

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 09.03.04 - «Программная инженерия»
Направленность (профиль) образовательной программы Программная инженерия

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. Кафедрой
_____ А.В. Бушманов
«_____» _____ 2025г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка визуальной 3D-модели Албозинского острога

Исполнитель _____ Д.А. Малых
студент группы 1105-об (подпись, дата)

Руководитель _____ И.Е. Ерёмин
профессор, доктор техн. наук (подпись, дата)

Консультант по безопасности _____ А.Б. Булгаков
и экологичности (подпись, дата)
доцент, канд. техн. наук

Нормоконтроль _____ В.Н. Адаменко
инженер кафедры (подпись, дата)

РЕФЕРАТ

Отчёт по практике содержит 84 страниц, 20 рисунков, 23 источников, 3 таблицы

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСТОРИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ,
UNITY, РЕТОПОЛОГИЯ, ТЕКСТУРИРОВАНИЕ, ИНТЕРАКТИВНАЯ
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, АЛБОЗИНСКИЙ ОСТРОГ

Работа посвящён разработке интерактивной 3D-модели Албозинского острога – исторического фортификационного сооружения XVII века. Цель работы – создание визуально достоверной и функциональной модели для использования в образовательных и культурных целях.

В рамках разработки были выполнены следующие этапы:

Моделирование: на основе исторических данных созданы высокополигональные модели острога за 1885 года.

Ретопология: с помощью Blender высокополигональные модели были преобразованы в низкополигональные для оптимизации под Unity.

Текстурирование: материалы созданы 3ds, с использованием PBR-технологий и бейкинга для передачи деталей.

Интеграция в Unity: модель импортирована в игровой движок, где была реализована интерактивная карта местности.

Создание ПО: разработано программное обеспечение с системой перемещения, интерфейсом, освещением, звуком и элементами взаимодействия.

Проект демонстрирует эффективное применение современных технологий и может быть использован в образовании и туризме.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Теоретические основы изучаемой проблемы	10
1.1 Предметная область	10
1.1.1 Развитие технологий виртуальной реальности	11
1.1.2 Применение в развлекательной индустрии	12
1.1.3 Образование и обучение	13
1.1.4 Медицина и психология	14
1.1.5 Архитектура и дизайн	16
1.1.6 Бизнес и коммуникации	17
1.1.7 Перспективы и будущее	18
1.2 Объект исследования	19
1.2.1 Интересные факты об Албазинском остроге.	19
1.2.2 История актуальна сегодня.	21
1.2.3 Основание Албазинского острога.	22
1.2.4 Противостояние с Маньчжурской империей	23
1.2.5 Культурное наследие Албазинского острога	24
1.3 Существующие решения	26
1.3.1 Нереализованные проекты	28
1.3.2 Интерактивные образовательные программы	29
1.3.3 Перспективы развития	29
2. Обзор существующих методов решения задачи	31
2.1 Общая схема решения	31
2.2 Обзор программного обеспечения	34
2.2.1 Обзор игровых движков для разработки	34
2.2.2 Преимущества Unity для нашего проекта	35
2.2.3 Программы для работы с 3D-моделями	35

2.2.4	Преимущества 3ds Max для архитектурных моделей	36
2.2.5	Программы для текстурирования	36
2.2.6	Преимущества Substance Painter	37
2.2.7	Программы для ретопологии	37
2.2.8	Преимущества Blender для ретопологии	38
2.3	Детализированная схема решения	39
2.3.1	Создание низкополигональной модели	39
2.3.2	Оптимизация низкополигональной	40
2.3.3	Перенос деталей	41
2.3.4	Текстурирование	41
2.3.5	Создание интерактивной среды	42
3.	Разработка	45
3.1	Ретлопология	45
3.2	Создаие карты местности и ее текстурирование	52
3.3	Создание итогового ПО в Unity	57
3.3.1	Технические сложности с которыми мы столкнулись	61
4.	Безопасность и экологичность	65
4.1	Безопасность	65
4.1.1	Условия труда при разработке проекта	65
4.1.2	Организация рабочего места	66
4.1.3	Требования к оборудованию и мебели	66
4.1.4	Физические факторы и их влияние на здоровье	67
4.1.5	Эргономика и её роль в безопасности	67
4.1.6	Освещение и его влияние на безопасность	68
4.1.7	Психофизиологический аспект безопасности	68
4.1.8	Безопасность при работе с программным обеспечением	69

4.2 Экологичность	69
4.2.1 Общие экологические аспекты деятельности	70
4.2.2 Жизненный цикл техники и образование отходов	70
4.2.3 Система утилизации отходов	71
4.2.4 Обращение с люминесцентными лампами	72
4.2.5 Обращение с оргтехникой и электронными отходами	72
4.2.6 Обращение с макулатурой и бумажными отходами	73
4.3 Чрезвычайные ситуации	73
4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций	74
4.3.2 Оценка рисков возникновения пожара	74
4.3.3 Меры предупреждения пожаров	75
4.3.4 Обнаружение и ликвидация пожара	76
4.3.5 Современные технологии предупреждения пожаров	77
4.3.6 Анализ соответствия требованиям безопасности	77
4.3.7 Анализ соответствия экологическим нормам	78
4.3.8 Предложения по устранению недостатков	78
Заключение	80
Библиографический ссылки	81
Библиографический список	82

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

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

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

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

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

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

ГОСТ 12.2.032-78 "Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования".

ГОСТ Р ИСО 1503-2014. Эргономика. Требования к пространственной ориентации и направлениям движения органов управления.

ГОСТ 28406-89. Персональные электронные вычислительные машины. Интерфейсы видеомониторов. Общие требования

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПО – программное обеспечение

UI (user Interface) – пользовательский интерфейс

3D (three-dimensional) – трехмерное изображение или модель

FBX (filmbox) – формат обмена данными между приложениями 3D-графики

OBJ (object File) – формат файла 3D-модели

UV (uv mapping) – процесс нанесения текстур на поверхность модели

UV развёртка – процесс развёртки трёхмерной модели в двумерную форму для последующего текстурирования

Mesh – полигональная сетка 3D-объекта

Texture – текстура , изображение, наносимое на поверхность объекта

Polygon – многоугольник, базовый элемент 3D-модели

Normal map – карта нормалей, создающая эффект объёмности без увеличения полигона

Unity – игровой движок для создания 2D/3D-приложений

GameObject – базовый объект в сцене Unity

Scene – сцена , пространство, где происходят события

Asset – ресурс , текстура, модель, скрипт и т.д.

Script – скрипт на языке C# для реализации логики

Collider – компонент, задающий форму объекта для физического взаимодействия

VR (virtual reality) – виртуальная реальность

ВВЕДЕНИЕ

3D моделирование играет важную роль в жизни современного общества. Сегодня оно широко используется в сфере маркетинга, архитектурного дизайна и кинематографии, не говоря уже о промышленности. 3D-моделирование позволяет создать прототип будущего сооружения, коммерческого продукта в объемном формате. Важную роль 3D моделирование играет при проведении презентации и демонстрации какого-либо продукта или услуги. Трёхмерное моделирование позволяет визуализировать анатомию человека и планировать сложные хирургические операции, а также помогает в обучении медицинских специалистов посредством визуализации. Также с помощью трёхмерных моделей можно создавать персональные протезы и импланты для пациентов.

На территории нашего государства проживают множество национальностей, этносов. В современном мире существует повышенный интерес к сохранению и популяризации культурного наследия различных этнических групп. Разработка 3D-мультфильма этнографической тематики предоставляет уникальную возможность поднять этот вопрос и привлечь внимание широкой аудитории.

Мультфильм может стать средством сохранения уникальных элементов культурного наследия. Развитие этнографической тематики в таком формате позволяет сохранить и передать будущим поколениям особенности и ценности различных этнических групп.

3D-мультфильм имеет большой потенциал вызывать эмоциональное воздействие у зрителей. Представление этнографической тематики в таком формате может способствовать формированию позитивного отношения к разнообразию культур и стимулировать межкультурное взаимопонимание.

1 ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

1.1 Предметная область

В последние десятилетия технологии, связанные с виртуальной реальностью (Virtual Reality, VR), прошли значительный путь от концепции научной фантастики до практического применения в различных сферах повседневной жизни.

Средства виртуальной реальности позволяют пользователям погружаться в полностью интерактивные цифровые среды, создавая ощущение присутствия там, где на самом деле они физически отсутствуют.

Сегодня VR используется не только для развлечений, но и в образовании, медицине, архитектуре, бизнесе, спорте и других областях. Постепенно технологии виртуальной реальности становятся все более доступными и интегрируются в нашу жизнь, предлагая новые возможности для взаимодействия с миром.

Уже сейчас существуют множество ответвлений виртуальной реальности, а именно такие как VR, AR, MR и XR. А если говорить более структурированно, то:

VR – пользователь полностью в виртуальном мире.

AR – на реальный мир накладываются виртуальные интерфейсы и объекты с минимальным взаимодействием.

MR – реальный мир сканируется с помощью сенсоров и виртуальный контент может полноценно взаимодействовать с реальными объектами.

XR – обобщающий термин для VR, AR и MR.

Самым первым примером появления средств виртуальной реальности на слуху общественности стал фильм «Матрица» вышедший на экраны в США 31 марта 1999 году признанный во всем мире.

Хотя это научная фантастика, технологии VR сегодня приближают нас подобной реальности.



Рисунок 1 – Обложка фильма «Матрица»

1.1.1. Развитие технологий виртуальной реальности

История развития VR началась ещё в середине XX века, когда первые устройства, такие как шлемы и стереоскопические очки, появились в лабораториях исследователей. Однако из-за высокой стоимости и ограниченных возможностей этих технологий их применение было ограничено.

Лишь в конце 2000-х годов, благодаря развитию компьютерного оборудования и мобильных устройств, виртуальная реальность получила новый импульс к развитию.

Ключевыми факторами, способствующими популярности VR, стали:

Увеличение производительности графических процессоров.

Развитие датчиков движения и трекинговых систем.

Появление доступных потребительских устройств, таких как Oculus Rift, HTC Vive и PlayStation VR.

Это позволило сделать технологии виртуальной реальности более доступными для широкой аудитории.

Первый шлем виртуальной реальности был создан в 1968 году Дэвидом Эвансом и Иваном Сазерлендом под названием "The Sword of Damocles". Это устройство было громоздким и требовало специального крепления к потолку.



Рисунок 2 – «The Sword of Damocles»

1.1.2 Применение в развлекательной индустрии.

Одним из самых заметных направлений использования VR является игровая индустрия. Современные видеоигры с поддержкой виртуальной реальности предоставляют игрокам уникальный опыт полного погружения.

Они могут перемещаться по виртуальным мирам, взаимодействовать с объектами и персонажами, используя специальные контроллеры или жесты рук.

Помимо игр, VR активно применяется в киноиндустрии.

Кинофильмы и сериалы, снятые с использованием технологий виртуальной реальности, позволяют зрителям "присутствовать" в

событиях фильма, что делает просмотр намного более эмоциональным и захватывающим. Например, проекты, созданные студией Oculus Story Studio, демонстрируют потенциал VR в повествовании.

Также стоит отметить развитие тематических парков и развлекательных центров, где VR используется для создания интерактивных аттракционов и приключений.

Один из таких примеров является игра "Beat Saber" она стала одним из самых популярных VR-приложений, где игроки используют контроллеры для рубки блоков в такт музыке. Она продемонстрировала, как VR может быть не только зрелищным, но и полезным для здоровья.

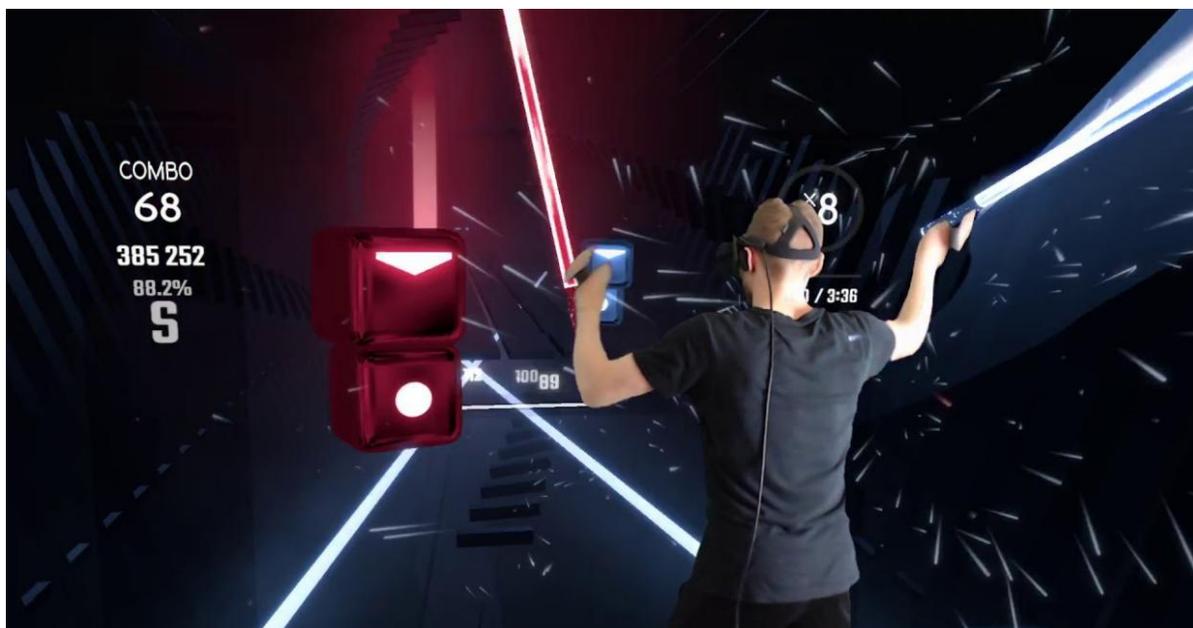


Рисунок 3 – игра «Beat Saber»

1.1.3 Образование и обучение

Виртуальная реальность становится важным инструментом в образовательной сфере. Она позволяет студентам и учителям взаимодействовать с учебными материалами на новом уровне.

Например, ученики могут совершать виртуальные экскурсии по историческим местам, исследовать строение человеческого тела или путешествовать по галактике.

