

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

Факультет Математики и информатики  
Кафедра Информационных и управляющих систем  
Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Профиль Автоматизированные системы обработки информации и управления

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Зав. Кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.В. Бушманов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Разработка многослойной 3D-модели кампуса АмГУ

Исполнитель \_\_\_\_\_ М.А. Попов  
студент группы 853об (подпись, дата)

Руководитель \_\_\_\_\_ И.Е. Еремин  
профессор, доктор техн. наук (подпись, дата)

Консультант по БЖД \_\_\_\_\_ А.Б. Булгаков.  
доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

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



## РЕФЕРАТ

Дипломная (бакалаврская) работа содержит 73 с., 54 рисунков, 4 таблицы, 5 приложения, 26 источников.

### 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ДИАГРАММА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, UNITY, НИЗКОПОЛИГОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Объектом исследования является процесс создания оригинальных трехмерных моделей.

Цель работы состоит в разработке программного продукта, который послойно отображает смоделированные элементы кампуса АмГУ.

Для достижения поставленной цели необходимо проанализировать предметную область, провести анализ существующих программных средств для создания трехмерной графики и выбрать наиболее подходящие для выполнения данной задачи. Разработать технологию создания оригинальных трехмерных объектов существующих зданий. Разработать приложения для отображения оригинальных моделей с низкими требованиями к аппаратной части.

Результатом выполнения данной работы является рабочий программный продукт, отображающий послойно трехмерные модели оригинальных архитектурных сооружений.

## СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки	6
Определения, обозначения и сокращения	7
Введение	8
1 Предметная область проводимого исследования	9
1.1 История развития трехмерной графики	12
1.2 Существующие виды и типы трехмерного моделирования	14
1.3 Устройство кампуса АмГУ	18
2 Программные и аппаратные средства	21
2.1 Анализ среды разработки приложения	21
2.2 Анализ программных средств для трехмерного моделирования	22
2.3 Анализ программных средств для работы с растровой графикой	23
2.4 Обоснование выбора программ для реализации моделей	24
2.4.1 Среда разработки приложений Unity	24
2.4.2 Программа трехмерного моделирования Blender	25
2.4.3 Графический редактор GIMP	27
2.5 Характеристика технического обеспечения	27
3 Разработка многослойной модели кампуса	29
3.1 Описание программного продукта	30
3.1.1 Общие сведения	30
3.1.2 Функциональное назначение	30
3.1.3 Описание логической структуры	30
3.1.4 Используемые технические средства. Вызов и загрузка	31
3.1.5 Входные и выходные данные	32
3.2 Создание ландшафтного слоя	32
3.2.1 Модель ландшафта	32
3.2.2 Текстурирование модели ландшафта	35

3.3	Разработка слоя архитектурных сооружений	36
3.3.1	Моделирование типовых зданий	37
3.3.2	Создание моделей оригинальных объектов	44
3.4	Реализация слоя лесонасаждений	47
3.4.1	Разработка модели дерева	47
3.4.2	Оптимизация визуального представления моделей	48
3.5	Разработка слоя подземной инфраструктуры	49
3.5.1	Проектирование расположения труб	49
3.5.2	Трехмерные модели элементов водоснабжения	49
3.6	Разработка приложения на Unity	51
4	Безопасность и экологичность	52
4.1	Безопасность	52
4.1.1	Требования к помещению для работы с ПЭВМ	52
4.1.2	Требования к освещению на рабочих местах с ПЭВМ	54
4.1.3	Требования к уровням шума и вибрации	56
4.1.4	Требования к микроклимату рабочего места с ПЭВМ	58
4.1.5	Требования к организации рабочих мест с ПЭВМ	59
4.2	Экологичность	61
4.3	Чрезвычайные ситуации	62
	Заключение	64
	Библиографические ссылки	65
	Библиографический список	66
	Приложение А	69
	Приложение Б	70
	Приложение В	71
	Приложение Г	72
	Приложение Д	73

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

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

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД Нормоконтроль

ГОСТ 19.004-80. ЕСПД Термины и определения

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.052 2015 Единая система конструкторской документации.

Электронная модель изделия. Общие положения

ГОСТ 7.32-91 (ИСО 5966-82) Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

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

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

ГОСТ Р ИСО 9241-161-2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 161. Элементы графического пользовательского интерфейса.

ГОСТ 28406-89. Персональные электронные вычислительные машины.

Интерфейсы видеомониторов. Общие требования

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

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

Приказ МИНИСТЕРСТВО ТРУДА И СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РОССИЙСКОЙ от 29 октября 2021 года № 774н «Об утверждении общих требований к организации безопасного рабочего места».

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3D-модель – трехмерная модель объекта;

3D-скульптинг – моделирование трехмерного объекта путем применения компьютерных программных средств, посредством которых удастся работать с моделями, используя кисти, что позволяет работать с моделью как с глиной;

Текстурный атлас – это большое изображение, включающее в себя множество изображений меньшего размера, каждое из которых является текстурой для некоторой части 3D объекта или разных 3D объектов.

Полигон – минимальная поверхность для визуализации трехмерного объекта. Чаще всего, представлен треугольником, задаваемым координатами трёх точек в трёхмерном пространстве. Он является базовым геометрическим примитивом в 3D-графике;

Вертекс – вершина (точка) полигона, которая задаётся тремя координатами;

Рендеринг – проецирование на плоскость трехмерного объекта, со всеми цветовыми значениями.

## ВВЕДЕНИЕ

В наши дни компьютерная трехмерная графика давно перестала быть уникальной и непонятной большинству людей технологией. Люди используют результаты трехмерной графики в самых различных областях. Главная задача, которую преследует трехмерное моделирование, это реконструкция желаемого образа в трехмерном представлении. Разрабатываемые трехмерные объекты могут отображать как элементы окружающего нас мира, так и элементы, которые мы можем выдумать и которые не имеют ничего общего с реальными объектами.

Наиболее широко компьютерная трехмерная графика раскрыла себя в сфере развлечений, однако этой сферой применение компьютерной трехмерной графики не ограничилось. Она также используется в медицине, при создании рекламы, в строительстве. Как раз в сфере строительства трехмерное моделирование напрямую влияет на доходность компаний, так как обеспечивает специалистов в данной сфере необходимым инструментарием для проектирования и визуализации строений. Трехмерное моделирование позволяет показать, как именно будет выглядеть здание или целый район, строительство которого даже не началось.

Строительные объекты можно подвергнуть воздействию различных сил с использованием компьютерного трехмерного моделирования, чтобы проверить устойчивость здания под сильным ветром, землетрясением или не обвалится ли оно под собственной силой тяжести. Также визуализация не ограничивается еще не построенными объектами, визуализируются и уже построенные здания или кварталы. Это позволяет увидеть вносимые изменения еще до начала строительства и при необходимости пересмотреть их, а также сгруппировать разрозненную информацию об объекте в одной трехмерной модели, что позволит более рационально принимать решения.

## 1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ ПРОВОДИМОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Трехмерная графика – это оптическое зрительное воссоздание графических 3D объектов в виде визуально-математических форм, воспроизводимых на мониторе компьютера с целью обеспечения реалистического отображения обрабатываемых компонентов и дальнейших манипуляций с ними.

В настоящее время технологии трехмерного моделирования не только активно развиваются, но используются повсеместно в совершенно разных сферах деятельности. Трехмерная графика наиболее активно используется в сфере медицины, строительства и индустрии развлечений.

Однако, на сегодняшний день, невозможно представить создание игр, мультфильмов и фантастических фильмов без использования компьютерного моделирования, поэтому индустрия развлечений наиболее активно используется средства трехмерного моделирования. Создание видеоигр и мультипликационных фильмов очень похоже между собой по используемым методикам и технологиям.

Видеоигры и просмотр мультфильмов уже давно стало распространенным способом проведения досуга, в виду их доступности, а так же их большого количества, ведь в наши дни новые компьютерные игры и мультфильмы выходят почти каждый день. В видеоигры играют не только дети, но и взрослые по пути на работу или в деловых поездках. Это стало возможным благодаря кроссплатформенности создаваемых игр. Сейчас не требуется специальная техника, чтобы поиграть в игры, достаточно иметь под рукой смартфон, а некоторые энтузиасты стараются запустить видеоигры на бытовой технике, такой как холодильник или видеодомофон, главное, чтобы в данной технике присутствовал процессор, способный обрабатывать трехмерную графику.

Методом создания трехмерного объекта называется моделирование. В основе этого метода лежит взаимодействие с точками, ребрами и гранями. С

помощью манипуляций над точками и создается трехмерный объект. После этого полученной модели присваивают материалы или текстуры, чтобы добавить ей цвета и придать реалистичности в окружающей ее сцене.

