

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 09.04.04 – Программная инженерия
Направленность (профиль) образовательной программы Управление разработкой программного обеспечения

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Компьютерное моделирование русско–китайских сражений

Исполнитель Студент группы 3105–ом1	_____	А.А. Леус
	(подпись, дата)	
Руководитель профессор, доктор техн. наук	_____	И.Е. Ерёмин
	(подпись, дата)	
Руководитель научного содержания программы магистратуры профессор, доктор техн. наук	_____	И.Е. Ерёмин
	(подпись, дата)	
Нормоконтроль инженер	_____	В.Н. Адаменко
	(подпись, дата)	
Рецензент	_____	И.С. Вирта
	(подпись, дата)	

Благовещенск, 2025

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

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
_____ А.В. Бушманов
«___» _____ 2025 г.

З А Д А Н И Е

К магистерской диссертации студента группы 3105–ом1

Леус Андрея Александровича

1. Тема магистерской диссертации: _____

Компьютерное моделирование русско–китайских сражений

(Утверждено приказом от 06.03.25 № 609-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 10.06.2025

3. Исходные данные к магистерской диссертации: историческое описание, документация разработчиков, интернет ресурсы, учебная литература

4. Содержание магистерской диссертации (перечень подлежащих разработке вопросов): Трехмерное моделирование, проектирование алгоритма решения задачи, разработка анимационного ролика

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.): _____

6. Рецензент магистерской диссертации: Вирта И.С.

7. Дата выдачи задания 29.01.25

8. Руководитель выпускной квалификационной работы : _____

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

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

Заявление принял к исполнению _____

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 88 страниц, 44 рисунка, 4 таблицы, 41 источника.

ВОСЬМИЗНАМЕННАЯ АРМИЯ, 3D–МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСТОРИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ, UNREAL ENGINE 5, АНИМАЦИОННЫЙ РОЛИК

Целью данной магистерской диссертации является создание анимационного видеоролика, воссоздающего образы воинов Восьмизнаменной армии династии Цин с использованием современных цифровых технологий. Проект направлен на исторически достоверную 3D–реконструкцию маньчжурских и китайских солдат, их униформы, вооружения и тактики, а также интеграцию этих моделей в интерактивную среду Unreal Engine 5 для последующей анимации. Результатом работы станет визуализация, демонстрирующая особенности военной организации Цинской империи и её применение в образовательных и научно–популярных целях.

Процесс разработки анимационного ролика включал следующие этапы:

- исследование и сбор исторических данных;
- 3D–моделирование персонажей;
- текстурирование и подготовка к анимации;
- разработка анимационных сцен в Unreal Engine 5;
- постобработка и монтаж.

Разработанный анимационный ролик демонстрирует высокий уровень исторической достоверности и технической реализации, подтверждая эффективность использования цифровых технологий в реконструкции военной истории. Проект может быть применен в образовательных программах, музейных экспозициях и научно–популярных медиа, способствуя наглядному изучению эпохи Цин.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Цифровое представление исторических персонажей и военных структур	7
1.1 Модели исторических личностей в цифровой среде	7
1.2 Восьмизнамённая армия династии Цин	11
1.3 Существующие решения	16
2 Технологии и инструменты для создания мультимедийного видеоролика	22
2.1 Алгоритмы создания мультимедийного видеоролика	22
2.1.1 Алгоритмы создания трёхмерного исторического персонажа	22
2.1.2 Алгоритмы создания видеоролика	24
2.2 Профильное программное обеспечение для создания мультимедийного видеоролика	27
2.2.1 Программное обеспечение для создания трёхмерного персонажа	27
2.2.2 Программное обеспечение для создания анимационного ролика	38
2.3 Обоснование выбранного программного обеспечения	41
3 Создание анимационного ролика	47
3.1 Маньчжурская линейка солдат	47
3.2 Китайская линейка солдат	60
3.3 Анимационный ролик	70
Заключение	83
Библиографический список	84

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития цифровых технологий появилась возможность воссоздавать исторические события и образы прошлого с высокой степенью достоверности. Трёхмерное моделирование и анимация позволяют не только визуализировать ключевые моменты истории, но и сделать их более наглядными и доступными для изучения. Особое значение это имеет для военной истории, где точность воспроизведения обмундирования, тактики и структуры войск играет важную роль в понимании эпохи.

Актуальность данного исследования обусловлена значимостью Восьмизнаменной армии как уникальной военной системы, сыгравшей ключевую роль в становлении и расширении Цинской империи. Эта армия, объединявшая маньчжурские и китайские подразделения, представляла собой не только военную силу, но и сложный социально–административный институт. Однако, несмотря на её историческую важность, визуальные реконструкции, основанные на современных технологиях, остаются редкими.

Возможность цифровой реконструкции воинов Восьмизнаменной армии появилась благодаря развитию инструментов 3D–моделирования, таких как MetaHuman, Marvelous Designer и Substance Painter, а также игровых движков, в частности Unreal Engine 5. Выбор Unreal Engine 5 обусловлен его передовыми возможностями в области рендеринга, анимации и физики, что позволяет создавать высокодетализированные и исторически достоверные сцены.

Целью данной магистерской диссертации является разработка анимационного ролика, воссоздающего облик и элементы военной культуры Восьмизнаменной армии династии Цин с использованием технологий трёхмерного моделирования и интерактивной визуализации.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- изучение исторических источников и визуальных материалов, связанных с организацией, униформой и вооружением Восьмизнаменной армии;

- создание 3D–моделей солдат различных подразделений (маньчжурских и китайских знамён) с учетом их этнических и статусных различий;
- разработка исторически достоверных текстур и материалов для моделей с использованием PBR–рендеринга;
- настройка анимаций и интеграция моделей в интерактивную среду Unreal Engine 5;
- постобработка и монтаж финального ролика.

Объектом исследования выступает Восьмизнаменная армия династии Цин, её структура, экипировка.

Предметом исследования является процесс цифровой реконструкции исторических персонажей и их визуализация в формате анимационного ролика с применением современных технологий 3D–графики.

1 ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПЕРСОНАЖЕЙ И ВОЕННЫХ СТРУКТУР

1.1 Модели исторических личностей в цифровой среде

Современные технологии позволяют по-новому взглянуть на изучение истории, делая её более наглядной и доступной. Визуальная реконструкция исторических личностей играет важную роль в научных исследованиях, музейных экспозициях, образовательных проектах и даже в индустрии развлечений. Однако традиционные изображения – картины, гравюры и скульптуры – имеют ряд ограничений. Они передают лишь статический облик человека и часто зависят от художественной интерпретации автора.

С развитием компьютерной графики появилась возможность воссоздавать облик исторических фигур в цифровой среде. Такие модели могут быть как простыми трёхмерными изображениями, так и сложными интерактивными аватарами, способными воспроизводить мимику, движения и даже речь. Это позволяет не только визуализировать внешний вид исторической личности, но и оживить её в виртуальной среде, делая историю более осязаемой.

Цифровая модель исторической личности – это компьютерно созданное изображение человека, жившего в прошлом, выполненное в формате трехмерной или двухмерной графики. Она создается на основе доступных исторических данных и используется для визуализации внешнего облика, одежды, снаряжения и других особенностей личности в научных, образовательных и развлекательных целях.

Цифровые модели исторических личностей могут быть представлены в двух основных формах: статические 3D – модели и интерактивные цифровые аватары.

Статические 3D – модели – это трехмерные изображения исторических персонажей, которые не имеют анимации и используются, например, в музейных экспозициях, визуализациях для научных исследований или в компьютерных иг-

рах. Такие модели создаются с учетом исторических данных и служат для представления внешности человека на основе доступных источников (портретов, скульптур, останков).

Интерактивные цифровые аватары – это усовершенствованные версии 3D-моделей, которые могут быть анимированы и использованы в интерактивных средах. Они могут включать в себя реалистичную мимику, голосовые реплики и даже элементы искусственного интеллекта, что делает их полезными для образовательных и развлекательных приложений. Например, такие аватары могут применяться в виртуальных музеях, где пользователь может взаимодействовать с историческим персонажем, задавать вопросы или наблюдать его поведение в смоделированной исторической обстановке.

Примером трёхмерной модели исторической личности является Генрих IV (Рисунок 1), король Франции, правивший с 1589 по 1610 год. Он был похоронен в Аббатстве Сен-Дени, традиционном месте захоронения французских монархов.



Рисунок 1 – Трёхмерная модель Генриха IV

Во время Великой французской революции в 1793 году революционеры вскрыли королевские усыпальницы в Сен-Дени. Останки монархов, включая

Генриха IV, были извлечены из гробниц, что привело к их значительным повреждениям. Однако благодаря современным технологиям стало возможным восстановить облик короля. На основе доступных черепных останков и исторических портретов была создана цифровая 3D–реконструкция Генриха IV, позволяющая представить его внешний вид с высокой степенью достоверности.

Эта реконструкция демонстрирует, как цифровые технологии помогают воссоздавать облик исторических личностей, даже если оригинальные артефакты были утеряны или повреждены.

Цифровые модели исторических личностей находят широкое применение в различных сферах – от научных исследований до образовательных проектов. Они позволяют не только визуализировать облик людей прошлого, но и предоставляют новые способы изучения истории. Одним из ключевых направлений использования цифровых моделей является научная реконструкция. Благодаря методам антропологического анализа и компьютерного моделирования ученые могут воссоздать внешний вид исторических личностей на основе черепных останков, портретов и описаний.

В судебной антропологии цифровые реконструкции используются для восстановления черт лица на основе черепов, что помогает идентифицировать останки известных личностей. В археологии 3D–моделирование применяется для создания виртуальных реконструкций найденных артефактов, включая одежду, оружие и другие элементы внешнего вида исторических фигур. В исторической реконструкции цифровые модели помогают изучать особенности внешности, причесок и одежды разных эпох, а также анализировать, как изменялись облики людей в зависимости от исторического периода.

Примером научного использования цифровых моделей является реконструкция лица Ричарда III, последнего короля из династии Плантагенетов. После обнаружения его останков в 2012 году ученые с помощью 3D–моделирования восстановили его внешний вид, используя сочетание антропологических данных и компьютерной графики (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Реконструированная голова Ричарда III

Цифровые модели исторических личностей активно используются в образовательной сфере, позволяя сделать изучение истории более наглядным и увлекательным.

Музеи и виртуальные экспозиции – 3D–модели исторических личностей применяются в музейных выставках, где они могут быть представлены в виде интерактивных голограмм или анимированных реконструкций.

VR–экскурсии – виртуальная реальность позволяет погрузиться в историческую эпоху и "встретиться" с ее известными личностями, наблюдая их повседневную жизнь и культурные особенности.

Цифровые модели исторических личностей становятся важной частью образовательных программ, поскольку они позволяют учащимся изучать историю в более наглядном и интерактивном формате. В отличие от традиционных учебников, содержащих лишь иллюстрации и текстовые описания, современные технологии предоставляют возможность рассматривать 3D–модели правителей, полководцев, ученых и других исторических фигур с высокой степенью детализации.

Одним из ключевых преимуществ таких пособий является возможность

детального изучения внешнего вида персонажей. Одежда и аксессуары – цифровые модели помогают понять, как выглядели традиционные наряды разных эпох, какие ткани, украшения и доспехи использовались. Это особенно важно для изучения военной истории, культурных традиций и развития моды. Жесты и мимика – анимированные модели позволяют учащимся наблюдать особенности невербальной коммуникации исторических личностей, их позы и выражения лица, что помогает лучше понять культурный контекст времени.

Взаимодействие с окружением – в некоторых интерактивных пособиях исторические персонажи могут выполнять определенные действия, например, выступать с речами, участвовать в сражениях или демонстрировать бытовые сцены эпохи.

Использование таких технологий значительно повышает уровень вовлеченности учащихся, поскольку обучение становится не пассивным процессом запоминания фактов, а активным исследованием. Например, с помощью дополненной и виртуальной реальности студенты могут "путешествовать" во времени и встречаться с цифровыми версиями исторических личностей, слушать их речи или даже задавать им вопросы в симуляциях на основе искусственного интеллекта.

Таким образом, цифровые модели исторических личностей становятся не только инструментом научных исследований, но и важным элементом образовательных технологий. Они помогают сделать историю более доступной, увлекательной и понятной для широкой аудитории.

1.2 Восьмизнаменная армия династии Цин

Предметной областью данного исследования является Восьмизнаменная армия династии Цин – уникальная военная и административная система, которая сыграла ключевую роль в завоевании Китая маньчжурами и последующем управлении государством. Особое внимание уделяется её структуре, принципам организации, а также эволюции боеспособности на протяжении веков.

Важным аспектом исследования является цифровое моделирование исторических личностей, позволяющее воссоздать образ воинов Восьмизнаменной

армии с высокой степенью детализации. Современные технологии, включая 3D-моделирование и анимацию, дают возможность представить внешний облик маньчжурских, монгольских и китайских знаменных воинов, изучить их вооружение, снаряжение и тактические особенности.

Работа также рассматривает исторический контекст формирования и развития Восьмизнаменной армии, её роль в военных конфликтах, причины упадка и влияние на дальнейшее развитие китайских вооружённых сил. Анализируется значение данной системы не только как военной организации, но и как социального института, определявшего положение различных этнических групп в Цинской империи.

Восьмизнаменная армия была основой военной мощи маньчжуров и сыграла ключевую роль в завоевании Китая династией Цин. Эта армия представляла собой уникальную военную и административную систему, сформированную на основе этнической принадлежности и социальной организации.

Основателем Восьмизнаменной армии стал Нурхацы, который в конце XVI – начале XVII века реформировал вооружённые силы маньчжуров. Он ввёл новую организационную структуру, в которой военная единица была одновременно и административной:

- ниру – низшая единица, состоявшая из 300 воинов;
- чалэ – объединение пяти ниру (1 500 человек);
- гуса – объединение пяти чалэ (7 500 человек);
- ци – объединение двух гуса (15 000 человек).

Первоначально в армии существовало четыре «знамени», различавшиеся по цветам: жёлтое, красное, синее, белое.

Каждому знамени соответствовал свой стяг, что позволяло отличать военные подразделения на поле боя. Эти войска состояли только из маньчжуров и подчинённых им чжурчжэней. Основу войск составляла кавалерия, что соответствовало традициям кочевого образа жизни маньчжуров.

В 1615 году были добавлены ещё четыре знамени, получившие кайму по краям основного цвета: красное знамя с белой каймой, жёлтое, синее и белое

знамёна с красной каймой. После этого маньчжурская армия стала называться Восьмизнаменной (Рисунок 3).

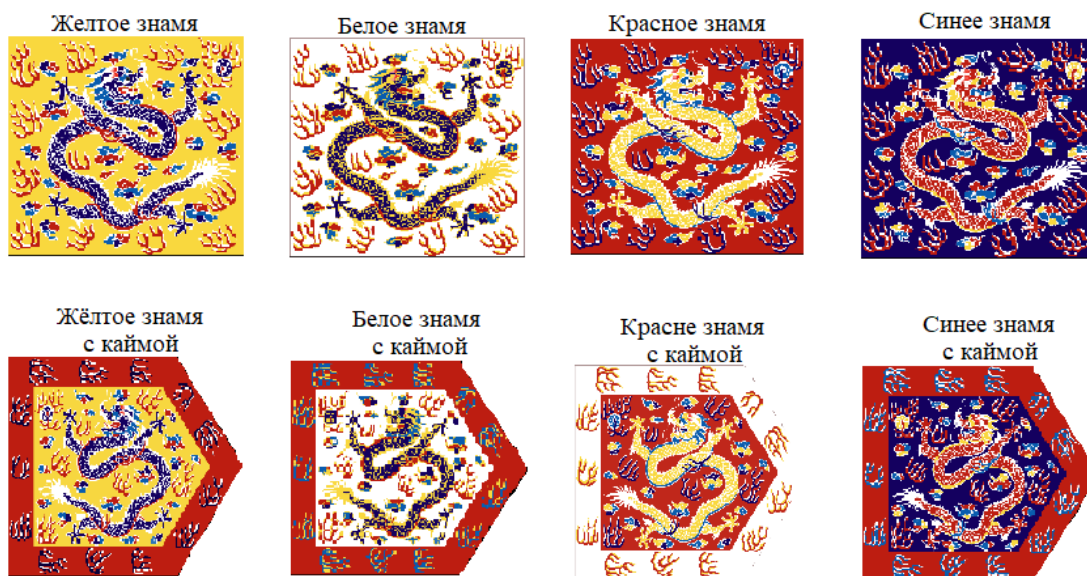


Рисунок 3 – 8 знамён династии Цин

По мере расширения маньчжурского государства в армию начали включать другие народы: в 1622 году были созданы монгольские «знамёна», состоявшие из воинов–монголов, перешедших на службу к маньчжурам. В 1631 году начали формироваться китайские «знамёна», куда вошли китайцы, примкнувшие к маньчжурам. В 1635 году число монгольских знамён увеличилось до восьми, а в 1642 году было создано восемь китайских знамён.

Одежда военнослужащих Восьмизнаменной армии династии Цин имела четко установленную систему, которая отражала принадлежность к знамени, звание и боевую функцию. Основу униформы составляли традиционные маньчжурские элементы, адаптированные к военным условиям, что позволяло войскам эффективно выполнять свои задачи в разных боевых и климатических условиях.

Для повседневного ношения и в походных условиях использовался чанпао – длинный халат с разрезами по бокам, который обеспечивал удобство при верховой езде. Воины носили его поверх защитного доспеха или как основную повседневную одежду. Кроме того, существовал магоуа – короткий мундир, носившийся поверх халата. В зависимости от ранга, этот мундир мог быть украшен

различными знаками различия, что позволяло легко идентифицировать офицеров и рядовых. Для кавалерии использовалась более облегающая одежда – хуфу, которая обеспечивала удобство при верховой езде. В комплект одежды входили также штаны, которые были просторными и часто имели защитные нашивки на коленях для дополнительной защиты.

В боевых условиях военнослужащие носили различное защитное снаряжение. Одним из главных элементов были ламеллярные доспехи, состоящие из металлических или кожаных пластин, соединённых шнурами. Эти доспехи использовались знаменной кавалерией и офицерами для защиты в бою. В элитных частях, а также у личной охраны императора встречались более тяжёлые кольчужные панцири, которые обеспечивали дополнительную защиту. Кроме того, военнослужащие носили шлемы, украшенные конским волосом или металлическими гребнями, которые часто имели защиту для шеи. Офицерские шлемы могли быть украшены перьями или драгоценными камнями, что символизировало высокое положение их владельцев в иерархии армии.

Восьмизнаменная система сыграла ключевую роль в становлении и укреплении маньчжурского государства, обеспечив завоевание Китая и создание династии Цин. Она представляла собой уникальную военно–административную организацию, в которой военная служба была неотделима от гражданской жизни.

На протяжении XVII – XVIII веков Восьмизнаменная армия была элитной силой империи, включавшей три этнические группы: маньчжуров, монголов и китайцев. В её составе выделяли восемь знамен, отличавшихся по цветам: жёлтое, красное, синее, белое, а также те же цвета с каймой.

В XIX веке, когда Китай столкнулся с внешними угрозами (Опиумные войны) и внутренними конфликтами (Восстание тайпинов), Восьмизнаменная армия оказалась неспособна защитить страну. В результате её функции постепенно перешли к Зеленознаменным войскам и новым армейским формированиям.

В начале XX века после падения династии Цин система «восьми знамён»

была упразднена, а её участники утратили свой особый статус. Несмотря на это, Восьмизнаменная армия оставила значительный след в военной истории Китая, являясь примером уникальной организации войска, совмещавшей военные и административные функции. С момента создания Восьмизнаменная система не только выполняла военные функции, но и служила административной основой общества. Каждая ниру представляла собой не только боевое подразделение, но и хозяйственную единицу, в которой служили не только воины, но и их семьи, ремесленники, чиновники.

В 1634 году при императоре Абахае в армии было введено деление по родам войск: конница – основная ударная сила армии, пехота – использовалась для осад и удержания позиций, артиллерия (хоциин) – формировалась преимущественно из монголов и маньчжуров, охранные части – несли гарнизонную службу.

После завоевания Китая в 1644 году маньчжуры превратили Восьмизнаменные войска в наследственную военную касту, обеспечиваемую за счёт государства. Половина армии размещалась в столице, а остальная часть дислоцировалась в восемнадцати гарнизонах по всей империи.

Со временем, особенно в условиях мирной жизни, боевая подготовка Восьмизнаменных войск ухудшилась. Воины стали зависимыми от государственного обеспечения, и их военная эффективность снизилась.

Во время Опиумных войн и Восстания тайпинов оказалось, что знамённые войска практически небоеспособны. Единственной эффективной силой оставались Зеленознаменные войска – китайские военные части, которые не входили в Восьмизнаменную армию.