Многие университеты и профессиональные школы внедряют VR-тренажеры для обучения сложным навыкам, таким как управление техникой, хирургическая практика или авиапилотирование. Это значительно снижает риски и затраты на обучение, поскольку студенты могут совершенствовать свои навыки в безопасной виртуальной среде.

Более того, технологии VR открывают возможности для дистанционного образования, позволяя студентам со всего мира участвовать в виртуальных классах и лабораториях.

Как сказано выше, такая школа медицины существует в Университете Северной Каролины они используют VR для обучения студентов анатомии. Они могут "разбирать" трехмерную модель человеческого тела, чтобы лучше понять строение органов.

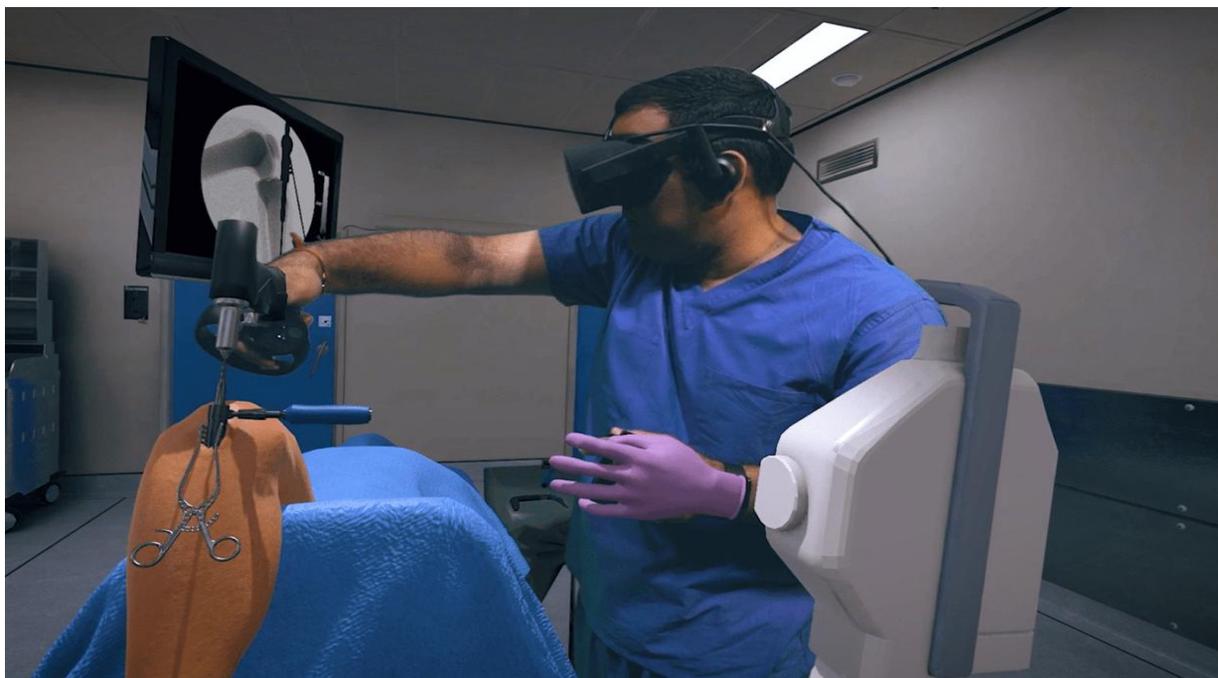


Рисунок 4 – игра «Surgeon Simulator VR: Meet The Medic»

1.1.4 Медицина и психология

В медицине виртуальная реальность имеет огромный потенциал. Она используется для подготовки хирургов, моделирования операций и даже для лечения пациентов.

В частности, VR помогает в реабилитации после травм, восстановлении движений и лечении фобий.

Например, методика экспозиционной терапии с использованием VR успешно применяется для лечения посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) у военных и гражданских лиц.

Также VR используется в детской психологии для работы с детьми с аутизмом, помогая им адаптироваться к социальным ситуациям.

Кроме того, технологии виртуальной реальности находят применение в области диагностики и планирования сложных медицинских процедур. Хирурги могут заранее "протестировать" различные варианты операции в виртуальной среде, что увеличивает точность и безопасность реальной процедуры.

Под такие потребности, компания Psious разработала программное обеспечение для лечения тревожных расстройств с помощью VR. Например, пациенты с боязнью высоты могут проходить терапию, погружаясь в виртуальные самолеты.



Рисунок 5 – игра «VTOL VR»

1.1.5 Архитектура и дизайн

В архитектуре и дизайне VR предоставляет уникальные возможности для визуализации проектов. Архитекторы и дизайнеры могут создавать трехмерные модели зданий и интерьеров, которые клиенты могут исследовать в виртуальной реальности.

Это позволяет лучше понять конечный результат и внести изменения на ранних этапах проектирования.

Также VR используется в городском планировании для моделирования будущих районов, оценки транспортных потоков и анализа экологического воздействия новых застроек. Это помогает принимать более обоснованные решения и минимизировать ошибки.

Для компаний, занимающихся продажей недвижимости, VR становится мощным маркетинговым инструментом. Покупатели могут совершать виртуальные туры по еще не построенным домам или квартирам, что увеличивает интерес к предложениям.

Компания ИКЕА запустила VR-приложение, которое позволяет пользователям создавать виртуальные интерьеры своих домов и экспериментировать с мебелью до покупки.

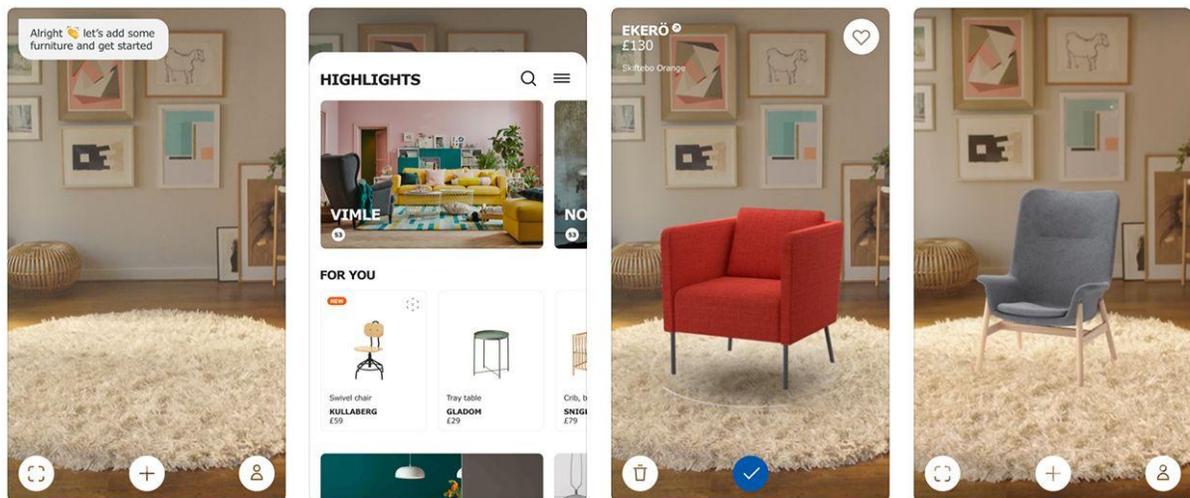


Рисунок 6 – приложение «ИКЕА Place»

1.1.6 Бизнес и коммуникации

В корпоративном мире виртуальная реальность также находит широкое применение. Компании используют VR для проведения виртуальных совещаний, обучения сотрудников и демонстрации продуктов клиентам. Особенно актуально это для международных компаний, где команды находятся в разных частях мира.

Технологии VR также меняют подходы к маркетингу и рекламе. Бренды создают интерактивные кампании, позволяющие потребителям испытать продукт в виртуальной среде перед покупкой. Например, автопроизводители предлагают виртуальные тест-драйвы автомобилей, а модные бренды возможность примерить одежду в цифровом формате.

Кроме того, VR помогает в оптимизации рабочих процессов на производствах. Рабочие могут тренироваться в безопасной виртуальной среде, а менеджеры могут анализировать эффективность производственных линий без необходимости физического присутствия.

Для подтверждения моих слов, компания Ford использует VR для тестирования новых моделей автомобилей без необходимости создания физических прототипов.

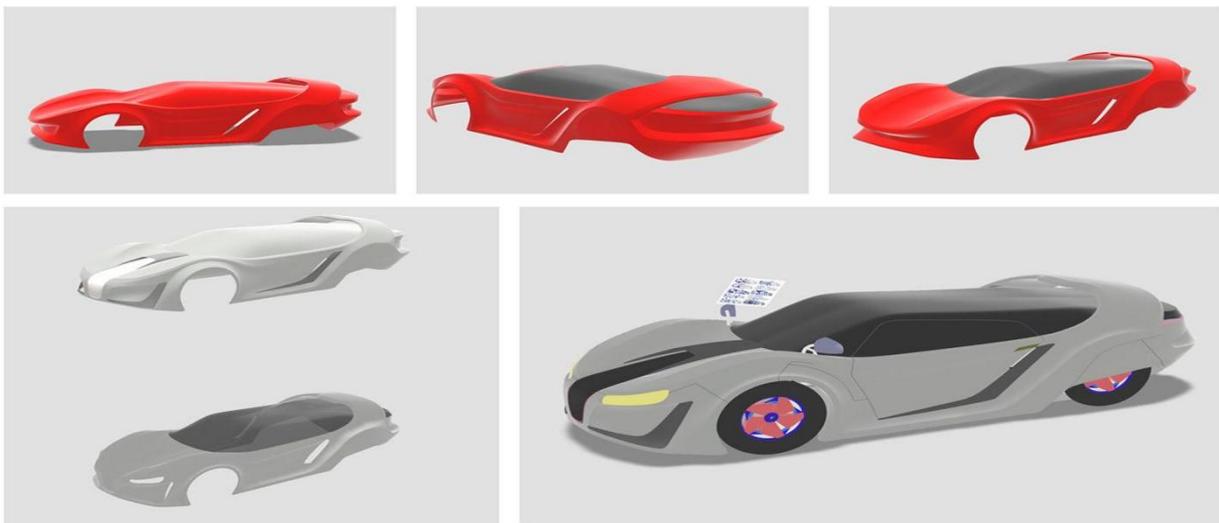


Рисунок 7 – программа «Gravity Sketch»

1.1.7 Перспективы и будущее

Сегодня технологии виртуальной реальности уже являются неотъемлемой частью нашей жизни, хотя их полный потенциал еще не раскрыт. По мере дальнейшего развития VR будет все больше интегрироваться в наши повседневные действия. Мы можем ожидать появления более компактных и удобных устройств, таких как контактные линзы или нейронные интерфейсы, которые позволят погружаться в виртуальные миры без необходимости надевать громоздкие очки.

Также можно предположить, что границы между физическим и виртуальным миром станут менее четкими. Концепция метавселенной, представленная такими платформами, как Meta , показывает, как виртуальная реальность может изменить наши представления о социальных взаимодействиях, работе и отдыхе.

Заключая, важно отметить, что технологии виртуальной реальности продолжают развиваться стремительно, предлагая новые возможности для каждого человека. Они становятся не просто инструментом, а важной составляющей нашего будущего, формируя новый способ взаимодействия с окружающим миром.

Такие инициативы как Neuralink, основанная Илоном Маском, работает над имплантами, которые позволят напрямую соединять человеческий мозг с компьютерными системами. Это может стать следующим шагом после VR.

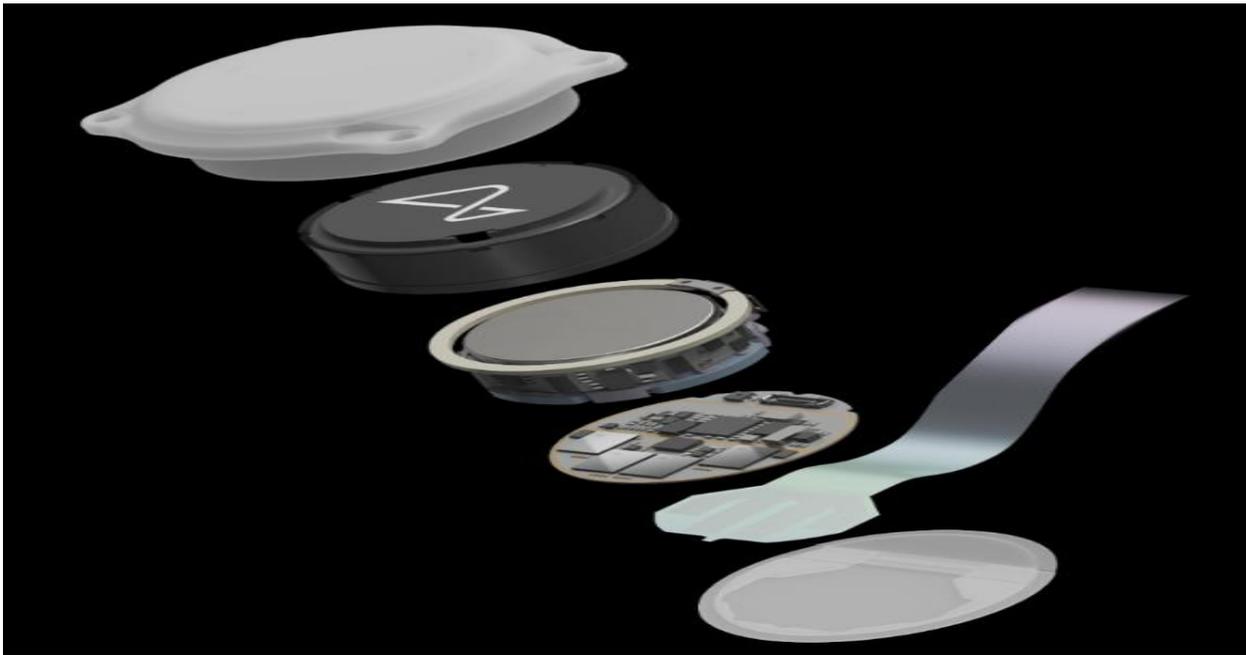


Рисунок 8 – «Neuralink»

1.2 Объект исследования.

Албазинский острог – символ героизма и духа первопроходцев.