Трехмерная графика может быть реалистичной или стилизованной. Реалистичные трехмерные модели, а именно их текстуры или материалы, нацелены на наш реальный мир, стараясь как можно точнее его воспроизвести. Для этого используются формулы, которые описывают действительные свойства поведения материала под светом или же используются фотореалистичные текстуры, которые создаются с изображений нашего мира, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Пример реалистичной графики

Стилизованная графика в отличие от реалистичной полностью зависит от видения автора. Ее назначение заключается в намеренном утрировании форм, масс и пропорций модели в совокупности с материала, свойства которых отличаются от реальных. Стилизованная графика отбрасывает лишние детали и делает акцент на каких-то конкретных деталях, рисунок 1.2. Ярким примером использования стилизованной графики являются мультфильмы. Основной аудиторией мультфильмов являются дети, а им неважно, как точно отражается свет от металлического предмета, им важнее будет увидеть красочный мир, с понятными для них деталями.



Рисунок 1.2 – Пример стилизованной графики

Поиме создания видеоигр и мультфильмов, трехмерная графика используется при создании фантастических фильмов. Область применения компьютерной графики в фильмах отличается от видеоигр, в фильмах компьютерная графика используется для создания объектов, которые не существуют или которые тяжело использовать в киноленте, а также для создания спецэффектов. Так с помощью трехмерной графики создаются космические корабли или другие планеты для научно-фантастических фильмов, а для фильмов в жанре «фэнтези» создаются спецэффекты, рисунок 1.3



Рисунок 1.3 – Пример трехмерной графики в фильме

Трехмерная графика используется в проектировании архитектурных сооружений. Если раньше архитектурным дизайнерам приходилось собирать

макеты зданий в ручную, используя различные материалы, такие как картон и краски, чтобы представить свою разработку, то сейчас такие работы выполняются в программах для трехмерного моделирования.



Рисунок 1.4 – Пример трехмерной графики в сфере строительства

Благодаря использованию трехмерной графики заказчик может заранее увидеть какие-то неточности и внести изменения в проекте, а не на этапе строительства. Помимо прочего, существуют специальные программные средства, которые позволяют, используя технологии симуляции физики проверить прочность объекта и, при необходимости, доработать проблемные места.

Кроме самого строительства, компьютерная графика позволяет визуализировать еще не созданное интерьерное решение. Трехмерная графика, в отличие от чертежей и эскизов, которые использовались раньше, совместно с заказчиком выбрать будущий интерьер помещения, основываясь на его визуальном впечатлении.

### **1.1 История развития трехмерной графики**

История развития трехмерной графики берет свое начало в 1960-х годах. В то время, в университете Юты на кафедре компьютерной графики, Айван Сазерленд и Дэвид Эванс создали первую программу трехмерной гра-

фики, Sketchpad, которая стала прообразом всех современных программ по созданию трехмерной графики, рисунок 1.5. Она позволяла рисовать линии на плоскости и затем перемещать их, копировать с сохранением размеров.

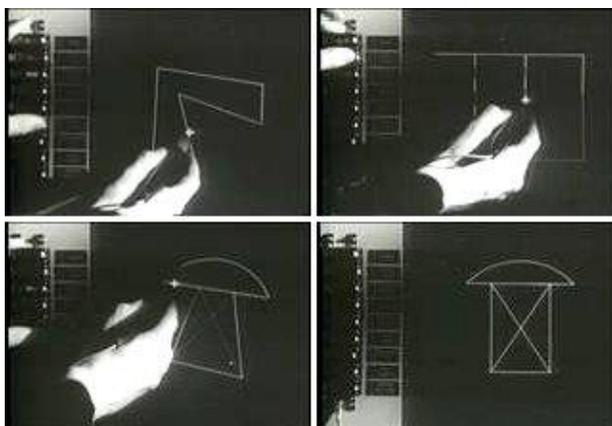


Рисунок 1.5 – Интерфейс Sketchpad

Первым, кто смоделировал трехмерный объект, был Эд Катмул, который смоделировал свою руку, а позже и анимировал ее, обучаясь на кафедре у А. Сазерленда и Д. Эванса.

Следующим скачком стала разработка цифровой электронной чертежной машины в середине 1960-х годах.

Трехмерная графика, в те времена, нашла свое применение в рекламе. Так, компания Mathematics Application Group (MAGI) сделала вращающийся логотип IBM, который стал первым в истории коммерческой анимации.

Компания MAGI, в 1966 году, разработала метод «трассировки лучей», который основывается на присчитывании обратного хода луча, отраженного в камеру от каждого объекта на сцене. Этот метод позволил создавать отражения, блики, тени.

В то время были положены основы для дальнейшего развития трехмерной графики, но все упиралось в мощности компьютера. Поэтому дальнейшее развитие трехмерной графики шло совместно с развитием аппаратной части, так как старое оборудование не имело возможности работать одновременно с миллионами полигонов, а также использовать сложные материалы, основанные на физических характеристиках.

### 1.3 Существующие виды и типы трехмерного моделирования

В виду того, что области применения трехмерного моделирования достаточно обширны, существуют различные виды 3D-моделирования.

Трёхмерные модели подразделяются на три типа по функциональному назначению.

К первому и наиболее простому типу, объектно-ориентированного конструирования, относится каркасное моделирование низкого уровня. Объекты, получаемые в результате данного типа визуального воспроизведения, называются каркасными или проволочными, которые в свою очередь состоят из связанных между собой наборов формообразующих линий, сегментов и дуг, рисунок 1.6 (а).

Второй тип, поверхностное моделирование, в отличие от каркасного построения, помимо точек и линий входящих в состав основополагающих элементов объекта, в свой состав включают поверхности, которые образуют визуальный контур отображаемой фигуры, рисунок 1.6 (б).

Третий тип, твердотельное моделирование, это самое полное и самое достоверное построение реального объекта. Результатом построения геометрического тела таким методом является монолитный образец нового изделия, который включает в свой состав такие компоненты как линии, грани, а самое главное, создаётся участок поверхности в пределах геометрической формы объекта с такими важными параметрами как масса тела и объём, рисунок 1.6 (в).

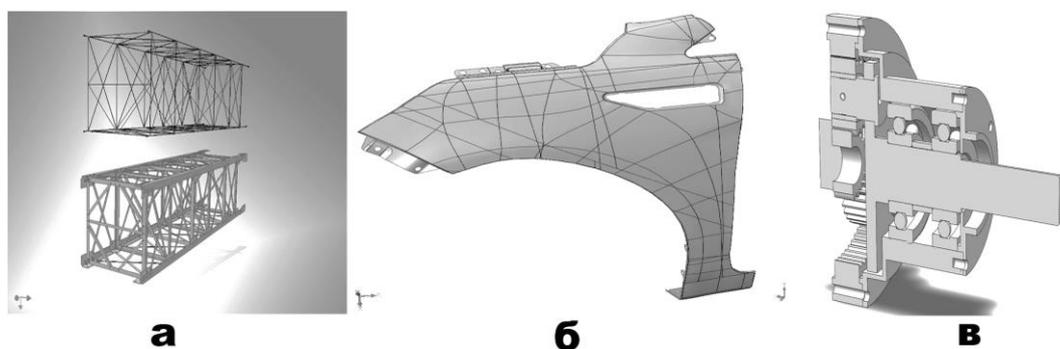
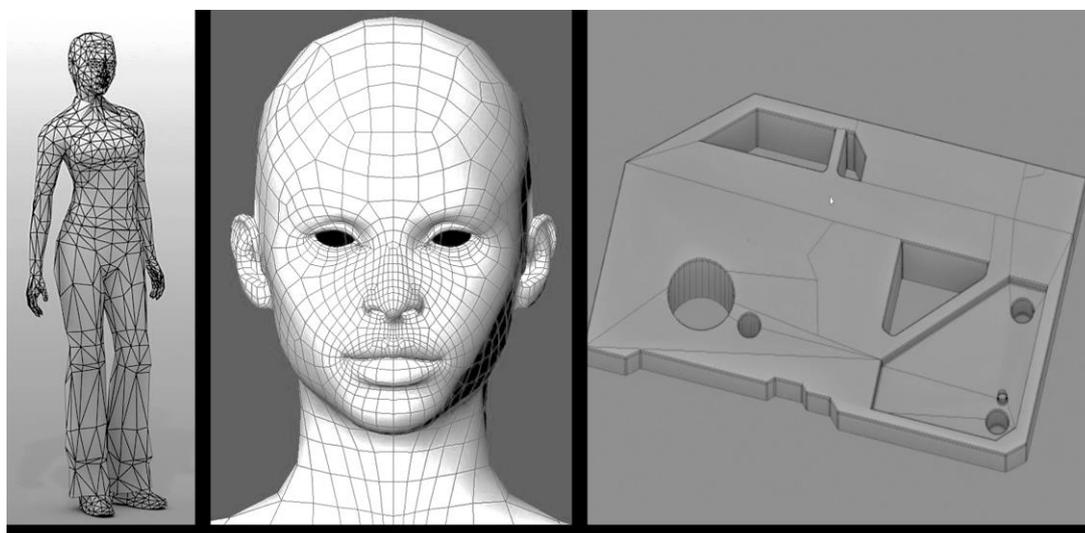


Рисунок 1.6 – Типы трехмерных моделей

В свою очередь поверхностное моделирование можно разделить на три типа моделирования по способу построения модели.