В конце XIX века Восьмизнаменная система, которая долгое время была основой военной организации и структуры армии династии Цин, переживала значительный упадок. Эта система, зародившаяся в XVII веке, была результатом попытки стабилизировать и централизовать вооруженные силы Китая, сочетая элементы традиционной китайской армии с современными требованиями. Однако, с течением времени, устаревшие организационные принципы, недостаток

адекватного финансирования и нехватка квалифицированных кадров привели к ослаблению ее эффективности.

Восьмизнаменная система с каждым годом становилась все более неэффективной в условиях роста внешних угроз, таких как вторжения западных держав и японская агрессия, а также внутренней нестабильности, включая восстания и крестьянские бунты. К тому времени, когда начался XX век, империя Цин уже не могла эффективно противостоять внешним и внутренним вызовам. В результате, после падения династии Цин в 1911 году и образовании Китайской Республики, Восьмизнаменная система была окончательно расформирована, уступив место новым формам организации вооруженных сил, более соответствующим требованиям нового времени.

1.3 Существующие решения

Одним из наиболее значимых проектов в жанре исторической стратегии является Empire: Total War – игра, разработанная британской студией Creative Assembly и выпущенная в 2009 году издательством SEGA. Это крупномасштабная стратегическая игра, совмещающая в себе глобальное управление государством и тактические сражения в реальном времени. Действие разворачивается в XVIII веке, когда ведущие державы мира активно боролись за контроль над новыми территориями, развивали свою экономику и сталкивались в ожесточённых войнах.

Empire: Total War предоставляет игроку уникальную возможность управлять одной из великих мировых держав того времени, включая Британию, Францию, Османскую империю, Россию, Испанию, Австрию, Пруссию, Швецию, Польшу–Литву, Марокко, Индию, Китай и многие другие государства. Игрок должен развивать экономику, строить города, вести дипломатические переговоры, создавать мощные армии и флоты, а также участвовать в масштабных сражениях на суше и море. В отличие от предыдущих игр серии Total War, здесь впервые появилась возможность ведения морских сражений в реальном времени, что стало значительным нововведением.

Особое внимание в игре уделено боевой системе. Сражения происходят в

реальном времени на больших картах, где игрок может размещать свои войска, использовать укрытия, отдавать приказы в ходе боя и применять различные тактические манёвры.

Помимо базового игрового контента, Empire: Total War поддерживает модификации, создаваемые энтузиастами. Одна из наиболее интересных модификаций добавляет в игру восьмизнаменную армию Цинской империи, что делает представление о Китае в игре более исторически достоверным.

Восьмизнаменная система – это уникальная военная организация маньчжурской армии, созданная в начале XVII века и ставшая основой могущества династии Цин (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Восьмизнаменная армия в игре Empire

В отличие от европейских армий того времени, она представляла собой не просто военную структуру, а целую социальную и административную систему, в которой войска делились по знамёнам (флагам), каждая группа имела свою идентичность, боевые традиции и статус. Войны цинской армии с Монголией, Кореей, Минским Китаем и Россией показали её высокую боеспособность и уникальную тактику.

Данная модификация значительно расширяет игровые возможности при игре за Китайскую империю, добавляя новые юниты, тактики и элементы аутентичного вооружения.

Empire: Total War с модификацией, добавляющей восьмизнамённую армию, представляет собой неплохое решение для моделирования военных кампаний XVIII века и знакомства с армией Цинской империи. Игра предлагает обширную стратегическую карту, тактические сражения и возможность управлять историческими армиями, что делает её привлекательной для исследования военной истории. Однако при всех достоинствах у данного решения есть существенные недостатки.

Во-первых, уровень исторической достоверности остаётся низким. Несмотря на добавление восьмизнамённых войск, механика боя и стратегическое развитие Цинской империи остаются адаптированными под общие игровые принципы, что далеко от реальных исторических условий. Например, тактика маньчжурской кавалерии, организационная структура войск и взаимодействие знамённых частей отображены лишь поверхностно, без глубокого погружения в нюансы управления армией Цин.

Во-вторых, качество графики, анимации и боевой системы на сегодняшний день значительно устарело. Игра вышла в 2009 году, и, несмотря на модификации, её визуальная и техническая сторона уже не соответствует современным стандартам. Анимации войск выглядят устаревшими, боевые столкновения в реальном времени не дают полной гибкости управления войсками, а механика осад далека от реалистичной.

Одним из интересных существующих решений, направленных на визуализацию и реконструкцию исторических событий, является магистерская диссертация Владислава Москальчука. В своём исследовании автор представил уникальный подход к созданию исторической анимации, используя возможности игровой индустрии. В качестве основной платформы была выбрана игра Total War: Shogun 2, для которой была разработана собственная модификация, представляющая собой набор специально созданных юнитов.

Данный метод позволил использовать потенциал игрового движка для моделирования сражений и анимации боевых действий. В рамках проекта созданные юниты были задействованы в постановочных сценах, а сам процесс боевых

столкновений записан и использован для производства мультипликационного ролика. Таким образом, работа продемонстрировала возможность эффективного применения игровых технологий в исторической реконструкции.

Total War: Shogun 2 представляет собой тактическую стратегию с развитой системой управления войсками и анимации сражений. Движок игры, несмотря на ориентацию на японский исторический период, обладает высокой степенью гибкости, что позволяет вносить изменения в модели солдат, их вооружение, форму, а также поведение на поле боя. Это дало возможность адаптировать игровой процесс для отображения войск, относящихся к совершенно иной исторической эпохе.

Разработанная модификация включала в себя уникальные модели юнитов, которые представляли собой определённые типы войск. Они были не только визуально адаптированы, но и наделены соответствующими характеристиками, отражающими их роль в бою. Созданные отряды могли вести различные типы сражений, что позволило смоделировать ключевые тактические элементы боевых действий эпохи, для которой разрабатывалась реконструкция.

Использование игрового движка дало ряд значительных преимуществ. Во-первых, движок обеспечивал плавные и детализированные анимации, поскольку все игровые персонажи в Total War имеют заранее проработанные движения, соответствующие различным видам атаки, защиты, передвижения и взаимодействия с окружением. Во-вторых, возможность записи геймплейных сцен позволила создавать постановочные эпизоды, которые затем могли быть использованы для анимационного ролика.

После создания и настройки юнитов, а также тестирования их поведения в игре, модификация была использована для генерации анимационных сцен, которые легли в основу мультипликационного ролика. Данный подход оказался эффективным решением, поскольку позволил избежать необходимости ручной анимации всех персонажей.

В процессе работы над роликом применялись различные кинематографические методы. Использование игровых камер для захвата наиболее зрелищных

ракурсов. Редактирование сцен для усиления драматического эффекта. Обработку видеоматериала с добавлением исторически точных элементов.

Это позволило добиться реалистичного отображения сражений, а также создать динамичные и зрелищные сцены, которые можно использовать в образовательных и научно–популярных целях (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Кадр из анимационного ролика

Модификационный метод, представленный Владиславом Москальчуком, обладает рядом сильных сторон. Во–первых, он позволяет значительно сэкономить ресурсы и время, так как вместо разработки анимации с нуля используется готовый игровой движок, что ускоряет процесс создания анимационного ролика. Во–вторых, игровой движок обеспечивает гибкость в создании боевых сцен, позволяя моделировать различные тактические сценарии с минимальными затратами. В–третьих, сцены сражений выглядят реалистично благодаря встроенным в игру алгоритмам анимации, что делает визуализацию более наглядной. Однако у данного подхода есть и существенные ограничения. Возможности кастомизации остаются ограниченными, так как, несмотря на создание новых юнитов, их анимации и механики боя привязаны к базовому движку игры, что накладывает ограничения на детализацию. Кроме того, графические возможности движка

Total War: Shogun 2, хоть и обеспечивают хорошую визуальную проработку, уступают современным технологиям, что сказывается на качестве итогового продукта. Ещё одним важным недостатком является зависимость от игровых механик: некоторые элементы боевых действий не могут быть реализованы в полной мере, поскольку система ведения сражений в Total War имеет свои ограничения и не всегда соответствует историческим реалиям.

Магистерская диссертация Владислава Москальчука демонстрирует интересный и перспективный подход к реконструкции исторических событий с использованием игровых технологий. Разработка модификации для Total War: Shogun 2 и её применение в создании анимационного ролика показали, что данный метод может быть эффективным инструментом для визуализации исторических сражений.

Тем не менее, существующие ограничения игрового движка и механик накладывают определённые рамки на уровень исторической достоверности и качество анимации. Поэтому, несмотря на свою практичность и удобство, данный метод может быть полезен только в определённых сферах, таких как научно-популярные проекты и образовательные программы, но не является полноценной заменой профессиональному историческому моделированию и анимации.

2 ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИПЛИКАЦИОННОГО ВИДЕОРОЛИКА

2.1 Алгоритмы создания мультипликационного видеоролика

2.1.1 Алгоритмы создания трёхмерного исторического персонажа

Создание трёхмерного исторического персонажа – это сложный и многоэтапный процесс, который требует тщательной подготовки и внимания к деталям. Всё начинается со сбора референсов. На этом этапе художник ищет изображения, описания и другие материалы, которые помогают понять, как выглядел персонаж в определённый исторический период. Это могут быть картины, гравюры, скульптуры, текстовые описания из исторических источников или даже реконструкции современных исследователей. Референсы необходимы для того, чтобы персонаж был достоверным и соответствовал эпохе, будь то древний воин, средневековый рыцарь или представитель викторианской эпохи. Чем больше информации удастся собрать, тем точнее и убедительнее будет результат. Например, для создания персонажа из эпохи Возрождения могут понадобиться не только изображения костюмов, но и знания о тканях, аксессуарах и даже типичных позах или жестах, характерных для того времени. Это помогает не только воссоздать внешний вид, но и передать дух эпохи.

После сбора референсов начинается этап анализа и планирования. Художник изучает собранные материалы, выделяя ключевые элементы, которые будут важны для моделирования. Это может быть форма одежды, детали доспехов, причёска, черты лица или даже мелкие аксессуары, такие как украшения или оружие. На этом этапе также важно учитывать, как персонаж будет использоваться в проекте. Если это персонаж для видеоигры, то нужно думать о его оптимизации для движка, а если для кино или анимации – о высокой детализации и реалистичности. Планирование помогает избежать ошибок на дальнейших этапах и сделать процесс более организованным. Например, если известно, что персонаж будет активно двигаться, то уже на этапе моделирования нужно заложить возможность анимации, продумать, как одежда будет взаимодействовать с телом, и

учесть другие технические нюансы.

После того как референсы собраны, начинается этап моделирования. Здесь процесс может пойти по двум основным направлениям. Первый подход предполагает создание персонажа полностью в одной программе. Это означает, что все этапы – от создания геометрии до анимации – выполняются в единой среде. Художник начинает с моделирования основы: создаёт тело, лицо, волосы и другие элементы персонажа, используя инструменты для работы с полигонами или скульптинга. Затем выполняется развертка, чтобы подготовить модель для наложения текстур. После этого создаются текстуры, которые придают персонажу цвет, фактуру и реалистичность. Далее добавляется скелет, который позволяет управлять движениями персонажа, и, наконец, создаётся анимация. Такой подход удобен для тех, кто предпочитает работать в одной программе и не хочет тратить время на переходы между разными инструментами. План создания трёхмерного персонажа данным способом предоставлен на рисунке 6.

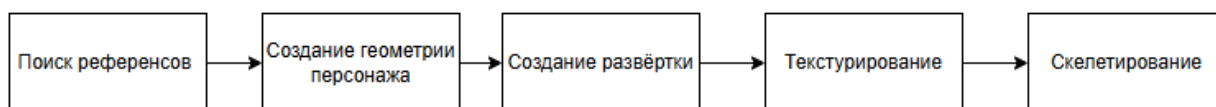


Рисунок 6 – Схема монолитного моделирования

Второй подход более сложный, но часто более эффективный, особенно для проектов, где требуется высокая детализация и реализм. В этом случае каждый этап создания персонажа выполняется в специализированной программе, которая лучше всего подходит для конкретной задачи. Например, базовая геометрия может быть создана в инструменте для скульптинга, где удобно работать с формами и пропорциями или же в ПО где уже есть готовые персонажи которых можно изменить. Одежда и аксессуары моделируются в программе, которая специализируется на создании тканей и сложных поверхностей. Детали, такие как украшения, оружие или элементы доспехов, дорабатываются в другом инструменте, где есть возможность работать с мелкими элементами. Развертка выполняется в программе, которая позволяет создать качественную UV-карту, а текстурирование – в инструменте, где можно работать с материалами и сложными

текстурами. Создание скелета и настройка анимации также могут быть выполнены в специализированных программах, которые предлагают удобные инструменты для риггинга. Схема демонстрирующая данный подход предоставлена на рисунке 7.

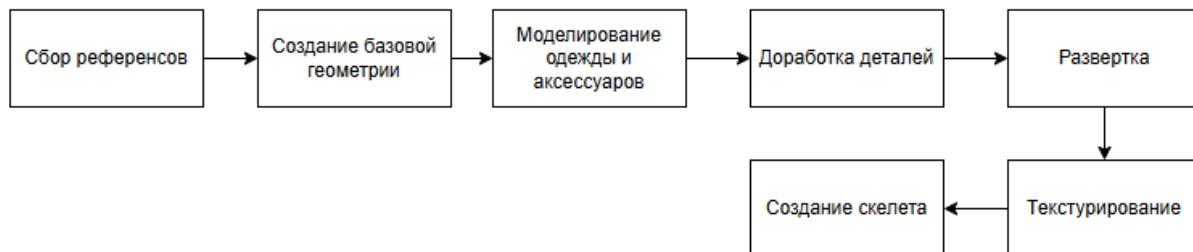


Рисунок 7 – Процесс модульного моделирование

Каждый из этих подходов имеет свои преимущества. Работа в одной программе экономит время и упрощает процесс, особенно для небольших проектов или для тех, кто только начинает осваивать трёхмерную графику. Использование разных программ для каждого этапа позволяет добиться более высокого качества и детализации, что особенно важно для сложных проектов, таких как исторические реконструкции или кинопроизводство. Однако этот метод требует больше времени и навыков, так как художник должен хорошо разбираться в нескольких инструментах и уметь эффективно переносить данные между ними.

Независимо от выбранного подхода, важным этапом является тестирование и доработка. После того как персонаж создан, его нужно проверить на соответствие референсам, убедиться, что анимация выглядит естественно, а текстуры корректно отображаются при разном освещении. Часто на этом этапе вносятся правки: уточняются детали, дорабатываются текстуры или корректируется скелет. Это может занять дополнительное время, но именно такие детали делают персонажа по-настоящему живым и убедительным.

2.1.2 Алгоритмы создания видеоролика

Всё начинается с сценария, где определяется основная идея, сюжет и ключевые моменты будущего ролика. На этом этапе важно не только описать действия персонажей и диалоги, но и продумать окружение, атмосферу и эмоцио-

нальную составляющую. После этого создаётся раскадровка – визуальное представление ключевых сцен в виде схематичных рисунков или изображений. Раскадровка помогает понять, как будут выглядеть кадры, как будет двигаться камера и как события будут сменять друг друга. Это основа, на которую опираются все дальнейшие этапы.

Следующий этап – создание анимации динамичных объектов. Здесь анимируются персонажи, транспорт, животные или другие элементы, которые должны двигаться в кадре. Процесс начинается с риггинга – создания скелета и системы управления для персонажей. Затем прорабатываются движения, мимика, жесты и взаимодействие с окружением. Важно, чтобы анимация выглядела естественно, учитывая законы физики, такие как вес, инерция и гравитация. Например, если персонаж бежит, его движения должны быть плавными, а если падает – реалистично передавать удар и отскок. Этот этап требует не только технических навыков, но и художественного чутья, чтобы передать характер и индивидуальность персонажей.

После создания анимации все элементы объединяются в единую сцену. Это этап сборки, где происходит композиция – расстановка объектов в кадре, настройка камеры, выбор ракурса и фокуса. Освещение играет ключевую роль в восприятии сцены: оно может сделать её тёплой или, наоборот, мрачной и напряжённой. Параллельно добавляется звуковое сопровождение – фоновая музыка, звуковые эффекты и диалоги, которые усиливают эмоциональное воздействие ролика. Схема этапа сборки отдельных элементов предоставлена на рисунке 8.

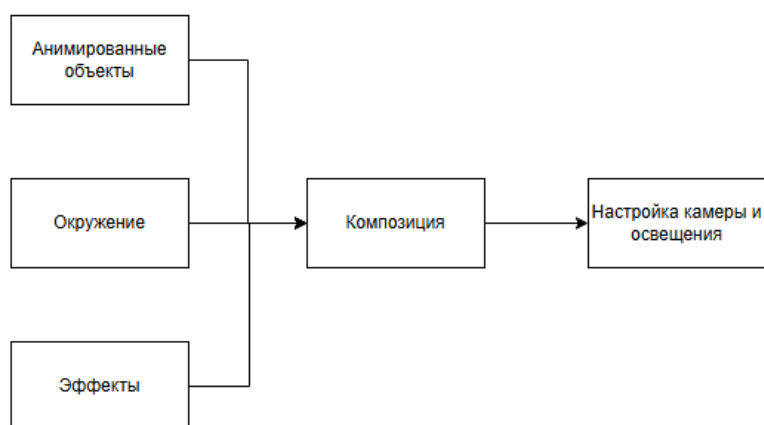


Рисунок 8 – Схема этапа сборки элементов

Отдельное внимание уделяется проработке эффектов. Это могут быть природные явления, такие как огонь, дым, вода или молнии, технические элементы, например, взрывы или лазеры, или магические эффекты, такие как свечение или энергетические поля. Каждый эффект анимируется отдельно, чтобы он выглядел убедительно и соответствовал стилистике ролика. Например, огонь должен правильно взаимодействовать с окружением, а взрыв – иметь убедительную ударную волну и разлёт. Эффекты добавляют динамику и реализм, делая сцены более зрелищными.

После сборки всех элементов проводится предварительный просмотр заготовки. На этом этапе команда оценивает, насколько ролик соответствует сценарию и задумке. Выявляются возможные ошибки или недочёты, такие как некорректная анимация, неправильное освещение или несоответствие эффектов. При необходимости вносятся правки: корректируется анимация, изменяется освещение или текстуры, добавляются или удаляются эффекты. Этот этап может занимать значительное время, но он необходим для достижения высокого качества.

Финальный этап – рендер видеоролика. На этом этапе готовый проект экспортируется в финальное видео. Рендер может занимать значительное время, так как требует больших вычислительных мощностей для обработки всех деталей: текстур, освещения, эффектов и анимации. После завершения рендера видеоролик готов к использованию – его можно публиковать, демонстрировать или интегрировать в больший проект, например, в игру или фильм. Общая схема создания видеоролика представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Схема создания видеоролика

Создание видеоролика – это сложный, но увлекательный процесс, который требует слаженной работы команды и внимания к деталям. Каждый этап, от разработки сценария до финального рендера, играет важную роль в создании качественного и убедительного результата. Использование специализированных

программ и чёткое следование алгоритму позволяют добиться высокого уровня профессионализма и реализма в готовом ролике. Схемы, представленные выше, наглядно демонстрируют, как каждый этап связан с другими, и помогают лучше понять структуру процесса.

2.2 Профильное программное обеспечения для создания мультипликационного видеоролика

2.2.1 Программное обеспечения для создания трёхмерного персонажа

В процессе создания трёхмерного исторического персонажа был выбран подход модульного моделирования, который предполагает использование специализированных программ для каждого этапа. Это позволяет добиться высокой детализации и реализма, что особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь должна соответствовать эпохе. Первым этапом в этом процессе является создание гуманоида – базовой модели персонажа, которая включает тело, лицо и основные черты. Для этого используются специализированные программы, такие как Metahuman и MakeHuman, которые значительно упрощают процесс создания реалистичных персонажей.

Создание гуманоида начинается с выбора подходящей программы. Наиболее популярными инструментами для этого этапа являются Metahuman и MakeHuman. Metahuman – это мощный инструмент от Epic Games, который позволяет создавать высокодетализированных и реалистичных персонажей за короткое время. Он использует библиотеку готовых ассетов, таких как лица, причёски, одежда и аксессуары, которые можно комбинировать и настраивать. Программа также поддерживает автоматическую настройку скелета и мимики, что упрощает процесс анимации. MakeHuman, в свою очередь, это бесплатная программа с открытым исходным кодом, которая также позволяет создавать реалистичных персонажей. Она предлагает широкий выбор параметров для настройки тела, лица, возраста, пола и других характеристик. Программа особенно популярна среди начинающих художников, так как она проста в использовании и не требует глубоких технических знаний.

