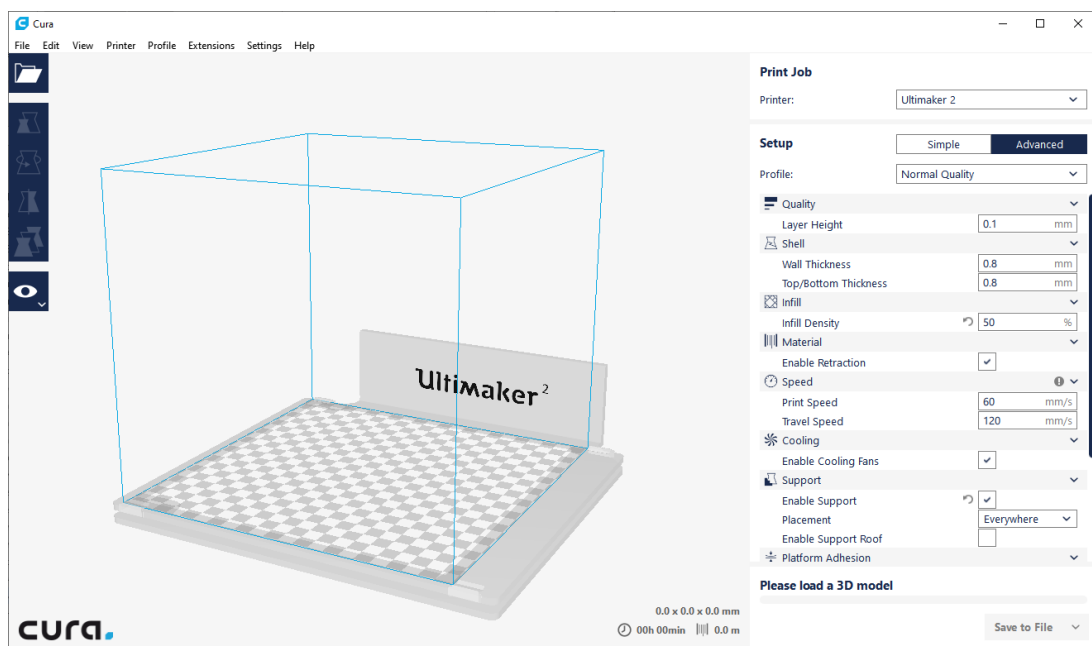


Рисунок 41– Интерфейс Ultimaker Cura

После импорта и установки основных параметров печати переходят к следующему важному этапу – размещению трехмерной модели на виртуальной области построения в программном интерфейсе Cura.

Также на данном этапе может потребоваться изменение масштаба модели для приведения ее к желаемым размерам перед печатью. Это легко выполняется путем использования функции масштабирования (рис. 42).

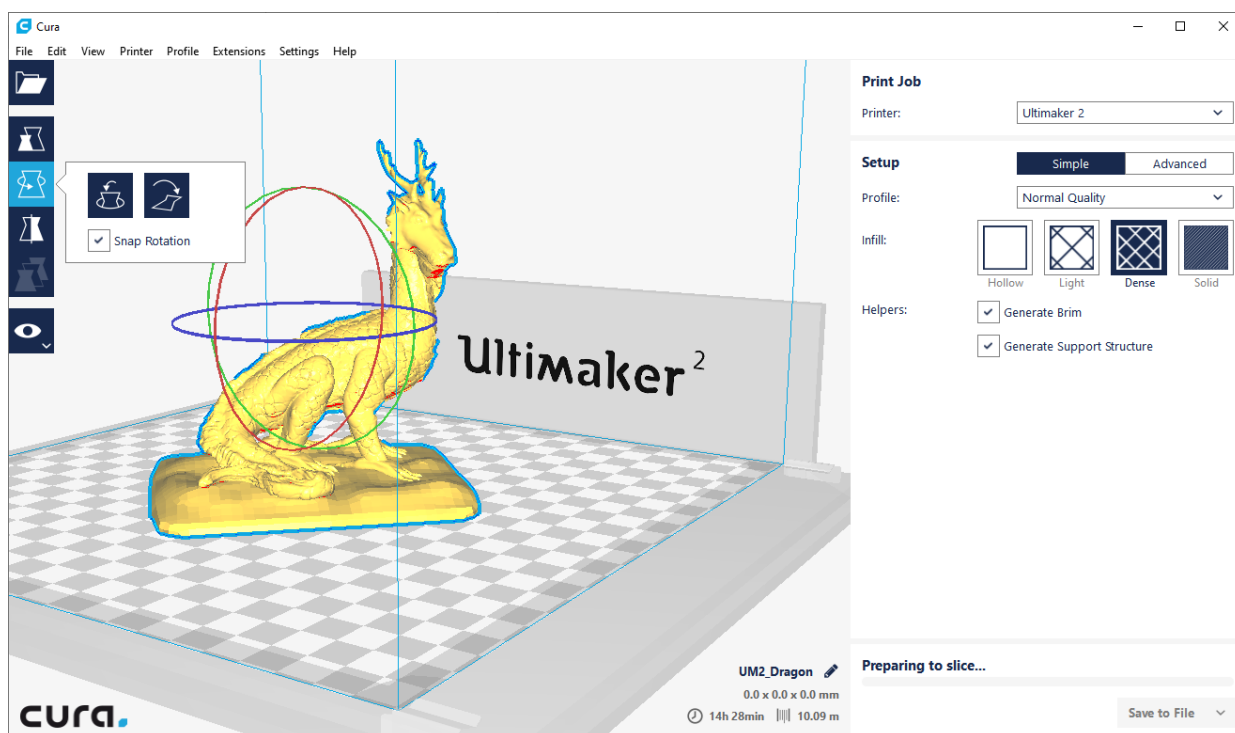


Рисунок 42– Размещение модели

После размещения модели на области построения и установки всех необходимых параметров печати, наступает этап подготовки управляющих инструкций для 3D-принтера, называемый слайсингом (слайсинг - от англ. slice - нарезать). На этом этапе программа Cura производит виртуальную разделку загруженной трехмерной модели на тонкие горизонтальные слои в соответствии с предварительно заданной пользователем толщиной слоя.