Первым типом является полигональное моделирование, которое одновременно является самым распространенным. Все точки задаются тремя координатами X, Y и Z. Полигональное моделирование основано на создании полигонов, которые могут состоять из трисов, квадов и N-гонов, рисунок 1.7. С помощью манипулирования расположением вершин, граней и полигонов создается узнаваемый силуэт объекта. Следующим этапом идет увеличение количества полигонов, для придания более мелких деталей, которые являются неотъемлемой частью при визуальном узнавании объекта.



**Tris**

**Quads**

**N-Gons**

Рисунок 1.7 – Виды полигональной сетки

Стандартом является полигональная сетка, состоящая из трисов, так как любую плоскость можно задать тремя точками, поэтому такая сетка не будет подвержена появлению артефактов при ее экспортировании и импортировании. Однако работать с трисами в разы сложнее, чем с квадами, которые представляют собой прямоугольники, в частности квадраты, поэтому зачастую вся работа ведется с квадами, а перед экспортом модель триангулируется, путем превращения всех квадов в трисы, если это не сделать, то програм-

ма, куда импортируется модель, сделает это сама, а алгоритмы триангуляции в этой программе могут отличаться, поэтому вид модели может измениться от того, что было изначально, рисунок 1.8. N-гонная сетка представляет собой полигональную сетку, где полигон образован большим чем 4 числом вершин. При работе с такой сеткой, модель строить проще, так как большое количество вершин позволяет более гибко настраивать полигон, но такую сетку обязательно нужно триангулировать.

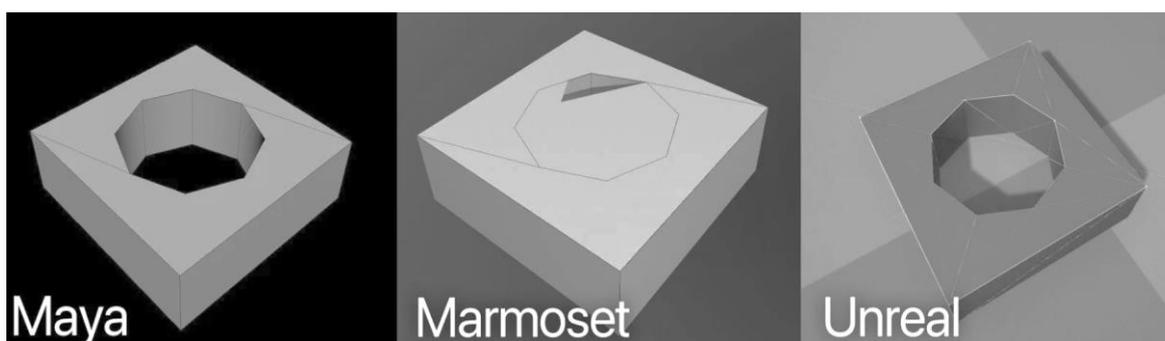


Рисунок 1.8 – Алгоритмы триангуляции в разных программах

При полигональном моделировании можно создаются модели трех типов. High-poly модель – является самой детализированной моделью и состоит из нескольких миллионов полигонов. Low-poly модель – самая низкодетализированная модель, состоящая от 100 до 10000 полигонов. Mid-poly модель – модель со средней степенью детализации и имеющая от 10000 до миллиона полигонов.

Вторым типом моделирования является NURBS моделирование или моделирование с помощью кривых. При таком моделировании геометрическая поверхность строится по сплайновому каркасу, который задается математическими или функциональными уравнениями и называется параметрическим или можно настраивать кривые вручную, используя манипуляторы и жесткость перехода, такой тип носит название произвольный. Данный тип используется при моделировании объектов или форм, которые имеют гладкие углы, подходит для моделирования органических объектов или объектов с плавными гранями, рисунок 1.9.

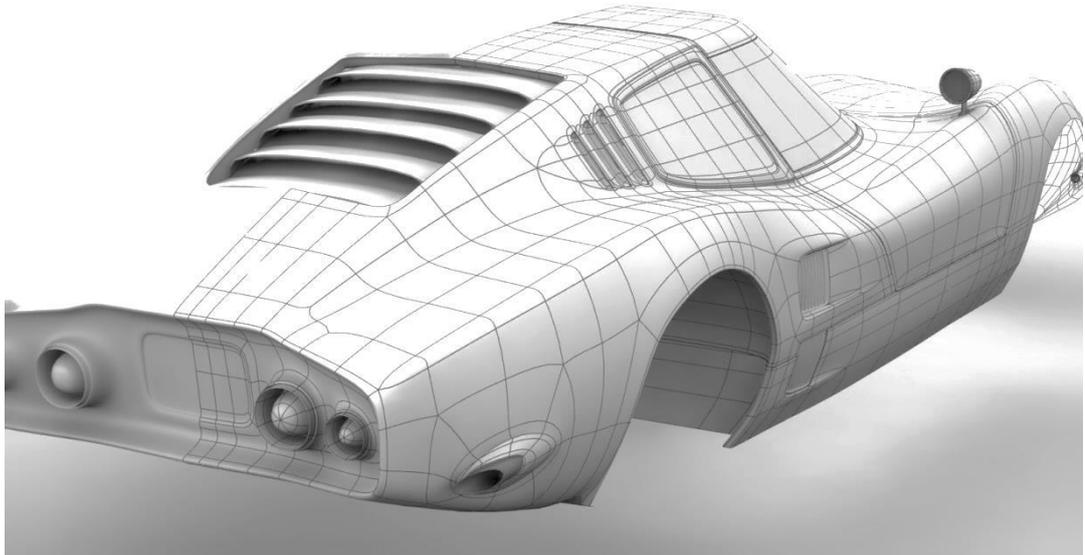


Рисунок 1.9 – NURBS моделирование

Третий тип, и самый новый, называется цифровым моделированием или чаще всего «скульптингом». При использовании данного типа, пользователь не моделирует, а «лепит» объект. Путем растяжения, выдавливания или скручивания создается модель. Данный тип идеально подходит для создания органических объектов. Сначала создается каркас будущей модели, а потом путем наращивания слоев и детализации получают требуемую форму объекта, рисунок 1.10.

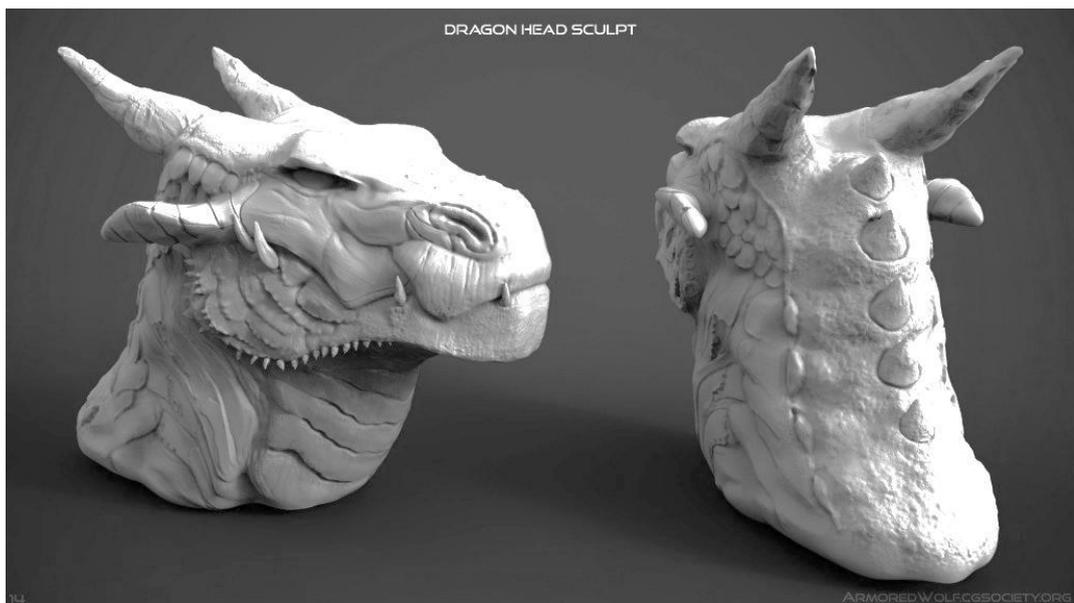


Рисунок 1.10 – Цифровое моделирование

### 1.3 Устройство кампуса АмГУ

Для проектирования разрабатываемого приложения, необходимо было изучить кампус АмГУ, его инфраструктуру, тип, а также инновационные решения, реализованные на территории кампуса.

Амурский государственный университет ведет свою деятельность с 1975 года, был основан как Благовещенский технологический институт. В 1994 году получает статус Амурского государственного университета. В Амурском государственном университете располагается 12 факультетов и 33 кафедры.

Кампус университета – это комплекс университетских зданий. В настоящее время университеты играют немаловажную роль в развитии городской среды, путем привлечения молодых специалистов и исследователей, формируя тем самым, живую и привлекательную среду городского пространства. Кампусы бывают трех типов по размещению в городе, рисунок 1.11.



Рисунок 1.11 – Типы кампусов по размещению в городе

Кампус вне города представляет собой образовательную единицу, расположенную за чертой города.

Локализованный кампус внутри города представляет собой единую образовательную единицу, все здания которой расположены в единой, неразрывной другими инфраструктурами города, территории.