Процесс создания гуманоида в таких программах, как Metahuman (Рисунок

10) или MakeHuman, включает несколько ключевых шагов. Сначала выбирается базовая модель из набора готовых вариантов, которые можно использовать как основу. Например, в Metahuman это могут быть мужские или женские персонажи с разными чертами лица и телосложением. Затем художник настраивает параметры, такие как форма лица, разрез глаз, нос, губы, уши, а также пропорции тела (рост, ширина плеч, длина рук и ног). В MakeHuman это делается с помощью ползунков, а в Metahuman – через интуитивный интерфейс. После настройки базовых параметров можно добавить дополнительные детали, такие как морщины, веснушки, шрамы или родинки, что делает персонажа более уникальным и реалистичным. Затем выбирается причёска и одежда из библиотек готовых ассетов, которые можно адаптировать под нужды проекта. Например, для исторического персонажа можно выбрать причёску и костюм, соответствующие эпохе. После завершения настройки гуманоида модель экспортируется в формат, который можно использовать в других программах для дальнейшей работы, таких как Blender, Maya или ZBrush.



Рисунок 10 – Интерфейс веб приложения Metahuman

Использование таких программ, как Metahuman и MakeHuman, имеет ряд преимуществ. Во-первых, они позволяют значительно сэкономить время. Создание реалистичного персонажа с нуля может занять недели или даже месяцы, а

эти программы ускоряют процесс. Во-вторых, они обеспечивают высокое качество моделей, используя передовые технологии для создания детализированных и реалистичных персонажей. В-третьих, они предлагают гибкость: несмотря на использование готовых ассетов, художник может настраивать практически каждый аспект модели, что позволяет создавать уникальных персонажей. Кроме того, модели, созданные в Metahuman или MakeHuman, легко экспортируются в другие программы для дальнейшей работы, такие как ZBrush, Marvelous Designer или Substance Painter.

После создания базовой модели гуманоида следующим этапом в процессе модульного моделирования является создание одежды. Одежда – это важный элемент, который не только дополняет внешний вид персонажа, но и помогает передать его характер, социальный статус и историческую эпоху. Для создания реалистичной одежды используются специализированные программы, такие как Marvelous Designer и CLO3D. Эти инструменты позволяют работать с тканями, складками и другими деталями, создавая одежду, которая выглядит и ведёт себя как настоящая.

Marvelous Designer – это одна из самых популярных программ для создания виртуальной одежды. Она широко используется в индустрии моды, а также в производстве фильмов, игр и анимации. Программа позволяет создавать одежду, которая выглядит и ведёт себя как настоящая ткань, с реалистичными складками, драпировкой и взаимодействием с телом персонажа.

Процесс создания одежды в Marvelous Designer (Рисунок 11) начинается с импорта базовой модели гуманоида. Это позволяет "примерить" одежду на персонажа и убедиться, что она правильно сидит. Затем художник создаёт выкройки – плоские формы, которые соответствуют частям одежды (например, рукава, полочка, спинка). Эти выкройки "сшиваются" в программе, после чего ткань автоматически драпируется на модели, создавая реалистичные складки и форму.

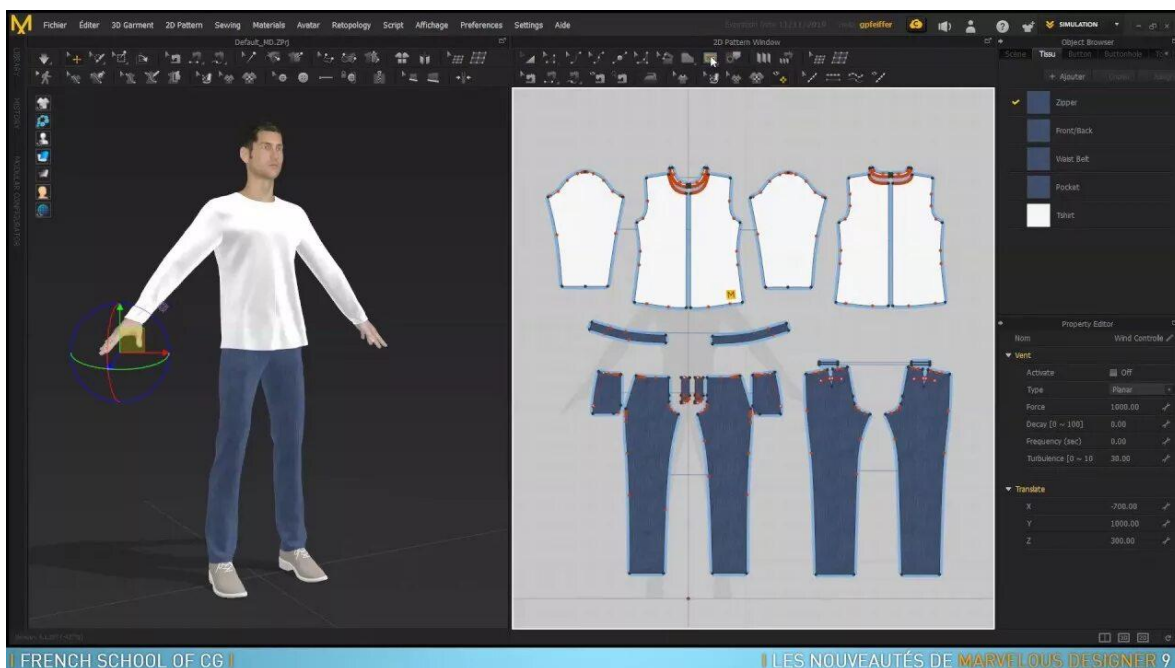


Рисунок 11 – Интерфейс ПО Marvelous Designer

Одним из ключевых преимуществ Marvelous Designer является возможность симуляции физики ткани. Художник может настроить параметры материала, такие как плотность, толщина, эластичность и текстура, чтобы добиться нужного эффекта. Например, шёлк будет легче и будет создавать более мелкие складки, а кожа или плотная шерсть – более жёсткие и крупные. Программа также позволяет анимировать одежду, чтобы увидеть, как она движется вместе с персонажем.

CLO3D – это ещё одна мощная программа для создания виртуальной одежды, которая часто используется как альтернатива Marvelous Designer. CLO3D также позволяет создавать реалистичную одежду с использованием физики ткани, но имеет свои уникальные особенности.

Процесс работы в CLO3D похож на Marvelous Designer: художник создаёт выкройки, "сшивает" их на модели и настраивает параметры ткани. Однако CLO3D предлагает более широкий набор инструментов для работы с выкройками и шаблонами, что делает его популярным среди дизайнеров одежды. Программа также поддерживает интеграцию с другими инструментами, такими как Adobe Illustrator, что позволяет импортировать готовые выкройки.

Одним из преимуществ CLO3D является его интерфейс, который считается более интуитивным для пользователей, знакомых с традиционным процессом создания одежды. Кроме того, CLO3D предлагает мощные инструменты для симуляции и анимации, что делает его подходящим для создания динамичных сцен.

Создание одежды для трёхмерного персонажа – это важный этап, который требует использования специализированных программ, таких как Marvelous Designer и CLO3D. Эти инструменты позволяют создавать реалистичную одежду с учётом физики ткани, что делает персонажа более убедительным. Marvelous Designer больше подходит для индустрии развлечений, а CLO3D – для моды, но обе программы могут быть использованы в зависимости от задач проекта. После создания одежды её можно доработать в других программах, таких как ZBrush или Substance Painter, чтобы добавить детали и текстуры. Такой подход обеспечивает высокое качество и реализм, что особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь одежды должна соответствовать эпохе.

После создания базовой модели гуманоида и одежды с помощью таких программ, как Marvelous Designer или CLO3D, следующим этапом является детализация и окончательная доработка модели. Для этого используются программы для трёхмерного моделирования, такие как Blender и 3ds Max. Эти инструменты позволяют добавлять мелкие детали, настраивать текстуры, создавать сложные геометрические формы и готовить модель к финальному рендеру.

Blender – это мощная программа с открытым исходным кодом, которая подходит для широкого спектра задач: от моделирования и скульптинга до анимации и рендеринга. Blender (Рисунок 12) популярен среди художников и дизайнеров благодаря своей универсальности, бесплатности и активному сообществу пользователей. Программа предлагает широкий набор инструментов для создания сложных геометрических форм, что особенно полезно для добавления мелких деталей, таких как украшения, оружие или элементы окружения. Blender также поддерживает скульптинг, что позволяет добавлять высоко детализиро-

ванные элементы, такие как морщины, складки кожи или повреждения на доспехах. Встроенные инструменты для работы с текстурами позволяют создавать реалистичные материалы, такие как металл, кожа или ткань. Кроме того, Blender поддерживает создание сложных анимаций, включая риггинг и симуляцию физики, а также имеет встроенные движки рендеринга (Cycles и Eevee).

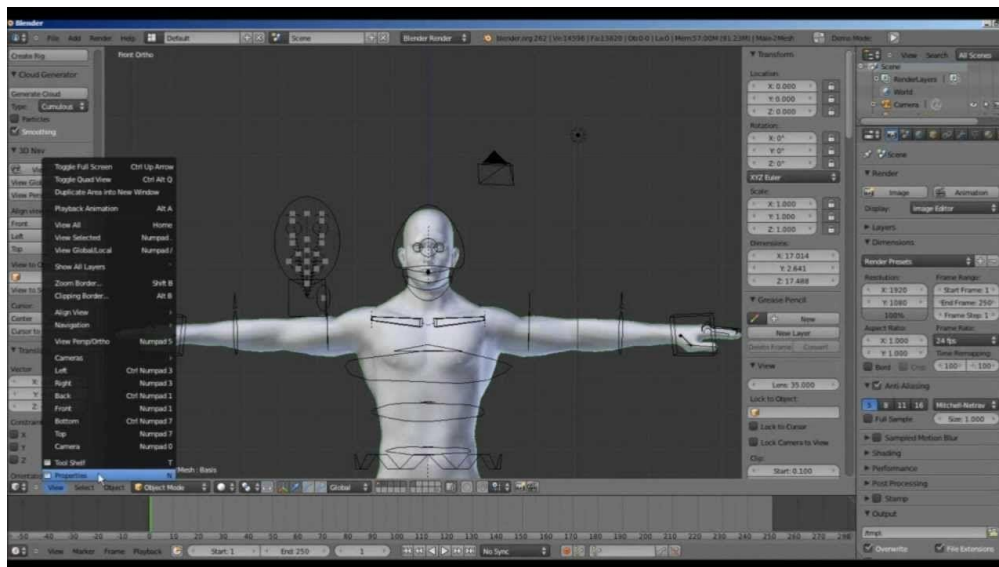


Рисунок 12 – Интерфейс ПО для трёхмерного моделирования «Blender»

3ds Max – это профессиональная программа для трёхмерного моделирования, которая широко используется в индустрии игр, кино и архитектуры. 3ds Max известен своими мощными инструментами для создания сложных моделей, анимации и визуализации. Программа предлагает продвинутые инструменты для создания сложных геометрических форм, включая полигональное моделирование, сплайны и параметрические объекты. 3ds Max также поддерживает интеграцию с Substance Painter, что позволяет создавать высокодетализированные текстуры. Программа имеет мощные инструменты для риггинга и анимации, включая систему Character Studio для создания сложных персонажей. Кроме того, 3ds Max поддерживает внешние движки рендеринга, такие как V-Ray и Arnold, которые позволяют создавать фотореалистичные изображения. Программа легко интегрируется с другими инструментами Autodesk, такими как Maya и Mudbox, что делает её удобной для использования в крупных проектах.

Обе программы – Blender и 3ds Max – имеют свои преимущества и могут быть использованы в зависимости от задач проекта. Blender больше подходит

для небольших студий и независимых художников благодаря своей бесплатности и универсальности. Он предлагает широкий набор инструментов для моделирования, скульптинга, текстурирования и анимации. 3ds Max чаще используется в крупных студиях и профессиональных проектах благодаря своим мощным инструментам для моделирования, анимации и рендеринга. Программа также лучше интегрируется с другими инструментами Autodesk, что делает её удобной для использования в сложных проектах.

Использование таких программ, как Blender и 3ds Max, позволяет значительно улучшить качество и детализацию трёхмерных моделей. Blender подходит для небольших проектов и независимых художников благодаря своей универсальности и бесплатности, а 3ds Max – для крупных студий и профессиональных проектов благодаря своим мощным инструментам и интеграции с другими программами.

После создания трёхмерной модели и её детализации следующим важным этапом является развёртка (UV–mapping). Развёртка – это процесс создания двумерного представления трёхмерной модели, которое используется для наложения текстур. Без правильной развёртки текстуры могут искажаться или накладываться некорректно, что значительно снижает качество финального рендера. Для выполнения этой задачи используются специализированные программы, такие как RizomUV, а также другие инструменты, которые упрощают процесс создания UV–развёртки.

RizomUV – это одна из самых популярных программ для создания UV–развёрток. Она широко используется в индустрии игр, кино и анимации благодаря своей скорости, точности и удобству работы. RizomUV (Рисунок 13) позволяет быстро и эффективно создавать UV–карты даже для сложных моделей, таких как персонажи, окружение или техника.

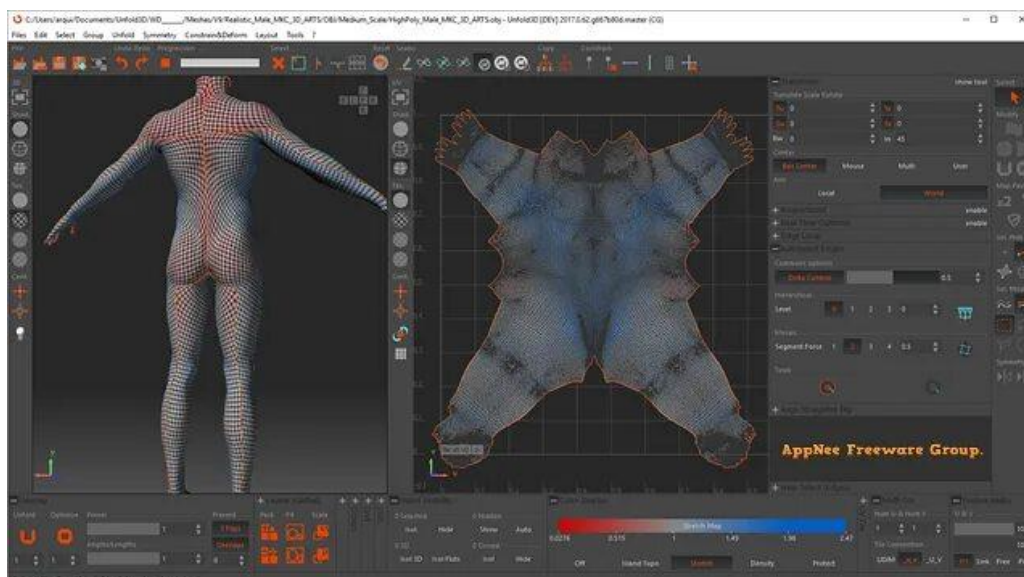


Рисунок 13 – Интерфейс RizomUV

Процесс работы в RizomUV начинается с импорта трёхмерной модели. Программа автоматически анализирует геометрию и предлагает базовую развёртку, которую можно доработать вручную. Художник может разрезать модель на части (например, отделить руки, ноги, голову), чтобы создать более удобные для текстурирования UV-острова. RizomUV также предлагает инструменты для автоматической упаковки UV-островов, что позволяет максимально эффективно использовать пространство текстуры.

Одним из ключевых преимуществ RizomUV является его скорость. Программа работает с большими моделями без потери производительности, что делает её идеальной для сложных проектов. Кроме того, RizomUV поддерживает интеграцию с другими программами, такими как Maya, Blender и 3ds Max, что позволяет легко переносить UV-карты между инструментами.

Blender – это универсальная программа для трёхмерного моделирования, которая также предлагает встроенные инструменты для UV-развёртки. Хотя Blender не специализируется на UV-мэппинге, как RizomUV, он предоставляет достаточно мощные инструменты для выполнения этой задачи.

В Blender процесс развёртки начинается с выбора модели и перехода в режим редактирования UV-карты. Художник может вручную разрезать модель на

части, используя инструменты для создания швов, или использовать автоматические функции для генерации базовой развёртки. Blender также предлагает инструменты для упаковки UV–островов и настройки их масштаба и положения.

Одним из преимуществ Blender является его интеграция с другими этапами работы. Например, после создания UV – развёртки можно сразу перейти к текстурированию или скульптингу, не покидая программу. Это делает Blender удобным инструментом для небольших проектов или для тех, кто предпочитает работать в одной среде.

После завершения моделирования и развёртки следующим этапом является создание текстур. Текстуры – это важный элемент, который придаёт модели реалистичность, добавляя цвет, детали и материалы. Для создания текстур используются специализированные программы, такие как Substance Painter, а также другие инструменты, которые позволяют работать с материалами, эффектами и детализацией.

Substance Painter – это одна из самых популярных программ для создания текстур, которая широко используется в индустрии игр, кино и анимации. Программа позволяет создавать высокодетализированные текстуры с использованием слоёв, масок и procedural материалов. Substance Painter поддерживает PBR (Physically Based Rendering), что делает текстуры максимально реалистичными.

Процесс работы в Substance Painter (Рисунок 14) начинается с импорта модели и её UV–развёртки. Художник может добавлять материалы, такие как металл, кожа, ткань или дерево, и настраивать их параметры, такие как шероховатость, блеск или рельеф. Substance Painter также предлагает инструменты для добавления деталей, таких как царапины, потертости, грязь или ржавчина, что особенно важно для исторических персонажей.

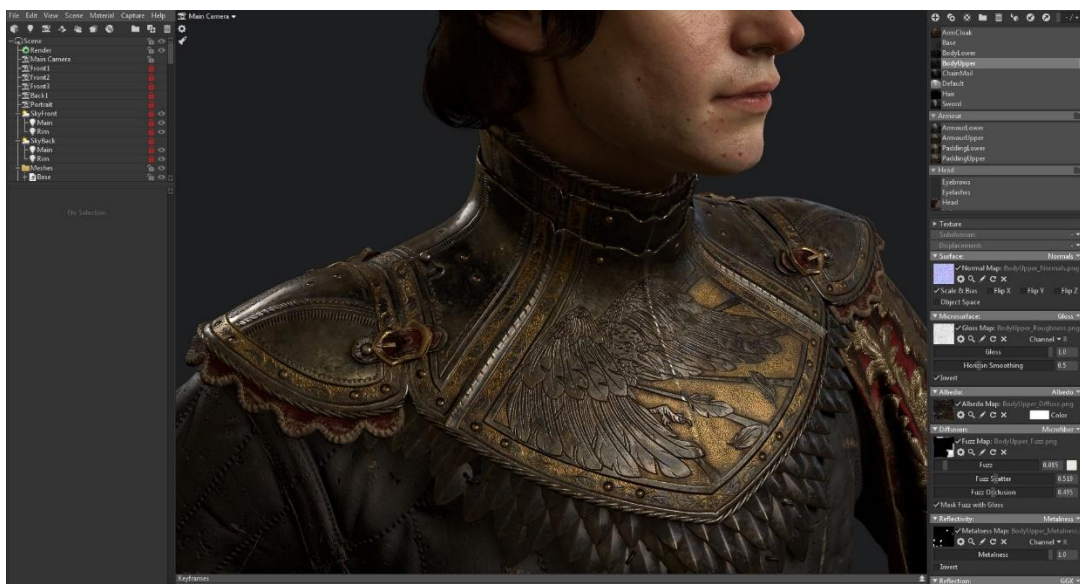


Рисунок 14 – Интерфейс Substance Painter

Одним из ключевых преимуществ Substance Painter является его интуитивный интерфейс и возможность работы с слоями, что позволяет легко вносить изменения и экспериментировать с разными вариантами текстур. Программа также поддерживает интеграцию с другими инструментами, такими как Blender, Maya и 3ds Max, что делает её удобной для использования в различных проектах.

Quixel Mixer – это ещё одна мощная программа для создания текстур, которая часто используется как альтернатива Substance Painter. Quixel Mixer предлагает инструменты для работы с PBR-материалами и позволяет создавать высококачественные текстуры с использованием библиотеки Megascans, которая содержит тысячи готовых материалов и текстур.

Процесс работы в Quixel Mixer похож на Substance Painter: художник импортирует модель и начинает добавлять материалы, настраивая их параметры. Quixel Mixer также предлагает инструменты для добавления деталей, таких как грязь, пыль или повреждения. Одним из преимуществ Quixel Mixer является его интеграция с Unreal Engine, что делает его популярным среди разработчиков игр.