Перед финальным сохранением управляющей последовательности команд, пользователю предоставляется возможность просмотреть визуализацию процесса печати модели в трехмерном виде, включая траектории перемещения сопла и порядок построения (рис. 43).

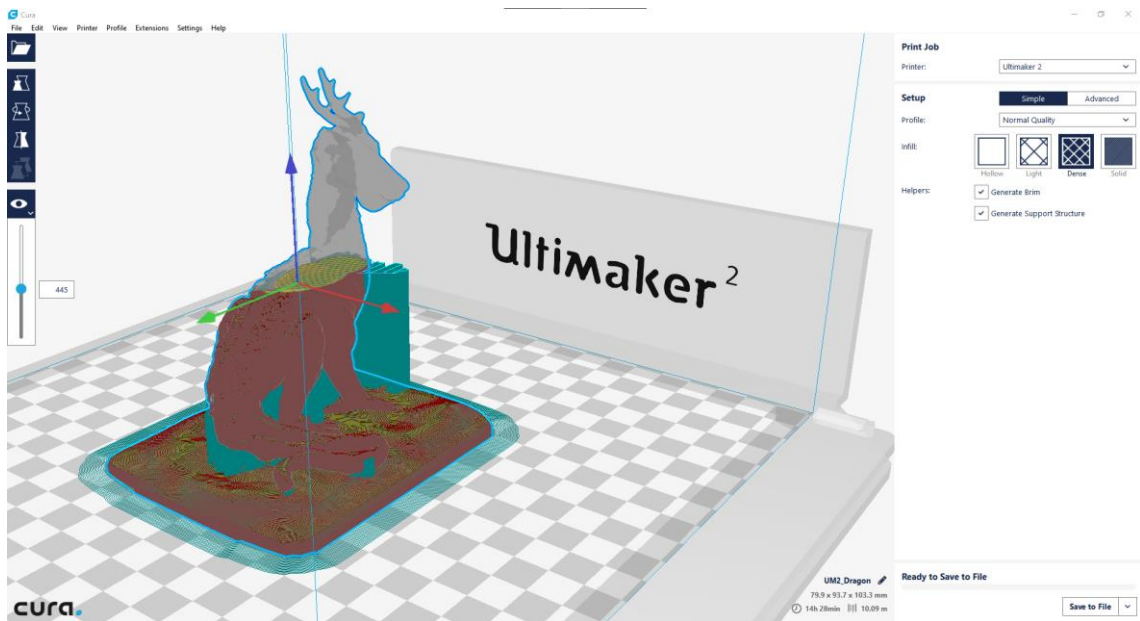


Рисунок 43– Слайсинг модели

После размещения модели, настройки параметров печати и проведения слайсинга, программное обеспечение Cura анализирует геометрию объекта для выявления областей, которые не могут быть корректно сформированы без применения временных вспомогательных конструкций. К таким проблемным зонам относятся нависающие элементы модели с углами наклона, превышающими возможности безпорного формирования для заданного материала и режима печати (рис. 44).

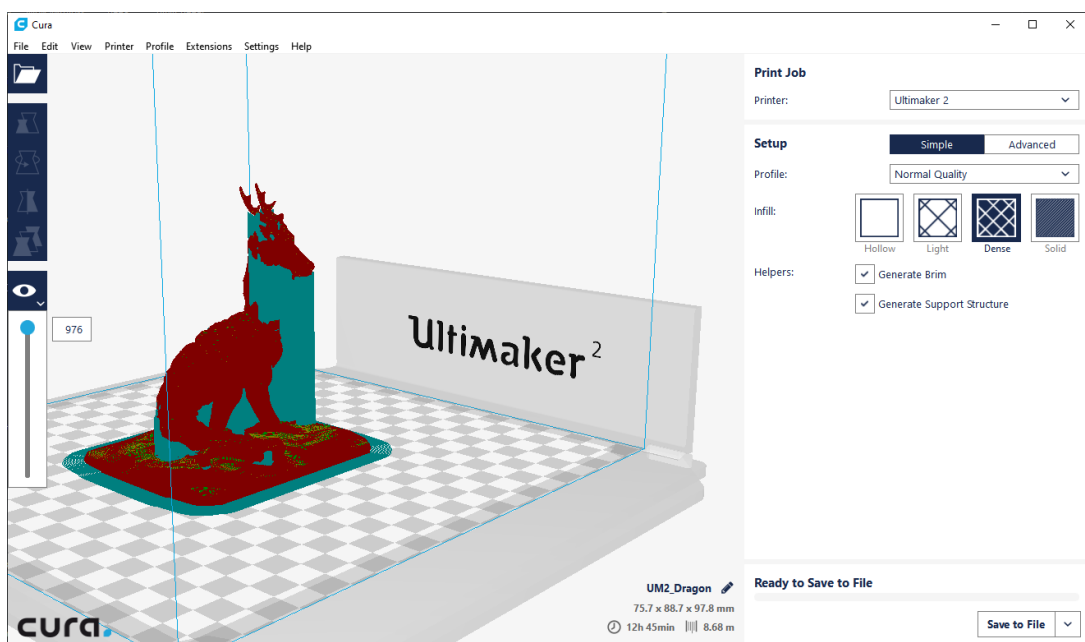


Рисунок 44– Генерация поддержек

На заключительном этапе производится экспорт полностью подготовленных инструкций печати в специальный файл, понятный управляющей системе 3D-принтера.