Интегрированный в город кампус представляет собой образовательную единицу, здания которой расположены по всей территории города и вписываются в городскую среду.

Кампус АмГУ представляет собой смешанный тип, между локализованным и интегрированным в город, так как подавляющее большинство зданий расположены в квадрате улиц Институтская, Студенческая, Игнатьевское шоссе, однако часть зданий имеют интегрированный характер.

Инфраструктура кампуса состоит из 4 типов пространств университета, это академическая, жилая, сервисная, поддерживающая, рисунок 1.12.

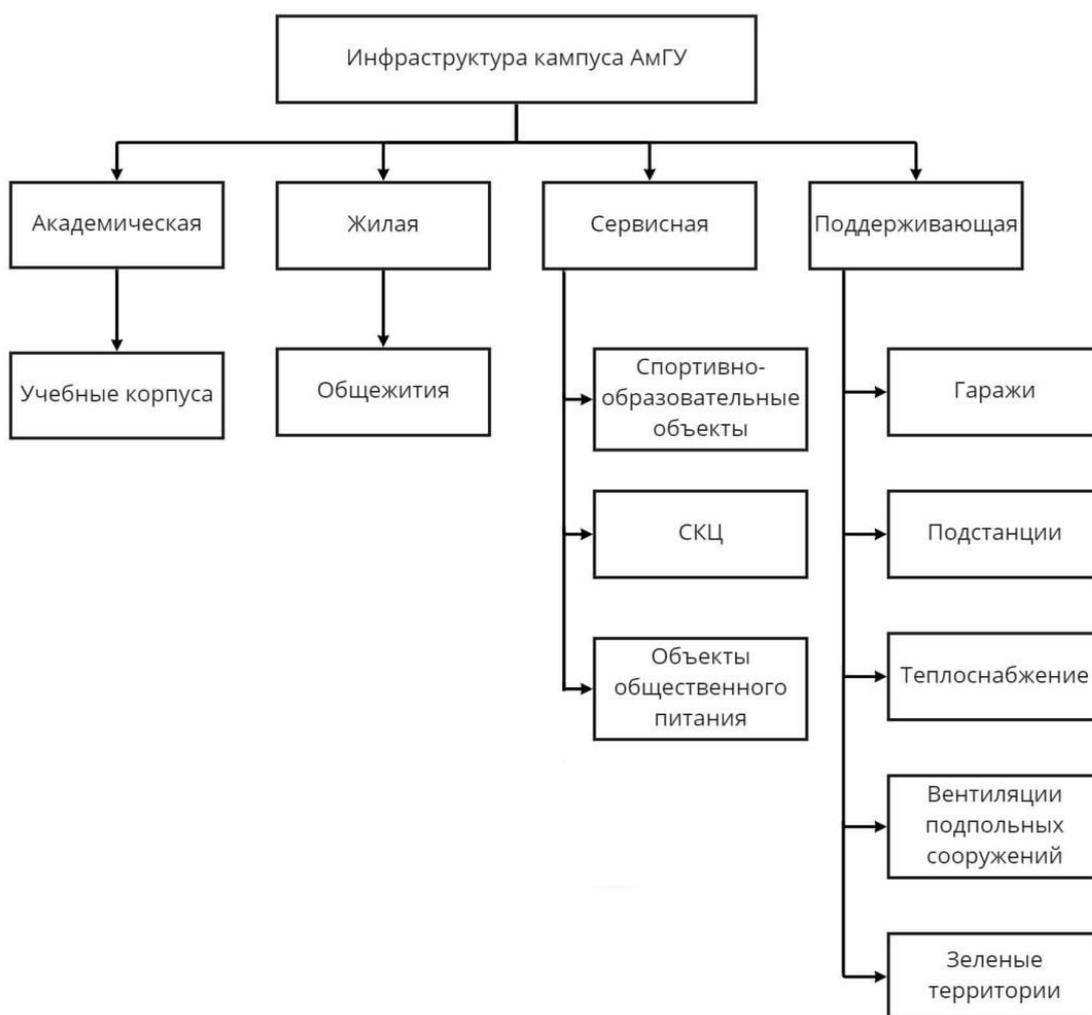


Рисунок 1.12 – Инфраструктура кампуса АмГУ

Академическое пространство образовано учебными корпусами, в которых осуществляется образовательная деятельность. Количество учебных

корпусов равняется 9, однако только 5 из них расположены на вышеперечисленной территории.

Жилое пространство образовано общежитиями, как для студентов, так и для преподавательского состава. Количество общежитий, расположенных на территории кампуса равняется 4.

Сервисное пространство обеспечивает досуг студентов во вне учебное время. Оно представлено:

- спортивно-образовательными объектами, такими как физкультурно-образовательный комплекс с плавательным бассейном и спортивная площадка с разнообразными тренажерами;
- социально-культурным центром;
- объектами общественного питания, представленные комбинатом питания и различными кафетериями, расположенными в учебных корпусах.

Поддерживающее пространство образовано гаражами со специальной техникой, понижающими подстанциями, системой теплоснабжения, вентиляционными отверстиями подпольных сооружений, зеленые территории.

Система теплоснабжения является наиболее критичной для нормального функционирования кампуса амурского государственного университета. Именно без этой системы, кампус не сможет выполнять свое функциональное назначение в зимнее время. Если отключат воду, то это критично не отобразится на функционировании кампуса. При отключении электричества, кампус сможет функционировать в виду наличия естественного источника освещения, а также наличия бумажных версий методических пособий. Но при отключении теплоснабжения в зимнее время, температура воздуха будет падать, что приведет к вспышкам болезней от переохлаждения.

## 2 ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

### 2.1 Анализ среды разработки приложения

Разрабатываемый программный продукт наиболее приближен, по алгоритму разработки, к созданию видеоигры. Для реализации компьютерной видеоигры разработчики используют базовые наборы алгоритмов, которые в совокупности образуют ядро разрабатываемой игры, среду разработки. Разработчики из крупных компаний используют собственные игровые процессоры или разрабатывают под конкретную игру. Однако, разработчики из компаний, у которых нет собственных разработок, используют свободно распространяемые процессоры, такие как Unreal Engine и Unity.

Unreal Engine – кроссплатформенная среда разработки компании Epic Games вышедшая в 1998 году, рисунок 2.1. Языком программирования является C++ и Blueprint, что является визуальным программированием. Недостатком данной среды разработки является ее мощность. Данная платформа использует требовательные алгоритмы, что увеличивает вес и требования конечного продукта, даже если эти алгоритмы не используются в проекте.



Рисунок 2.1 – Интерфейс Unreal Engine

Unity – кроссплатформенная среда разработки видеоигр компании Unity Technologies вышедшая в 2005 году, рисунок 2.2. Языком программирования является C#, но как и в Unreal Engine есть расширения, позволяющие использовать визуальное программирование, однако оно уступает Blueprint. В отличие от Unreal Engine, Unity не сильно требовательный к ресурсам и позволяет создавать достаточно нетребовательные к ресурсам проекты.

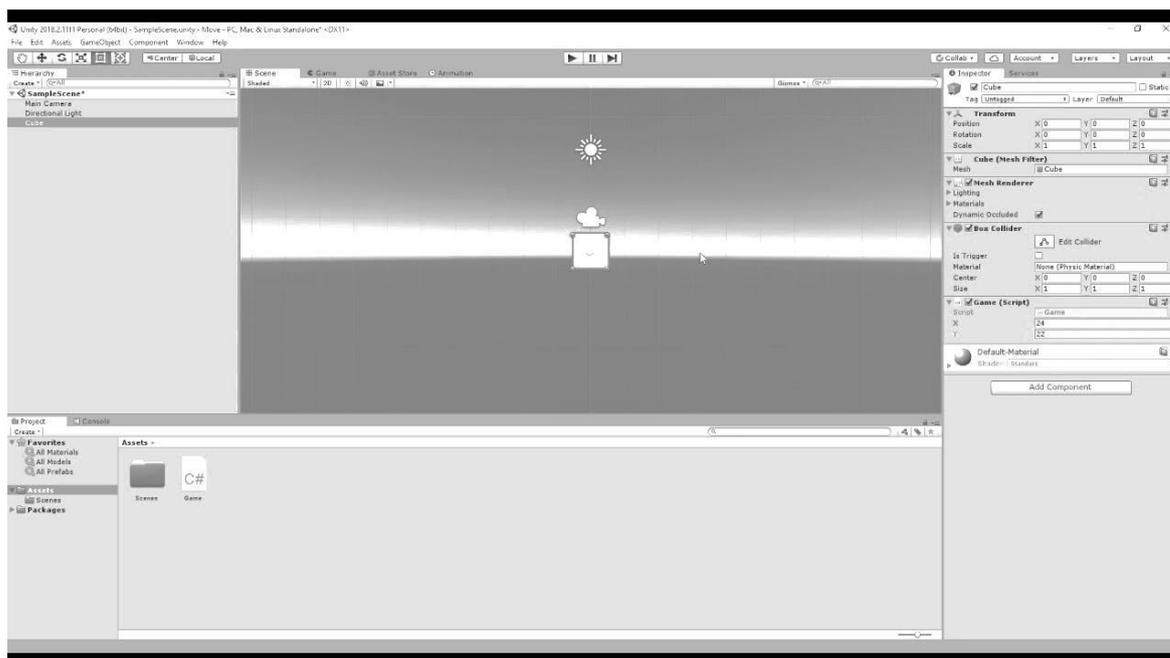


Рисунок 2.2 – Интерфейс Unity

Подводя итоги, сравнительный анализ среды разработки представлен в таблице А.1.