Mixamo – это онлайн-сервис от Adobe, который позволяет автоматически создавать скелеты и добавлять анимацию к трёхмерным персонажам. Mixamo особенно популярен среди начинающих художников и небольших студий благодаря своей простоте и доступности.

Процесс работы в Мiхато (Рисунок 15) начинается с загрузки модели персонажа. Сервис автоматически анализирует геометрию и создаёт скелет, который можно настроить вручную. После этого пользователь может выбрать анимацию из обширной библиотеки Мiхато, которая включает сотни готовых движений, таких как ходьба, бег, прыжки, боевые приёмы и многое другое. Анимация автоматически адаптируется под скелет персонажа, что значительно упрощает процесс.

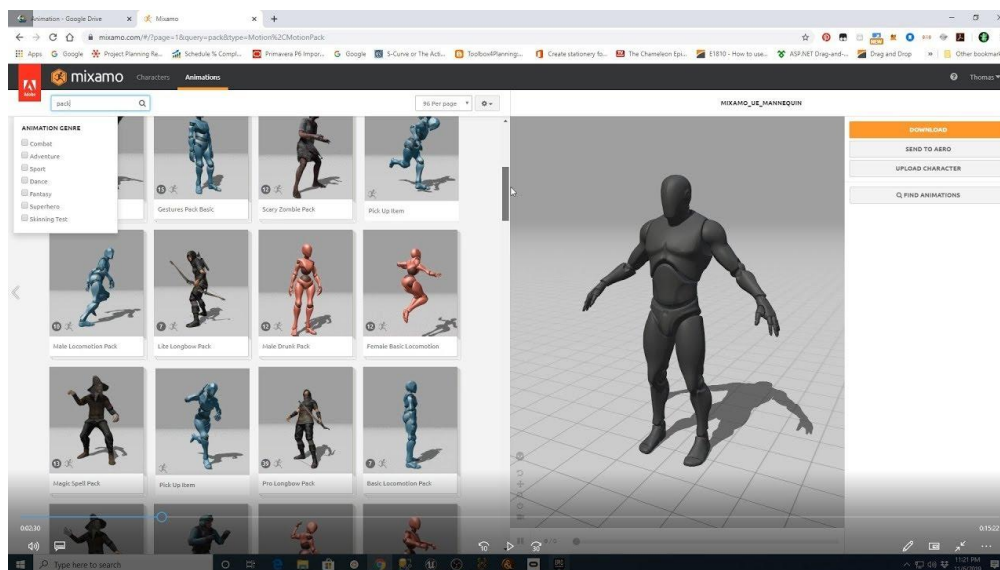


Рисунок 15 – Интерфейс веб-приложения Мiхато

Одним из ключевых преимуществ Мiхато является его доступность. Сервис бесплатен для базового использования, что делает его идеальным для небольших проектов или для тех, кто только начинает осваивать анимацию. Blender – это универсальная программа для трёхмерного моделирования, которая также предлагает мощные инструменты для скелетирования и анимации. В отличие от Мiхато, Blender позволяет создавать скелеты вручную, что даёт больше контроля над процессом.

Процесс скелетирования в Blender начинается с добавления костей к модели. Художник может создавать сложные системы костей, включая инверсную кинематику (ИК), которая позволяет управлять конечностями персонажа более естественно. Blender также предлагает инструменты для создания контроллеров, которые упрощают процесс анимации.

2.2.2 Программное обеспечение для создания анимационного ролика

Создание анимационного ролика – это сложный процесс, который включает в себя не только моделирование и текстурирование, но и анимацию персонажей, объектов и камер. Для анимации персонажей существует множество программ, каждая из которых предлагает свои уникальные инструменты и возможности. В зависимости от сложности проекта, уровня подготовки художника и требуемого качества анимации, можно выбрать подходящее программное обеспечение. Среди наиболее популярных инструментов для анимации персонажей выделяются Blender, Mixamo и Cascadeur.

Blender – это мощная программа с открытым исходным кодом, которая подходит для широкого спектра задач, включая анимацию персонажей. Blender предлагает полный набор инструментов для создания сложных анимаций, начиная от простых движений и заканчивая реалистичной симуляцией физики.

В Blender процесс анимации начинается с создания скелета (риггинга) для персонажа. Художник может добавлять кости, настраивать инверсную кинематику (ИК) и создавать контроллеры для управления движениями. Blender также поддерживает систему автоматической скиннинга, которая позволяет привязывать геометрию модели к скелету.

После настройки скелета можно приступать к анимации. Blender поддерживает ключевые кадры, кривые анимации и временную шкалу, что позволяет создавать плавные и естественные движения. Программа также предлагает инструменты для симуляции физики, такие как динамика тканей, волос и жидкостей, что делает её идеальной для создания сложных сцен.

Процесс работы в Mixamo начинается с загрузки модели персонажа. Сервис автоматически создаёт скелет и предлагает библиотеку готовых анимаций, таких как ходьба, бег, прыжки, боевые приёмы и многое другое. Анимация автоматически адаптируется под скелет персонажа, что значительно упрощает процесс.

Одним из ключевых преимуществ Mixamo является его доступность. Сер-

вис бесплатен для базового использования, что делает его идеальным для небольших проектов или для тех, кто только начинает осваивать анимацию. Однако для профессиональных проектов может потребоваться доработка анимации в других программах, таких как Blender или Maya.

Cascadeur – это специализированная программа для создания реалистичной анимации, которая использует физические симуляции для достижения естественных движений. Cascadeur особенно популярен среди аниматоров, работающих над боевыми сценами, спортивными движениями и другими сложными анимациями.

Процесс работы в Cascadeur (Рисунок 16) начинается с импорта модели и скелета. Программа предлагает инструменты для автоматической коррекции движений, что позволяет создавать анимации, которые соответствуют законам физики. Например, Cascadeur может автоматически рассчитать траекторию прыжка или ударной волны, чтобы движения выглядели максимально реалистично.

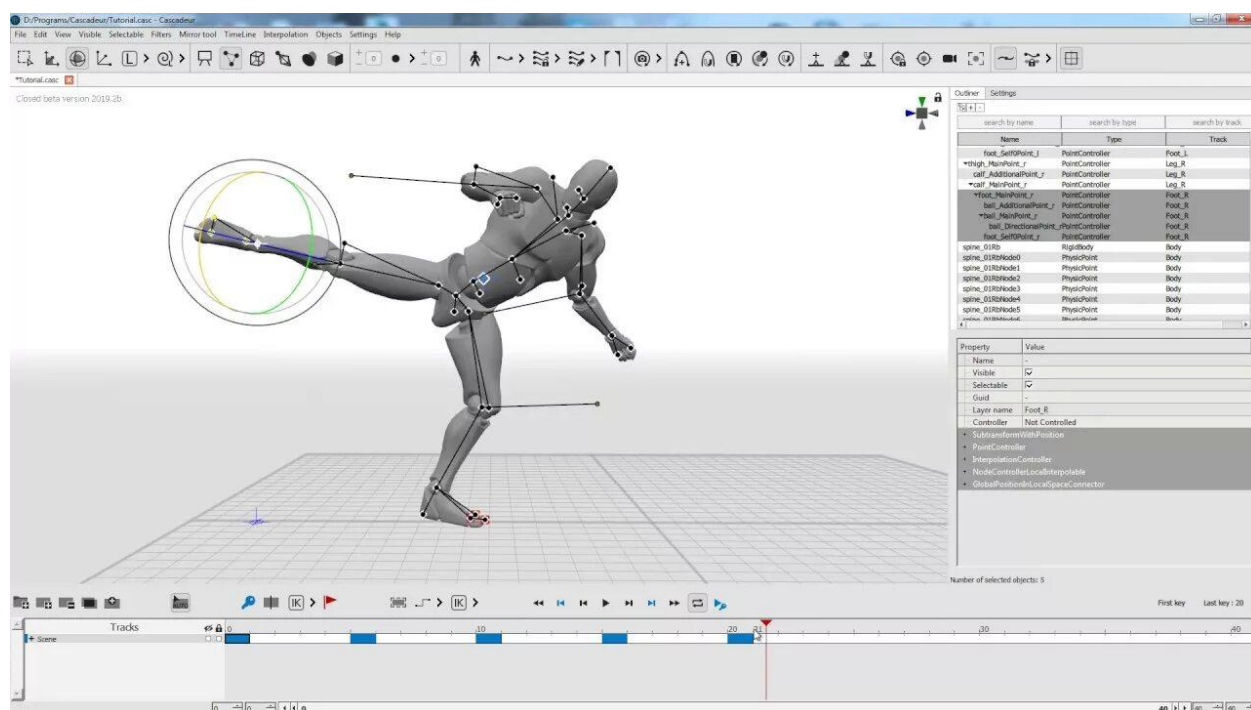


Рисунок 16 – Интерфейс Cascadeur

Одним из ключевых преимуществ Cascadeur является его фокус на физике. Программа позволяет аниматорам создавать сложные движения, такие как акробатические трюки или боевые приёмы, с минимальными усилиями. Cascadeur также поддерживает интеграцию с другими программами, такими как Blender и Мауа, что делает его удобным для использования в профессиональных проектах.

После завершения анимации персонажей и объектов следующим этапом является сборка и финальная обработка анимационного ролика. Для этого используются специализированные платформы, которые позволяют объединить все элементы (модели, анимации, текстуры, эффекты) в единую сцену, настроить освещение, камеры и выполнить рендеринг. Среди наиболее популярных платформ для создания анимационных роликов выделяются Blender, Unity и Unreal Engine. Каждая из этих платформ предлагает свои уникальные возможности и подходит для разных типов проектов.

Процесс создания ролика в Blender начинается с импорта всех элементов: моделей, анимаций, текстур и эффектов. Художник настраивает сцену, добавляет освещение и камеры, а также создаёт последовательность кадров. Blender поддерживает два движка рендеринга: Cycles (для фотореалистичного рендеринга) и Eevee (для быстрого рендеринга в реальном времени). Это позволяет создавать как высококачественные ролики, так и быстрые превью.

Одним из ключевых преимуществ Blender является его универсальность. Программа позволяет не только создавать ролики, но и редактировать модели, настраивать материалы и выполнять анимацию. Это делает Blender удобным инструментом для проектов, где требуется полный контроль над всеми этапами производства.

Процесс создания ролика в Unity (Рисунок 17) начинается с импорта всех элементов: моделей, анимаций, текстур и эффектов. Unity предлагает мощные инструменты для настройки сцен, включая систему освещения, физику и постобработку. Платформа также поддерживает анимацию камер и создание сложных последовательностей с помощью Timeline.

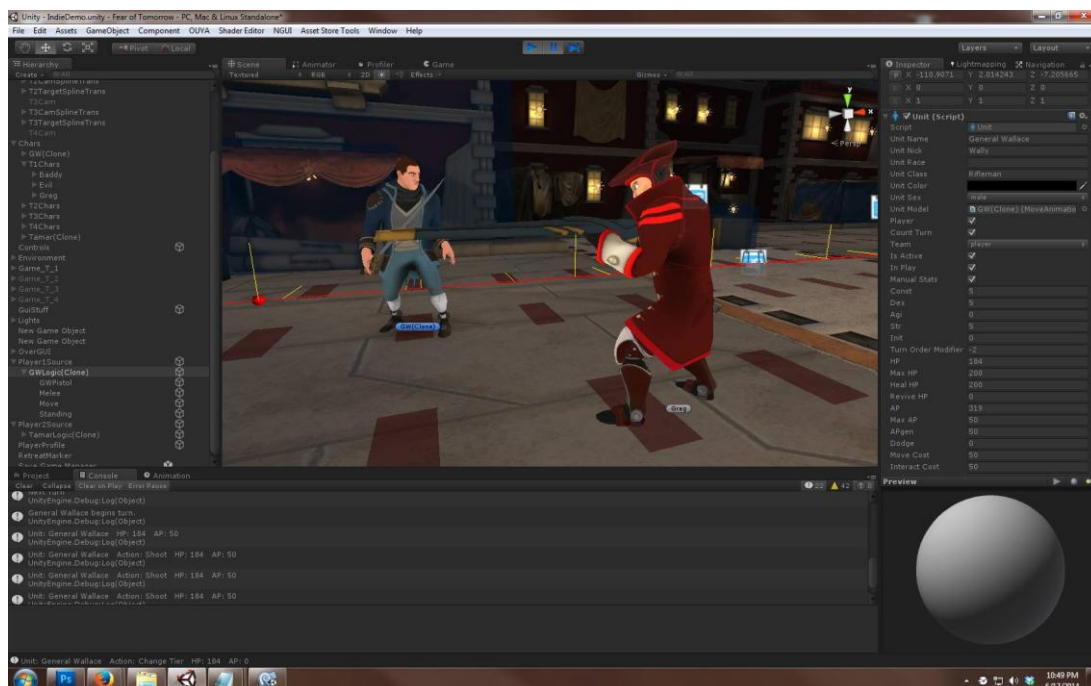


Рисунок 17 – Интерфейс Unity

Одним из ключевых преимуществ Unity является его поддержка интерактивности. Художник может создавать ролики, которые реагируют на действия пользователя, что делает её идеальным для интерактивных проектов, таких как игры или виртуальные туры. Он также поддерживает рендеринг в реальном времени, что позволяет быстро создавать превью и тестировать сцены.

2.3 Обоснование выбранного программного обеспечения

Выбор программного обеспечения для создания трёхмерного исторического персонажа и анимационного ролика был основан на нескольких ключевых факторах: задачи проекта, уровень сложности, доступность инструментов и требования к качеству. Каждый этап работы – от моделирования до финального рендеринга – требует специализированных программ, которые обеспечивают максимальную эффективность и качество. Ниже приведено обоснование выбора программного обеспечения для каждого этапа.

Для создания базовой модели гуманоида рассматривались две программы: Metahuman и MakeHuman. Ниже приведена таблица с их сравнением и краткое обоснование выбора.

Таблица 1 – Сравнение MetaHuman и MakeHuman

Критерий	MetaHuman	MakeHuman
Реалистичность	Высокая, близкая к фотореалистичности.	Умеренная, подходит для стилизованных персонажей.
Библиотека ассетов	Обширная (лица, причёски, одежда)	Ограниченная, но с настройкой параметров.
Настройка параметров	Интуитивная, с тонкой настройкой черт лица и тела.	Широкая, но менее детализированная.
Интеграция	Поддержка Unreal Engine, Blender, Maya.	Экспорт в Blender, Unity.

MetaHuman был выбран благодаря высокой степени реализма, обширной библиотеке ассетов и автоматической настройке скелета и мимики. Это делает его идеальным для создания исторических персонажей, где важна детализация и соответствие эпохе. MakeHuman – хорошая бесплатная альтернатива для начинающих, но уступает в реализме и функциональности.

Для создания одежды для трёхмерного персонажа рассматривались две программы: CLO3D и Marvelous Designer. Обе программы позволяют создавать реалистичную одежду с использованием физики ткани, но имеют свои особенности. Ниже приведена таблица с их сравнением и краткое обоснование, почему Marvelous Designer был выбран как основной инструмент.

Таблица 2 – Сравнение CLO3D и Marvelous Designer

Критерий	Marvelous Designer	CLO3D
Реалистичность	Высокая, с детализированной симуляцией ткани.	Высокая, но менее детализированная.
Интеграция	Поддержка Blender, Maya, ZBrush, Unreal Engine.	Поддержка Adobe Illustrator, интеграция с играми и фильмами.
Оптимизация	Быстрая симуляция и обработка.	Медленнее, особенно на сложных моделях.
Библиотека материалов	Обширная библиотека тканей с настройкой параметров.	Ограниченная, но с возможностью импорта материалов.

Marvelous Designer был выбран благодаря своей высокой степени реализма, интуитивному интерфейсу и быстрой симуляции ткани. Программа позволяет создавать одежду, которая выглядит и ведёт себя как настоящая ткань, с реалистичными складками и драпировкой. Это особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь одежды должна соответствовать эпохе.

После создания базовой модели и одежды следующим этапом является детализация и окончательная доработка модели. Для этого рассматривались две программы: Blender и 3ds Max. Обе программы предлагают мощные инструменты для работы с деталями, но имеют свои особенности. Ниже приведена таблица с их сравнением и краткое обоснование, почему Blender был выбран как основной инструмент.

Blender был выбран благодаря своей универсальности, мощным инструментам для скульптинга и текстурирования, а также бесплатности. Программа позволяет добавлять мелкие детали, такие как царапины, швы, узоры и повреждения, что особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь должна соответствовать эпохе.

После завершения моделирования и детализации следующим этапом является развёртка. Для этого рассматривались две программы: RizomUV и Blender. Обе программы позволяют создавать UV-карты, но имеют свои особенности. Ниже приведена таблица с их сравнением и краткое обоснование, почему RizomUV был выбран как основной инструмент.

Таблица 3 – Сравнение RizomUV и Blender

Критерий	RizomUV	Blender
Оптимизация	Высокая, оптимизирован для быстрой работы с большими моделями.	Медленнее, особенно на сложных моделях.
Точность	Позволяет создавать UV-карты с минимальными искажениями.	Требует ручной настройки для достижения высокой точности.
Автоматизация	Мощные инструменты для автоматической упаковки и оптимизации UV-островов.	Ограниченные возможности для автоматизации.

RizomUV был выбран благодаря своей высокой скорости работы, точности и специализированным инструментам для UV–развёртки. Программа позволяет быстро создавать UV–карты даже для сложных моделей, что особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь должна быть точно развёрнута для корректного наложения текстур.

RizomUV также предлагает мощные инструменты для автоматической упаковки UV–островов, что позволяет максимально эффективно использовать пространство текстуры. Программа поддерживает интеграцию с такими программами, как Blender, Maya и 3ds Max, что делает её удобной для использования в различных проектах.

После завершения моделирования и развёртки следующим этапом является создание текстур. Для этого рассматривались две программы: Substance Painter и Quixel Mixer. Обе программы позволяют создавать высококачественные текстуры, но имеют свои особенности. Ниже приведена таблица с их сравнением и краткое обоснование, почему Substance Painter был выбран как основной инструмент.

Таблица 4 – Сравнение Substance Painter и Quixel Mixer

Критерий	Substance Painter	Quixel Mixer
Реалистичность	Высокая, с поддержкой PBR–материалов и детализированных эффектов.	Высокая, но с акцентом на использование библиотеки Megascans.
Библиотека материалов	Обширная библиотека материалов и инструментов для создания текстур.	Ориентирован на использование готовых материалов из Megascans.
Гибкость	Позволяет создавать уникальные текстуры с нуля.	Больше подходит для комбинирования готовых материалов.

Substance Painter был выбран благодаря своей высокой степени реализма, гибкости и мощным инструментам для создания текстур. Программа позволяет создавать уникальные текстуры с нуля, используя слои, маски и procedural материалы. Это особенно важно для исторических персонажей, где каждая деталь

текстуры должна соответствовать эпохе, будь то ржавчина на доспехах, потертости на коже или грязь на одежде.

Для создания анимации персонажей было решено использовать три программы: Mixamo, Blender и Cascadeur. Каждая из них предлагает уникальные возможности, которые дополняют друг друга и позволяют достичь высокого качества анимации.

Mixamo будет использоваться для быстрого создания базовых анимаций, таких как ходьба, бег и простые движения. Это удобно для начального этапа, так как Mixamo предлагает библиотеку готовых анимаций, которые легко адаптируются под персонажа. Blender будет применяться для доработки анимаций, созданных в Mixamo, а также для создания сложных движений, таких как взаимодействие с окружением или симуляция тканей. Blender предлагает мощные инструменты для риггинга и анимации, что делает его идеальным для финальной обработки.

Cascadeur будет использоваться для добавления реалистичной физики в анимацию, особенно для сложных движений, таких как боевые приёмы, прыжки или падения. Программа автоматически корректирует движения на основе физики, что делает их более естественными. Таким образом, совместное использование Mixamo, Blender и Cascadeur позволяет сочетать скорость, универсальность и реализм, что особенно важно для исторических персонажей, где каждое движение должно соответствовать эпохе и характеру.

Unreal Engine был выбран как основная платформа для финальной сборки анимационного ролика благодаря своим уникальным возможностям, которые делают его лучше других инструментов, таких как Blender и Unity. Ниже приведены ключевые преимущества Unreal Engine, которые делают его идеальным для создания высококачественных анимационных роликов.

Unreal Engine предлагает продвинутые системы рендеринга, такие как Lumen (глобальное освещение в реальном времени) и Ray Tracing (трассировка лучей). Эти технологии позволяют создавать фотореалистичные сцены с точным

освещением, тенями и отражениями, что особенно важно для исторических роликов, где каждая деталь должна выглядеть достоверно.