Он, основанный в 1651 году на берегах великой реки Амура, стал одной из самых загадочных и трагических страниц русской истории. Этот маленький деревянный форпост, окруженный высокими стенами и крепкими палисадами, сыграл ключевую роль в освоении Дальнего Востока и стал ареной для эпического противостояния между Россией и Маньчжурской империей. Но история этого места гораздо глубже, чем просто военные события это история мужества, стойкости и негибаемого духа русских землепроходцев.

1.2.1 Интересные факты об Албазинском остроге.

Первый русский город на Амуре:

Албазин был основан как первый постоянный русский поселок на реке Амур. Это стало возможным благодаря смелым экспедициям Ерофея Хабарова, который впервые привел русские отряды в эти земли. Острог стал не только военным форпостом, но и важным торговым центром, где пересекались интересы различных народов — русских,

даур, дайхунов и маньчжуров.

Место встречи культур:

В Албазине жили не только воины-казаки, но и ремесленники, крестьяне, купцы и даже миссионеры. Здесь возникла первая православная община на Амуре, которая стала распространять христианство среди местного населения. Церковь Преображения Господня, построенная в остроге, стала символом духовного единства его жителей.

Символ сопротивления:

Несмотря на то что численность защитников Албазина никогда не превышала нескольких сотен человек, они смогли выдержать многократное превосходство маньчжурских войск. Особенно ярко это проявилось в осаде 1685 года, когда под командованием атамана Федота Шестакова небольшой гарнизон успешно отразил несколько штурмов. Историки до сих пор удивляются тому, как такая небольшая группа людей смогла противостоять целой империи.

Территориальные споры:

Албазинский острог стал эпицентром длительного территориального конфликта между Россией и Китаем. Этот спор завершился подписанием Нерчинского договора в 1689 году, который установил первую четкую границу между двумя государствами. Однако сам острог был уничтожен, а его жители вынуждены были покинуть эти земли.

Наследие в современности:

Сегодня Албазин остается важным историческим памятником. На месте древнего острога проводятся археологические раскопки, а в Хабаровске сохранилась знаменитая церковь Преображения Господня, перенесенная из Албазина. Эти объекты помогают нам лучше понять жизнь людей XVII века и их взаимодействие с окружающим миром.



Рисунок 9 – 3D модель «Албозинского острога»

1.2.2 История актуальна сегодня.

История Албозинского острога остается актуальной в современном мире благодаря его значимости как уникального фортификационного сооружения XVII века, связанного с освоением Сибири и защитой русских территорий от внешних угроз. Острог служил не только военным укреплением, но и важным культурно-экономическим центром на пересечении торговых путей. Сегодня интерес к Албозинскому острогу обусловлен несколькими факторами:

Культурное наследие: Острог является символом эпохи русской экспансии на восток и представляет собой пример древнерусской деревянной архитектуры, которая требует сохранения и популяризации для будущих поколений.

Образовательная ценность: Изучение истории Албозинского острога позволяет глубже понять процессы колонизации Сибири, взаимодействие различных культур и развитие системы оборонительных сооружений на новых рубежах государства.

Туристический потенциал: Реконструкция и визуализация острога могут стать основой для развития туристической инфраструктуры

региона, привлекая как любителей истории, так и тех, кто интересуется виртуальными технологиями погружения в прошлое.

Современные технологии: Благодаря развитию компьютерной графики и игровых движков, такие объекты, как Албозинский острог, могут быть воссозданы в цифровом формате, предоставляя доступ к ним широкой аудитории и способствуя их изучению без физического присутствия на месте.

Таким образом, история Албозинского острога продолжает играть важную роль в формировании исторической памяти, образовательных программ и туристических проектов, делая её особенно значимой в контексте современных технологических возможностей.

1.2.3 Основание Албазинского острога.

Острог был основан Ерофеем Хабаровым, известным русским землепроходцем, который активно исследовал дальневосточные территории.

Он выбрал место у слияния рек Зея и Амур, где стратегическое положение позволяло контролировать водные пути и защищаться от возможных нападений.

Албазин стал не только военным форпостом, но и центром торговли с местными племенами, такими как дайхуны, дауры и маньчжуры. Здесь развивались ремесла, сельское хозяйство и даже православная культура, благодаря строительству церквей



Рисунок 10 – Портрет Ерофея Павловича Хабарова

1.2.4 Противостояние с Маньчжурской империей.

К середине XVII века Албазинский острог стал вызывать беспокойство у маньчжурского правителя Канси, который считал эти земли частью своей империи. Началось длительное противостояние, которое достигло своего пика в 1685 году, когда маньчжуры предприняли первую крупную попытку захвата острога.

Маньчжуры собрали значительные силы, включая артиллерию и конницу, и двинулись на Албазин. Русские защитники, хотя и были численно слабее, проявили удивительное мужество и организованность.

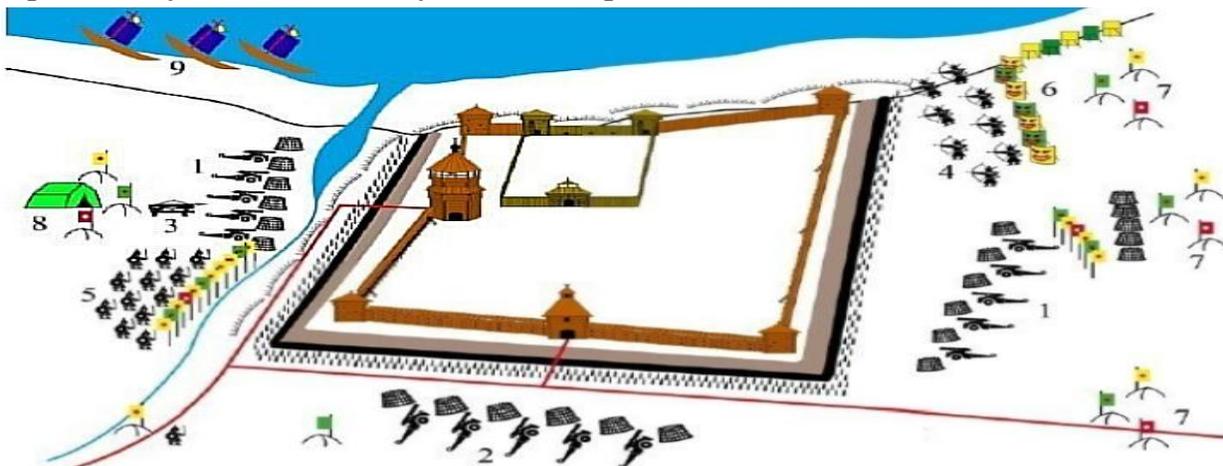


Рисунок 11 – осада Албазинской крепости маньчжурами

Осенью 1685 года началась осада Албазина. В остроге находилось около 400 человек, включая женщин и детей. Командовал обороной атаман Федот Шестаков, который организовал эффективную систему обороны. Защитники использовали подручные средства, такие как пищали, самодельные бомбы и даже горящие стрелы.

Несмотря на многократное превосходство маньчжуров, русские успешно отразили несколько штурмов. Однако после длительной осады, когда запасы продовольствия и боеприпасов начали подходить к концу, защитники были вынуждены покинуть острог.

После осады 1685 года маньчжуры временно захватили Албазин, но русские вскоре вернулись и восстановили острог. Это привело к новым столкновениям, которые завершились подписанием Нерчинского договора в 1689 году. Этот договор установил границы между Россией и Китаем, закрепляя за последним контроль над Албазином.

Несмотря на потерю острога, Албазинская эпопея стала символом героизма и стойкости русских людей. Она также показала, насколько важно было для России укреплять свои позиции на Дальнем Востоке.

1.2.5 Культурное наследие Албазинского острога.

Албазинский острог сыграл важную роль не только в военной истории, но и в развитии культуры региона. Здесь существовала первая православная община на Амуре, которая способствовала распространению христианства среди местного населения.

Албазинский острог сыграл важную роль не только в военной истории, но и в развитии культуры региона. Здесь существовала первая православная община на Амуре, которая способствовала распространению христианства среди местного населения.

Албазинский острог остается важным символом русской истории и культуры. Его изучение помогает лучше понять процесс освоения Дальнего Востока и взаимодействия разных народов. Сегодня Албазин является популярным туристическим объектом, где проводятся исторические реконструкции и фестивали.

Кроме того, опыт Албазинского острога актуален и сегодня, особенно в контексте международных отношений. Он демонстрирует важность диалога и компромисса при решении территориальных споров.

История Албазинского острога — это пример героического противостояния малочисленных защитников могущественному противнику. Она показывает, как смелость и организованность могут изменить ход событий. Сегодня мы можем учиться на этом опыте, чтобы лучше понимать историю нашей страны и её роль в мире.

Албазинский острог стал символом несгибаемого духа русских людей и их готовности защищать свои интересы. Его история продолжает вдохновлять нас и сегодня.



Рисунок 12 – герб Албазинского острога

1.3 Существующие решения.

Системы виртуальной реальности для прогулок по уничтоженным и существующим достопримечательностям России

Технологии виртуальной реальности (VR) открывают уникальные возможности для путешествий во времени и пространстве. Они позволяют пользователям не только исследовать современные достопримечательности, но и воссоздать давно утраченные памятники истории и культуры.

В России уже существует множество проектов, использующих VR для таких целей, а также есть много интересных идей, которые пока находятся на стадии разработки или остались незавершенными.

Одним из самых ярких примеров использования VR для воссоздания утраченных объектов является проект "Царицынский Кремль". Этот комплекс был уничтожен в XVIII веке, но благодаря современным технологиям его удалось частично восстановить в цифровом формате.



Рисунок 13 – Проект «Царицынский Кремль»



Рисунок 14 – проект «Китай-город»

Современные технологии также активно применяются для создания виртуальных туров по действующим памятникам культуры. Например, Эрмитаж запустил проект "Эрмитаж-VR", который позволяет посетителям исследовать музей без необходимости физического присутствия.

Проект "Эрмитаж-VR":

Включает более 50 залов музея с высокоточными 3D-моделями экспонатов.

Предоставляет возможность взаимодействовать с объектами искусства, увеличивать их размеры и изучать детали.

Поддерживает различные платформы, включая Oculus Rift и HTC Vive.

Аналогичный проект реализован в Московском Кремле, где туристы могут посетить закрытые для публики помещения и узнать больше об их истории.

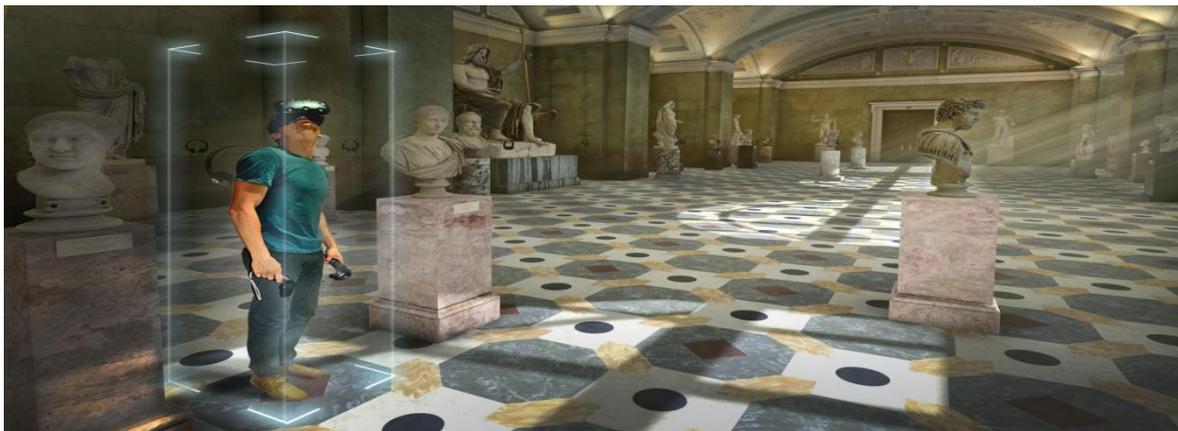


Рисунок 15 – проект «Эрмитаж-VR»

1.3.1 Нереализованные проекты.

Многие идеи, связанные с использованием VR для сохранения культурного наследия, остаются незавершенными из-за различных причин, таких как финансовые ограничения или технические сложности.

Проект "Восстановление Колокольни Ивана Великого":

Планировалось создать полностью интерактивную модель колокольни до её реконструкции в советское время.

Проект предполагал использование архивных данных и свидетельств очевидцев для максимальной точности.

Однако из-за отсутствия достаточного финансирования работа была приостановлена.

Проект "Древний Новгород":

Задачей было воссоздание древнерусского города IX–XII веков.

Разработчики намеревались использовать археологические находки для создания подробной картины жизни того времени.

Проект столкнулся с трудностями в сборе необходимых данных и прекратил свою деятельность.



Рисунок 16 – Проект «Восстановление Колокольни Ивана Великого»

1.3.2 Интерактивные образовательные программы

В сфере образования, VR как мы говорили выше уже активно используется для обучения студентов истории и культуры. Например, программа "Русские царские дворцы" позволяет участникам "побывать" в Зимнем дворце, Петергофе и других императорских резиденциях.

Проект "Русские царские дворцы":

Включает исторические экскурсии и интерактивные элементы.

Пользователи могут "встречаться" с историческими персонажами, такими как Петр I или Екатерина II.

Программа успешно применяется в школах и университетах.

Еще один интересный проект — "Старая Москва", где школьники могут изучать архитектуру и планировку города XIX века.



Рисунок 17 – проект «Старая Москва»

1.3.3 Перспективы развития

Будущее VR-технологий в области культуры и образования выглядит очень многообещающим. С каждым годом становится доступнее оборудование, а качество программного обеспечения постоянно improves. Это открывает новые возможности для создания все более сложных и детализированных моделей.

Однако для успешной реализации таких проектов необходимо решить несколько ключевых задач:

Увеличить финансирование научных исследований.

Обеспечить доступ к архивным материалам.

Создать международные партнерства для обмена опытом.

Также важно помнить, что VR никогда не сможет полностью заменить реальное взаимодействие с историческими объектами. Его основная цель — дополнить традиционные методы исследования и сделать культурное наследие более доступным для широкой аудитории.