## 2.2 Анализ программных средств для трехмерного моделирования

Для создания проекта, помимо среды разработки, требуются непосредственно модели, которые будут являться основным наполнением проекта.

Разрабатываемые модели будут, по функциональному назначению, относиться к поверхностному моделированию, так как важен только внешний контур зданий, а не их твердотельные, «заполненные», модели. Основными элементами проекта будут здания, которые представляют собой объекты с острыми углами, поэтому сплайновое и цифровое моделирование не подходят. Из этого следует, что будет использоваться тип полигонального модели-

рования. Для создания моделей методом полигонального моделирования подходят такие программы как Blender, 3D Max, Autodesk Maya, Cinema 4D.

Blender – это профессиональное программное обеспечение с открытым исходным кодом, разработанное компанией Blender Foundation в 1998 году. Данный инструмент по сравнению с аналогами имеет наиболее низкие требования к ресурсам компьютера.

3D Max – профессиональный программный продукт компании Autodesk, разработанный в 1996 году. Данный программный продукт более требователен к ресурсам компьютера и распространяется системой подписки. Из сильных сторон можно выделить большой инструментарий и более качественную настройку освещения.

Autodesk Maya – профессиональный пакет для создания трехмерной графики компании Alias System Corporation выпущенный в 1998 году, а позже ее выкупила компания Autodesk. Данный программный продукт схожен по требованиям к ресурсам и количеству инструментов с 3D Max, однако, имеет расширенный инструментарий для создания анимации. Данный продукт является лидером в сфере мультипликации и кинематографа.

Cinema 4D – профессиональный пакет компании Maxon для создания трехмерной графики появившийся в 1990 году. Имеет удобные инструменты и библиотеку объектов для архитектурного дизайна. Распространяется по платной подписке.

Сравнительный анализ представленных программных средств для создания трехмерной графики представлен в таблице А.2.

### **2.3 Анализ программных средств для работы с растровой графикой**

Одним из этапов создания трехмерной модели является создание текстур. Для работы с текстурами требуется графический редактор. На сегодняшний день существует большое количество разнообразных графических редакторов.

Adobe Photoshop – графический редактор выпущенный компанией Adobe Systems, впервые появившийся в 1990 году. Основным направлением работы являются растровые изображения, однако помимо этого, имеет функционал для работы с векторной графикой.

GNU Image Manipulation Program (GIMP) – графический редактор для работы с растровой графикой и имеющий открытый исходный код. Помимо инструментов для работы с растровыми изображениями, у GIMP имеются инструменты и для работы с векторами.

Сравнительный анализ представленных графических редакторов для работы с растровой графикой представлен в таблице А.3

## **2.4 Обоснование выбора программ для реализации моделей**

Основываясь на выполненном сравнительном анализе представленных выше программ для создания приложений, программ для 3D-графики и программ для работы с растровыми изображениями, были выбраны:

- Unity;
- Blender;
- GIMP.

Помимо прочего было выбрано, для создания трехмерных моделей деревьев, бесплатное расширение для Blender, Sapling Tree Gen, которое позволяет создавать уникальные модели деревьев сплайновым методом.

### **2.4.1 Среда разработки приложений Unity**

Среда разработки Unity позволяет создавать приложения под различные платформы, начиная от компьютеров и заканчивая интернет-приложениями.

Unity позволяет настраивать интерфейс под пользовательские нужды, благодаря системе «Drag&Drop», а также имеет возможность проверки приложения непосредственно в среде, без необходимости собирать итоговый продукт.

Объекты в Unity содержат наборы разнообразных настроек, которые позволяют настроить режимы отображения, характеристики объекта, а также используемые файлы с кодом, написанным на C#, рисунок 2.3.

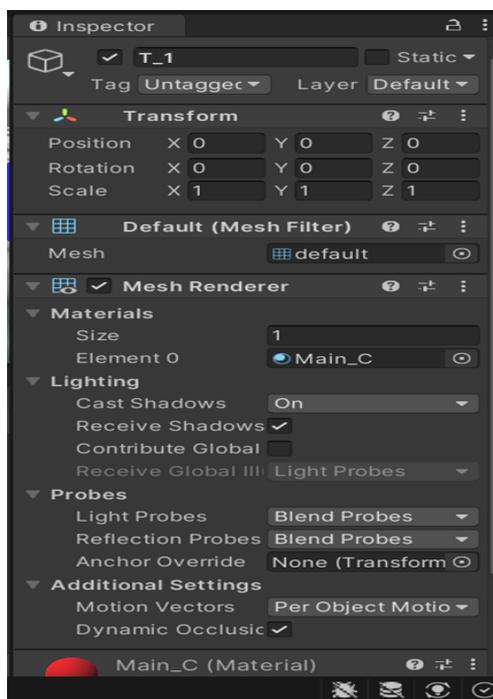


Рисунок 2.3 – Настройки объекта в Unity

Unity поддерживает различные текстуры, такие как diffuse normal-map, light-map, которые позволяют использовать не материалы, которые каждый раз при появлении просчитываются, а изображение, которые обрабатывается единожды при загрузке сцены. Помимо прочего Unity поддерживает изображения с alpha-каналом, прозрачностью.

### 2.4.2 Программа трехмерного моделирования Blender

Blender позволяет работать с трехмерным моделированием как полигональным, так и цифровым. Имеет инструменты для создания развертки и текстурирование, а также создания анимации и рендеринга.

Blender имеет большое сообщество пользователей, которые дополняют функционал данной программы своими разработками, что облегчает работу с некоторыми элементами, помимо прочего, пользователь имеет инструменты для написания собственных расширений на языке программирования Python.

На рисунке 2.4 представлен интерфейс программы, а также рабочего пространства.

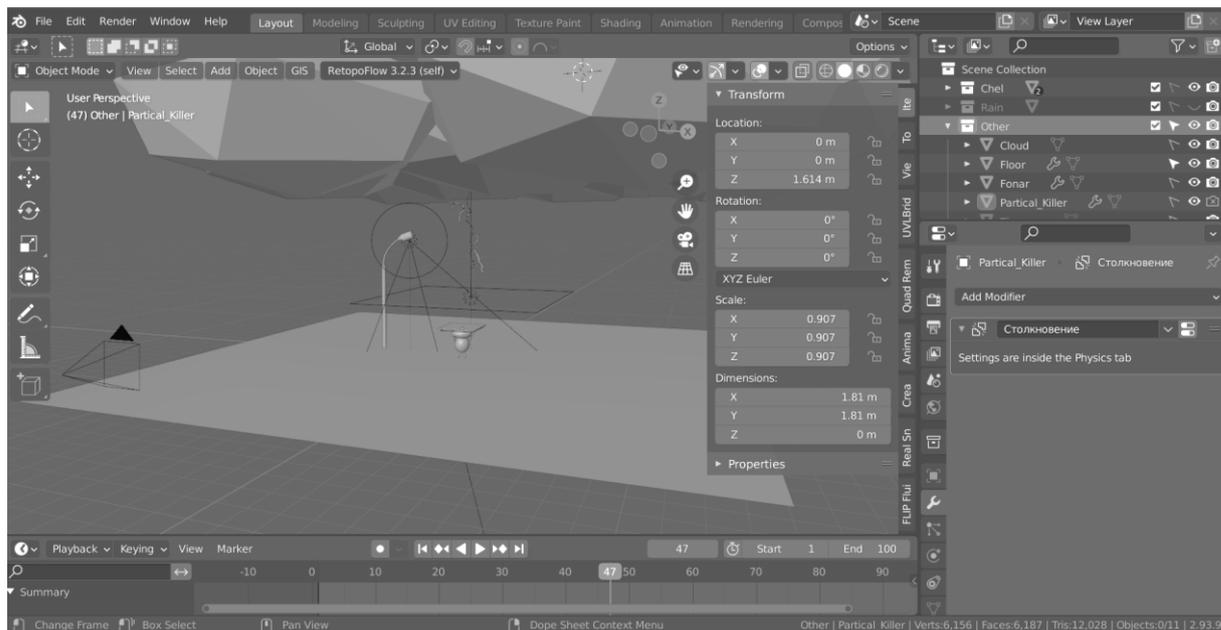


Рисунок 2.4 – Рабочее пространство Blender

Среда моделирования разделена на блоки, по функциональному назначению, такие как моделирование, «скульптинг», редактор развертки, рисование текстур, процедурная настройка материалов, анимация, рендеринг.

Blender имеет набор модификаторов, инструменты для автоматической генерации топологии трехмерного объекта, рисунок 2.5.