Этот файл, содержащий всю необходимую информацию о геометрии модели, параметрах процесса и траекториях перемещения экструдера, записывается на съемный носитель данных, совместимый с используемым 3D-принтером, как правило, обычную USB-флешку (рис. 45).

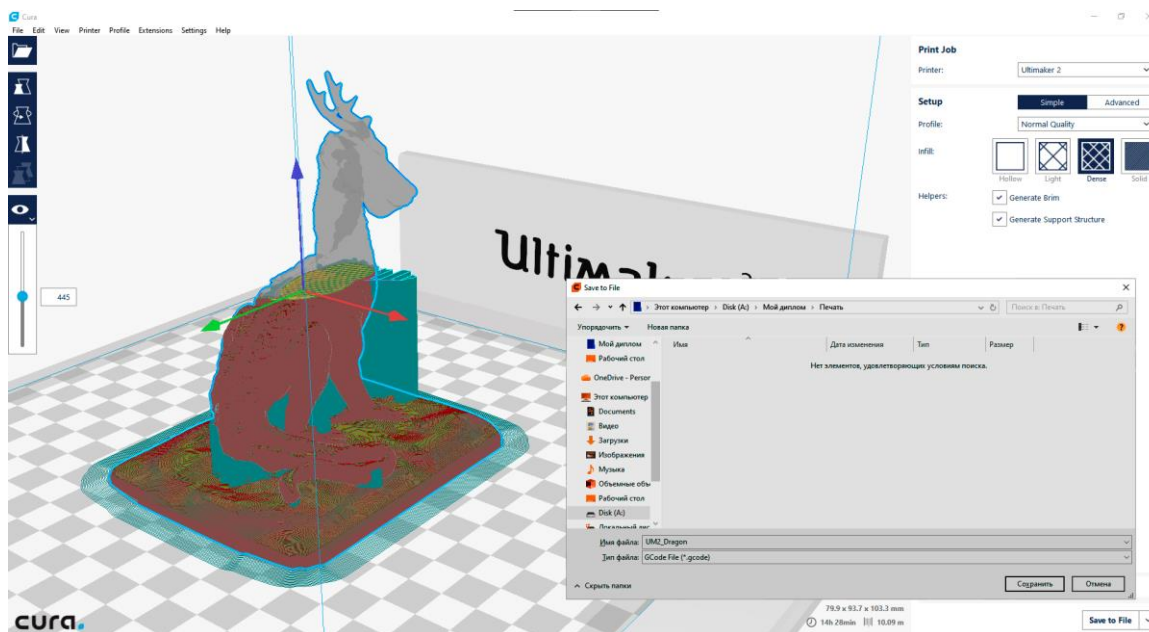


Рисунок 45 – Экспорт модели на печать

По окончании процесса 3D-печати созданная физическая модель проходит стадию постобработки и финишной доработки. На этом этапе в первую очередь удаляются вспомогательные элементы конструкции, которые были необходимы для успешной печати модели, но не являются ее неотъемлемой частью. К таким элементам относятся поддерживающие структуры, опорные ребра и прочие временные компоненты (рис. 46).



Рисунок 46 – Модель после печати

Избавление от них осуществляется с помощью специальных инструментов, таких как кусачки, ножи, шлифовальные приспособления. Важно аккуратно отделить лишние детали, не повредив при этом основную часть отпечатанной модели (рис. 47).



Рисунок 47 – Модель после обработки

По завершении всех необходимых операций постобработки открывается возможность декоративной отделки и колористического оформления напечатанных 3D-объектов. Для придания изделиям привлекательного визуального облика может использоваться окрашивание акриловыми красками.

Конечный результат покраски, детализации и стилизации напечатанных моделей, входивших в комплект китайского эпоса, представлен на иллюстрации 48, 49. На изображении можно наглядно оценить итоговый внешний вид окрашенных изделий, их цветовое и фактурное разнообразие, а также общую стилистическую целостность серии.



Рисунок 48 – Сувенирный набор «Путешествие на запад»



Рисунок 49 – Сувенирный набор «Легенда о Хэйлунцзян»

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

4.1 Безопасность

Безопасность жизнедеятельности является многогранной междисциплинарной областью научных знаний, посвященной комплексному изучению теоретических основ и практических методов защиты человека от всевозможных рисков и угроз. Ее предметом выступают опасные и вредные факторы, которые могут подстергать человека в процессе его жизнедеятельности в различных сферах – производственной, бытовой, городской, природной и других средах.