По прогнозам аналитиков, до 2030 года доля внедрения VR-устройств в различных отраслях может достичь 70 %. Рост продаж также ожидается в связи с появлением новых поколений устройств, включая не только VR, но и XR-гарнитуры (устройства расширенной реальности).

Эти технологии объединяют возможности виртуальной и дополненной реальности, предлагая пользователям гибридный опыт, который может использоваться как в развлечениях, так и в корпоративных приложениях.

По данным BCC Research (провайдер информационных ресурсов, который выпускает отчёты о рыночных исследованиях), среднегодовой темп роста (Compound Annual Growth Rate, CAGR) мирового VR-рынка с 2023 по 2028 год составит 26 %. Это означает, что к концу 2028 года объем рынка достигнет \$ 66,9 млрд. Ожидается, что спрос на VR-решения вырастет в таких сферах, как розничная торговля, коммерция, маркетинг, здравоохранение, архитектура и строительство.

Одновременно будут расширяться и области применения XR-устройств, что станет важным фактором в увеличении их популярности.

2 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

2.1 Общая схема решения

В рамках настоящего исследования нами предпринимается попытка воссоздания исторического пространства Албозинского острога через призму современных технологий компьютерной графики. Для реализации поставленных задач были получены высокополигональные трехмерные модели сооружения за периоды 1865 и 1885 годов — уникальные артефакты виртуальной реконструкции, отражающие эволюцию архитектурного облика фортификационного комплекса. Эти модели представляют собой фундамент для последующего преобразования и интеграции в интерактивную среду Unity.



Рисунок 18 – изначальная модель Албозинского острога

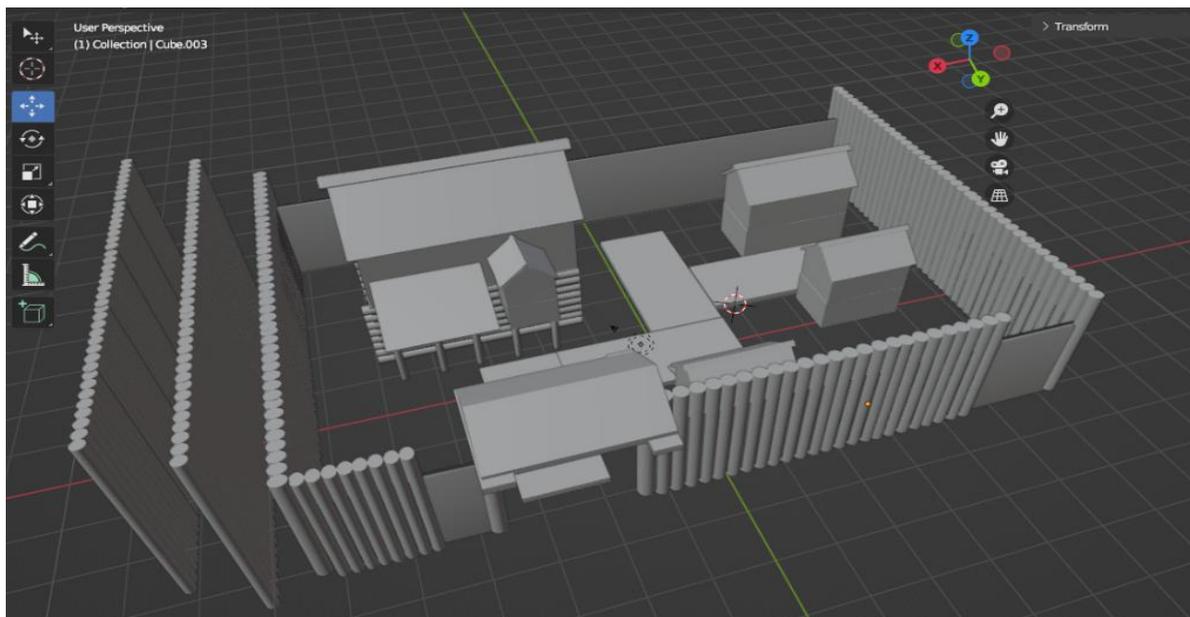


Рисунок 19 – высокополигональные составные части модели.

Доступные нам высокополигональные модели Албозинского острога основаны на тщательном анализе исторических документов, архивных материалов и археологических данных.

Модель 1865 года демонстрирует начальный этап развития сооружения, тогда как модель 1885 года отражает зрелую стадию его функционирования. Такая хронологическая детализация позволяет создать многомерную картину эволюции острога и обеспечивает достоверность конечного продукта.

Хотя высокополигональные модели (Hi-Poly) обладают исключительной точностью и детализацией, их использование в интерактивных системах, таких как Unity, связано с существенными техническими ограничениями. Высокая полигональная сложность приводит к значительному увеличению вычислительных ресурсов, что делает такие модели неэффективными для реального времени. Таким образом, перед нами стоит задача преобразования Hi-Poly моделей в формат, адаптированный для интерактивной среды.

После создания Low-Poly моделей возникает необходимость переноса визуальных характеристик с исходных Hi-Poly моделей. Для этого используется технология бейкинга текстур, которая включает перенос нормал-карт, албедо-карт и карт окклюзии. Бейкинг позволяет сохранить детали высокополигональной модели в виде текстур, что значительно повышает реалистичность конечного продукта. Процесс осуществляется с помощью программных средств, таких как Substance Painter или внутренних возможностей Blender.

Низкополигональные модели экспортируются в формате FBX и импортируются в игровой движок Unity. Unity представляет собой мощную платформу для создания интерактивных визуализаций, где модели могут быть дополнены различными компонентами: освещение, материалы, шейдеры и системы частиц. На данном этапе также происходит создание базового окружения, включающего ландшафт, водные поверхности и растительность, что способствует погружению пользователя в историческую атмосферу.

На основе импортированных моделей начинается активная разработка интерактивной карты Албозинского острога. Карта включает следующие компоненты:

Систему управления камерой для свободного перемещения пользователя по территории.

Интерактивные элементы, такие как информационные подсказки о строениях, мини-игры и исторические сценарии.

Настраиваемые параметры времени суток и погодных условий для создания динамической визуализации.

Каждый из этих компонентов реализуется с использованием скриптов на языке C# и инструментов Unity Editor.

Проект завершается комплексным тестированием производительности карты в Unity, а также оптимизацией всех составляющих для обеспечения плавного взаимодействия пользователя с моделью. Полученная карта Албозинского острога представляет собой не только научный труд, но и практический инструмент для популяризации исторического наследия. Она может быть использована в образовательных программах, туристических приложениях и культурно-просветительских проектах, тем самым продолжая традиции сохранения исторической памяти через современные технологии.

2.2 Обзор программного обеспечения

2.2.1 Обзор игровых движков для разработки

Современные игровые движки: сравнительный анализ

В современном мире существует множество игровых движков, каждый из которых предлагает уникальные возможности для разработчиков. Наиболее популярными среди них являются Unity, Unreal Engine, Godot, CryEngine и Lumberyard. Однако выбор движка зависит от специфики проекта, целевой аудитории и технических требований.

Unity является одним из самых универсальных решений, особенно подходящих для создания интерактивных приложений, таких как образовательные симуляторы, культурно-исторические проекты и мобильные игры. Его преимущества включают:

- Простой и интуитивно понятный интерфейс.
- Поддержка широкого спектра платформ (PC, консоли, мобильные устройства, VR/AR).
- Развитое сообщество и обширная документация.

Unreal Engine, напротив, лучше подходит для крупных AAA-проектов с высокими требованиями к графике, но его сложность может быть ограничением для начинающих разработчиков. Godot, CryEngine и другие движки также имеют свои особенности, однако Unity остается наиболее

подходящим выбором для нашей задачи — воссоздания исторической модели Албозинского острога.

2.2.2 Преимущества Unity для нашего проекта

Почему Unity идеально подходит для исторических реконструкций

Unity демонстрирует исключительную гибкость при работе с низкополигональными моделями и текстурами, что делает его идеальным решением для нашего проекта. Особенно важно отметить следующие функциональные особенности:

- Встроенные инструменты для создания освещения и погодных эффектов.
- Возможность интеграции скриптов на C#, позволяющих реализовать интерактивные элементы.
- Широкий доступ к Asset Store, где можно найти готовые материалы, плагины и шейдеры.

Для проекта по воссозданию Албозинского острога Unity предоставляет все необходимые инструменты для создания реалистичной и интерактивной среды.

2.2.3 Программы для работы с 3D-моделями

Существует множество профессиональных программ для создания 3D-моделей, каждая из которых имеет свои преимущества. Среди них выделяются:

- Autodesk 3ds Max : Идеально подходит для архитектурных моделей благодаря продвинутым инструментам редактирования геометрии и удобному пользовательскому интерфейсу.
- Blender : Открытый исходный код и бесплатность делают его привлекательным для студентов и небольших студий. Особенно силен в создании органических форм.

– Maya : Лидер в сфере анимации и визуальных эффектов, хотя для статичных моделей может быть избыточно сложным.

– ZBrush : Ориентирован на скульптинг и создание детализированных органических объектов.

Мы выбрали 3ds Max , так как он наиболее эффективен для создания архитектурных моделей с четкими геометрическими формами, характерными для фортификационных сооружений.

2.2.4 Преимущества 3ds Max для архитектурных моделей

3ds Max предоставляет уникальные инструменты для создания архитектурных моделей, которые особенно важны для нашего проекта:

- Мощные инструменты параметрического моделирования.
- Возможность точной настройки масштаба и пропорций.
- Интеграция с Unity через экспорт в формат FBX.

Эти характеристики делают 3ds Max идеальным выбором для воссоздания деталей Албозинского острога, таких как стены, башни и строения.

2.2.5 Программы для текстурирования

Текстурирование играет ключевую роль в создании реалистичных материалов для 3D-моделей. Популярные программы для этого включают:

– Substance Painter : Лидер в области создания текстур с использованием PBR (Physically Based Rendering) технологий. Предлагает интуитивный интерфейс и автоматизацию процесса.

– Marmoset Toolbag : Отличается быстрым рендерингом и удобством использования. Хорошо подходит для малых проектов.

– Photoshop : Классическое решение для ручного создания текстур, хотя менее автоматизировано, чем Substance Painter.

Мы выбрали Substance Painter за его способность создавать высококачественные текстуры с минимальными затратами времени.

2.2.6 Преимущества Substance Painter

Substance Painter предлагает ряд уникальных возможностей, которые делают его идеальным выбором для нашего проекта:

- Непосредственная работа с 3D-моделями без необходимости предварительного упаковывания UV-карт.
- Автоматическая генерация нормал-карт и карт окклюзии.
- Библиотека готовых материалов, которые можно адаптировать под конкретные нужды.

Эти функции позволяют нам создавать детализированные текстуры для деревянных конструкций, каменных стен и других элементов острога.

2.2.7 Программы для ретопологии

Ретопология является неотъемлемой частью оптимизации 3D-моделей для интерактивных приложений. Существуют различные программы для этого процесса:

- Blender : Встроенная поддержка ретопологии через Decimate и Retopoflow.
- ZBrush : Предлагает инструмент Dynamesh для создания чистой геометрии.
- 3ds Max : Использует Quad Chamfer для ретопологии.
- Torogun : Специализированная программа для ретопологии с высокой точностью.

Для нашего проекта мы выбираем Blender , так как он сочетает мощные инструменты ретопологии с открытостью исходного кода.

2.2.8 Преимущества Blender для ретопологии

Blender предлагает следующие преимущества для ретопологии:

- Бесплатность и открытый исходный код.
- Встроенные инструменты, такие как Retopoflow и Shrinkwrap.
- Высокая производительность при работе с большими объемами данных.

Эти особенности делают Blender идеальным выбором для преобразования наших высокополигональных моделей Албозинского острога в низкополигональные версии.

На основе проведенного анализа мы выбрали следующие программы для нашего проекта:

- Unity для создания интерактивной среды.
- 3ds Max для архитектурного моделирования.
- Substance Painter для текстурирования.
- Blender для ретопологии.

Каждая из этих программ дополняет друг друга, обеспечивая полный цикл разработки от моделирования до финальной интеграции в Unity.

Использование современного программного обеспечения позволяет нам достичь высокого уровня качества в воссоздании Албозинского острога. Unity обеспечивает интерактивность, 3ds Max — точность архитектурных форм, Substance Painter — детализированные текстуры, а Blender — эффективную оптимизацию моделей. Таким образом, комплексный подход к выбору инструментов гарантирует успех нашего проекта.

2.3 Детализированная схема решения

Проект разработки визуальной 3D-модели Албозинского острога предполагает использование нескольких программных решений. Каждая из них отвечает за определенный этап работы:

- 3ds Max : Создание и редактирование высокополигональной модели.
- Blender : Ретопология (создание низкополигональной модели).
- Substance Painter : Текстурирование моделей.
- Unity : Интеграция моделей и разработка интерактивной карты.

Каждый этап тесно связан с предыдущим, что позволяет создать полный цикл разработки.

2.3.1 Создание низкополигональной модели

На этом этапе мы используем 3ds Max для создания низкополигональной модели Албозинского острога. Программа отвечает за следующие задачи:

- Создание базовой геометрии :

С помощью инструментов Editable Poly и Spline мы строим основные формы объектов (стены, башни, строения), придерживаясь минимального количества полигонов.

Оптимизируем сетку так, чтобы сохранить ключевые архитектурные элементы без избыточной детализации.

- Оптимизация топологии :

Используем инструмент Quad Chamfer , чтобы создать чистую и эффективную сетку, подходящую для интерактивных приложений.

Убедимся, что модель имеет логическую структуру, которая будет легко обрабатываться в Unity.

- Подготовка UV-карт :

Создаем развертки текстур (UV-маппинг) для последующего текстурирования.

На этом этапе особое внимание уделяется правильному расположению UV-области, чтобы минимизировать расточительность текстурного пространства.

– Экспорт модели :

Готовая низкополигональная модель экспортируется в формате OBJ или FBX для передачи в следующую программу (Blender для дальнейшей оптимизации).

Работа в 3ds Max завершается creation'ом максимально оптимизированной Low-Poly модели, которая станет основой для всего дальнейшего процесса разработки.