Unreal Engine оптимизирован для работы с большими и сложными сценами. Это позволяет художникам работать с высокодетализированными моделями и текстурами без потери производительности. В отличие от Blender, где рендеринг может занимать значительное время, Unreal Engine позволяет видеть результат в реальном времени, что ускоряет процесс работы.

Unreal Engine поддерживает интеграцию с такими инструментами, как Metahuman (для создания реалистичных персонажей) и Quixel Megascans (для высококачественных текстур и материалов). Это делает его идеальным для проектов, где требуется высокая детализация и реализм.

3 СОЗДАНИЕ АНИМАЦИОННОГО РОЛИКА

3.1 Маньчжурская линейка солдат

Поиск визуальных референсов стал первым и важным этапом на пути к созданию анимационных моделей солдат Восьмизнаменной армии. Для обеспечения исторической достоверности и визуальной выразительности потребовалось собрать разнообразные материалы: исторические иллюстрации, музейные экспонаты, реконструкции обмундирования и вооружения, а также академические и популярные источники по истории династии Цин.

Работа началась с изучения источников, охватывающих военную культуру и внешний облик солдат династии Цин. Были проанализированы научные публикации, исторические атласы, музейные коллекции, а также графические реконструкции, выполненные специалистами в области военной истории Китая. Наибольшую ценность представляли изображения, на которых были чётко видны элементы одежды, вооружения и знаков различия солдат разных званий и принадлежности к конкретным знамёнам.

Результатом этой исследовательской работы стал набор иллюстраций, представленный на рисунке 1, который был специально подобран для отображения ключевых представителей маньчжурской армии: генерала, офицера, а также солдат с красно-белым, бело-красным и жёлто-красным знамёнами. В изображениях были визуально зафиксированы такие важные элементы, как: типичные фасоны одежды и доспехов, различия в головных уборах и снаряжении в зависимости от ранга, характерные цвета и формы знамён, детали украшений, шёлковых лент, поясов и обуви, формы оружия, характерного для солдат разных категорий.

Каждое изображение из набора на рисунке 18 выполняло функцию визуального ориентира на этапе цифрового моделирования. Благодаря этим материалам можно было определить пропорции. Иллюстрации также позволили воссоздать атмосферу эпохи, обратив внимание на важные культурные и символические детали, такие как расположение орнаментов, значки различия и сочетания

цветов, соответствующие определённым знамёнам.

Таким образом, референсы стали связующим звеном между историческим исследованием и визуальным производством, обеспечив основу для точной и аутентичной цифровой реконструкции образов воинов Восьмизнаменной армии.



Рисунок 18 – Набор референсов маньчжурской линейки

Следующим этапом работы стало создание базовой Meta-модели персонажа, которая впоследствии служила основой для цифровых реконструкций образов солдат Восьмизнаменной армии. Для решения этой задачи был использо-

ван инструмент MetaHuman Creator – специализированный программный комплекс, разработанный компанией Epic Games для генерации высококачественных фотореалистичных гуманоидных 3D–моделей. Данный инструмент позволяет гибко настраивать параметры внешности, возраст, телосложение и этнические особенности персонажа, что делает его удобным средством для подготовки анимационных аватаров в исторических и образовательных проектах.

С целью соответствия общей визуальной концепции и этнокультурной принадлежности солдат маньчжурской армии, была создана универсальная базовая цифровая модель мужского персонажа с преобладающими признаками азиатской внешности, возрастом приблизительно 30 лет и ростом около 165 см – показателем, характерным для представителей народов Северо–Восточной Азии в рассматриваемый исторический период. При этом фигура и телосложение модели были приведены к среднестатистическим антропометрическим пропорциям для обеспечения реалистичности и совместимости с элементами одежды и снаряжения.

Генерируемая модель была выведена в А–позе (руки слегка отведены в стороны, ладони направлены вниз), что является стандартной нейтральной позицией, применяемой при последующей разработке анимаций и риггинга. Данный подход позволяет обеспечить корректную деформацию меша при движении и упрощает дальнейшую адаптацию под различные комплекты одежды, брони и аксессуаров.

На рисунке 19 представлена итоговая базовая модель: вид спереди и сбоку, что позволяет оценить пропорции, структуру тела, а также особенности выбранного анатомического шаблона, на котором в дальнейшем были построены модели исторических персонажей, входящих в анимационную сцену.

Благодаря использованию MetaHuman Creator удалось получить высококачественную исходную цифровую оболочку, готовую к последующему этапу детализации, одевания и интеграции в анимационное пространство проекта.

Благодаря такому подходу удалось добиться сочетания исторической точ-

ности и художественной выразительности, что стало важной частью дальнейшего этапа – моделирования и анимации героев для исторического ролика.

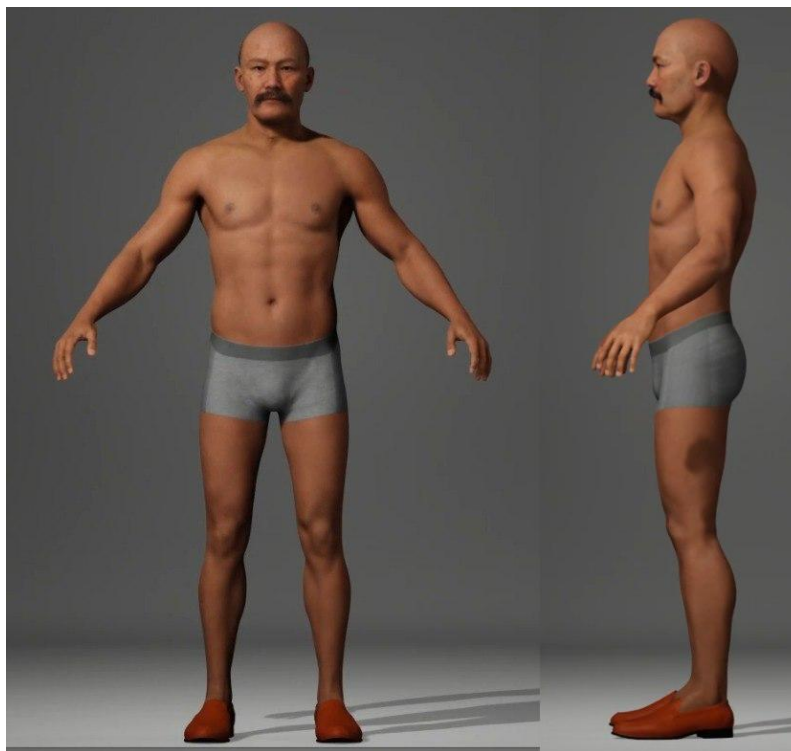


Рисунок 19 – Базовая Meta модель персонажа

После подготовки базовой цифровой модели персонажа следующим этапом стало создание комплектов исторической одежды, соответствующей униформе военнослужащих Восьмизнаменной армии династии Цин. Для этих целей использовалось специализированное программное обеспечение Marvelous Designer, которое предоставляет широкие возможности по моделированию реалистичной одежды с учетом физических свойств ткани, слоёв, гравитации и взаимодействия с телом персонажа.

Процесс построения одежды был структурирован в виде трёх этапов, каждый из которых соответствовал определённому слою традиционного костюма. Подобный подход был обусловлен необходимостью точного соблюдения пропорций и объёмов тела, а также особенностей посадки каждого элемента одежды на фигуру. Построение начиналось с самого нижнего слоя, что позволило избежать деформации ткани и обеспечить реалистичную посадку верхних элементов относительно нижних. Этот метод также обеспечивал точное соблюдение традиционной иерархии элементов униформы, включавших нижнее бельё, халаты,

мундиры и верхнюю защитную одежду.

Каждый этап включал разработку и симуляцию соответствующего элемента, с использованием исторических референсов и музейных иллюстраций, с целью воссоздания достоверной текстильной структуры, покроя, складок и взаимодействия ткани с телом. После завершения всех четырёх этапов была получена финальная версия одежды, готовая к последующей ретопологии, текстурированию и анимации.

На рисунке 20 представлена итоговая трёхмерная модель персонажа в полном комплекте одежды, с демонстрацией вида спереди, сбоку и сзади, что позволяет оценить силуэт, пропорции и общий внешний облик солдата. Дополнительно на том же рисунке показана схема послойной структуры одежды, где видны все четыре этапа её формирования – от нижнего белья до внешней мантии, что подчёркивает важность многоуровневого подхода в цифровом костюмировании исторических персонажей.



Рисунок 20 – Этапы разработки одежды

Благодаря применению Marvelous Designer и послойной методике моделирования, удалось достичь высокой степени реалистичности одежды, обеспечив её физическую корректность и визуальное соответствие историческому контексту.

Следующим этапом после создания базового комплекта одежды в Marvelous Designer стала её доработка и детализация в программной среде Blender, где производилось добавление элементов, не предусмотренных в симуляторе тканевых моделей, но имеющих важное историко–визуальное значение для реконструкции униформы военнослужащих Восьмизнаменной армии.

На данном этапе были созданы и интегрированы ряд твёрдотельных и комбинированных элементов снаряжения, включая боковые накладки и наплечники, выполненные из более плотных материалов и визуально обогащающие общий образ. Особое внимание было уделено нагрудной защите – металлическому панцирю, закреплённому на поясных ремнях, соответствующему описаниям исторических доспехов маньчжурской кавалерии. Для реалистичной посадки брони была снабжена верёвками и узлами, имитирующими способы крепления, использовавшиеся в армейской практике того периода.

В рамках того же этапа был создан шлем, конструкция которого основывалась на архивных изображениях и музейных экспонатах. Шлем включал элементы защиты затылка и щёк, а также декоративные элементы, характерные для офицерских или парадных вариантов униформы.

Все вышеуказанные элементы прошли стадию ручной доводки, включая корректировку топологии, масштабирования и подгонки под уже существующую одежду, что обеспечило целостность образа, реалистичную анатомическую посадку и готовность к последующей текстурной проработке.

Итоговая компоновка доработанных элементов представлена на рисунке 21, где продемонстрирован персонаж в полной экипировке, включая вышеописанные доспешные компоненты. Рисунок иллюстрирует фронтальный и боковой вид модели, а также ракурсы, подчёркивающие особенности креплений и деко-

ративных деталей, что позволяет оценить уровень проработки и соответствие историческим аналогам.



Рисунок 21 – Доработанная одежда в Blender

После завершения моделирования персонажа и всех сопутствующих элементов экипировки – включая одежду, доспехи, шлем и декоративные детали – наступил ключевой этап подготовки модели к текстурированию, а именно создание корректной UV–развёртки. Этот процесс необходим для того, чтобы трёхмерная геометрия могла быть правильно отображена в двумерной текстуре без искажений, швов и потерь качества. Развёртка выполнялась с помощью специализированного программного обеспечения RizomUV, что особенно важно при работе со сложными многослойными конструкциями, характерными для военной одежды и доспехов.

Создание UV–развёртки охватывало весь набор компонентов модели – от тела и базовой одежды до внешних броневого элементов. Особое внимание при этом уделялось соблюдению пропорциональности и равномерности плотности текстур (texel density), чтобы каждая часть модели имела одинаковый уровень детализации при нанесении текстур. Это особенно критично при использовании процедурных материалов и ручной покраски в таких инструментах, как Substance 3D Painter, где даже незначительное отклонение в масштабе может

привести к визуальной негармоничности модели.

Также учитывались технологические параметры, необходимые для дальнейшего использования модели в игровых и визуализационных движках, включая разрешение текстурных карт в 2К (2048×2048 пикселей). Параметры межостровкового отступа (padding) были выставлены в соответствии с требованиями к созданию игровых ассетов: правильные отступы между UV-островками позволяют избежать смазывания и наложения текстур при применении *map*-карт, особенно в условиях изменения разрешения на расстоянии.

На рисунке 22 представлена итоговая UV-развёртка модели, на которой можно увидеть расположение основных швов, структуру островков и визуальную компоновку элементов на текстурной карте. Эта развёртка стала основой для последующего этапа текстурной проработки и настройки материалов, обеспечивая визуальную целостность, точность и техническую пригодность модели для применения в интерактивной визуализации и анимации.



Рисунок 22 – Готовая развёртка модели

На следующем этапе работы производилось текстурирование цифровой модели персонажа, представляющего солдата Восьмизнаменной армии. Этот процесс выполнялся в программе Substance 3D Painter, которая предоставляет

широкий инструментарий для высококачественной и детализированной работы с материалами. Основной задачей этапа являлось создание реалистичных текстур, визуально соответствующих историческим источникам и материальной культуре эпохи династии Цин.

В результате процесса текстурирования были сформированы три ключевые текстурные карты, каждая из которых выполняет важную функцию в обеспечении визуального качества модели и отвечает современным требованиям, предъявляемым к графике в игровых и анимационных движках.

Первая карта Base Color – представляет собой карту основного цвета и текстурной информации без учета теней, освещения и отражений. Именно она отвечает за визуальное восприятие цветовых характеристик всех элементов модели: от оттенка ткани до цвета металлических поверхностей или кожаных ремней.

Вторая карта Normal Map – применяется для создания иллюзии геометрической детализации на поверхности модели. Благодаря использованию нормалей, отклонённых от стандартных значений, данная карта позволяет симулировать мелкие выпуклости, вдавленные узоры, швы, царапины и другие элементы микрорельефа.

Третья текстура была составной и включала в себя сразу три канала – Metallic, Roughness и Ambient Occlusion. В канале Metallic задаётся степень отражающей способности материала, различая, например, металл и неметалл. Roughness регулирует степень шероховатости поверхности: от абсолютно гладкой (зеркальной) до матовой. Этот параметр критически важен для того, как свет будет взаимодействовать с материалом. Наконец, Ambient Occlusion моделирует эффект затемнения в труднодоступных для света местах, таких как углубления, стыки и складки, что придаёт модели дополнительную глубину и реализм.

Объединение этих трёх карт в одном текстурном слое позволяет эффективно управлять визуальными свойствами модели, значительно снижая объём загружаемой информации.

На рисунке 23 представлены визуализированные результаты текстурирования: можно наблюдать модель в трёх проекциях с нанесёнными текстурами, демонстрирующими особенности материала – от блеска металлических элементов до шероховатой поверхности ткани и кожи. Текстурирование стало завершающим этапом подготовки визуального облика модели перед её интеграцией в анимационную сцену.



Рисунок 23 – Текстурированная модель

После завершения текстурирования следующим важным этапом разработки цифрового персонажа стало скелетирование модели, то есть создание анимационной структуры, которая позволяет персонажу двигаться. Этот процесс представляет собой привязку трёхмерной геометрии к внутреннему цифровому «скелету», состоящему из набора костей и суставов, которые можно анимировать. Для реализации этой задачи использовалась онлайн-платформа Mixamo, разработанная компанией Adobe. Данный инструмент предназначен для автоматического риггинга (создания каркаса костей) и является одним из самых удобных и быстрых решений для подготовки персонажей к анимации.

Процедура начинается с экспорта готовой 3D-модели, включающей гео-

метрию и текстуры, в формате .fbx или .obj, после чего файл загружается в интерфейс Mixamo. Система предлагает пользователю указать контрольные точки на теле персонажа – подбородок, запястья, локти, колени и пах – которые служат ориентирами для автоматического построения скелетной структуры. На основе этих точек алгоритм анализирует пропорции модели, распределяет основные сегменты и накладывает на модель стандартный гуманоидный скелет, адаптированный под анатомические особенности.

Одной из ключевых особенностей Mixamo является функция автоматического распределения весов (weight painting), которая определяет, как каждая кость влияет на окружающие вершины меша. Это позволяет избежать визуальных дефектов при анимации, таких как неестественные сгибы или растяжения, и обеспечивает более реалистичное поведение модели при движении. Конечный риг включает в себя полный набор костей: от таза и позвоночника до конечностей, шеи и головы, что позволяет использовать широкий спектр анимаций – как стандартных, предоставляемых самой платформой, так и пользовательских, созданных вручную или в других специализированных редакторах.

На рисунке 24 можно увидеть результат скелетирования: трёхмерная модель персонажа с наложенной системой костей, визуализированной в виде прозрачной иерархической структуры. Эта система полностью готова к импорту в анимационные пакеты и игровые движки, где персонаж сможет выполнять движения, необходимые для воспроизведения исторических сцен. Таким образом, этап скелетирования стал важным шагом на пути к созданию реалистичной цифровой реконструкции воина эпохи Цин.

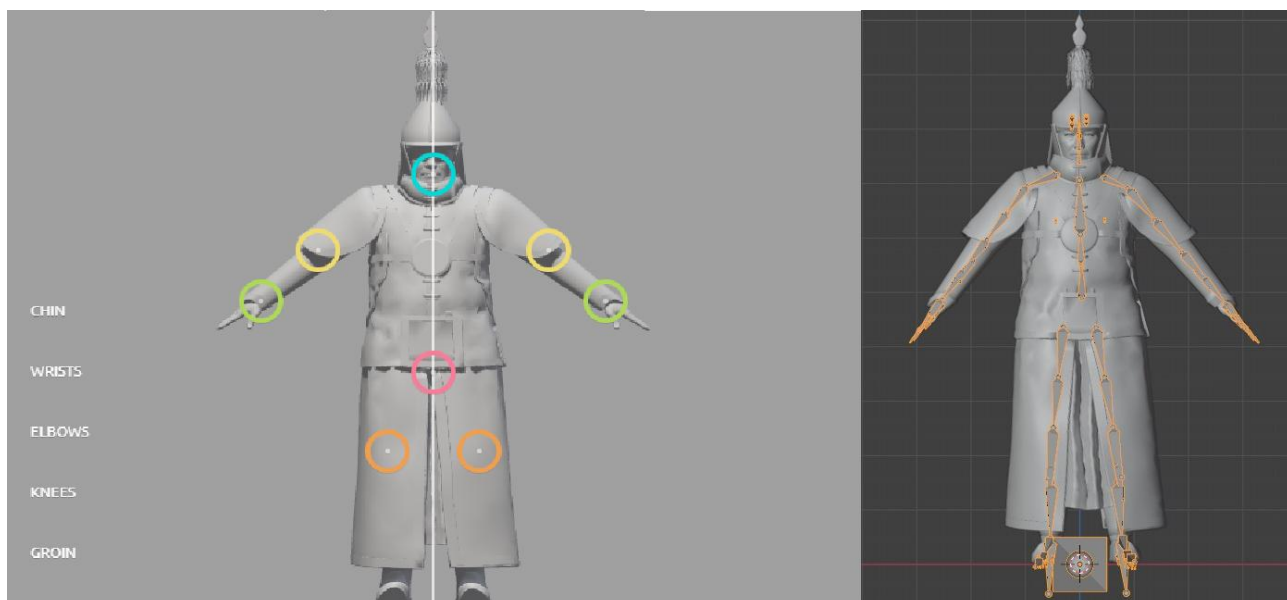


Рисунок 24 – Скелетированная модель солдата

Аналогичная последовательность этапов – начиная с моделирования базовой фигуры, создания одежды, доработки в графическом редакторе, развёртки UV, текстурирования и последующего скелетирования – была проведена и для остальных цифровых персонажей, входящих в маньчжурскую линейку. Каждый из них отражает особенности своего статуса, принадлежности к определённому знамени и военной роли.

Модель генерала была выполнена с особым вниманием к деталям, подчёркивающим его высокий ранг. Для этого использовались более сложные формы брони, богатое оформление шлема и доспехов, а также элементы символики, соответствующие его положению. Офицерская модель была выполнена в более скромном, но всё же выразительном варианте, который подчёркивает отличие от рядовых солдат, но не дотягивает до торжественности внешнего облика генерала.

Солдат трёх разных знамен был проработан с учётом их принадлежности к различным подразделениям. Каждый персонаж имеет индивидуальные цветовые решения и особенности в оформлении одежды, соответствующие знамени. Красно-белое, жёлто-красное и бело-красное знамя были учтены в текстурах и аксессуарах, что подчёркивает отличия между солдатами. Элементы головного

убора, цвет деталей и аксессуары были адаптированы таким образом, чтобы воссоздать различия, существовавшие в рамках Восьмизнаменной системы.

Результат работы можно увидеть на рисунке 25, где показаны итоговые модели всех персонажей, выполненные в едином стиле и соответствующие исторической точности.



Рисунок 25 – Маньчжурская линейка персонажей

В заключение, процесс создания анимационного ролика, включая моделирование, текстурирование и анимацию персонажей, стал важным шагом в реконструкции исторического периода династии Цин. Каждый этап, начиная от разработки базовых моделей и заканчивая текстурированием и скелетированием, был направлен на достижение высокой степени детализации и соответствия историческим реалиям. С помощью современных технологий, таких как Metahuman,

Marvelous Designer и Substance Painter, удалось создать правдоподобные 3D–модели, отражающие особенности одежды, оружия и внешности солдат различных подразделений Восьмизнамённой армии.