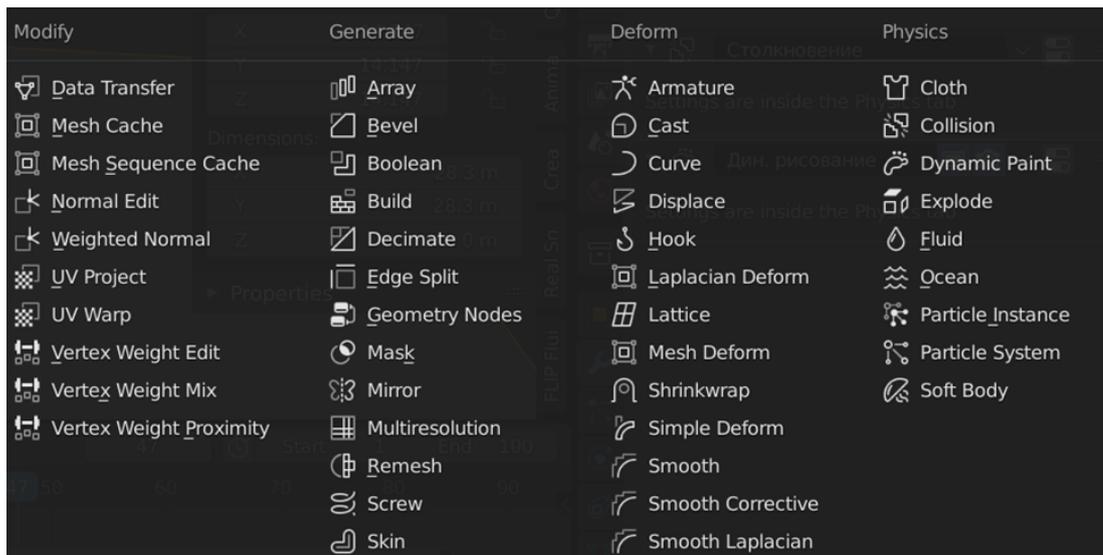


Рисунок 2.5 – Список модификаторов Blender

### 2.4.3 Графический редактор GIMP

GIMP разрабатывается группой добровольцев, что и обеспечивает исходный открытый код, а также отсутствие платы за использование.

GIMP поддерживает работу с большим количеством разнообразных форматов изображений. Имеет большой ассортимент кистей и инструментов для работы с изображением, а также механизмы настройки данных инструментов.

GIMP поддерживает многослойные проекты, что позволяет разбить целое изображение, на несколько маленьких, которые в совокупности составляют целостную картину. Это требуется для того, чтобы работать с требуемой областью, независимо от других составных частей.

Самым важным для данного проекта является инструмент для работы с перспективой, который позволяет исказить ее с помощью специальных маркеров, рисунок 2.6.

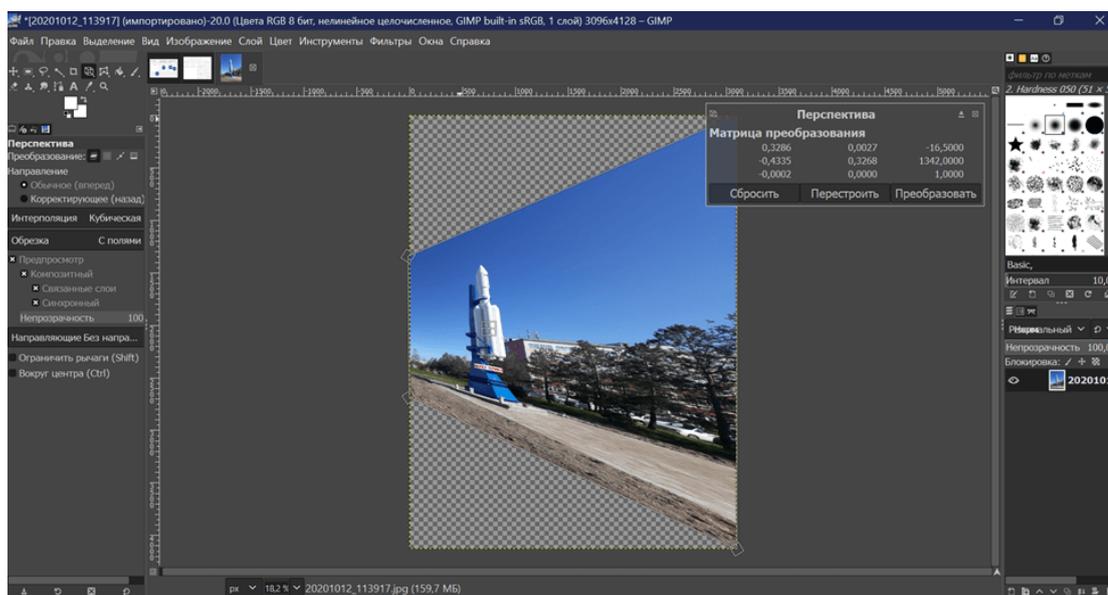


Рисунок 2.6 – Инструмент преобразования перспективы

### 2.5 Характеристика технического обеспечения

Основным из главных требований к разрабатываемому проекту являются его низкие системные требования, так как разработка велась для компьютера, характеристики которого представлены в таблице Б.1.

В виду отсутствия у данного компьютера дискретной видеокарты, то проект не будет поддерживать сложные материалы, такие как PBR-материалы. PBR-материалы – это материалы с физически корректным отображением, то есть, при рендеринге происходит просчет физических характеристик материала, в частности, поведение света при контакте с данным материалом.

Малый объем оперативной памяти накладывает ограничение на количество используемых текстур. Стандартная игровая модель, помимо текстуры цвета, имеет такие текстуры как normal-map, которая позволяет имитировать небольшие элементы рельефности, путем поведения света на поверхности объекта, roughness, которая показывает, в каком месте модели текстура имеет гладкую отражающую поверхность, а где более шероховатую.

Процессор рассчитан на офисные системы, поэтому разрабатываемые модели должны быть типа low-poly, иметь малое количество полигонов, так как просчет большого количества полигонов сильно нагружает процессор.

### 3 РАЗРАБОТКА МНОГОСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ КАМПУСА

Реализация программного продукта начинается с разработки технологического процесса и определения основных этапов работы.

Разделение всего процесса работы на этапы и подэтапы позволяет обеспечить систематичность метода, что в свою очередь позволяет ускорить процесс создания программного продукта, а так же исключить лишние действия. Контекстная диаграмма процесса создания программного продукта представлена на рисунке В.1, а ее декомпозиция представлена на рисунке Г.1.

Технологический процесс разрабатываемого программного продукта на диаграмме последовательности представлен на рисунке Д.1.

Для повышения эффективности работы с приложением и дальнейшей оптимизации, было принято решение разделить весь кампус на слои, где на каждом слое будут находиться модели, сгруппированные по определенному параметру. Так, если пользователю будут не нужны какие-либо группы, он сможет их отключить, чтобы не отвлекаться и в целом повысить производительность сцены. Также, многослойность позволит создать множество вариантов группировки слоев, каждый из которых может нести отличную от других смысловую нагрузку. Было выделено 4 слоя, на основании инфраструктурной схемы кампуса АмГУ, рисунок 1.12. Были сгруппированы в один слой административные, жилые, сервисные и часть поддерживающего пространства университета, а именно гаражи и подстанции. Данные элементы были сгруппированы по признаку отображения, а именно все эти элементы представляют собой архитектурные сооружения. Тем самым были выделены следующие слои:

- ландшафтный слой;
- слой архитектурных сооружений;
- слой лесонасаждений;
- слой подземной инфраструктуры.

Общее количество комбинаций данных слоев между собой, по правилам комбинаторики, равняется шестнадцати.

Такие элементы как схема электроснабжения, схема локального соединения строений кампуса между собой не были добавлены в проект в виду отсутствия документации по данным элементам в открытом доступе.

Тем самым данный способ разделения многочисленных моделей на слои улучшит производительность рабочего процесса за приложением, повысит производительность самого приложения и улучшит эргономику пользовательского интерфейса, а самое важное, создаст множество вариантов использования данного приложения, что позволит охватить большую область применения.

### **3.1 Описание программного продукта**

#### **3.1.1 Общие сведения**

Цель разрабатываемого продукта – визуализация информации о кампусе.

Программа разработана с использованием Unity, у которого языком программирования является C#.

#### **3.1.2 Функциональное назначение**

Программный продукт позволяет увидеть кампус АмГУ, то, как он выглядит на данный момент. Главной особенностью проекта является реализованная многослойность, которая позволит группировать слои, по усмотрению пользователя, что создает вариативность представленной информации. В проекте реализованы четыре слоя, которые хранят в себе трехмерные объекты, сгруппированные по определенному признаку.

В проекте реализована базовая навигация по представленной сцене, что позволяет рассмотреть объект с разных сторон, без привязки к какому-то конкретному углу обзора.

#### **3.1.3 Описание логической структуры**

Диаграмма вариантов использования показывает отношения между актером и прецедентом. Данная диаграмма отображает общую логику разрабатываемого программного продукта, рисунок 3.1.

На диаграмме, актером является «Пользователь», а основными прецедентами будут «Управление камерой» и «Работать со слоями», который в свою очередь расширяется прецедентами, которые показывают возможность пользователя включать или отключать отображение слоев.