Главная цель БЖД – обеспечение безопасных и благоприятных условий для жизни и здоровья людей путем предупреждения, предотвращения и минимизации негативных воздействий на человека. Она изучает закономерности проявления различных опасностей, разрабатывает способы защиты от них, правила безопасного поведения и профилактические меры по предотвращению нежелательных последствий для человеческого организма. При этом рассматриваются как антропогенные опасности, порожденные деятельностью самого человека, так и природные угрозы, связанные с катастрофами, стихийными бедствиями и прочими факторами окружающей среды.

При работе с компьютерной техникой осведомленность оператора о правилах охраны труда и соблюдение техники безопасности имеют крайне важное значение. Наличие таких знаний позволяет предупредить возникновение несчастных случаев на производстве, минимизировать риски негативного влияния вредных факторов, связанных с трудовой деятельностью, а также не допустить развития профессиональных заболеваний, которые могут появиться в процессе работы. Одним из ключевых условий для обеспечения безопасности и сохранения здоровья при работе с компьютерами является строгое следование установленным требованиям и нормам, предъявляемым к рабочим местам, оснащенным персональными компьютерами (ПК).

Строгое следование всем требованиям безопасности на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером, является обязательным условием для сокращения вероятности несчастных случаев, предупреждения травматизма и создания благоприятных условий для продуктивного труда. Это подразумевает соблюдение эргономических норм, надлежащую организацию рабочего пространства с учетом индивидуальных особенностей сотрудника и действующих регламентов, а также систематическое техническое обслуживание и проверку исправности оборудования. Подобный комплексный подход способствует сохранению здоровья оператора, росту его работоспособности и минимизации возможных негативных последствий от взаимодействия с компьютерной техникой.

4.1.1 Анализ потенциальных опасностей

В процессе прототипирования задействован целый комплекс работ, включающий компьютерное моделирование, 3D-печать путем расплавления пластика ABS на 3D-принтере, механическую обработку прототипа с применением шлифовальных инструментов, а также химическую обработку изделия парами ацетона. Многообразие выполняемых работ влечет за собой широкий спектр потенциальных опасностей и рисков для здоровья и безопасности на рабочем месте.

В первую очередь, необходимо обратить внимание на вредные и опасные факторы, которым подвергается пользователь персонального компьютера. К основным из них относятся: несоответствие эмиссионных параметров дисплея, системного блока, клавиатуры, компьютерной мыши установленным нормам; отклонение визуальных параметров дисплеев от нормативных значений, зафиксированных при сертификации и испытаниях, избыточная яркость видимого света; нерациональная организация рабочего места; недостаточное освещение; высокий уровень шума; превышение допустимых уровней напряженности электрического и магнитного полей токов промышленной частоты 50 Гц (отсутствие заземления и т.п.). Перечисленные факторы могут привести

к таким негативным последствиям, как нарушения сна, проблемы со здоровьем (нарушение осанки, туннельный синдром запястного сустава, ожирение, гиподинамия, ухудшение зрения, сердечно-сосудистые заболевания и др.), повышенная утомляемость, депрессивные состояния и стрессы, а также высокий риск развития аллергических реакций.

Следующая группа опасных факторов связана с работой 3D-принтера:

– загрязнение воздушной среды повышенными концентрациями пыли и газов: в открытых 3D-принтерах в процессе нагрева пластика ABS происходит выделение небольшого количества паров акрилонитрила (средний 3D-принтер способен выбрасывать до 200 миллионов мельчайших частиц этого вещества в минуту). Оседание частиц расплавленного пластика в легких может вызывать негативные последствия для здоровья;

– опасность получения термических ожогов: работа 3D-принтера сопряжена с высокими температурными режимами (выше допустимого предела 45 °С). Во время печати поверхность печатного стола может нагреваться до 150 °С, а температура экструдера (печатающей головки) достигает 300 °С. Контакт с расплавленным пластиком или нагревательными элементами принтера, такими как печатный стол и сопло экструдера, при подобных температурах может привести к получению болезненных ожогов;

– травмоопасность от движущихся механизмов: В конструкции 3D-принтеров присутствует большое количество подвижных элементов, таких как двигатели, шкивы, резьбовые валы, каретка и вентиляторы. Все эти элементы при работе способны захватить выступающие части тела, что может привести к серьезным травмам. При этом печатающая головка может перемещаться со скоростью до 150 мм/с, что увеличивает риск получения травм;

– опасность поражения электрическим током: как и любое электрическое устройство, подключенное к сети питания, 3D-принтер потенциально может стать причиной электротравмы. При правильной эксплуатации в соответствии с инструкциями риск получения электротравмы минимален. Даже в

случае нарушения заземления напряжение в открытых частях 3D-принтера обычно не превышает (12-24) В, что считается безопасным уровнем и может вызвать лишь легкое покалывание. Однако при вскрытии корпуса устройства для ремонта, замены компонентов или очистки от пластика вероятность поражения током напряжением 220 В значительно возрастает.

Заключительными стадиями прототипирования являются механическая и химическая обработка модели. При механической обработке с использованием абразивных инструментов сохраняется риск получения травм. Химическая обработка готовых изделий осуществляется парами ацетона. Хотя ацетон не относится к высокотоксичным соединениям, при работе с ним необходимо соблюдать осторожность. Вдыхание его паров может стать причиной отека легких и пневмонии. Кроме того, воздушные смеси с концентрацией ацетона до 13 % по объему представляют взрывоопасность.