3.2 Китайская линейка солдат

На этапе проектирования китайской линейки солдат ключевым элементом подготовки стало формирование обширной базы визуальных и исторических референсов. Работа началась с изучения доступных изображений, архивных материалов, музейных экспонатов, а также научных публикаций и реконструкций, посвящённых вооружению и внешнему облику китайских войск периода династии Цин. Такой подход позволил собрать репрезентативный набор данных, на основе которого впоследствии были воссозданы цифровые образы персонажей с высокой степенью исторической достоверности.

Китайская линейка включает семь ключевых военных фигур: штурмовика, пехотинца, наводчика, мушкетёра, командира артиллерийской батареи, капитана и артиллериста. Для каждого из них был подобран набор референсов, отражающий типичную форму, элементы вооружения и снаряжения, характерные для их роли в бою. Помимо внешнего облика, анализировались детали, связанные с функцией и положением персонажа в армейской иерархии. Это позволило выстроить чёткое различие между представителями разных военных подразделений и придать образам убедительность.

Особое внимание было уделено сочетанию этнографических деталей, таких как особенности фасона одежды, формы шлемов, наличие доспехов и символики. Подобный подход обеспечил не только визуальное разнообразие моделей, но и их соответствие реальному историческому контексту. Все использованные визуальные источники и подобранные иллюстрации сведены на рисунке 26, который представляет собой обобщённый коллаж референсных изображений, ставших основой для дальнейшего трёхмерного моделирования. Благодаря тщательной работе с источниками, цифровые персонажи китайской линейки получили устойчивую визуальную идентичность, необходимую для качественного и достоверного воспроизведения в анимационном проекте.



Рисунок 26 – Референсы для китайской линейки солдат

При создании моделей персонажей для китайской линейки солдат использовался тот же базовый гуманоид, что и для маньчжурской линейки. Это позволило обеспечить единство пропорций и анатомической точности всех участников сцены, что является важным условием при производстве анимационного ролика, особенно при массовых сценах, взаимодействии персонажей и использовании общих анимационных шаблонов.

Базовая гуманоидная модель была разработана в Metahuman – современ-

ном инструменте от Epic Games, предназначенном для создания фотореалистичных цифровых людей с высоким уровнем детализации. Metahuman предоставляет широкие возможности по настройке внешности, мимики, телосложения и возраста. В данном случае, как и для маньчжурских воинов, была создана цифровая фигура человека азиатского типа, среднего телосложения, возрастом около 30 лет и ростом приблизительно 165 см. Такой выбор обусловлен необходимостью стилистического и этнографического соответствия историческому периоду и особенностям солдат армии династии Цин.

Использование одного и того же шаблона Metahuman для обеих линеек не только упрощает дальнейшую работу с анимацией и риггингом, но и позволяет сохранить единый художественный стиль в пределах всего проекта. При этом, несмотря на общий базис, каждая модель подвергалась индивидуальным изменениям на этапе проработки одежды, снаряжения и аксессуаров, что делало персонажей визуально уникальными. Такой подход особенно эффективен с точки зрения оптимизации производственного процесса: он позволяет экономить время на подготовку моделей, обеспечивая при этом визуальное разнообразие.

Кроме того, Metahuman предоставляет интеграцию с Unreal Engine, что упрощает последующую анимацию и добавление мимики, если потребуется более глубокая эмоциональная выразительность персонажей. Программа автоматически подготавливает модель для экспорта в формат, удобный для дальнейшей обработки в других программных пакетах, таких как Blender, Marvelous Designer и Substance Painter, которые активно использовались на последующих этапах производства.

Таким образом, единый подход к созданию базового гуманоидного шаблона стал важной методологической основой проекта. Он не только обеспечил техническую совместимость моделей, но и способствовал повышению производственной эффективности, при этом не жертвуя качеством и исторической достоверностью образов.

Следующим этапом в создании китайской линейки солдат стало модели-

рование одежды, при этом за основу была взята уже готовая модель обмундирования из маньчжурской линейки. Такой подход позволил существенно сократить временные затраты на первичное построение формы и сохранить стилистическое единство между различными подразделениями в рамках общего визуального ряда анимационного проекта. Первоначально смоделированная одежда для маньчжурских воинов была экспортирована в Blender, где началась её адаптация под характерные особенности китайской военной формы XVIII–XIX веков.

В процессе доработки изменялись как детали кроя, так и фактурные особенности элементов одежды. Были переработаны фасоны верхних халатов, добавлены традиционные китайские накладки, отличительные по покрою рукава, изменены воротники и декоративные элементы в соответствии с функциональным назначением каждого персонажа. Например, одежда мушкетёра получила более упрощённый и практичный вид, в то время как командир артиллерийской батареи и капитан отличались более богатой отделкой и сложным силуэтом. Для штурмовика и пехотинца были предусмотрены дополнительные элементы защиты, а одежда артиллериста содержала детали, типичные для специалистов технического рода войск.

Все изменения проводились с учётом исторических источников и графических референсов, отобранных на подготовительном этапе. Использование Blender в качестве основного инструмента для редактирования позволило точно настраивать форму, сохранять пропорции и корректно интегрировать новые элементы поверх существующей модели. Кроме того, благодаря сохранённой структуре слоёв, удалось эффективно переработать одежду, не нарушая базовую топологию и не создавая дополнительных проблем на последующих этапах текстурирования и анимации.

Таким образом, переход от маньчжурской к китайской линейке был осуществлён на основе уже проработанной модели, но с тщательной адаптацией и трансформацией всех визуальных составляющих. Это позволило достичь высокого уровня реализма, исторической достоверности и технологической оптими-

зации, необходимых для создания убедительных анимационных образов китайских солдат.

На рисунке 27 показана итоговая модель одежды китайской линейки солдат, адаптированная из базовой маньчжурской модели. Важно отметить, что изменения в одежде касаются не только формы и фасонов, но и более детализированной проработки отдельных элементов, таких как декоративные нашивки, дополнительные слои защиты и отличительные знаки различия для разных категорий воинов.



Рисунок 27 – Базовая часть одежды китайского направления

Далее происходила доработка модели, на этом этапе были добавлены дополнительные элементы, которые значительно улучшили внешний вид и детализацию одежды и снаряжения китайских солдат. В первую очередь был создан ремень, который проходил через плечо и поддерживал бронеленту, крепившуюся на руке, что обеспечивало дополнительную защиту в боевых условиях. Кроме того, был спроектирован и добавлен нагрудник, который усиливал защитные функции модели, а также придавал её визуальной выразительности, соответствуя стилю китайской военной формы того времени.

Особое внимание было уделено созданию шлема, который стал важным элементом экипировки. Шлем был дополнен боковыми и задними тканевыми обвесами, характерными для исторического стиля, что придавало модели больше

реализма и точности. Все эти элементы были интегрированы в единую модель с учётом её функциональности, чтобы не только повысить визуальную достоверность, но и сохранить анатомическую правильность.

На заключительном этапе была проведена зачистка лишних полигонов, которые были не видны за другими элементами снаряжения, что позволило значительно оптимизировать модель для использования в анимации и игровых движках. Это важно для повышения производительности и уменьшения нагрузки на систему при рендеринге.

Все вышеописанные доработки можно увидеть на рисунке 28, где отображены как добавленные элементы, так и общая форма модели после доработки.



Рисунок 28 – Доработанная модель китайского направления

Следующим этапом было создание развертки модели, которая также выполнялась с использованием программы RizomUV. Для обеспечения точности и правильности текстурирования была проведена тщательная развертка UV-канала, с учётом всех особенностей модели и её сложных элементов. Развертка позволила корректно распределить текстуры по поверхности, минимизируя искажения и оптимизируя текстурное пространство для каждого элемента.

Важно отметить, что развертка проводилась с учётом текстурных швов,

чтобы текстуры не теряли своей чёткости и детализации, а также были расположены в соответствии с нормами работы в игровых и анимационных движках. При этом уделялось внимание таким аспектам, как паддинги и правильное распределение texel density для обеспечения равномерной текстурной детализации на всех участках модели.

Все детали развертки, а также её особенности, можно увидеть на рисунке 29, где показана модель с отображением UV–развертки, что позволяет лучше понять процесс и подход, использованный при подготовке к текстурированию.

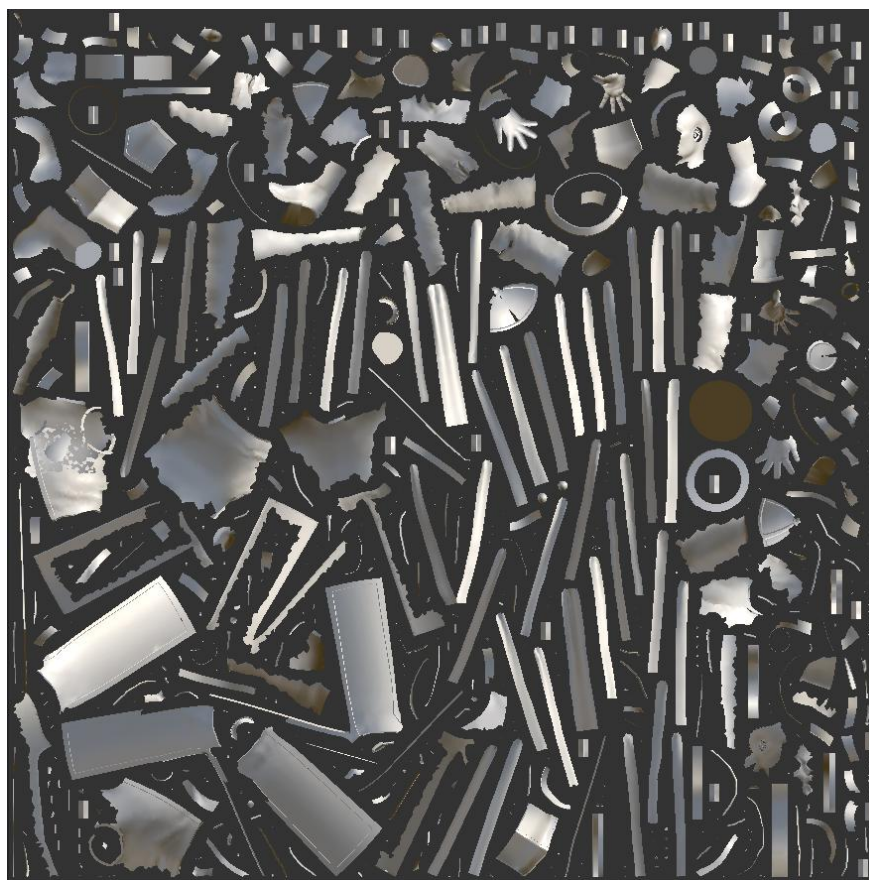


Рисунок 29 – Развертка пехотинца китайской линейки

После завершения этапа UV–развёртки следующим важным шагом стало текстурирование модели китайского солдата. Этот процесс выполнялся в специализированном программном обеспечении Substance 3D Painter, которое предоставляет широкий инструментарий для детальной проработки поверхностей 3D–объектов. Благодаря использованию интеллектуальных материалов (smart materials), удалось создать реалистичную визуальную картину, соответствующую как историческим референсам, так и требованиям к производительности в

игровых и анимационных средах.

Особое внимание при текстурировании уделялось подбору материалов, отражающих как тканевые, так и металлические поверхности: бронелента, шлем и нагрудник получили характерный блеск и шероховатость, передающие особенности металла, в то время как текстильные элементы были проработаны с учётом неровностей, складок и износа. Все материалы настраивались в соответствии с параметрами PBR (Physically Based Rendering), что позволяет добиться фотореалистичного результата при рендеринге в игровых движках и системах визуализации.

На выходе были получены три основные текстурные карты. Первая – Base Color, отвечающая за базовое цветовое решение поверхности. Вторая – Normal Map, позволяющая придать иллюзию геометрических деталей без увеличения числа полигонов. Третья – составная текстура, включающая каналы Metallic, Roughness и Ambient Occlusion, объединённые в одну карту для оптимизации загрузки и работы модели в реальном времени.

Результаты текстурирования и визуальное отображение материалов представлены на рисунке 30, где можно увидеть текстурированную модель с разных сторон, а также анализ используемых карт, подтверждающих соответствие современным требованиям к визуализации.



Рисунок 30 – Текстурированная модель пехотинца китайской линейки

Следующим этапом в процессе подготовки модели китайского солдата для анимации стал риггинг – привязка модели к скелету, что позволяет ей принимать различные позы и выполнять анимационные движения. Для этого был использован онлайн–сервис Mixamo, предоставляющий готовые решения для автоматического скелетирования и базовой настройки скининга гуманоидных моделей.

Процесс риггинга начался с загрузки экспортированной модели в формате fbx на платформу Mixamo. После этого выполнялось указание ключевых ориентиров тела: подбородка, запястий, локтей, коленей и паховой области. На основе этих точек сервис автоматически создавал скелетную структуру, соответствующую анатомии человека. Такой подход позволяет добиться высокой точности привязки и обеспечить корректную деформацию модели в процессе анимации.

После генерации скелета модель автоматически проходила фазу скининга – распределения влияния костей на вершины меша. Это обеспечивало плавное и реалистичное движение всех частей тела при анимации. Особое внимание уделялось проверке корректности работы суставов, особенно в зоне плеч, локтей и коленей, где деформации наиболее критичны. В случае необходимости были внесены правки уже в 3D–редакторе Blender, где производилась тонкая настройка весов вершин.

В результате этого этапа модель приобрела полноценную скелетную структуру, необходимую для дальнейшей анимации (Рисунок 31). Скелет соответствовал стандартам, используемым в большинстве современных игровых и анимационных движков, включая Unreal Engine и Unity, что обеспечивает гибкость при интеграции и повторном использовании анимационных данных. Таким образом, этап риггинга стал ключевым связующим звеном между моделью и последующим процессом создания анимационного ролика.

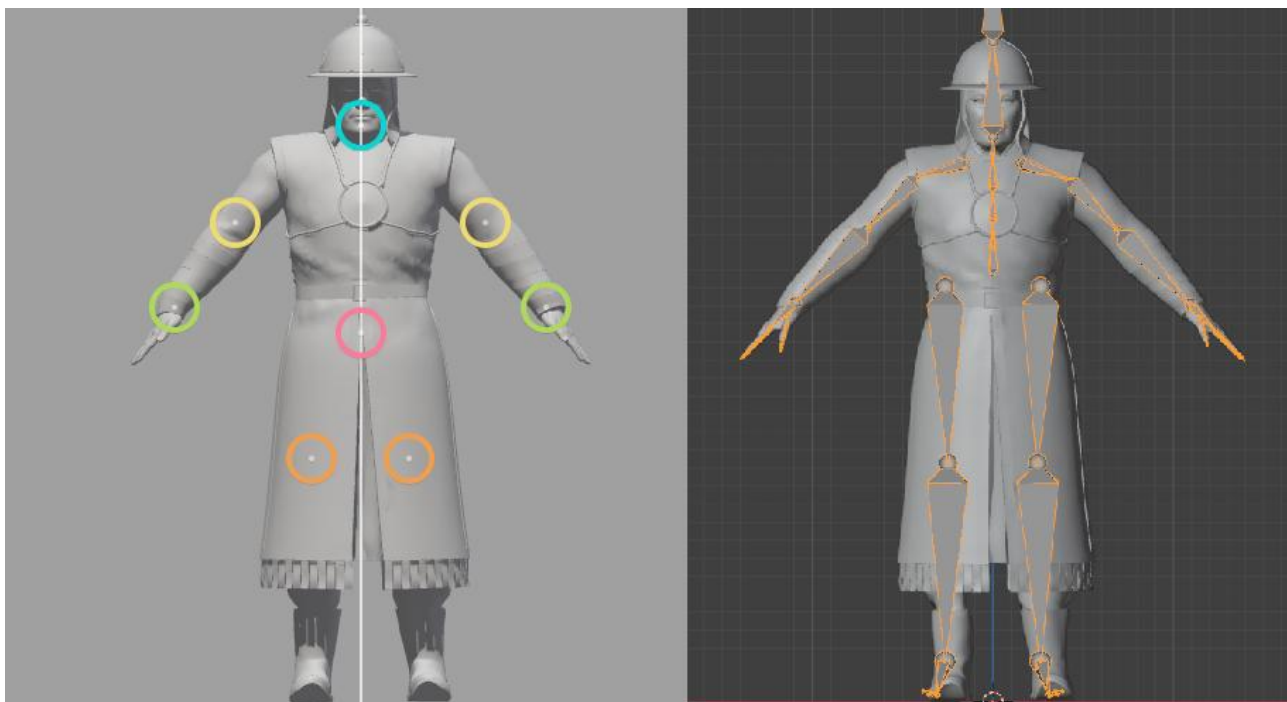


Рисунок 31 – Скелетированная модель китайского пехотинца

Завершающим этапом создания китайской линейки солдат стало формирование полного набора готовых персонажей, каждый из которых представляет определённый тип военного в структуре китайской армии эпохи Цин. Всего было подготовлено шесть уникальных персонажей: штурмовик, пехотинец, наводчик, мушкетёр, командир артиллерийской батареи и артиллерист (Рисунок 32). Каждый из них отличается элементами униформы, обмундированием и характерными деталями внешнего вида, что подчёркивает их функциональную принадлежность внутри боевого строя.

Все модели прошли полный производственный цикл, включающий создание базовой гуманоидной фигуры, моделирование одежды, проработку снаряжения, развёртку UV-карт, текстурирование и финальный этап риггинга. Таким образом, каждый персонаж является полностью готовым для использования в анимации: он имеет корректно настроенную скелетную структуру, оптимизированную топологию, качественные текстурные карты в соответствии с современными PBR-стандартами, а также стилистически выдержан в рамках общей концепции визуализации исторического ролика.



Рисунок 32 – Полная линейка китайских войск

Благодаря единому подходу к разработке и унификации технической базы, все модели обладают совместимостью и могут использоваться как в составе групповой анимации, так и индивидуально, в зависимости от сценарных задач. Это обеспечивает гибкость в постановке сцен и достоверное воспроизведение строевых порядков китайской армии XVII–XVIII веков.

3.3 Анимационный ролик

Первым этапом подготовки как китайской, так и маньчжурской линеек солдат к анимации стала загрузка каждой из моделей в онлайн–сервис Mixamo, предоставляющий инструменты для автоматического риггинга и предварительного просмотра движений.

На рисунке 33 представлена одна из загруженных моделей, демонстрирующая корректное наложение скелета на фигуру. Отображение ключевых суставов и контрольных точек позволяет визуально убедиться в правильности риггинга. Все модели обеих линеек – как китайской, так и маньчжурской – прошли идентичную процедуру загрузки, верификации и корректировки скелета, что обеспечило единую стандартизированную основу для последующей анимационной обработки.



Рисунок 33 – Проверка привязки весов

После успешной загрузки и настройки скелетной структуры следующим этапом стало применение анимаций из встроенной библиотеки Mixamo. Этот сервис предлагает обширный набор готовых движений, включая походку, бег, боевые приёмы, стрельбу, падения и различные жесты, что делает его удобным инструментом для быстрого прототипирования анимационного поведения персонажей.

Для китайской и маньчжурской линеек были выбраны движения, соответствующие историческому контексту и типу войск. Например, для мушкетёров и наводчиков использовались анимации стрельбы и перезарядки, для кавалерийских офицеров и генералов.

Перед применением каждая анимация просматривалась в режиме предварительного просмотра, где отображалось взаимодействие движения с моделью в реальном времени.

На рисунке 34 показан пример применения одной из анимаций к модели солдата, где хорошо видно, как выбранное движение адаптировано под скелет, загруженный ранее.