2.3.2 Оптимизация низкополигональной

После создания базовой низкополигональной модели мы переходим к Blender для её дальнейшей оптимизации. На этом этапе программа выполняет следующие функции:

– Оптимизация сетки :

Используем инструмент Decimate , чтобы ещё больше снизить количество полигонов, не теряя ключевых форм.

Применяем Retopoflow для создания идеальной топологии, которая будет работать эффективно в Unity.

– Улучшение геометрии :

Проверяем и корректируем углы и нормали для достижения максимальной производительности.

– Подготовка для бейкинга :

Экспортируем готовую низкополигональную модель вместе с UV-картами для дальнейшего использования в Substance Painter.

Blender позволяет нам максимально оптимизировать уже существующую Low-Poly модель.

2.3.3 Перенос деталей

Для сохранения деталей исходной высокополигональной модели (если она была использована ранее) мы используем технологию бейкинга в Blender. Процесс включает следующие шаги:

– Настройка связей между моделями :

Высокополигональная модель используется как источник данных, а низкополигональная — как приемник.

– Генерация нормал-карт :

Создаем карты, которые передают информацию о рельефе поверхности для низкополигональной модели.

– Экспорт результатов :

Готовые текстуры экспортируются для дальнейшей обработки в Substance Painter.

Бейкинг позволяет нам сохранить визуальную достоверность при снижении нагрузки на систему.

2.3.4 Текстурирование

На этом этапе мы работаем с текстурами для низкополигональных моделей в Substance Painter. Программа отвечает за следующие задачи:

Прямая работа с 3D-моделями :

– Импортируем низкополигональную модель и начинаем добавлять материалы.

– Автоматическая генерация текстур :

Используем Smart Materials для быстрого создания детализированных поверхностей.

– Настраиваемые параметры PBR :

Работаем с албедо, нормальными картами, картами окклюзии и другими компонентами для создания реалистичных материалов.

Substance Painter позволяет нам создать текстуры, которые точно передают характер дерева, камня и других материалов даже для низкополигональных моделей.

Перед импортом низкополигональных моделей в Unity мы проводим их финальную подготовку:

- Оптимизация масштабов :

Убеждаемся, что размеры моделей соответствуют требованиям Unity.

- Настройка LOD (Level of Detail) :

Создаем несколько уровней детализации для разных расстояний просмотра низкополигональных моделей.

- Экспорт в формат FBX :

Подготавливаем файлы для беспрепятственного импорта в Unity.

Этот этап гарантирует, что низкополигональные модели будут корректно работать в интерактивной среде.

2.3.5 Создание интерактивной среды

На этом этапе мы используем Unity для создания интерактивной карты Албозинского острога с учетом низкополигональных моделей. Программа выполняет следующие функции:

- Импорт моделей :

Загружаем низкополигональные модели и их текстуры в проект.

- Создание освещения :

Настройка динамического освещения и погодных эффектов для создания атмосферы вокруг низкополигональных объектов.

- Добавление интерактивных элементов :

Реализуем скрипты для управления камерой, информационных подсказок и мини-игр, адаптированных под низкополигональные модели.

Unity становится основной платформой для объединения всех компонентов проекта.

Освещение играет ключевую роль в воссоздании исторической атмосферы с использованием низкополигональных моделей. Мы используем следующие инструменты Unity:

– Realtime Lights :

Создаем динамическое освещение для интерактивности низкополигональных объектов.

– Baked Lights :

Генерируем статические световые карты для оптимизации производительности с учетом низкополигональных моделей.

– Time of Day System :

Добавляем возможность изменения времени суток для повышения погружения в мир низкополигональных моделей.

Правильное освещение делает карту более живой и реалистичной, даже с минимальным количеством полигонов.

На этом этапе мы реализуем интерактивные элементы с учетом низкополигональных моделей:

– Система камер :

Создаем свободное перемещение пользователя по территории острога, где все объекты представлены в виде низкополигональных моделей.

– Информационные подсказки :

Добавляем скрипты для вывода информации о строениях, сделанных в виде низкополигональных объектов.

– Мини-игры :

Разрабатываем простые игры, связанные с историей острога, используя низкополигональные модели для оптимизации производительности.

Эти элементы делают карту не только визуально привлекательной, но и образовательно полезной.

Использование 3ds Max, Blender, Substance Painter и Unity позволило нам создать полный цикл разработки, фокусируясь на низкополигональных моделях:

3ds Max — создание базовой низкополигональной модели.

Blender — оптимизация и бейкинг для низкополигональных моделей.

Substance Painter — создание текстур для низкополигональных моделей.

Unity — разработка интерактивной карты с использованием низкополигональных объектов.

Таким образом, мы достигли высокого уровня качества в воссоздании Албозинского острога, сохранив историческую достоверность и обеспечив современную интерактивность с оптимальной производительностью благодаря низкополигональным моделям.

3 РАЗРАБОТКА

3.1 Ретопология

Ретопология представляет собой одну из фундаментальных процедур в цифровом моделировании, заключающуюся в перестройке высокополигональной геометрии с целью получения низкополигонального аналога, обладающего функциональной эффективностью и сохраняющего эстетическую и структурную целостность оригинала. Эта процедура играет важнейшую роль при подготовке моделей к работе в интерактивных средах, таких как игровые движки или VR-приложения, поскольку позволяет значительно повысить производительность системы без значительной потери визуального качества.[2]

В контексте нашего проекта, посвящённого созданию интерактивной 3D-модели Албозинского острога, ретопология выступает не просто технической задачей, но и архитектурно-исторической необходимостью. Модель должна быть не только оптимизирована под Unity, но и сохранить свои исторические особенности — от формы деревянных стен до деталей строительной конструкции. Это требует внимательного подхода к выбору методов, инструментов и параметров работы.

Особое значение имеет также понимание того, что ретопология — это не просто упрощение геометрии, а полноценный этап моделирования, на котором происходит повторное проектирование объекта с учётом его дальнейшего применения.

Подготовка к процессу ретопологии является не менее важным этапом, чем сама работа над моделью. От правильной организации рабочего пространства зависит скорость выполнения операций, качество конечного продукта и удобство дальнейшей доработки. Поэтому перед началом ретопологических работ проводится ряд предварительных мероприятий.

Модель импортируется в программу Blender, где устанавливается корректная система координат, масштаба и ориентации. Эти параметры должны соответствовать стандартам Unity, чтобы обеспечить совместимость и избежать ошибок при импорте. Также создаются вспомогательные камеры и освещение, обеспечивающие комфортную работу с моделью в разных проекциях — вид спереди, сверху, перспективный и т. д.

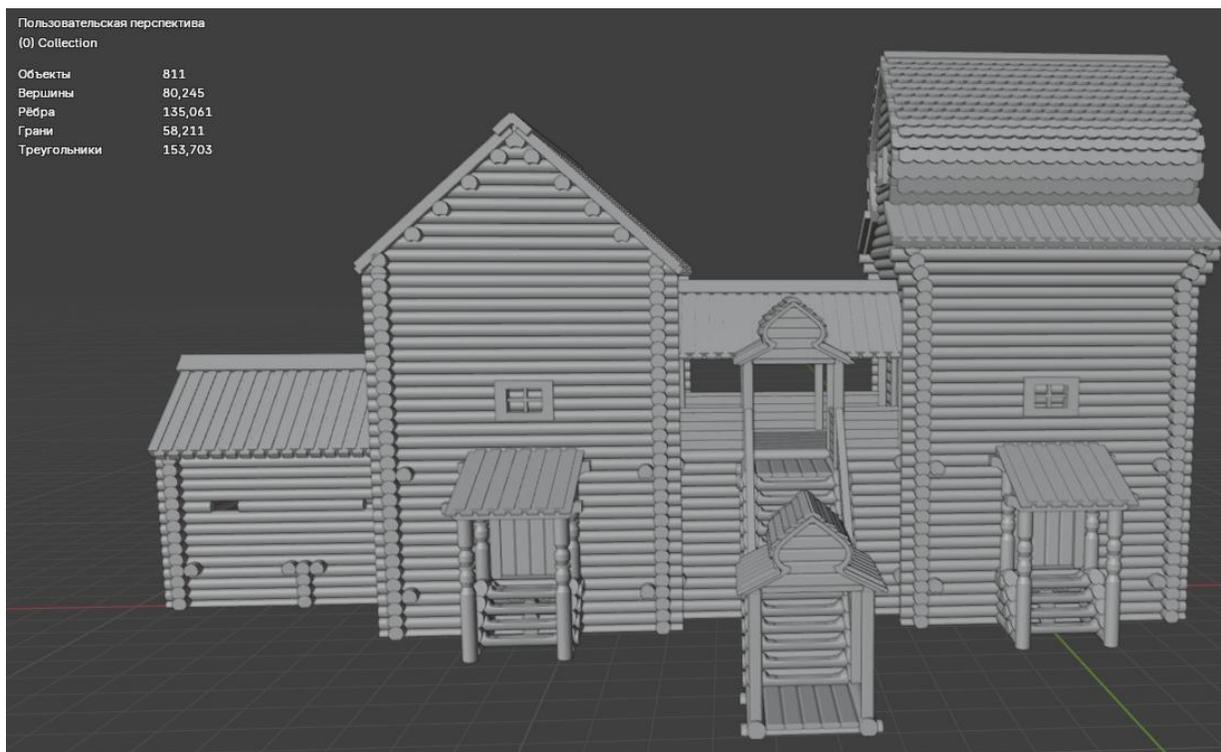


Рисунок 20 – импортированный объект в Blender

Дублирование исходной модели позволяет сохранить эталонный вариант, используемый в качестве визуального ориентира. Это особенно важно при ремоделировании, когда необходимо сравнивать промежуточные результаты с оригиналом. Дополнительно может быть применён Shrinkwrap Modifier, который помогает новой сетке «прилипнуть» к поверхности оригинальной модели, обеспечивая точность воспроизведения форм.

На этом этапе также учитывается тип используемых материалов и текстур, так как они могут повлиять на выбор методов работы и распределение полигонов. Такие действия позволяют создать прочную

основу для последующих этапов ретопологии и моделирования.

Blender предоставляет широкий спектр инструментов, способствующих точному и эффективному выполнению ретопологических задач. Основными из них являются:

Retopoflow — плагин, специально разработанный для профессиональной ретопологии, позволяющий работать с поверхностью как с «глиной», создавая чистую сетку с контролем плотности полигонов.

Shrinkwrap Modifier — обеспечивает автоматическое привязывание новых полигонов к поверхности оригинальной модели, что особенно важно при работе с органическими формами.

Snapping Tools — гарантируют точное выравнивание новых элементов относительно существующих геометрических примитивов, что критично при работе с архитектурными формами.

Эти инструменты используются комплексно, что обеспечивает не только техническую точность, но и архитектурную гармонию модели. При этом выбор конкретного инструмента зависит от сложности участка, желаемого уровня детализации и личных предпочтений моделировщика.

Также важно учитывать параметры, влияющие на производительность — например, количество активных модификаторов, уровень детализации и размер временных файлов. Для сложных моделей рекомендуется использовать специализированные настройки памяти и оптимизацию кэша, чтобы избежать замедления работы.

Процесс ретопологии начинается с построения каркасной структуры, повторяющей форму оригинальной модели. Мы последовательно выстраиваем геометрию, начиная с крупных компонентов — стен, башен, основания — и постепенно переходим к детальным элементам, таким как оконные проёмы, дверные рамы, крыши. Каждый новый полигон размещается с учётом принципов edge flow и минимальной избыточности.

Особое внимание уделяется сохранению ключевых архитектурных особенностей, таких как угловые соединения, деревянные балки и конструктивные переходы между строениями. При этом важно соблюдать баланс между детализацией и производительностью — слишком много полигонов снижает FPS в Unity, слишком мало — делает модель неузнаваемой.

Работа ведётся в нескольких проекциях одновременно, что позволяет контролировать точность и избегать деформаций. Также применяются вспомогательные линии и точки привязки, которые помогают сохранять симметрию и пропорции. Этот этап требует не только технических навыков, но и понимания исторического контекста моделируемого объекта.

На данном этапе мы не ограничиваемся простым упрощением модели — происходит активное моделирование и ремоделирование, направленное на оптимизацию формы под нужды интерактивной среды. Это включает:

Коррекцию пропорций, если они были неточны в оригинальной модели.

Упрощение сложных конструкций без потери узнаваемости.

Изменение топологии для повышения устойчивости модели к деформации в Unity.

Этот этап требует глубокого понимания архитектурных форм, исторической достоверности и специфики работы игровых движков. Например, если в оригинальной модели есть декоративные элементы, которые не несут функциональной нагрузки, их можно удалить или заменить текстурами, сохранив внешний вид, но снизив нагрузку.

Кроме того, при ремоделировании важно учитывать возможность дальнейших изменений — например, добавление анимаций или взаимодействия с пользователем. Это влияет на структуру сетки и распределение полигонов.

Албозинский острог представляет собой уникальный объект исторической архитектуры, характеризующийся наличием множества конструктивных особенностей, которые требуют особого внимания при ретопологии. Среди них можно выделить:

- Угловые башни, имеющие округлую или многогранную форму.
- Деревянные укрепления с характерными соединениями балок.
- Переходы между строениями, такие как мосты, лестницы, проёмы.
- Архитектурные элементы, такие как окна, двери, кровельные конструкции.

Обработка каждого из этих элементов требует не только точного воспроизведения геометрии, но и понимания их функциональной роли в контексте интерактивной среды. Например, деревянные стены могут быть заменены текстурами после бейкинга, тогда как угловые переходы должны сохранять чёткость формы для обеспечения правильного освещения и теней в Unity.

Для эффективной работы с такими участками применяются специальные методы:

- Разбиение сложных форм на простые примитивы.
- Использование повторяющихся паттернов для однотипных элементов (например, рядовые окна).
- Точное выравнивание полигонов с использованием Snapping Tools.
- Адаптация edge flow под световые эффекты и шейдинг.

Особое внимание уделяется местам пересечения различных материалов — например, где дерево встречается с металлическими креплениями. Здесь важно сохранить чёткие границы и избежать наложения текстур.

Такой подход позволяет добиться высокой степени соответствия между оригиналом и оптимизированной моделью, что особенно важно при её дальнейшем использовании в образовательных и культурных целях.