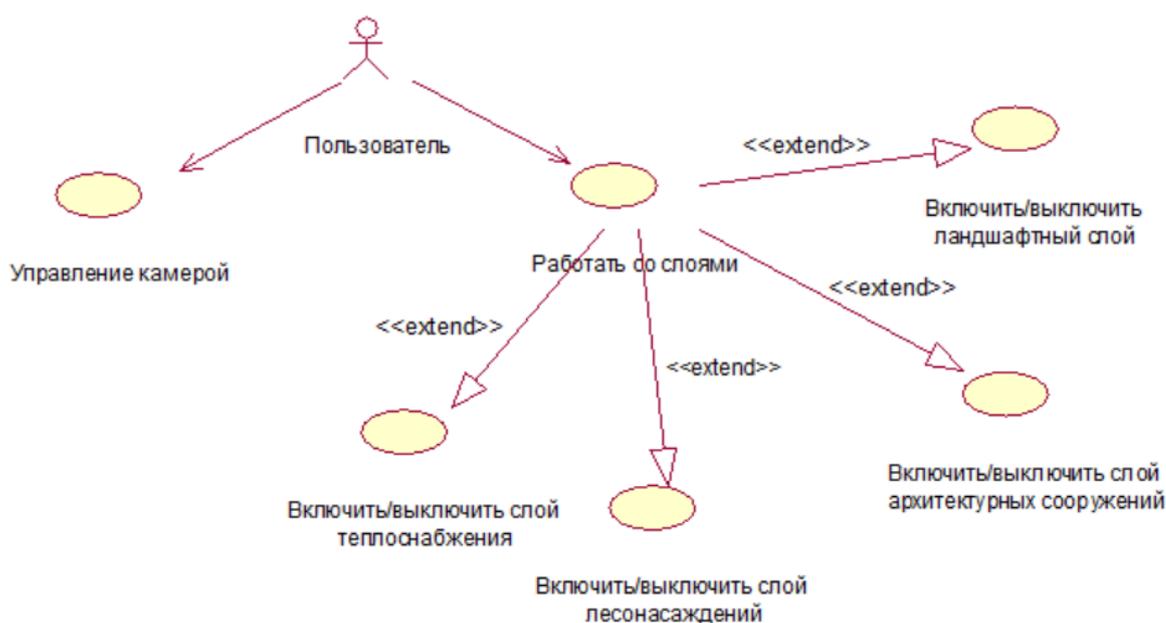


Рисунок 3.1 – Диаграмма вариантов использования

### 3.1.4 Используемые технические средства. Вызов и загрузка

Разработка проекта велась для работы на компьютере с ограниченными вычислительными ресурсами. Минимальные требования к компьютеру для запуска приложения представлены в таблице Б.1. Так же для управления камерой в самом приложении требуются такие устройства ввода информации, как мышь и клавиатура или их аналоги.

Программа запускается при выполнении исполняемого файла формата «exe». Программа не требует установки или других файлов, все требуемые файлы уже находятся в папке с исполняемым файлом.

Размер программного продукта составляет 162 мегабайта. А при запуске программы она занимает 100 мегабайт оперативной памяти.

### 3.1.5 Входные и выходные данные

Входными данными являются созданные трехмерные модели для создания сцены и простые материалы, рисунок 3.2, а также текстуры, рисунок 3.3. Также, входными данными будут команды пользователя, непосредственно в приложении, для управления камерой и активацией или деактивацией слоев.

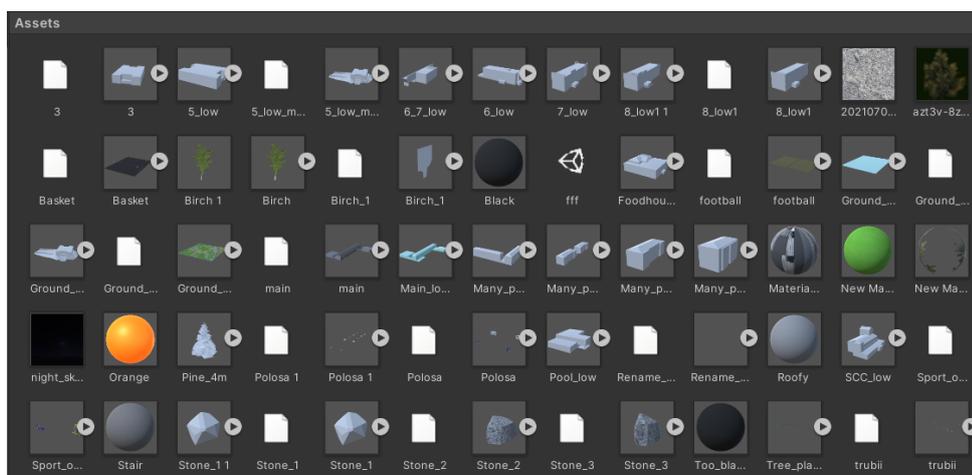


Рисунок 3.2 – Трехмерные модели в проекте

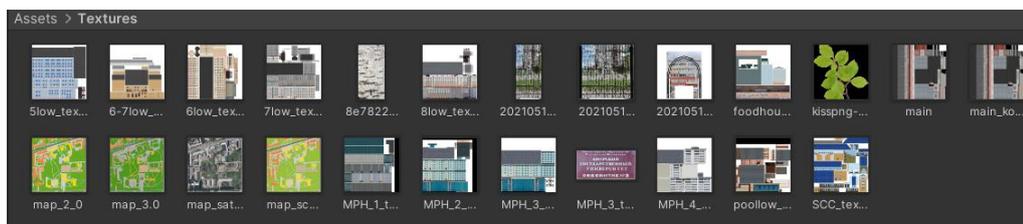


Рисунок 3.3 – Текстуры в проекте

Выходными данными будет визуальное представление кампуса в соответствии с пользовательскими настройками угла камеры и отображаемых слоев.

## 3.2 Создание ландшафтного слоя

### 3.2.1 Модель ландшафта

Для построения модели кампуса «АмГУ» первым делом создается модель территории кампуса.

Входными данным будет изображение кампуса, сделанное с помощью сервиса «Народная карта» от Яндекс, рисунок 3.4.



Рисунок 3.4 – Изображение кампуса в «Народная карта»

Следующим шагом необходимо развернуть и обрезать полученное изображение, рисунок 3.5. Это необходимо для повышения удобства работы с данным изображением, так как в дальнейшем оно будет активно использоваться.



Рисунок 3.5 – Обработанное изображение кампуса

После того как изображение обработано, оно используется как референс для моделирования модели рельефа. Так же в сервисе «Народная карта» были получены размеры кампуса (588 метров вдоль улицы Студенческая и 640 метров вдоль Игнатъевского шоссе). Следующим шагом по полученным моделям строится прямоугольник в Blender, на него накладывается изображение территории кампуса и по улице Институтская, модель обрезается.

Создание непосредственно ландшафта затруднено тем, что ландшафтные данные со спутника, SRTM-данные (Shuttle Radar Topography Mission), имеют погрешность измерений в 30 метров, поэтому ландшафт, полученный путем добавления SRTM-данных, будет плоский. Самый большой перепад высот представлен холмом, на котором расположен пятый корпус, поэтому было принято решения смоделировать этот холм как элемент пятого корпуса, а весь остальной ландшафт представить плоскостью с выдавленными бордюрами камнями.

Следующим этапом модель режется по линии бордюров, и полученные плоскости выдавливаются на 0.3 метра, рисунок 3.6.

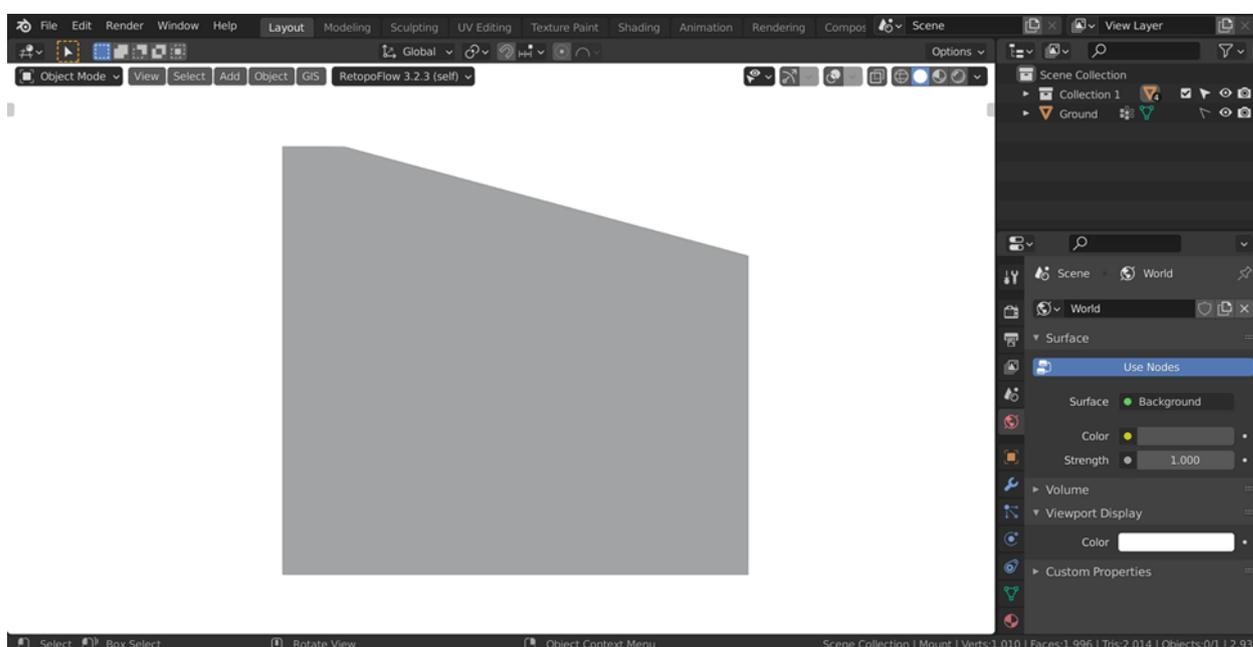


Рисунок 3.6 – Модель территории кампуса

После этого модель ландшафта готова и следующим этапом будет создание текстуры для нее.