4.1.2 Мероприятия по обеспечению безопасности

Технология трехмерного компьютерного моделирования предполагает работу в условиях, где возможно воздействие различных вредных и опасных факторов. Среди них можно отметить несоответствие установленным нормам электромагнитного излучения от дисплея, системного блока, клавиатуры и манипулятора, некорректную настройку визуальных параметров экрана, чрезмерную освещенность рабочей зоны, нерациональную организацию рабочего места, повышенный уровень шумового воздействия, а также превышение допустимых значений напряженности электрических и магнитных полей.

В настоящее время действуют обязательные к соблюдению санитарно-эпидемиологические нормы и правила СП 2.2.3670-20, регламентирующие требования к производственной среде. Они устанавливают критерии для зданий, помещений и сооружений промышленного назначения. В частности, нормативы охватывают следующие аспекты:

– площадь помещений для одного работника независимо от вида выполняемых работ должна составлять не менее 4,5 м²;

– в случае размещения в одном производственном помещении нескольких промышленных установок, являющихся источниками электромагнитного излучения, их взаимное расположение должно быть таким, чтобы исключить превышение допустимых гигиенических нормативов уровня излучения на рабочих местах в результате суммарного воздействия излучений от всех установок;

– в целях недопущения поступления холодного наружного воздуха внутрь производственных помещений входные проемы зданий необходимо оборудовать специальными системами, ограничивающими проникновение холодного воздуха с улицы;

– в зонах, подверженных воздействию агрессивных жидких сред, таких как кислоты, щелочи, окислители, восстановители, ртуть, растворители, биологически активные вещества, напольные покрытия должны быть устойчивы к взаимодействию с данными средами и не допускать их впитывания.

4.1.3 Требования к освещению на рабочих местах с ПЭВМ

Правильное освещение является одним из наиболее важных факторов, определяющих комфортность условий работы операторов с электронно-вычислительными машинами (ЭВМ). Оно напрямую влияет на здоровье, самочувствие и производительность труда работников. Для обеспечения оптимальной освещенности на рабочих местах с ЭВМ необходимо соблюдать следующий ряд требований:

– при планировке рабочих мест необходимо ориентировать их таким образом, чтобы максимальный объем естественного освещения поступал с левой стороны, а мониторы располагались перпендикулярно оконным проемам;

– искусственные источники света должны создавать равномерное освещение рабочих мест без существенных перепадов. В цехах и других;

– производственных зонах целесообразно использовать комбинированные осветительные системы. Освещенность экрана монитора не должна превышать;

– 300 лк для предотвращения появления бликов. Рабочая поверхность стола должна иметь освещенность в диапазоне (300-500) лк;

– для предотвращения чрезмерной нагрузки на зрение необходимо контролировать яркость объектов, находящихся в поле зрения оператора. Яркость светящихся поверхностей, таких как источники света, окна или отражающие предметы, не должна превышать 200 кандел на квадратный метр. Также следует минимизировать уровень прямой и отраженной блескости в рабочей зоне;

– с целью предотвращения чрезмерной нагрузки на зрение при работе с дисплеем следует контролировать яркость бликов на его поверхности, которая не должна быть выше 40 кд/м². Кроме того, необходимо ограничивать уровень блескости, создаваемой потолочными светильниками, чтобы ее значение не превышало 200 кд/м²;

– для предотвращения избыточной освещенности рабочей зоны и связанного с ней слепящего эффекта необходимо соблюдать ограничения на яркость общего освещения в диапазоне углов от 50 до 90 градусов относительно нормали к рабочей поверхности. В указанном диапазоне углов яркость не должна превышать 200 кандел на квадратный метр. Кроме того, для дополнительной защиты от прямого светового потока светильники должны быть оборудованы защитными углами рассеивания не менее 40 градусов;

– для обеспечения комфортных условий зрительной работы важно добиться равномерного распределения яркости в пределах рабочей зоны. Значительные перепады яркости в поле зрения могут приводить к утомлению глаз и снижению производительности труда;

– для организации общего освещения рабочих мест с использованием люминесцентных светильников рекомендуется размещать их не над рабочей зоной, а сбоку от нее в виде параллельных линейных источников света;

– коэффициент пульсации осветительных установок не должен превышать 5 %;

– необходимо своевременно заменять перегоревшие лампы и проводить

регулярную чистку светильников и окон не реже двух раз в год.

Соблюдение данных требований к освещению, описанных также в Сан-ПиН 1.2.3685-21, позволит создать благоприятные условия для работы с ЭВМ и снизить негативное влияние на здоровье операторов.

4.1.4 Требования к организации рабочих мест с ПЭВМ

Многочисленные исследования и практический опыт демонстрируют, что грамотное проектирование рабочих пространств играет важнейшую роль в поддержании высокого уровня работоспособности, обеспечении комфорта и общего благополучия сотрудников. Это обусловлено рядом взаимосвязанных факторов.

Эргономичная организация рабочих мест позволяет персоналу сохранять правильное положение тела, минимизируя риск возникновения физических перегрузок и связанных с ними травм. Использование специализированной мебели и оборудования, спроектированных с учетом эргономических принципов, обеспечивает удобство работы и предупреждает развитие утомления мышц и суставов.

Оптимально организованное рабочее пространство способствует повышению производительности и эффективности работников. Хорошо организованная зона позволяет сосредоточиться на задачах, экономит время на поиск необходимых материалов и оборудования.