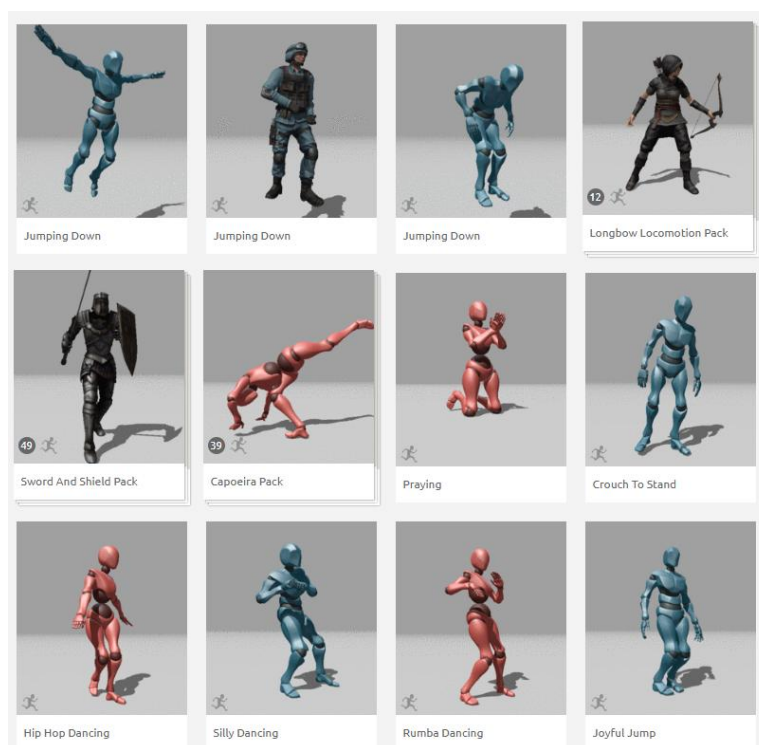


Рисунок 34 – Библиотечная анимация в mīxamo

После выбора подходящей анимации в Mīxamo она была экспортирована с настройкой "Without Skin", что означает экспорт только скелетной анимации без модели персонажа. Это позволяет использовать заранее подготовленную и текстурированную модель без конфликтов. Такой подход облегчает последующую работу в Blender и обеспечивает корректную привязку движений. Настройка экспорта показана на рисунке 35.

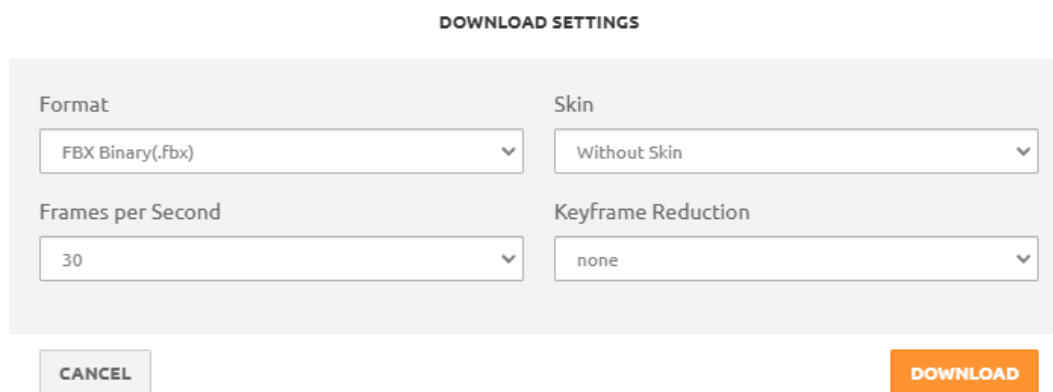


Рисунок 35 – Настройка экспорта анимации

На рисунке 36 представлена страница демонстрационного проекта Electric Dreams Environment в магазине Epic Games Marketplace. Данный проект был выбран в качестве базовой сцены для реализации анимационного ролика благодаря своей высококачественной визуальной составляющей, оптимизированной структуре и полной поддержке движка Unreal Engine 5.3. Среди его ключевых преимуществ можно выделить современную стилистику, обилие готовых ассетов, качественные материалы и освещение, что позволило значительно сократить время на создание фона и сосредоточиться на внедрении анимированных моделей китайской и маньчжурской линеек. Кроме того, наличие уже настроенной системы освещения и эффектов помогло на раннем этапе получить реалистичную визуализацию сцены, а модульная структура проекта обеспечила гибкость при размещении персонажей и камер. Таким образом, использование Electric Dreams Environment стало важным этапом в реализации визуальной части проекта, позволив интегрировать кастомные модели в профессионально оформленное виртуальное пространство.

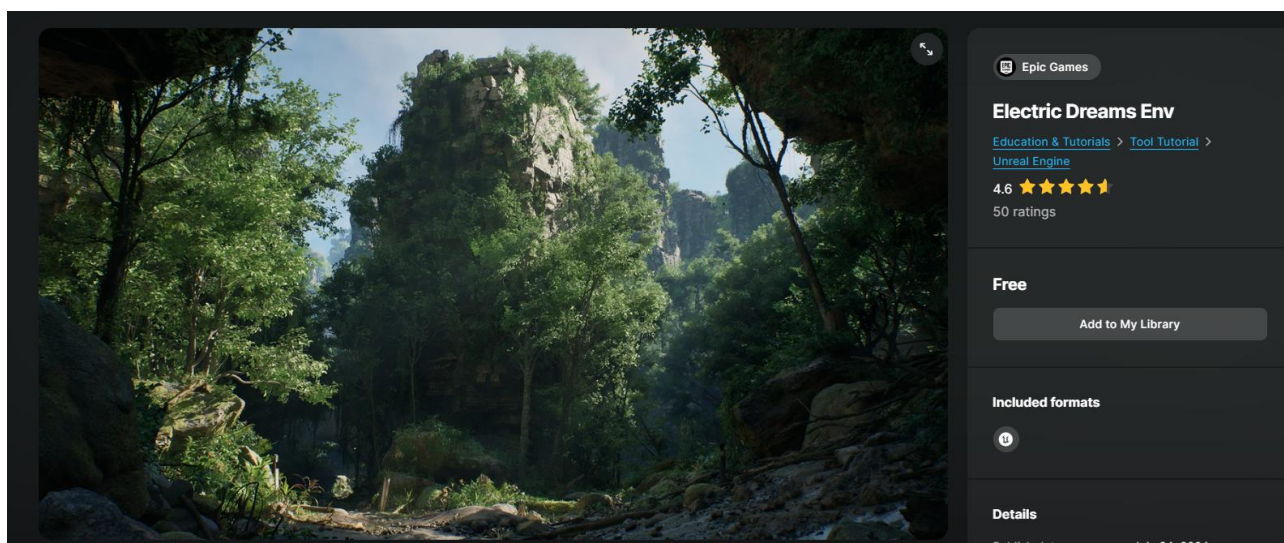


Рисунок 36 – Страница демонстрационного проекта Electric Dreams Env

После загрузки демонстрационного проекта в среду Unreal Engine 5.3 была произведена его адаптация под нужды анимационного ролика. На этом этапе осуществлялась очистка сцены от элементов, не имеющих отношения к заданной исторической и визуальной концепции. Были удалены лишние ассеты, мешающие восприятию действия, а также элементы окружения, не вписывающиеся в

атмосферу реконструируемого периода.

Затем производилось размещение дополнительных объектов, соответствующих эпохе и усиливающих погружение в сцену. В частности, были добавлены деревянные ящики, дрова, бочка, топор, а также животные – волк и свинья – которые придают сцене живость и реалистичность. Эти элементы подбирались и расставлялись таким образом, чтобы не отвлекать внимание от главного действия, но при этом усиливать иммерсивность и логическую завершённость кадра.

Одновременно проводилась работа над цветовой палитрой сцены: настройка постобработки, баланса белого, экспозиции и других параметров, влияющих на визуальное восприятие. Это позволило добиться гармоничного сочетания освещения и текстур, что особенно важно при интеграции анимированных моделей.

Итоговая композиция сцены с расположением всех ключевых объектов и персонажей представлена на рисунке 37.

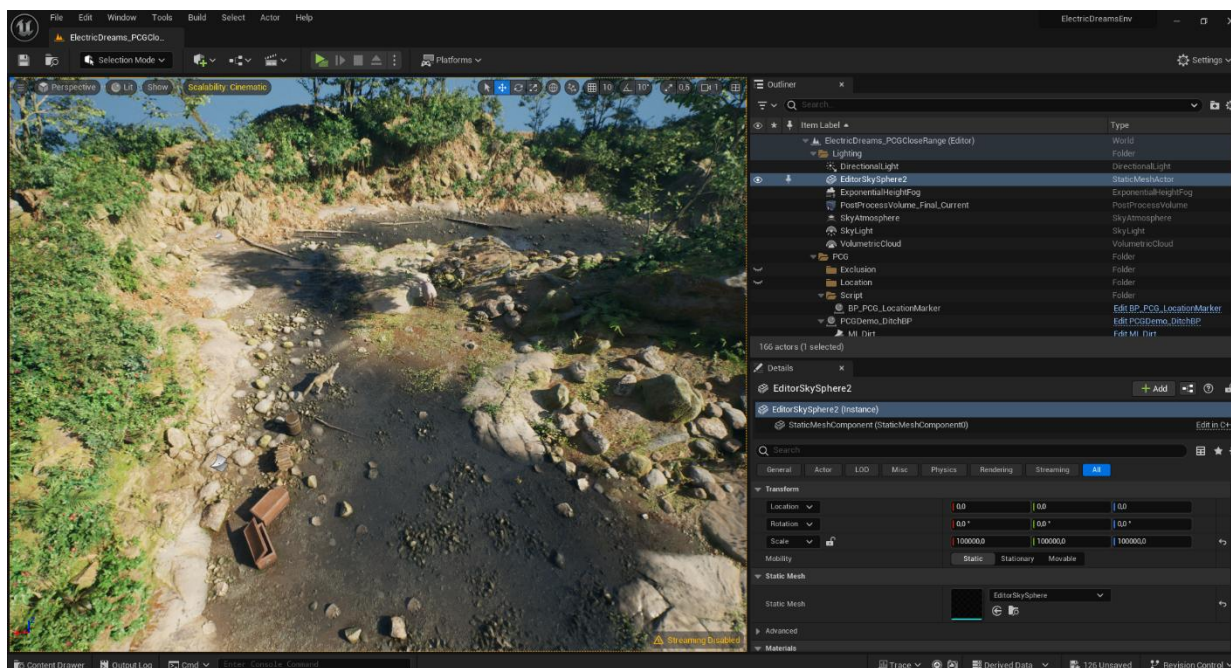


Рисунок 37 – Подготовленная сцена для постановки кадра

На следующем этапе работы было необходимо правильно настроить и выставить кадры для анимации. Для этого в проект Unreal Engine 5.3 были импортированы несколько ключевых объектов, которые обеспечивают корректное воспроизведение анимации персонажей. Первым важным элементом является

Animation Sequenser, который управляет временной шкалой анимации, определяя, как именно персонаж будет двигаться в различные моменты времени. Этот объект содержит все данные, необходимые для плавного и синхронизированного воспроизведения движений, и позволяет редактировать поведение персонажа в процессе анимации.

Кроме того, в проект был добавлен Skeletal Mesh – 3D–модель персонажа, состоящая из скелета и привязанных к нему полигонов. В отличие от статичных объектов, этот элемент способен анимироваться, благодаря чему персонаж может двигаться. Каждая кость в Skeletal Mesh отвечает за определённые части тела, что даёт возможность точно контролировать движение различных частей фигуры, таких как руки или ноги.

Важной частью работы стало подключение Physics Asset, который задаёт физические свойства и взаимодействие модели с окружающей средой. Это может включать расчёты столкновений, влияние гравитации, трение и другие физические взаимодействия. С помощью Physics Asset можно настроить, как персонаж будет вести себя в контексте физического мира, например, как его тело реагирует на столкновение с объектами или землёю.

Неотъемлемой частью всего процесса является Skeleton, представляющий собой каркас из костей, который управляет движениями персонажа. Это основа, на основе которой создаются анимации и движения. Каждая кость скелета отвечает за отдельную часть тела, что позволяет точно и гибко анимировать модель.

Все эти элементы были импортированы в проект и подготовлены для дальнейшей работы с анимацией. На рисунке 38 представлена визуализация импортированных объектов, что позволяет наглядно увидеть их взаимодействие и роль в процессе анимации персонажей.



Рисунок 38 – Части анимированного персонажа

После того как все элементы были импортированы и настроены, следующим этапом стало создание материалов для моделей. Для этого в Unreal Engine 5.3 был разработан специальный материал, который отвечал за внешний вид объектов в сцене, включая текстуры, освещение и физические свойства поверхности.

Создание материала включало в себя использование различных карт, таких как Base Color, Normal Map, Roughness, и Metallic, которые обеспечивали детализированное отображение материала и реалистичное взаимодействие с освещением. Кроме того, применялись дополнительные карты, такие как Ambient Occlusion, для улучшения глубины и объема текстур на поверхности модели, создавая эффект более естественного взаимодействия объектов с окружающей средой.

Для достижения максимальной визуальной реалистичности использовалась система Shader в Unreal Engine, которая позволила настроить материалы в зависимости от различных факторов, таких как освещенность, угол обзора и материалы, из которых выполнены объекты. Это дало возможность персонажам и окружающим предметам выглядеть натурально и динамично в любой ситуации.

Схема создания материала, с указанием всех этапов и используемых компонентов, представлена на рисунке 39. Этот рисунок наглядно демонстрирует процесс разработки материала, начиная от базовых карт и заканчивая интеграцией в проект.

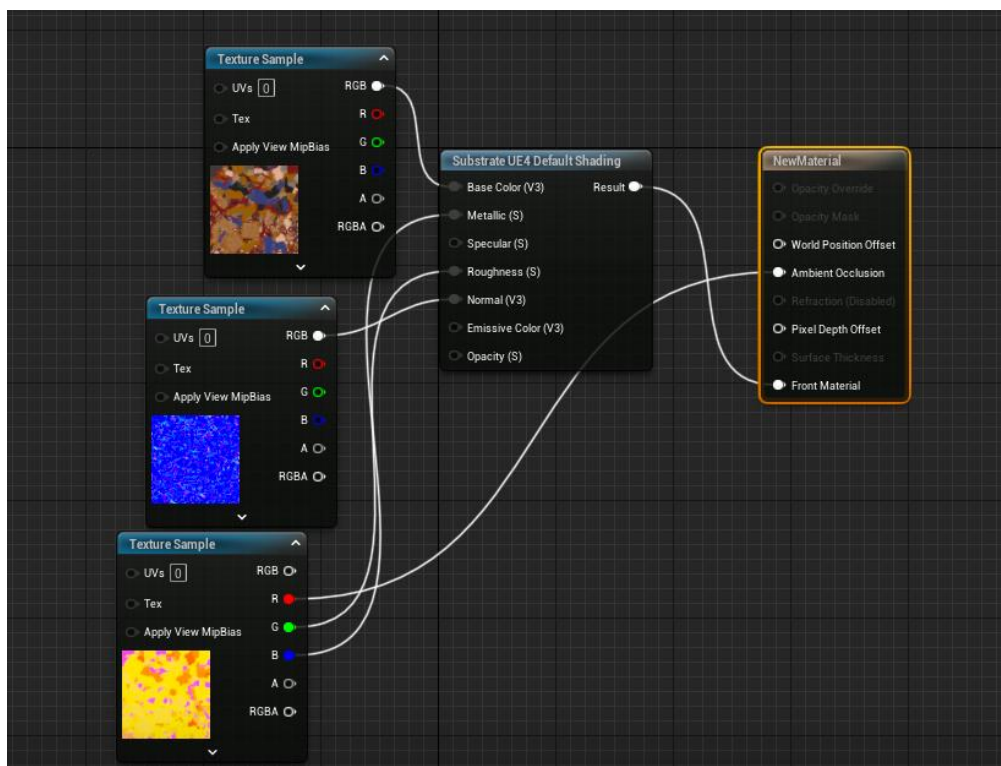


Рисунок 39 – Схема подключения текстур

После создания материала и настройки всех основных элементов сцены, следующим этапом стала настройка камеры для правильного отображения всех объектов в проекте. Важным шагом в этом процессе было определение положения камеры, которое должно было обеспечить наиболее выразительное и динамичное представление сцены с учетом движения персонажей.

Основной настройкой камеры стало установление фокусного расстояния, что позволило правильно передать масштаб объектов в кадре и создать эффект глубины. Для этого был выбран метод трекинга камеры за основным объектом, который будет перемещаться по сцене.

Такое решение позволило улучшить восприятие сцены, придавая ей более кинематографичный и реалистичный вид, а также обеспечив плавные и динамичные переходы между различными частями анимации. Настройка камеры, включая фокусное расстояние и параметры трекинга, представлена на рисунке 40.

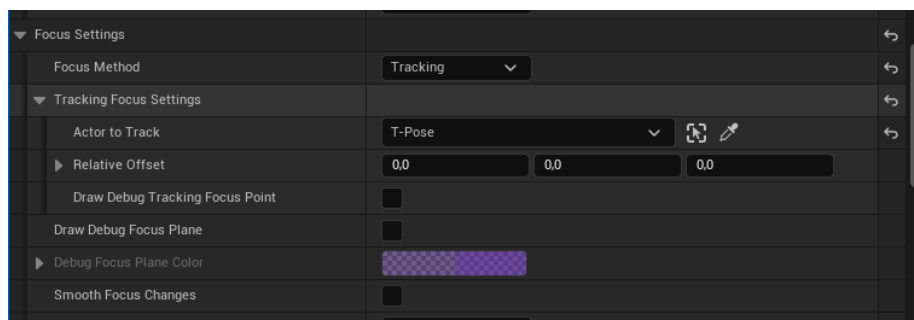


Рисунок 40 – Настройка Camera sequencer

Поставленный кадр, отражающий все настройки камеры и анимации, а также размещенные объекты, представлен на рисунке 41. Этот кадр демонстрирует окончательную композицию сцены, где учтены все элементы, включая движение персонажей и настройку фокусного расстояния для достижения наиболее выразительного визуального эффекта.

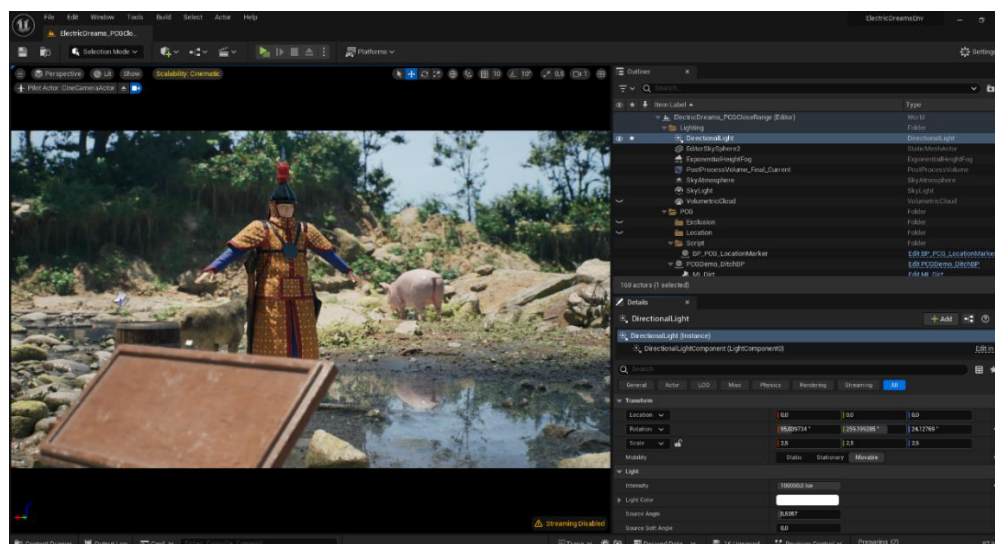


Рисунок 41 – Поставленный кадр

Следующим этапом было создание Level Sequencer, который служит для управления анимациями, перемещениями объектов, а также координации всех действий на сцене. В данном случае, для организации анимационного процесса, в Level Sequencer были загружены все необходимые анимации персонажей, а также произведены настройки, чтобы синхронизировать движение объектов и персонажей с их взаимодействиями в кадре.

Сначала были добавлены анимации для каждого из персонажей. Для этого в Level Sequencer был создан новый трек для каждого из них, на который были

импортированы соответствующие анимации. Затем, для каждого объекта, требующего движения, были добавлены дополнительные треки для позиционирования и перемещения. Например, дрова, ящики и другие предметы были расставлены на сцене таким образом, чтобы их движение или анимация были синхронизированы с движениями персонажей.

Вся работа с Level Sequencer позволила достичь необходимой динамики сцены, создавая эффект взаимодействия персонажей с окружением и другими элементами. Рисунок 42 демонстрирует настройку Level Sequencer, на которой видно, как различные анимации, движения объектов и освещение были синхронизированы для создания плавной и реалистичной сцены.