После завершения процесса ретопологии следующим важным этапом становится создание UV-развёртки — операции, заключающейся в преобразовании трёхмерной поверхности в двухмерное пространство для последующего наложения текстур. Этот этап влияет не только на качество отображения материалов, но и на производительность системы, поскольку некорректная развёртка может привести к искажению текстур, разрывам и артефактам в Unity.

Процесс создания UV-карт включает несколько ключевых шагов:

- Выбор метода развёртки: автоматический (Smart UV Project) или ручной (с использованием Seams).
- Разделение модели на логические части (например, стены, крыши, детали декора).
- Минимизация искажений и разрывов через инструменты Relax и Pin.
- Группировка частей модели для удобства текстурирования и оптимизации Atlas-текстур.

Важно также учитывать масштаб текстур относительно расстояния просмотра. Для крупных объектов, таких как стены острога, используется более высокая плотность UV-сетки, тогда как для малозаметных деталей допускается снижение разрешения.

Кроме того, создаются отдельные карты для разных типов материалов — например, одна UV-область для дерева, другая — для камня, третья — для железных скоб. Это позволяет более точно контролировать внешний вид объекта в игровом движке.

Для сохранения визуальной детализации используется технология бейкинга, при которой данные с высокополигональной модели переносятся на низкополигональную в виде текстур. Процесс включает:

- Создание нормал-карт для передачи рельефа.
- Перенос цветовых данных (albedo).

– Генерацию карт окклюзии, гладкости, металличности и других PBR-компонентов.

Эта процедура выполняется в Blender с использованием Bake-системы, обеспечивающей высокую степень соответствия между оригиналами и оптимизированной моделью. Ключевыми параметрами являются:

- Разрешение текстур (обычно 2К или 4К для моделей уровня AAA).
- Метод проекции (Cage или Ray Distance).
- Параметры фильтрации для минимизации артефактов.

Нормал-карты играют особенно важную роль, так как позволяют имитировать глубину поверхностей без увеличения количества полигонов. Например, фактура древесины или швы между бревнами могут быть реализованы через текстуры вместо реального моделирования.

Бейкинг также позволяет экономить время на создании текстур вручную, так как большая часть информации уже содержится в оригинальной модели.

Это делает процесс более эффективным и упрощает дальнейшую работу с материалами в Unity.

После завершения всех этапов модель готова к экспорту в Unity. На этом этапе проводятся следующие действия:

- Проверка целостности геометрии, материалов и UV-карт.
- Экспорт модели в форматах FBX или OBJ.
- Подготовка текстурных файлов и шейдеров для Unity.

Важно также учитывать требования Unity к масштабу, системе координат и типам материалов, чтобы избежать ошибок при импорте. Например, система координат должна быть Y-Up, а масштаб должен соответствовать реальным размерам объекта.

Материалы назначаются в соответствии с принципами PBR (Physically Based Rendering), что обеспечивает реалистичное взаимодействие света с

поверхностями. Для каждой группы материалов создаются отдельные шейдеры, учитывающие такие параметры, как roughness, metallic, albedo и normal map.

Дополнительно проверяются параметры LOD (Level of Detail), если планируется использование нескольких уровней детализации. Это особенно важно для больших объектов, таких как Албозинский острог, которые будут рассматриваться на разных расстояниях.

Ретопология стала ключевым этапом в преобразовании высокополигональной модели Албозинского острога в функциональный игровой объект. Через процесс моделирования, ремоделирования и оптимизации была создана низкополигональная версия, которая сохранила историческую форму и архитектурные особенности, одновременно обладая высокой производительностью.

Этот многоэтапный процесс позволил:

- Снизить вычислительную нагрузку в Unity.
- Сохранить визуальную достоверность через бейкинг.
- Обеспечить простоту дальнейшей доработки в игровом движке.

Таким образом, благодаря профессионально выполненной ретопологии, модель Албозинского острога стала полноценным элементом интерактивной исторической реконструкции, доступной для использования в образовательных, культурных и туристических целях.

3.2 Создание карты местности и ее текстурирование

Создание интерактивной карты местности является ключевым этапом реализации проекта по визуализации Албозинского острога в игровом движке Unity. Цель данного этапа заключается в объединении ранее подготовленной низкополигональной 3D-модели острога с реалистичным ландшафтом, что позволит пользователю свободно перемещаться по территории, изучать объект в контексте его исторического окружения и взаимодействовать с

элементами реконструкции.[3]

Карта включает не только само здание острога, но и прилегающую территорию — леса, реки, дороги, поселения и другие архитектурные элементы того времени. Для её реализации используется мощная система Terrain Engine внутри Unity, которая обеспечивает гибкость в редактировании поверхности, добавлении растительности и настройке освещения.

Также важно подчеркнуть, что карта выступает не просто как фоновая среда, но как полноценная интерактивная часть проекта, способствующая погружению пользователя в исторический контекст.

Перед началом работы над картой в Unity необходимо убедиться, что модель острога полностью готова к использованию в игровом движке. Это включает:

- Проверку корректности полигональной сетки.
- Уточнение UV-развёртки и назначения материалов.
- Экспорт модели в формате FBX или OBJ с сохранением всех необходимых данных (материалов, текстур, анимаций).

Модель должна быть оптимизирована для работы в реальном времени, то есть иметь минимальное количество полигонов, но при этом сохранять узнаваемые архитектурные особенности. Также проводится тестирование производительности на различных устройствах, чтобы убедиться в отсутствии просадок FPS.

При экспорте важно указать правильную систему координат (Y-Up), масштаб и параметры нормалей, чтобы избежать деформаций и ошибок при импорте.

После завершения подготовки модель импортируется в Unity через стандартный механизм Asset Import Pipeline. При этом автоматически создаются Material и Mesh-объекты, которые затем можно настраивать

вручную.

На данном этапе важно:

- Проверить корректность расположения модели в мировой системе координат.
- Убедиться, что материалы были правильно распределены по частям модели.
- Настроить физические компоненты, если планируется взаимодействие пользователя с объектом.

Также может потребоваться повторная UV-развёртка или коррекция шейдеров для достижения максимального качества визуализации. Если модель была разделена на части (например, стены, крыши, башни), каждая из них может быть отдельно загружена и настроена.

Unity позволяет использовать различные типы шейдеров — от классических Standard Shader до более продвинутых HDRP/URP решений. Выбор зависит от целевой платформы и требований к графическому качеству.

Создание ландшафта осуществляется с помощью встроенного инструмента Unity — Terrain. Он предоставляет широкий набор функций для формирования поверхности, включая:

- Рельеф (Raise/Lower Terrain).
- Текстурирование (Paint Texture).
- Добавление растительности (Trees, Details).
- Создание водных поверхностей.

Процесс начинается с установки базового уровня высоты, который соответствует реальной топографии местности. Затем добавляются холмы, овраги и другие элементы, характерные для региона, где находился Албозинский острог.

Для увеличения реализма используются текстуры разных типов грунта — трава, песок, камень, грязь. Они комбинируются в слои, чтобы добиться

естественного перехода между различными поверхностями.

Также добавляется растительность — деревья, кустарники, трава. Все эти элементы могут быть настроены по количеству, плотности и высоте размещения.

После формирования ландшафта модель Албозинского острога размещается на карте в соответствии с историческими источниками. Это включает:

Корректное позиционирование относительно реки и дорог.

Ориентацию по сторонам света.

Привязку к рельефу местности.

Если модель была создана без учёта точного масштаба местности, может понадобиться её пересчёт или коррекция в 3ds Max. Также важно учитывать перспективу — так, чтобы пользователь мог видеть основные достопримечательности с главной точки обзора.

Для дополнительной привязки могут использоваться вспомогательные элементы — мосты, заборы, дорожные знаки — которые помогают воссоздать историческую атмосферу.

Наложение текстур — один из ключевых этапов подготовки модели к работе в Unity. Этот процесс выполняется в 3ds Max с использованием Material Editor и UVW Mapping Modifier.

Основные шаги:

- Создание новых материалов в редакторе V-Ray или Arnold.
- Назначение текстур (albedo, normal map, roughness и др.).
- Работа с UV-развёрткой для точного наложения материалов.
- Тестирование материалов в режиме реального времени.

Для древесины, камня и металла создаются отдельные шейдеры, учитывающие их физические свойства. Например, деревянные конструкции имеют выраженную текстуру волокон и небольшую шероховатость, тогда как

железные скобы обладают высокой отражающей способностью.

Также создаются Atlas-текстуры — большие изображения, содержащие несколько материалов в одном файле, что позволяет снизить количество draw calls в Unity и повысить производительность.

После завершения текстурирования все материалы и текстуры экспортируются из 3ds Max в форматах, совместимых с Unity. Это включает:

- Сохранение текстур в PNG или TGA (для нормал-карт) форматах.
- Сохранение материалов в виде MTL-файлов.
- Экспорт модели в FBX с сохранением ссылок на текстуры.[4]

Важно также проверить пути к текстурам, чтобы они были корректно связаны с моделью при импорте в Unity. Если текстуры находятся в отдельной папке, её нужно подключить как Assets Folder.

Для повышения производительности могут применяться техники сжатия текстур, такие как DXT или ASTC, особенно при работе с мобильными устройствами.

Процесс создания модели включает работу в нескольких программных комплексах, каждый из которых отвечает за свою часть задачи:

- 3ds Max — создание модели и первичное текстурирование.
- Blender — ретопология и бейкинг.
- Unity — интеграция модели в интерактивную среду.

Для успешного обмена данными между программами используется формат FBX, который поддерживает полигоны, материалы, UV-карты и анимации. Каждый этап включает экспорт и импорт с соблюдением следующих параметров:

- Единая система координат (Y-Up).
- Сохранение масштаба и ориентации.
- Корректная передача UV-сетки и материальных ID.

Этот подход обеспечивает бесперебойное прохождение модели через

весь производственный цикл, от моделирования до конечного применения в Unity.

После импорта модели в Unity проводится финальная доработка материалов и текстур. Это включает:

- Проверку корректности наложения текстур.
- Настройку шейдеров под нужды проекта.
- Добавление эффектов (освещение, тени, отражения).

Unity поддерживает как встроенные Standard Shader, так и более современные решения, такие как URP/HDRP. Выбор зависит от целевой платформы и требований к графическому качеству.

Также создаются анимированные материалы (например, мерцающий факел) и применяются Post-Processing эффекты для улучшения восприятия сцены. Все изменения тестируются в Play Mode, чтобы убедиться в отсутствии визуальных артефактов.

Завершение этапа создания карты и интеграции модели в Unity стало важным шагом в реализации проекта. Благодаря комплексному подходу удалось объединить историческую точность, современные технологии моделирования и возможности интерактивной среды.

Так же на этом этапе были разработаны 3 UML диаграммы которые отражают принципы работы нашей программы:

- диаграмма последовательности;
- диаграмма классов;
- диаграмма прецедентов.

С данными диаграммами можно ознакомиться в приложение.

3.3 Создание итогового ПО в Unity

Создание финального программного обеспечения (ПО) является завершающим этапом реализации проекта по визуализации Албозинского острога. Цель данного этапа — разработка полноценного интерактивного

приложения в игровом движке Unity, которое будет содержать:
Полностью затекстурированную и оптимизированную модель острога.
Реалистичный ландшафт местности, воссозданный на основе исторических данных.

Интерфейс пользователя для навигации и изучения объекта.

Систему взаимодействия с элементами среды.

Это приложение может быть использовано как образовательный инструмент, туристический гид или часть музейной экспозиции под открытым небом. Таким образом, финальное ПО становится не просто технической реализацией, но и культурно-образовательным продуктом.

На данном этапе ранее подготовленная низкополигональная модель Албозинского острога импортируется в Unity с полной передачей материалов, UV-карт и текстур. Процесс включает следующие шаги:

- Проверка корректности экспорта из 3ds Max и Blender.
- Импорт модели через Asset Import Pipeline.
- Настройка шейдеров и параметров материалов в Unity.

Важно убедиться, что все части модели правильно ориентированы в мировой системе координат и имеют правильные нормали. Также проводится проверка наличия ошибок полигональной сетки, таких как невидимые или перевёрнутые полигоны.

Если модель была разделена на компоненты (например, стены, башни, крыши), они могут быть загружены отдельно, чтобы повысить производительность за счёт LOD (Level of Detail) и динамической загрузки.

Для повышения визуальной достоверности и погружения пользователя в историческую обстановку создаётся система освещения, включающая:

- Динамическое освещение от источников (солнце, факелы, окна).
- Статические тени (Baked Lighting).
- Time-of-Day системы для изменения времени суток.

Unity предоставляет мощные инструменты для работы с освещением, такие как Lightmapper, который позволяет создавать высококачественные тени и глобальное освещение без значительных потерь производительности.

Также добавляются частицы (например, пыль, дым, мерцающий огонь), которые усиливают атмосферу и делают сцену более живой.

Для обеспечения максимального уровня взаимодействия с пользователем разрабатывается система перемещения, которая включает:

Камеру первого лица (FPS Camera) или свободную камеру.

Управление с помощью клавиатуры и мыши.

Скрипты на языке C# реализуют основные функции управления, такие как ходьба, бег, прыжки, взаимодействие с объектами. Также добавляются ограничения на перемещение — например, нельзя пройти сквозь стену или выйти за границы карты.

Для удобства пользователя также создаются точки сохранения или точки телепортации, позволяющие быстро перемещаться между важными зонами.

Интерфейс пользователя (UI) играет ключевую роль в восприятии информации и управлении приложением. Он включает:

- Меню запуска (начальный экран).
- Навигационную карту местности.
- Систему подсказок и информации о строениях.
- Элементы управления (кнопки, слайдеры, меню).

UI разрабатывается с использованием Canvas и UI Toolkit в Unity. Для обеспечения доступности используются крупные кнопки, контрастные цвета и четкие надписи. Также добавляется голосовое сопровождение или текстовые подсказки, что особенно важно для образовательного применения.

Для повышения вовлечённости пользователя добавляются:

Информационные подсказки при наведении курсора на объект.

Мини-игры, связанные с историческими событиями.

Интерактивные книги, документы, аудиозаписи.

Эти элементы реализуются через систему Raycasting и Event Trigger в Unity.

При наведении на объект активируется событие, которое может запустить анимацию, проиграть звук или открыть информационное окно.