Создание комфортных условий труда благодаря продуманному зонированию рабочих пространств позитивно сказывается на уровне удовлетворенности персонала и их общем самочувствии. Наличие удобной мебели, качественного освещения, эффективной системы вентиляции и контроля температуры минимизирует уровень стресса и дискомфорта на рабочих местах.

Грамотная планировка рабочих зон также способствует обеспечению безопасности сотрудников: беспрепятственный доступ к эвакуационным выходам, предотвращение перегрузки электросетей, безопасное размещение оборудования и материалов.

Для сохранения здоровья и повышения эффективности операторов необходимо следовать следующим рекомендациям:

– для обеспечения оптимальных эргономических условий работы высота рабочего стола должна быть регулируемой в диапазоне от 680 до 800 мм или установлена на фиксированном уровне 725 мм. Что касается горизонтальных размеров, то рекомендуется выбирать столешницы шириной от 800 до 1400 мм и глубиной от 800 до 1000 мм;

– для обеспечения комфортных условий работы под столешницей должна предусматриваться зона свободного пространства высотой не менее 60 см. При этом ширина данной зоны должна составлять минимум 50 см, глубина на уровне коленей - не менее 45 см, а для вытянутых ног - минимум 65 см;

– рабочий стул должен соответствовать следующим требованиям: ширина и глубина сиденья - не менее 40 см, диапазон регулировки высоты сиденья – (40-55) см, возможность наклона сиденья вперед до 15°, назад до 5°. Спинка: высота (28-32) см, ширина 38 см, радиус изгиба 40 см, угол наклона 30°. Подлокотники регулируемые, высота над сиденьем (20-26) см, расстояние между ними (35-50) см, длина не менее 25 см;

– клавиатура должна размещаться на расстоянии (100-300) мм от края стола;

– мониторы, находящиеся перед пользователем, должны располагаться на расстоянии друг от друга не меньше 2 м. Для мониторов, установленных сбоку, минимально допустимое расстояние между ними составляет 1,2 м;

– рекомендуемая дистанция между экраном монитора и глазами пользователя должна составлять (60-70) см для предотвращения излишней нагрузки на зрение;

– площадь помещений для одного работника независимо от вида выполняемых работ должна составлять не менее 4,5 м²;

– источник естественного освещения следует разместить таким образом, чтобы он находился слева от рабочего места сотрудника;

– расположение мониторов компьютеров должно быть таким, чтобы их боковые стороны были обращены к оконным проемам, являющимся источниками естественного освещения (рис. 50).



Рисунок 50 – рабочие места по нормам СанПиН

4.2 Экологичность

Воздействие предложенной технологии прототипирования сувенирных изделий на окружающую среду проявляется в двух аспектах: первый связан с производством, использованием и утилизацией компьютерной техники, второй – с производством ABS-пластика и переработкой отходов от создания прототипов (бракованных изделий и стружки от механической обработки).

Для изготовления одного персонального электронного вычислительного устройства (ПЭВМ) с общей массой 24 килограмма требуется 240 килограммов невозобновляемых ископаемых топлив, 22 килограмма химических веществ и 1500 килограммов воды для технологических нужд.

После истечения срока службы компьютерной техники образуется лом, одна тонна которого содержит 480 килограммов чёрных металлов, 200 килограммов меди, 32 килограмма алюминия, 32 килограмма серебра, 1 килограмм

золота и остальные 33 элемента таблицы Менделеева. Согласно информации от Microelectronic and Computer Technology Corporation, при производстве компьютеров используются бериллий, алюминий, титан, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, галлий, германий, мышьяк, селен, ниобий, рутений, родий, палладий, серебро, кадмий, индий, олово, барий, европий, тантал, платина, золото, ртуть, свинец, висмут и актиний.

Энергообеспечение компьютеризации мирового сообщества приводит к использованию топлива, что вызывает следующие негативные последствия: постоянное расходование невозобновляемых ресурсов; увеличение выбросов углекислого газа (CO₂); образование большого количества загрязняющих веществ; повышение энтропии в гелиосфере.

Экологическое разрушение, вызванное компьютеризацией мирового сообщества, можно замедлить путём разработки и производства «экологически чистых» компьютеров. Это включает следующие аспекты:

- уменьшение количества элементов таблицы Менделеева на этапе производства компонентов компьютерной техники;
- разработка новых конструктивных решений и программного обеспечения для снижения энергопотребления и эмиссии вредных факторов (электромагнитных полей, ионизирующего и рентгеновского излучений);
- создание конструкций узлов, облегчающих переработку компьютерного лома и исключающих использование вредных веществ (хлорофтористых соединений и бромосодержащих веществ, таких как кадмий, свинец, ртуть и так далее);
- разработка технологических процессов для точного извлечения элементов таблицы Менделеева из компонентов, деталей и печатных плат или замена элементов новыми материалами;
- разработка комбинаций материалов, позволяющих создавать дешёвые сверхплотные электронные устройства памяти, сочетающие органические материалы (электропроводящие полимерные материалы) и неорганические

КОМПОНЕНТЫ.

В соответствии со стандартом EPA Energy Star VESA DPMS, монитор должен поддерживать три режима энергосбережения: ожидание (Standby), приостановка (Suspend) и сон (off). Когда компьютер находится в режиме ожидания, монитор потребляет меньше энергии.

По оценкам Агентства по охране окружающей среды США, соблюдение стандартов энергосбережения программы Energy Star для офисного оборудования, приобретённого в мире до 2010 года, предотвращает загрязнение, эквивалентное загрязнению 6,5 миллионов автомобилей в год.