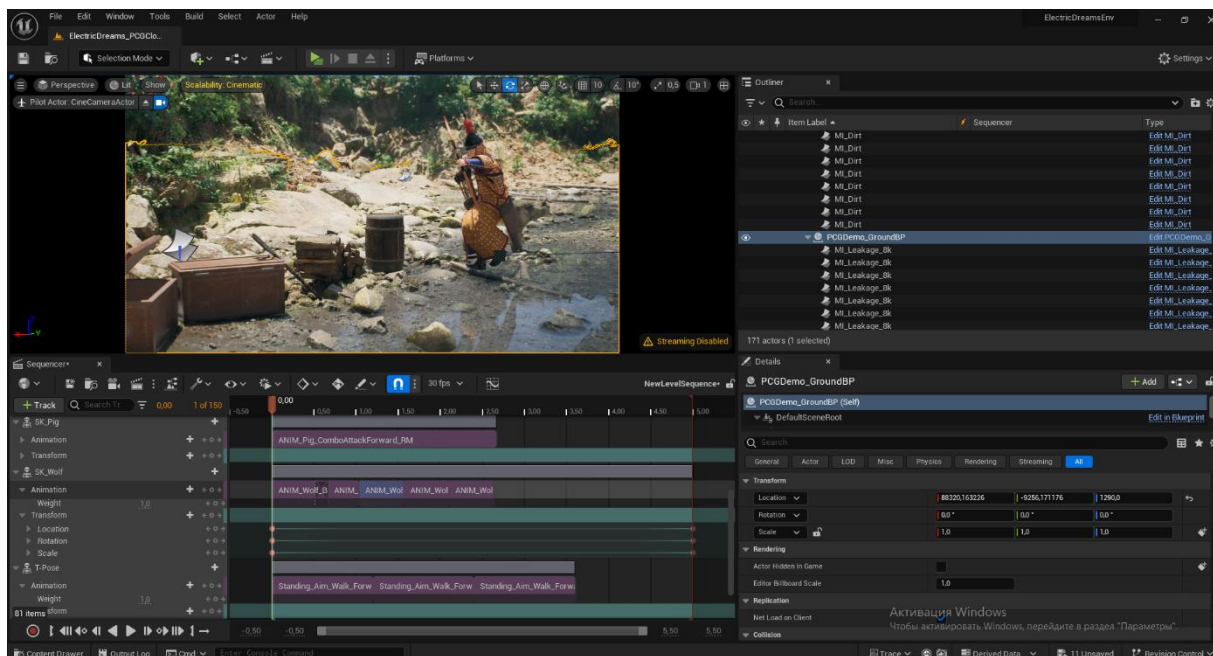


Рисунок 42 – Настройка Level Sequencer

Следующим этапом было выполнение рендеринга сцены с использованием Movie Render Queue в Unreal Engine. Для этого необходимо было настроить несколько параметров, чтобы обеспечить нужное качество изображения и соответствующие настройки для финального рендеринга.

Первым шагом является выбор нужных настроек вывода для рендеринга. В Movie Render Queue был выбран формат вывода, в данном случае – это формат EXR для высококачественного рендеринга с сохранением всех деталей изобра-

жения и динамического диапазона. Это особенно важно для анимационных проектов, где требуется максимальное качество изображения, а также возможность работы с цветокоррекцией в постобработке.

Далее была настроена разрешение рендеринга. Для полноценного рендеринга была выбрана стандартная HD-разрешение (1920x1080), что подходило для поставленных целей, но в будущем для более детализированных кадров может быть использовано более высокое разрешение.

Также были настроены антиалиасинг и освещение. Для этого использовался метод Temporal Anti-Aliasing (TAA), который позволяет устранить зубчатость на краях объектов, а также повысить общую плавность изображения. Настройки освещения позволили добиться реалистичных эффектов светотени, что было критически важно для данной сцены с движущимися персонажами и объектами.

Кроме того, в Movie Render Queue были настроены параметры экспозиции и глубины резкости, что позволило получить нужные визуальные эффекты и детали в кадре. Depth of Field (DOF) был настроен таким образом, чтобы важные элементы сцены оставались в фокусе, а задний план слегка размазывался, что добавляет глубины и реалистичности.

Все настройки были тщательно проверены и протестированы для достижения оптимального качества рендеринга. Рисунок 43 демонстрирует настройки рендеринга, включающие выбор формата вывода, разрешение и другие важные параметры, которые были использованы для финального рендеринга сцены.

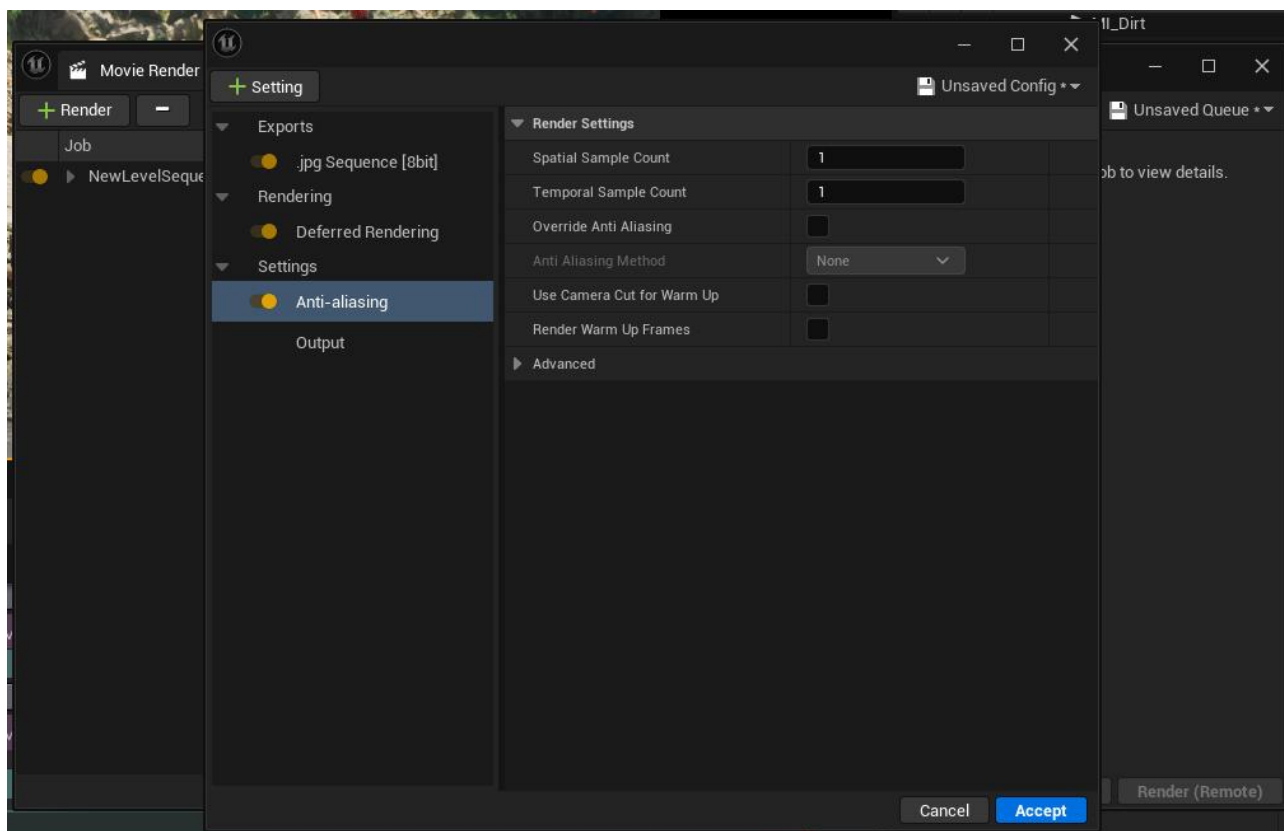


Рисунок 43 – Настройки Movie Render Queue

Далее в Adobe Premiere Pro были добавлены все фрагменты видео, полученные из предыдущих этапов. Каждый кусочек был импортирован в проект и размещён на временной шкале в нужной последовательности. Это позволило собрать финальное видео, соответствующее плану сцены. Процесс включал корректировку длительности клипов и точную синхронизацию всех частей. Настройка видео в Adobe Premiere Pro показана на рисунке 44.

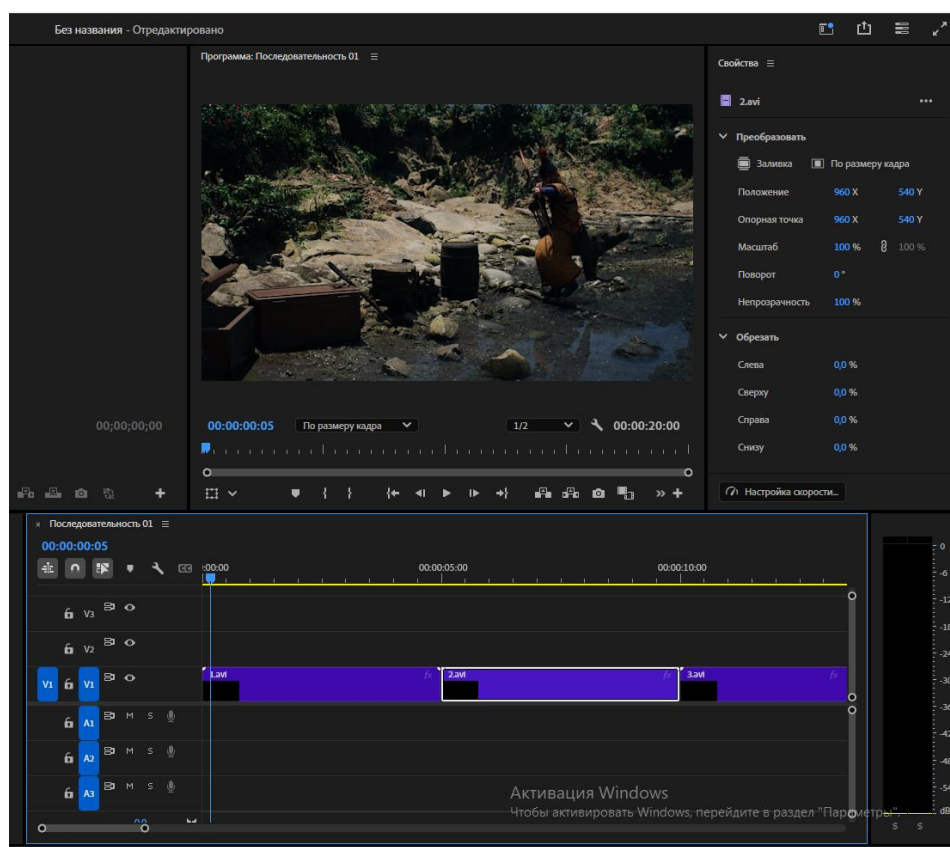


Рисунок 44 – Соединённые части видео в один фрагмент

В третьей главе дипломной работы были детально рассмотрены этапы создания анимационного ролика, начиная с разработки базовых 3D-моделей персонажей, таких как солдаты маньчжурской и китайской линеек, и заканчивая финальным рендером готового видеоматериала. Каждый этап работы включал использование передовых технологий и программных средств, таких как Metahuman для создания персонажей, Marvelous Designer для разработки одежды, Blender для доработки моделей, а также Substance Painter для текстурирования. Далее модели были скелетированы в Mixamo, а анимации были выбраны и применены в Unreal Engine 5.

Создание сцены в Unreal Engine 5 включало в себя настройку камеры, материалов, а также добавление различных объектов и анимаций. Каждый элемент сцены был тщательно проработан для достижения наилучшего визуального качества. Финальной стадией работы стало использование Movie Render Queue для рендеринга видео и последующего монтажа в Adobe Premiere Pro, где были собраны все фрагменты в единую цельную анимацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной магистерской диссертации была успешно реализована поставленная цель – создание анимационного ролика, воссоздающего образ воинов Восьмизнаменной армии династии Цин. Проведенная работа наглядно продемонстрировала, как современные цифровые технологии могут служить инструментом исторической реконструкции, позволяя не только визуализировать, но и оживить страницы прошлого.

Использование передовых технологий 3D–моделирования и анимации открыло новые возможности для достоверного воспроизведения исторических образов. Применение MetaHuman, Marvelous Designer и Substance Painter позволило добиться высокой степени детализации персонажей, в то время как Unreal Engine 5 обеспечил реалистичную интеграцию моделей в интерактивную среду. Особое внимание было уделено исторической точности – каждая деталь униформы, вооружения и снаряжения создавалась на основе тщательного изучения архивных материалов и музейных экспонатов.

Полученные результаты имеют значительный образовательный и научно–популярный потенциал. Созданный анимационный ролик может стать ценным ресурсом для учебных заведений, музеев и медиапроектов, посвященных истории Китая. Он не только делает исторический материал более наглядным, но и способствует лучшему пониманию военной организации и культурных особенностей эпохи Цин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Аваченко, А. В. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3D и 3D Max [Электронный ресурс] / А. В. Аваченко, А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин // ФЛИНТА. – 2020. – №1. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/125515>. – 05.05.2025.
- 2 Берг, Д. Б. Модели жизненного цикла [Электронный ресурс] / Д. Б. Берг, Е. А. Ульянова, П. В. Добряк // УрФУ. – 2021. – №3. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/98755>. – 10.05.2024.
- 3 Бугаев, С. Н. Компьютерная историко-топографическая реконструкция Албазинского острога / С. Н. Бугаев // Молодежь XXI века: шаг в будущее: материалы XX региональной научно-практической конференции. – Благовещенск : АмГУ. – 2021. – С. 192–193.
- 4 Васильева, М. А. Фильтрация набора данных / М. А. Васильева, О. А. Тимофеева, К. М. Филиппченко. // РУТ (МИИТ). – 2023. – №6. – С. 75.
- 5 Гришаева, Н. Ю. Инженерная и компьютерная графика. Трёхмерное моделирование в Kompas-3D / Н. Ю. Гришаева. – Москва // ТУСУР. – 2021. – №8 – С. 82.
- 6 Аваченко, А. В. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3D и 3D Max [Электронный ресурс] / А. В. Аваченко, А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин // ФЛИНТА. – 2020. – №4. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/125515>. – 05.05.2025.
- 7 Данилина, И. И. Программирование на языке C# в среде Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс] / И. И. Данилина // БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова. – 2022. – №2. Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/121392>. – 10.05.2024.
- 8 Дикинсон, К. Оптимизация игр в Unity 5 [Электронный ресурс] / К. Дикинсон // ДМК Пресс. – 2021. – №3. Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/90109>. – 10.05.2024.
- 9 Джонатан, Л. UV Mapping в Unity [Электронный ресурс] / Л. Джонатан,

Р. Н. Рагимова. // ДМК Пресс. – 2021. – №5. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/93271> – 10.05.2024.

10 Друковский, А. В. 3ds Max 2021. Лучший самоучитель / А. В. Друковский, О. В. Якунина // Астрель. – 2015. – №3. – С. 352.

11 Давыдова, М. А. Web-технологии в бизнесе [Электронный ресурс] / М. А. Давыдова // E-Scio. – 2018. – №6. – С. 21. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/web-tehnologii-v-biznese>. – 15.05.2025.

12 Евсеев, А. Н. Моделирование, 3D-печать и оценка полученной реплики с помощью измерительных инструментов и КИМ ТЗ / А. Н. Евсеев, И. В. Ефременков // УлГУ. – 2021. – С. 52.

13 Елуферьева, Ю. С. Корпоративные web-серверы [Электронный ресурс] / Ю. С. Елуферьева // Экономика и социум. – 2018. – №7. – С. 50. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnye-web-servera>. – 15.05.2025.

14 Елуферьева, Ю. С. Корпоративные web-серверы [Электронный ресурс] / Ю.С. Елуферьева // Экономика и социум. – 2018. – №7. – С. 50. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnye-web-servera>. – 15.05.2025.

15 Иванов, В. В. 3D-конструирование [Электронный ресурс] / В. В. Иванов, А. В. Фирсов, А. Н. Новиков // РГУ им. А. Н. Косыгина. – 2021. №13. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/128010>. – 10.05.2024.

16 Иридеков, Н. В. Виртуальная 3D реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас / Н. В. Иридеков, И. В. Янченко // Дневник науки. – 2019. - № 5 (29). - С. 38.

17 Келлер, Э. Введение в ZBrush 4 [Электронный ресурс] / Э. Келлер // ДМК Пресс. – 2022. – №3. – С. 21. Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/4154>. – 10.05.2024.

18 Кочадамов, В. И. Албазин - русская крепость XVII века на Амуре / В. И. Кочадамов // Труды Института живописи, скульптуры и архитектуры им. И. Е. Репина. – 1970. – №3. – С. 39-43.

19 Кочадамов, В. И. Первые русские города Сибири / В. И. Кочадамов // Дневник науки. – 2019. - № 5 (29). - С. 38.

20 Кузнецов, С. В. 3ds Max. Профессиональное 3D-моделирование [Электронный ресурс] / С. В. Кузнецов. // ДМК Пресс. – 2020. – №3. С. 21. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/139150>. – 10.05.2024.

21 Линовес, Д. К. Виртуальная реальность в Unity / Д. К. Линовес // ДМК Пресс. – 2016. – №3. – С. 316.

22 Лисин, А. В. 3D-моделирование : самоучитель / А. В. Лисин // БХВ-Петербург. – 2020. – №3. – С. 320.

23 Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Лисяк // ЮФУ. – 2021. – №1. – С. 320.

24 Марчуков, А. В. Работа в Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс] / А. В. Марчуков, А. О. Савельев // ДМК Пресс. – 2020. – №3. С. 21. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/100439>. – 10.05.2024.

25 Меженин, А. В. Технологии разработки 3D-моделей [Электронный ресурс] / А. В. Меженин // НИУ ИТМО. – 2020. – №1. – С. 22. Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/136470>. – 10.05.2024.

26 Молочков, В. П. Adobe Photoshop CS6 [Электронный ресурс] / В. П. Молочков // ИНТУИТ. – 2021. – С. 22. Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/100563>. – 5.01.2025.

27 Новиков-Даурский, Г. С. Историко-археологические очерки, статьи, воспоминания / Г. С. Новиков-Даурский // Амурское книжное издательство – 1961. – С. 22.

28 Нестеров, С. П. Город Албазин на Амуре: численность жителей в последней четверти XVII века / С. П. Нестеров // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2017. – №2. – С. 113-122.

29 Остапенко, М. Ю. Виртуальная реконструкция колокольни Страстного монастыря (XVIII - первая половина XIX в.): опыт построения 3D-модели / М. Ю. Остапенко // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. – 2014. – № 2-3 (8-9). – С. 42-49.

30 Панфилова, Д. Г. Новое измерение ГИС: Contex 3D увеличивает точность и эффективность макетирования [Электронный ресурс] / Д. Г. Панфилова // ДМК Пресс. – 2020. – №3. С. 21. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/100439>. – 10.05.2024.

31 Пахмурин, А. Г. 3D-моделирование картографической информации в городской среде [Электронный ресурс] / А. Г. Пахмурин // РГУ им. А. Н. Косыгина. – 2021. №13. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/128010>. – 10.05.2024.

32 Першукова, С. А. Реинжиниринг бизнес-процессов предприятий гостиничного и ресторанного бизнеса на основе конкурентных / С. А. Першукова // Гостиничный бизнес. – 2025. – №5. – С. 14-15.

33 Пышнев, А. А. 3D-моделирование : учебное пособие / А. А. Пышнев // РГУ им. А. Н. Косыгина. – 2021. №13. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/128010>. – 10.05.2024.

34 Серова, М. Н. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D. Моделирование и дизайн : учебник / М. Н. Серова // СОЛОН-Пресс. – 2022. – С. 272.

35 Соколов, А. Н. Blender 3D. 3D-моделирование и анимация : учебное пособие / А. Н. Соколов // ДМК Пресс. – 2020. – №3. С. 21. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/100439>. – 10.05.2024.

36 Сычёв, С. А. Перспективные технологии строительства и реконструкции зданий : монография / С. А. Сычёв, Г. М. Бадьин // Лань. – 2019. – С. 368.

37 Тимофеев, А. В. 3D-моделирование. Основы и практика : учебное пособие / А. В. Тимофеев // Академия. – 2020. – С. 256.

38 Трухин, В. И. Развитие крепостных сооружений Албазинского острога в исторической ретроспективе и некоторые аспекты реконструкции его объемно-планировочной структуры / В. И. Трухин // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2017. – №2. – С. 113-122.

39 Трухин, В. И. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг : фортификация и защитники - опыт исторической реконструкции [Электронный ресурс] / В. И.

Трухин, Е. А. Багрин // История военного дела: исследования и источники. – 2019. – №3. Режим доступа : http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin. – 06.05.2024.

40 Трухин, В. И. Албазинское воеводство [Электронный ресурс] / В. И. Трухин, В. В. Крюков // Библиотека дальневосточного казачества. – 2021. – №3. – Режим доступа : <https://e.lanbook.com/book/1255>. – 10.05.2024.

41 Таран, В. Н. Кроссплатформенная разработка web-сайтов [Электронный ресурс] / В. Н. Таран, Р. С. Горщар, В. Е. Осыка // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – №3. С. 51. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/krossplatformennaya-razrabotka-web-saytov>. – 15.05.2025.