Мини-игры создаются на базе простых механик — например, сбор предметов, решение головоломок или выбор действий, влияющих на развитие сюжета.

Аудиосопровождение играет важную роль в создании атмосферы и эмоционального восприятия. На этом этапе добавляется:

- Фоновая музыка, соответствующая исторической эпохе.
- Звуки окружающей среды (ветер, птицы, шаги).
- Голосовые комментарии и исторические справки.

Звуки добавляются через Audio Source и управляются с помощью Timeline и Scripting. Также создаются события, включающие звук при взаимодействии с объектами — например, открытие двери сопровождается соответствующим звуком.

После завершения всех этапов проводится комплексное тестирование приложения:

- Проверяется стабильность FPS на разных устройствах.
- Выявляются и исправляются баги.
- Проводится оптимизация ресурсов (текстур, моделей, скриптов).
- Для повышения производительности применяются следующие методы:
- Использование LOD для удалённых объектов.
- Оптимизация шейдеров.
- Уменьшение количества draw calls через Atlas-текстуры.

Также тестируется работа приложения на различных платформах — PC, мобильных устройствах, VR-гарнитурах.

Финальная сборка проекта включает

Также тестируется работа приложения на различных платформах — PC, :

- Настройку параметров Build Settings в Unity.
- Выбор целевой платформы (Windows, macOS, Android и т. д.).
- Создание исполняемого файла (.exe, .apk и др.).

При сборке учитывается:

Версионирование проекта.

- Сохранение исходных файлов для дальнейшей доработки.
- Проверка совместимости с целевыми устройствами.

Созданный билд тестируется на нескольких устройствах, чтобы убедиться в его работоспособности. Также готовятся установочные файлы и инструкции для пользователей.

3.3.1 Технические сложности с которыми мы столкнулись

Одной из ключевых проблем при работе с несколькими программными комплексами стало обеспечение корректного обмена данными между 3ds Max, Blender, Substance Painter и Unity. Формат FBX, хотя и является стандартным, не всегда сохраняет все данные без потерь. Например:

- UV-развёртки могли быть перепутаны.
- Материалы теряли свои параметры при импорте в Unity.
- Нормал-карты отображались некорректно из-за различий в системах координат.

Для решения этих проблем были разработаны чёткие протоколы экспорта/импорта:

- Использование единой системы координат (Y-Up).
- Проверка материалов перед экспортом.

Несмотря на наличие мощных инструментов освещения в Unity, на практике возникало множество проблем:

- Бликующие материалы (например, деревянные крыши) вызывали артефакты.

- Динамическое освещение приводило к просадкам FPS.

- Ночные сцены выглядели слишком темно, что снижало доступность.

- Решение заключалось в следующем:

- Разделение света на динамический и статический (Baked Lighting).

- Использование Light Probes для освещения движущихся объектов.

- Коррекция HDR-текстур и добавление Post-Processing эффектов.

При работе с текстурами и материалами в Substance Painter и 3ds Max встречались следующие трудности:

- Несоответствие цветовой гаммы между Substance и Unity.

- Перегрузка текстурными картами, особенно на мобильных устройствах.

- Необходимость ручной коррекции Roughness и Metallic карт.

Чтобы минимизировать эти проблемы, была разработана система контроля качества материалов:

- Все текстуры проверялись через Material Preview в Substance Painter.

- Проводилось тестирование в Unity перед финальной сборкой.

- Для мобильных версий использовались сжатые текстуры и упрощённые шейдеры.

Создание пользовательского интерфейса оказалось одной из самых сложных задач, так как он должен был быть:

- Интуитивно понятным.

- Совместимым с разными разрешениями экрана.

- Четко отображаться на всех платформах.

Проблемы включали:

- Нечитаемость текста на некоторых устройствах.
- Задержки при переходе между меню.
- Для устранения применялись:
- Canvas Scaler и Anchors для адаптивного UI.
- Анимации с плавным переходом между состояниями.
- Тестирование на нескольких устройствах.

Интерактивные элементы (мини-игры, подсказки, события) требовали точной настройки:

- Raycasting часто работал некорректно с неплоскими поверхностями.
- Объекты не реагировали на клик из-за ошибок Collider.
- События запускались с задержкой или повторно.

Решение:

- Использование Line Renderer и Debug Visualizer для проверки Raycast.
- Добавление коллайдеров с минимальным количеством полигонов.
- Использование Event Trigger вместо OnMouseDown для повышения

надёжности.

Одной из основных нетехнических, но важнейших проблем стало соблюдение исторической достоверности. Некоторые аспекты, такие как:

- Цвет стен и кровель.
- Расположение строений.
- Материалы конструкций — не всегда соответствовали современным

представлениям.

Это потребовало:

- Консультаций с историками и археологами.
- Сравнения с чертежами и фотографиями эпохи.
- Создания нескольких вариантов моделей для выбора наиболее

достоверного.

На этапе тестирования и билда приложения столкнулись со

следующими проблемами:

- Различия в отображении сцены на разных устройствах.
- Ошибки при сборке билда (отсутствующие файлы, неверные пути).
- Критические ошибки в скриптах при первом запуске.

Завершение этапа создания финального программного обеспечения стало логическим завершением всего проекта по визуализации Албозинского острога. Благодаря комплексному подходу удалось объединить историческую реконструкцию, современные технологии моделирования и возможности интерактивной среды.

Проект показал эффективность использования Unity и смежных технологий для популяризации исторического наследия, а также возможность создания интерактивных решений, сочетающих в себе точность, наглядность и доступность.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

4.1 Общая схема решения

В современных условиях проектирование и разработка цифровых продуктов, таких как интерактивная 3D-визуализация исторических объектов, требует не только технической подготовки, но и соблюдения норм безопасности жизнедеятельности. Особенно это важно при выполнении длительной работы за компьютером, связанной с использованием графических редакторов, игровых движков и сложных вычислений.

Целью данного раздела является анализ условий труда, организация безопасного рабочего места, а также предотвращение факторов, способных негативно влиять на здоровье пользователя в процессе создания 3D-модели Албозинского острога.

4.1.1 Условия труда при разработке проекта

Проект по созданию 3D-модели реализуется преимущественно в стационарных условиях, с использованием персонального компьютера и специализированного программного обеспечения (Blender, Unity, Substance Painter, 3ds Max). Такая деятельность относится к умственному труду с высокой степенью концентрации внимания, что предъявляет особые требования к организации рабочего процесса.

На рабочем месте могут присутствовать следующие вредные и опасные производственные факторы:

Электромагнитное излучение от монитора.

Неправильная осанка и зрительное переутомление.

Статическое напряжение мышц при длительной работе с мышью и клавиатурой.

Недостаточная освещённость или блики на экране.

Высокая нагрузка на психику из-за длительной концентрации

внимания.

Для минимизации этих факторов необходимо строго соблюдать правила эргономики и трудового режима.

4.1.2 Организация рабочего места

Правильно организованное рабочее место — ключевой элемент профессиональной безопасности. При работе над 3D-проектами пользователь проводит значительное количество времени за компьютером, поэтому важна не только физическая, но и психологическая комфортность среды.

Основные компоненты рабочего места:

Эргономическое кресло с поддержкой поясницы и регулировкой высоты.

Письменный стол соответствующей высоты (75 см для человека среднего роста).

Монитор , установленный на уровне глаз или чуть ниже, с защитой от бликов.

Клавиатура и мышь — на уровне локтей, без чрезмерного напряжения запястий.

Подставка для рук или покойник (wrist rest) для снижения нагрузки на кисти.

Надлежащее освещение — комбинированное (естественное + искусственное), без бликов на экране.

4.1.3 Требования к оборудованию и мебели

Для обеспечения безопасности и здоровья работающего необходимы следующие параметры:

Элемент	Требования
Монитор	Диагональ не менее 22 дюймов, матрица IPS, антибликовое покрытие
Стол	Поверхность — матовая, высота 70–80 см

Стул	Регулировка высоты, наличие подголовника, поддержки спины
Стол	Поверхность — матовая, высота 70–80 см
Клавиатура	Механическая или мембранная с минимальным усилием на нажатие
Мыши	Эргономическая форма, сенсор оптический, регулируемый DPI
Освещение	Лампа с регулировкой цветовой температуры, угол света — вне поля зрения

4.1.4 Физические факторы и их влияние на здоровье

При длительной работе с 3D-редакторами и игровыми движками пользователь подвержен воздействию следующих факторов:

Зрительное переутомление — вызвано длительной фокусировкой на экране, мерцанием и контрастом.

Статическое напряжение — постоянное положение рук на клавиатуре и мыши.

Психозмоциональное напряжение — обусловлено многозадачностью, высокой точностью моделирования и необходимостью соблюдения сроков.

Для снижения влияния данных факторов применяются:

Регулярные перерывы каждые 45–60 минут.

Гимнастика для глаз и кистей.

Использование программ-таймеров (Workrave, Stretchly).

Применение «темных» тем UI для снижения нагрузки на зрение.

4.1.5 Эргономика и её роль в безопасности

Эргономика — наука о создании оптимальных условий труда, направленная на повышение эффективности и сохранение здоровья работника. При работе с 3D-моделированием и разработкой ПО эргономика

играет решающую роль.

Основные принципы:

Положение монитора: центр экрана находится на уровне глаз, расстояние до глаз — 50–70 см.

Положение корпуса: спина прямая, плечи расслаблены, локти согнуты под углом 90°.

Положение нижних конечностей: ноги должны упираться в пол или подставку.

Использование стоячего стола и чередование позиции тела помогает снизить риск развития хронических заболеваний.

4.1.6 Освещение и его влияние на безопасность

Недостаточное или неправильно организованное освещение может привести к быстрому утомлению, снижению качества работы и ухудшению общего самочувствия.

Рекомендации по освещению:

Общее освещение должно быть равномерным, без бликов на экране.

Дневное освещение — предпочтительно естественное, с регулировкой яркости.

Дополнительная лампа должна находиться сбоку от экрана, чтобы не создавать бликов.

Цветовая температура монитора: 5000–6000К днём, 3000–4000К вечером.

4.1.7 Психофизиологический аспект безопасности

Работа с 3D-редакторами и игровыми движками требует высокой концентрации внимания, аналитического мышления и творческого подхода.

Однако длительная концентрация может вызывать:

Усталость,

Снижение продуктивности,

Повышенную раздражительность.

Для минимизации рисков:

Используются методы тайм-менеджмента (техника Pomodoro).

Создаётся система задач (To-do list) для снижения стресса.

Регулярно проводится самооценка уровня усталости и концентрации.

4.1.8 Безопасность при работе с программным обеспечением

При работе с такими программами, как Blender, Unity, 3ds Max, также есть свои особенности, связанные с безопасностью:

Возможные риски:

Перегрев техники при длительной работе с GPU-интенсивными задачами.

Чрезмерное использование памяти и ресурсов, ведущее к сбоям.

Неправильное использование файловых систем и потерянные данные.

Профилактика:

Регулярное тестирование системы на тепловую нагрузку.

Использование SSD и облачных хранилищ для резервного копирования.

Настройка автоматического сохранения проекта.

Использование версионного контроля (Git, Perforce).

4.2 Экологичность

Современная работа по созданию цифровых продуктов, таких как интерактивная 3D-визуализация исторических объектов, предполагает использование значительного объёма технических средств, оргтехники и программного обеспечения. При этом не стоит упускать из внимания влияние такой деятельности на окружающую среду — особенно в части образования и обращения с отходами.

Целью данного раздела является анализ экологического воздействия

деятельности разработчика, связанной с выполнением проекта «Разработка визуальной 3D модели Албозинского острога», а также оценка соответствия системы обращения с отходами действующему законодательству РФ.

4.2.1 Общие экологические аспекты деятельности

Проект по созданию 3D-модели предполагал использование следующих видов оборудования:

Персональный компьютер (ПК) с высокой производительностью.

Мониторы (обычно 2–3 шт.).

Клавиатура, мышь, графический планшет (при наличии).

Принтер/сканер для подготовки документации.

Сетевое оборудование (роутеры, удлинители, ИБП).

Эти устройства имеют ограниченный срок службы и со временем становятся источником электронных отходов (e-waste), требующих специального обращения. Кроме того, к числу отходов относятся:

Люминесцентные лампы и светодиодные источники освещения.

Макулатура (черновики, распечатки, чертежи).

Офисная мебель (при замене стульев, столов, стоек).

Упаковочные материалы от новой техники.

4.2.2 Жизненный цикл техники и образование отходов

Использование вычислительной техники в процессе разработки 3D-моделей связано с рядом факторов, влияющих на экологию:

Энергопотребление:

Работа ПК, видеокарты и периферийных устройств приводит к повышенному энергопотреблению. Особенно это касается длительных этапов рендеринга и тестирования моделей в Unity.

Износ и выход из строя техники:

Компьютерное оборудование имеет ограниченный срок службы. Например:

Видеокарта — 5–7 лет,

Процессор — 7–10 лет,

Монитор — 6–8 лет.

После окончания эксплуатации такие устройства становятся электронными отходами, содержащими тяжёлые металлы, пластик и другие потенциально опасные вещества.

Образование вторичных отходов:

Помимо самой техники, образуются:

Упаковочный материал (картон, пенополистирол),

Лампы дневного света или LED-освещения,

Аккумуляторы и батареи от ноутбуков и UPS,

Макулатура и канцелярские принадлежности.

4.2.3 Система утилизации отходов

Утилизация отходов осуществляется через специализированные организации, имеющие лицензии на обращение с отходами I–V классов опасности. Для работы с такими организациями составляются договоры на вывоз и утилизацию.

Этапы утилизации:

Инвентаризация отходов — фиксируется тип, количество и категория опасности.

Оформление актов списания — формируется документация по выбытию техники.

Передача в компанию-оператора — специалисты выезжают на место и забирают отходы.

Подписание акта утилизации — официальный документ, подтверждающий утилизацию с соблюдением экологических норм.

Также возможна передача техники на переработку в пункты приёма

электронных отходов, где проводится её демонтаж и извлечение ценных материалов (золото, медь, алюминий).

4.2.4 Обращение с люминесцентными лампами

Люминесцентные лампы, используемые в некоторых офисах, содержат пары ртути и относятся к I классу опасности. Их неправильная утилизация может привести к загрязнению воздуха, почвы и воды.