При утилизации и переработке компьютерного лома возникают научно-технические проблемы из-за отсутствия надёжной и эффективной технологии переработки компонентов ПЭВМ.

Фтористо-хлористые соединения углеводородов и бромосодержащие средства защиты от возгорания в составе материалов ПЭВМ, а также пластмассы оказывают негативное влияние на окружающую среду. Только 20 % пластмасс может быть переработано, а остальное требует захоронения. В процессе разборки электронных устройств образуются отходы, содержащие медь, алюминий, олово и свинец. Эти материалы могут быть переработаны и использованы повторно.

Стекла люминесцентных экранов электронно-лучевых трубок применяются в производстве керамики и новых трубок.

Пластмассы классифицируются по типам (термопласты: поливинилхлорид, полистирол, полиэтилен) и проходят дальнейшую переработку: прямую переработку во вторсырьё, термическое разложение, термическое обезвреживание и разработку биоразлагаемых пластмасс.

Отходы пластмасс имеют энергетическую ценность, аналогичную ископаемым видам топлива (природный газ, нефть, уголь). Однако наличие примесей может привести к образованию токсичных соединений при сжигании. Одна из перспективных технологий переработки пластмасс заключается в

использовании их в металлургическом производстве в качестве источника энергии и восстановителей, особенно в доменных печах.

Тройной полимер АБС – один из наиболее важных и широко применяемых полимеров. Он состоит из трёх мономеров с различными характеристиками, что обеспечивает хорошее сочетание механических, термических и электрических свойств. Разложение АБС-пластика приводит к образованию продуктов, характерных для каждого из трёх мономеров.

Основные методы вторичной переработки АБС-пластика включают термическую обработку и измельчение. Однако одной из главных проблем является примесь ударопрочного ПС, которая ухудшает свойства переработанного материала.

4.3 Чрезвычайные ситуации

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть во время создания прототипов изделий из пластика, – это пожар. Чтобы предотвратить его возникновение, нужно регулярно проверять техническое оборудование и быстро устранять возможные неполадки, которые могут привести к возгоранию. После завершения работы следует убирать рабочие места и помещения, выключать электричество, кроме дежурного освещения, и обеспечивать надлежащее содержание и постоянную готовность средств пожаротушения, связи и сигнализации.

Если пожар всё же случился, нужно немедленно позвонить в службу спасения по номерам 01 или 112, отключить всё электронное оборудование, провести быструю эвакуацию людей и принять меры для тушения возгорания.

Для борьбы с огнём на начальном этапе используются огнетушители. Учитывая, что в помещениях с компьютерной техникой наиболее вероятными классами пожаров являются А и Е (то есть могут гореть в основном твёрдые вещества с тлением – класс А, или возможны пожары из-за возгорания электроустановок – класс Е), следует использовать углекислотные и порошковые огнетушители.

Углекислотный огнетушитель ОУ-5 предназначен для тушения различных материалов, предметов и веществ, а также электроустановок с напряжением до 1000 В. Он применяется для ликвидации возгораний компьютерной и оргтехники. Во время пожара необходимо поднести огнетушитель как можно ближе к огню, направить раструб на очаг возгорания, сорвать пломбу, открыть вентиль, нажать на пусковой рычаг и направить струю газа на пламя. Важно помнить, что во время работы раструб нельзя держать рукой, так как он имеет очень низкую температуру.

Порошковый огнетушитель ОП-5 предназначен для тушения твёрдых, жидких, газообразных веществ и электроустановок с напряжением до 1000 В. Его используют для ликвидации возгораний компьютерной и оргтехники. При пожаре следует поднести огнетушитель к очагу возгорания, выдернуть чеку, нажать на рычаг и направить шланг с распылителем на огонь.

Расстояние от возможного источника возгорания до места установки огнетушителя не должно превышать 20 метров, если компьютеры размещены в общественных зданиях и сооружениях.

В помещениях объёмом до 50 кубических метров вместо или вместе с переносными огнетушителями можно использовать самосрабатывающие порошковые огнетушители (ОСП и другие).

Для избежания паники и обеспечения быстрой и безопасной эвакуации сотрудников (в случае задымления помещения и коридоров) возле дверей, выключателей, рубильников и на путях эвакуации следует размещать фотолюминесцентные знаки. Вычислительные центры должны иметь минимум два отдельных эвакуационных выхода.

Для автоматического обнаружения пожаров можно использовать различные датчики, главное, чтобы они реагировали на определённые параметры окружающей среды. Ручные датчики предназначены для передачи информации о пожаре через человека и должны быть установлены на высоте 1,5 метра

от пола. Автоматические пожарные датчики, кроме световых, размещаются на потолке в помещении.

Аварийные ситуации, связанные с 3D-принтером:

При возникновении неисправности в работе 3D-принтера необходимо сразу отключить его от электросети. Важно запомнить: пытаться самостоятельно решить проблему не стоит. Лучше всего сразу сообщить о возникшей ситуации в соответствующие службы технического обслуживания.

Если происходит возгорание электропровода или других частей 3D-принтера, немедленно отключите его от сети и дайте звонок в пожарную часть по номеру 01 (или 112 с мобильного телефона). Обязательно сообщите о событии организаторам, чтобы они могли принять необходимые меры по тушению пожара, возможно, с применением углекислотных или порошковых огнетушителей.