Требования к обращению:

Хранение — в герметичной упаковке, в местах, недоступных для детей и животных.

Маркировка — обязательное указание наличия ртути и класса опасности.

Транспортировка — только через лицензированные компании.

Утилизация — термическое обезвреживание с последующим извлечением ртути и других компонентов.

В большинстве организаций используются LED-лампы, которые менее опасны и подлежат обычной утилизации, хотя рекомендуется всё же их сдавать на переработку.

4.2.5 Обращение с оргтехникой и электронными отходами

Отработавшая оргтехника содержит токсичные вещества (свинец, кадмий, ртуть, бромированные огнеупоры). Поэтому её нельзя выбрасывать вместе с бытовым мусором.

Этапы обращения:

Списание техники — оформляется акт списания с указанием причин.

Хранение — техника хранится в закрытом помещении, защищённом от попадания влаги и солнца.

Передача на утилизацию — через лицензированную организацию, имеющую допуск к обращению с электронными отходами.

Документальное сопровождение — оформляются акты приема-передачи, акты утилизации, акты уничтожения конфиденциальных данных (если были жёсткие диски).

Альтернативы:

Передача техники в благотворительные фонды (при сохранении работоспособности).

Демонтаж и повторное использование деталей (например, оперативной памяти, блоков питания).

Переработка на металлолом и полимеры.

4.2.6 Обращение с макулатурой и бумажными отходами

Бумажные отходы — один из самых распространённых видов отходов в офисной среде. При работе над проектом использовались распечатки чертежей, скриншотов, технической документации.

Организация обращения:

Сортировка — отделение чистой белой бумаги от цветной и глянцевой.

Хранение — в плотных картонных коробках или мешках.

Сдача на переработку — через пункты приёма макулатуры или муниципальные программы раздельного сбора.

Средний коэффициент переработки бумаги составляет около 90% , что делает её одним из самых экологически безопасных видов отходов, при условии правильного обращения.

4.3 Чрезвычайные ситуации

Проект «Разработка визуальной 3D модели Албозинского острога» реализовывался преимущественно в офисных условиях, что подразумевает работу за компьютером, использование оргтехники и пребывание в помещениях, где могут возникнуть чрезвычайные ситуации техногенного характера . Одной из наиболее вероятных ЧС является пожар , обусловленный высокой плотностью электронного оборудования

перегрузкой электросети и наличием горючих материалов.

Целью данного раздела является анализ возможных чрезвычайных ситуаций, существующих мер предупреждения и реагирования, а также выявление отклонений от современных требований безопасности с последующим предложением рекомендаций по их устранению.

4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций

Вид ЧС	Причины	Последствия
Пожар	Перегрузка розеток, неисправность техники, короткое замыкание, наличие бумаги и пластиковых корпусов	Возгорание, задымление, угроза жизни и здоровью, повреждение имущества
Утечка электроэнергии	Пробой изоляции, старые удлинители, неправильное заземление	Поражение электрическим током, выход из строя оборудования
Затопление	Прорыв труб отопления или водопровода, протечка кондиционера	Повреждение оргтехники, риск поражения током
Техногенная авария	Прорыв труб отопления или водопровода, протечка кондиционера	Сбой в работе, потеря данных

Наиболее вероятной и потенциально опасной считается пожарная ЧС , поэтому она рассмотрена более подробно.

4.3.2 Оценка рисков возникновения пожара

Возможные источники возгорания:

Электрооборудование: персональные компьютеры, видеокарты, мониторы, принтеры.

Удлинитель и тройники: часто используются без распределения нагрузки.

Периферийные устройства: зарядные устройства, внешние диски, светильники.

Макулатура и упаковочные материалы: хранятся рядом с техникой.

Факторы, усиливающие риск:

Некачественная проводка.

Отсутствие автоматических выключателей.

Наличие большого количества горючих материалов.

Неисправность систем вентиляции и охлаждения техники.

4.3.3 Меры предупреждения пожаров

В соответствии с ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также ГОСТ Р 12.3.044-2012, организация должна обеспечить комплекс мероприятий по предупреждению пожаров.

Предпринятые меры:

Нормирование нагрузки на электросеть : ограничение числа устройств на одну розетку, использование ИБП и сетевых фильтров с защитой от перегрузки.

Инструктаж сотрудников : проведение инструктажей по пожарной безопасности перед началом работы.

Обслуживание электропроводки : плановая проверка состояния кабелей, розеток и щитов.

Ограничение доступа к источникам питания : запрещено использование самодельных удлинителей.

Наличие огнетушителей : углекислотные огнетушители установлены вблизи рабочих мест.

План эвакуации : размещён в каждом помещении с указанием путей эвакуации и ответственных лиц.

Дополнительно:

Проверка работоспособности системы оповещения о пожаре.

Обучение сотрудников правилам эвакуации и действиям при возгорании.

Регулярная проверка противопожарного оборудования (огнетушители, датчики дыма).

4.3.4 Обнаружение и ликвидация пожара

Системы обнаружения:

Автоматические датчики дыма и тепла , установленные в помещениях.

Видеонаблюдение с функцией термального сканирования (при наличии).

Средства ликвидации:

Огнетушители (ОУ) — углекислотные, порошковые, воздушно-пенные.

Пожарные гидранты и шланги — находятся на территории университета/организации.

Автоматическая система пожаротушения (АСПТ) — если здание оснащено таковой.

Сигнализация и система оповещения — обеспечивают своевременное информирование персонала.

Этапы ликвидации:

Активация сигнализации и вызов МЧС.

Использование первичных средств тушения.

Эвакуация персонала по установленным маршрутам.

Сообщение о ЧС ответственному лицу и службе спасения.

4.3.5 Современные технологии предупреждения пожаров

Современные требования к пожарной безопасности включают внедрение интеллектуальных систем, которые могут повысить уровень защиты при работе с цифровыми продуктами, особенно в помещениях с высокой плотностью оргтехники.

Возможные решения:

Интеллектуальные датчики дыма и тепла с выводом информации на сервер управления.

Автоматическое отключение электропитания при обнаружении перегрева.

Системы раннего обнаружения пламени (инфракрасные камеры).

Интеграция с мобильными приложениями для оперативного информирования.

Такие технологии уже применяются в ряде университетских лабораторий и могут быть внедрены в будущем для повышения уровня безопасности.

4.3.6 Анализ соответствия требованиям безопасности

Плюсы	Минусы
Имеется план эвакуации	Отсутствие автоматической системы пожаротушения в помещениях с высокой плотностью техники.
Установлены огнетушители и знаки безопасности .	Недостаточное количество интеллектуальных датчиков дыма .

Проводятся ежегодные инструктажи по пожарной безопасности.	Отсутствие системы оповещения через мобильные устройства .
Выполняется инвентаризация оборудования и проверка электропроводки.	Недостаточно развитая культура обращения с оргтехникой у студентов.

4.3.7 Анализ соответствия экологическим нормам

Плюсы	Минусы
Наличие системы раздельного сбора отходов .	Отсутствует внутренний регламент по обращению с отходами.
Работа с лицензированными компаниями по утилизации.	Не ведётся учёт отходов в электронном виде.
Сдача оргтехники и ламп в специализированные пункты.	Недостаточно информации о классификации отходов для сотрудников.

4.3.8 Предложения по устранению недостатков

По предупреждению пожаров:

Установить автоматическую систему пожаротушения в помещениях с высокой плотностью техники.

Внедрить интеллектуальные датчики дыма и температуры .

Обеспечить доступ к мобильному оповещению о ЧС через корпоративные приложения.

Провести обучение студентов и преподавателей работе с пожарной сигнализацией и огнетушителями.

По экологичности:

Разработать внутренний регламент обращения с отходами .

Создать электронную систему учета отходов (например, через Google Sheets или ERP-систему).

Провести обучающие семинары по экологической безопасности .

Внедрить маркировку отходов и цветовое разделение контейнеров.

По общей безопасности:

Организовать регулярные учения по эвакуации (не реже одного раза в полугодие).

Обеспечить дублирующий источник питания (автономные ИБП) для сохранения данных в случае ЧС.

Обеспечить доступ к медицинской помощи в здании (аптечки первой помощи, наличие медработника).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана интерактивная 3D-модель исторического фортификационного сооружения XVII века — Албозинского острога. Проект охватывает полный цикл создания цифровой реконструкции: от работы с историческими источниками до реализации модели в игровом движке Unity.

Нам удалось освоить и применить современные инструменты 3D-моделирования, такие как Blender , 3ds Max и Unity , что позволило не только воссоздать архитектурные особенности острога, но и реализовать интерактивную среду для её изучения. Мы научились оптимизировать полигональные сетки, создавать реалистичные материалы, организовывать UV-развёртки, а также внедрять модель в интерактивное пространство с системой перемещения, освещением и информационными подсказками.

Проект стал результатом комплексного подхода, объединившего знания в области истории, компьютерной графики и программирования. Он может быть использован в образовательных, культурных и туристических целях, способствуя популяризации исторического наследия через цифровые технологии.

Выполнив работу, мы не только достигли поставленной цели, но и приобрели навыки, которые станут надёжной основой для дальнейшей профессиональной деятельности в сфере разработки интерактивных и образовательных приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

- 1 Иванов, А. Б. Фортификация Сибири XVII века / А. Б. Иванов — М.: Наука, 2020. — 342 с.
- 2 Петров, В. Н. Трехмерное моделирование в Blender: от идеи до реализации / В. Н. Петров — СПб.: Питер, 2021. — 296 с.
- 3 Unity Technologies. Официальная документация Unity [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.unity.com> (дата обращения: 10.12.2024).
- 4 Андреев, И. А. Создание ландшафтов в Unity: от теории к практике / И. А. Андреев — Санкт-Петербург: Диалог, 2022. — 192 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Багрин, Е. А. Полк Ерофея Хабарова: к вопросу об организации и боеспособности Амурского войска 1650–1653 гг. // Известия Лаборатории древних технологий, 2021. – Режим доступа : <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2021-3-96-114>.
- 2 Дорощенко, М. А. Компьютерная графика: курс лекций [Электронный ресурс] / М. А. Дорощенко ; Москва: ГБПОУ МИПК им. И. Федорова, 2021. – Режим доступа : <https://znanium.com/catalog/product/1684049>.
- 3 Забелин, Л. Ю. Компьютерная графика и 3D-моделирование : учебное пособие для СПО / Л. Ю. Забелин, О. Л. Штейнбах, О. В. Диль. – 2-е изд. – Саратов : Профобразование, 2024. – 258 с. – ISBN 978-5-4488-1188-3. – Текст : электронный // Режим доступа: <https://profspo.ru/books/139097>
- 4 Кизилев, Е. Е. Применение 3D-моделирования в кино и видео-индустрии [Электронный ресурс] / Е. Е. Кизилев // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 1. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77658>.
- 5 Краудер, С. Рендеринг в реальном времени в Blender [Электронный ресурс] : практическое руководство / С. Краудер ; пер. с англ. Я. Е. Гурина ; Москва : ДМК Пресс, 2023. – Режим доступа : <https://znanium.com/catalog/product/2109513>.
- 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 Лоттер, Р. Blender: новый уровень мастерства : руководство / Р. Лоттер ; перевод с английского И. Л. Люско. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 452 с. – ISBN 978-5-93700-164-1. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/348074>

- 9 Нацвин, А. В. Компьютерная реконструкция облика амурских казаков и маньчжуров XVII века / Ерёмин И. Е., Лохов А. Ю // Историческая информатика. – 2021. – №4. – 11-21.
- 10 Сайко, Л. М., Утилизация компьютерной техники (оргтехники) // 2018 – Режим доступа: <https://punkti-priema.ru/articles/utilizaciya-kompyuternoj-tehniki>.
- 11 Сергеев, А. Н. Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. Пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.
- 12 Кузьменко, А. А. Технология трехмерного моделирования в Blender 3D [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Кузьменко А. Д. Гладченков, Л. Б. Филиппова. – М.: Изд-во ФЛИНТА, 2018. – 79 с. [Режим доступа] : <https://znanium.com/catalog/product/1860041>
- 13 Трошина, Г. В. Трехмерное моделирование и анимация / Г.В. Трошина ; Новосибирск : НГТУ, 2010. – 99 с. – Режим доступа : <https://znanium.com/catalog/product/547761>.
- 14 Шумилин, В. К. Пособие по безопасной работе на персональных компьютерах [Текст] / разработ. В. К. Шумилин. - М. : НЦ ЭНАС, 2005. - 28 с.
- 15 Штейнбах, О. Л. Компьютерная графика. Визуализация в программе Blender : учебное пособие для СПО / О. Л. Штейнбах. – Саратов : Профобразование, 2024. – 90 с. – ISBN 978-5-4488-1874-5. – Текст : электронный // – Режим доступа: <https://profspo.ru/books/139032>
- 16 Хэсс, Ф. Практическое пособие. Blender 3.0 для любителей и профессионалов. Моделинг, анимация, VFX, видеомонтаж : учебное пособие / Ф. Хэсс. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2022. – 300 с. – ISBN 978-5-91359-485-3. – Текст : электронный – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/322268>
- 17 Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа : <https://docs.blender.org>.
- 18 Blender.Today [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://blender.community/>.

18 Алексеев, А. Н. Основы 3D-моделирования исторических объектов / А. Н. Алексеев — Санкт-Петербург: Изд. СПбГАСУ, 2019. — 144 с. — ISBN 978-5-9225-1234-5.

19 Борисов, Д. В. Цифровая реконструкция архитектурного наследия: методология и практика / Д. В. Борисов — Москва: Инфра-М, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-16-012345-6.

20 Коваленко, Е. С. Компьютерная графика и визуализация в образовательных системах / Е. С. Коваленко — Новосибирск: Наука, 2021. — 126 с. — ISBN 978-5-02-045678-9.

21 Лебедев, В. А. Технологии создания интерактивных 3D-приложений / В. А. Лебедев — Екатеринбург: Уральское издательство, 2022. — 182 с. — ISBN 978-5-9999-1234-5.

Смирнова, Н. П. Эргономика и безопасность при работе с компьютерной графикой / Н. П. Смирнова — Казань: Изд. КФУ, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-00012-345-6.