Применение пенных огнетушителей для тушения электропроводки и оборудования под напряжением категорически запрещено, поскольку пена может стать проводником электрического тока.

Если кто-то из работников получит поражение электрическим током, немедленно предоставьте первую помощь пострадавшему и обратитесь в медицинский пункт или вызовите врача. Важно помнить о безопасности всех сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного исследования были рассмотрены различные методы и подходы к созданию трехмерных моделей сувенирной продукции. Работа проводилась в несколько этапов:

На начальном этапе был выполнен всесторонний анализ существующих методов и подходов в области 3D-моделирования. Был рассмотрен реальный пример использования современных технологий 3D-моделирования для разработки трехмерных моделей сувенирных изделий.

На втором этапе исследования был проведен обзор специализированного программного обеспечения, применяемого для задач 3D-моделирования и подготовки моделей к 3D-печати. В частности, были рассмотрены следующие программные продукты: Blender, MakeHuman, Marvelous Designer и Ultimaker Cura. В рамках обзора была представлена подробная информация о возможностях и функциональных особенностях каждого из перечисленных программных решений. Кроме того, проводилось сравнение их ключевых характеристик с аналогичными программными продуктами, доступными на рынке. По итогам данного раздела исследования была определена и обоснована предлагаемая технология для решения поставленной задачи по созданию 3D-моделей сувенирной продукции. В качестве оптимального варианта было рекомендовано использование комбинации программ, которая позволит наиболее эффективно реализовать весь цикл работ – от 3D-моделирования персонажей и объектов до финальной подготовки моделей к 3D-печати.

На третьем этапе исследования осуществлялась практическая реализация наборов 3D-моделей сувенирной продукции. Этот процесс включал в себя детальное описание каждого из этапов моделирования: выбор референсов, определение базовой модели человека, процесс создания и моделирования одежды, детализация моделей путем добавления мелких деталей, скульптинг и моделирование мифических существ.

Последний этап оценка обеспечения безопасности и экологичности при работе с компьютерным оборудованием и программным обеспечением, используемым для 3D-моделирования, оценка применяемых материалов и технологических процессов для обеспечения соответствия требованиям и стандартам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н. И. Акинин, Л. К. Маринина, А. Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н. И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116363>

2 Бородулина, Е.А. Мифология Китая Молодежь XXI века: образование, наука, инновации Материалы VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. В 3-х частях. Под редакцией Л.П. Полянской. 2018 – С. 148-150

3 Документация Cura [Электронный ресурс] – URL: <https://labpredprof.ru/gallery/Cura%2015.04.6.pdf?ysclid=1w1sxjvl9j397387896>

4 Жуков, К.С. Мифы Древнего Китая – Просвещение-Союз, 2023г.

5 Ким, А.В. 3D-моделирование исторического облика коренных народностей Приамурья // День науки: материалы XXI науч. конф. Амурского гос. ун-та – Благовещенск: АмГУ, 2022.

6 Кузьменко, А.А., Гладченков, А.Д., Шкаберин, В.А. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3d и 3d Max: учебное пособие. - М.: ФЛИНТА, 2019.

7 Нацвин, А.В. Компьютерная реконструкция облика амурских казаков и маньчжуров XVII века / Нацвин, А.В., Еремин, И.Е., Лохов, А.Ю. // Историческая информатика. – 2021. – № 4. – С. 11-21.

8 Нацвин, А.В. 3D-печать фигурок участников осады Албазинской крепости // Молодежь XXI века: шаг в будущее: материалы XX регион. науч.-практ. конф. – Благовещенск: АмГУ, 2019. – Т.3. – С. 212-213.

9 Рэдвуд, Б. Шофер, Ф. 3D-печать. Практическое руководство. – М: ДМК Пресс, 2020. 220 с.

10 Серова, М.С. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D. Моделирование и дизайн, 2020 – М: Солон-Пресс. 272 с.

11 Справочное руководство Blender 3.6 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev>.

12 СЮН И. Онтология мифа в современных исследованиях Китая

13 Филипп Шазо. Основы скульптуры для начинающих – Издательство АСТ, 2022г.

14 Хэсс, Ф. Практическое пособие Blender 3.0 для любителей и профессионалов. Моделинг, анимация, VFX, видеомонтаж – М: Солон-Пресс, 2022. 300 с.

15 Чжун Цзинвэнь. Коллекция народной литературы Чжун Цзинвэнь. Шанхай: Шанхайское литературно-художественное издательство, 1985. 464 с

16 Шкуро, А.Е. Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс] – URL: <https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/6617/1/Shkuro.pdf>.

17 Шумилин, В. К. Охрана труда и охрана окружающей среды в технологиях художественного литья [Электронный ресурс]: учеб. пособие для академического бакалавриата / В. К. Шумилин, В. Б. Лившиц, Е. С. Бобкова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 404 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/439057>.

18 Юэ Ж., Чжао Д. «Историческая реальность» и «Художественная реальность» Китайской мифологии на примере романа «Путешествие на запад»

19 Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>

20 Blender.Today [Электронный ресурс] – URL: <https://blender.community/>.

21 MakeHuman руководство пользования [Электронный ресурс] – URL: <https://iceking.org/>.

22 Marvelous Designer Help Center [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://support.marvelousdesigner.com/hc/enus/categories/360002390871>

23 3dtotal. Анатомия для 3D-художников. Курс для разработчиков персонажей компьютерной графики – М.: Бомбора, 2022. – 288 с.