### 3.2.2 Текстурирование модели ландшафта

Было принято решения сделать стилизованную текстуру, так как на ней отсутствуют лишние детали, такие как машины, силуэты зданий и т.д., а важные подчеркнуты: территории газонов, тропинки, дороги.

Для создания стилизованной текстуры ландшафта на имеющемся спутниковом изображении кампуса, рисунок 3.5, создается однородность цвета для территорий газонов, песка, асфальта и рисуются маркеры расположения строений, рисунок 3.7.



Рисунок 3.7 – Текстура с однородным цветом

Затем, путем интеграции, накладываются реалистичные текстуры травы, асфальта, песка, которые дают реалистичную фактуру материала. Итоговая текстура представляет собой изображение с подчеркнутыми требуемыми деталями и отсутствующими элементами, которые не важны для восприятия, рисунок 3.8.



Рисунок 3.8 – Итоговый вид стилизованной текстуры

После этого полученная стилизованная текстура накладывается на имеющуюся модель ландшафта, рисунок 3.9.

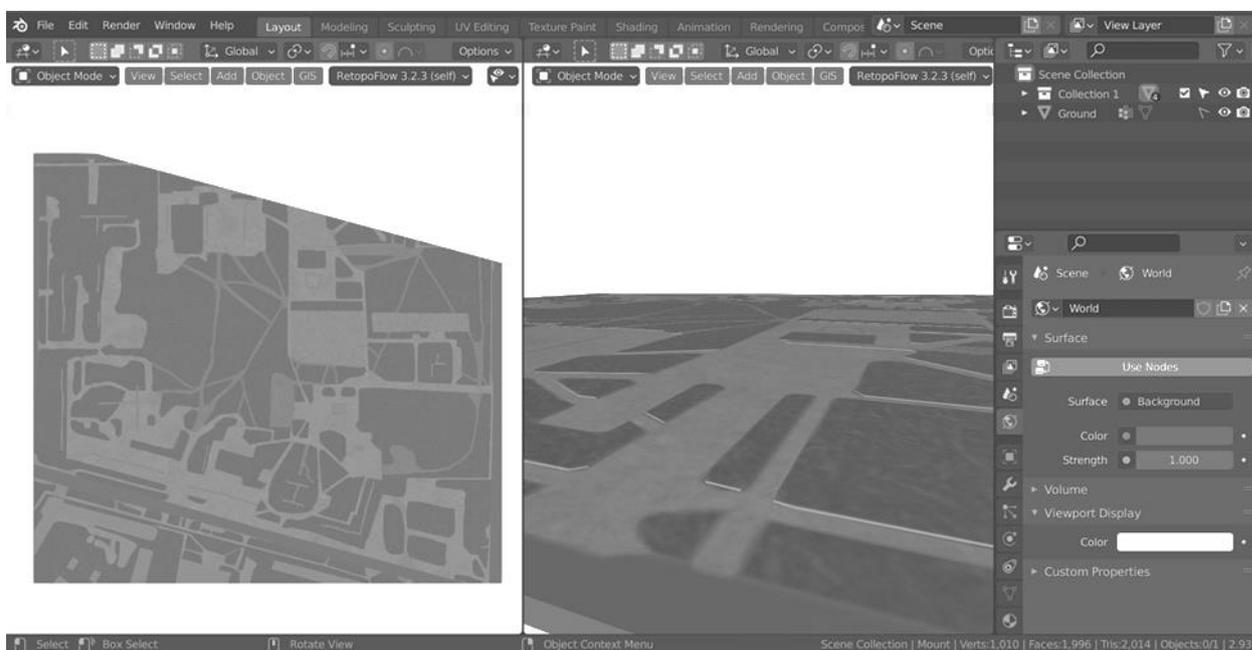


Рисунок 3.9 – Модель ландшафта с текстурой

### 3.3 Разработка слоя архитектурных сооружений

Слой архитектурных сооружений включает в себя все основные здания кампуса, такие как учебные корпуса, подстанции, СКЦ, комбинат питания, гаражи, бассейн, спортивная площадка, общежития, вентиляции подпольных сооружений. А также дополнительные, такие как фонари, макет «Ангара-V», сад камней, забор. По алгоритму выполнения данные объекты можно разделить на типовые здания, к которым относятся вышеописанные основные зданий, и оригинальные объекты.

### 3.3.1 Моделирование типовых зданий

Для моделирования таких зданий создается набор референсов, которые позволяют смоделировать силуэт достаточно точно, рисунок 3.10. Помимо фотографий необходимо проанализировать вид зданий «вживую» для понимания общей концепции архитектуры, а также записываются размеры элементов, достаточно маленьких для получения размеров с «Народной карты» или те размеры, которые невозможно получить по спутниковому снимку.



Рисунок 3.10 – Набор референсов шестого корпуса

Затем с использованием онлайн карт, измеряются размеры здания по силуэту на карте. В настоящее время, большинство онлайн карт имеют инструменты метрического измерения, что позволяет получить реальные размеры зданий и сооружений. Потом, основываясь на размерах, непосредственно моделируется здание. Для этого сначала выполняется блокинг, создание силуэта моделируемого объекта элементарными фигурами (куб, сфера, цилиндр), а наиболее мелкие детали было решено реализовать с помощью

текстур. Затем добавляются выпуклости крыш и некоторые крупные рельефные детали, рисунок 3.11.

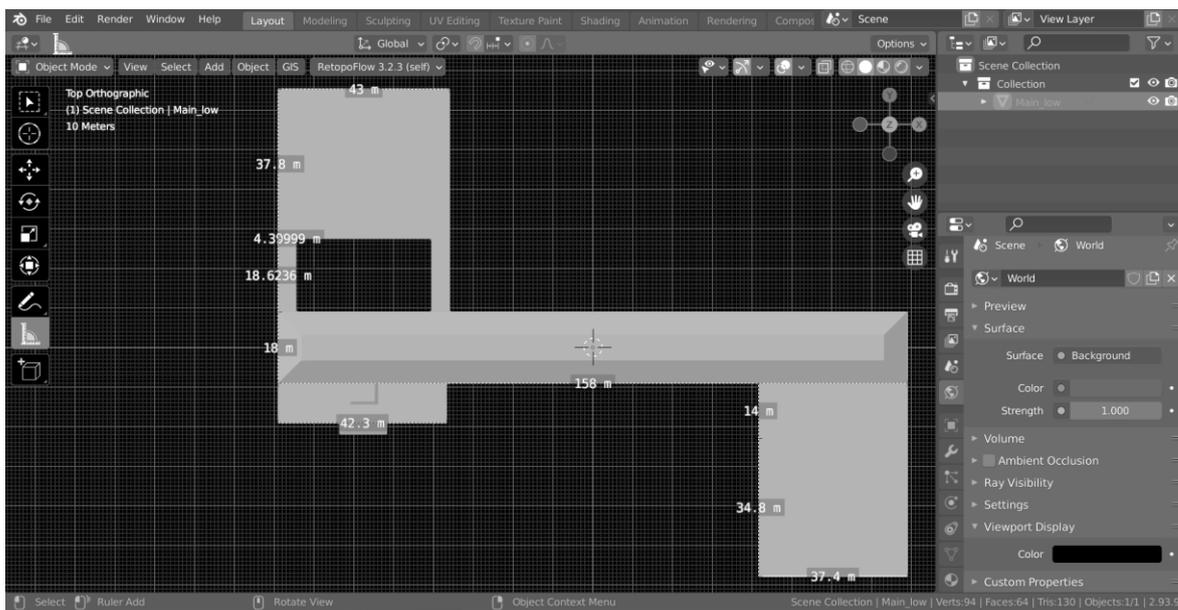


Рисунок 3.11 – Смоделированная модель, вид сверху, с размерами

Почти все здания моделируются похожим образом, кроме пятого корпуса, у которого помимо самого здания моделируется и холм, на котором он расположен. Для этого первым делом моделируется лестница, которая в дальнейшем будет служить ориентиром для уточнения размеров холма, рисунок 3.12.

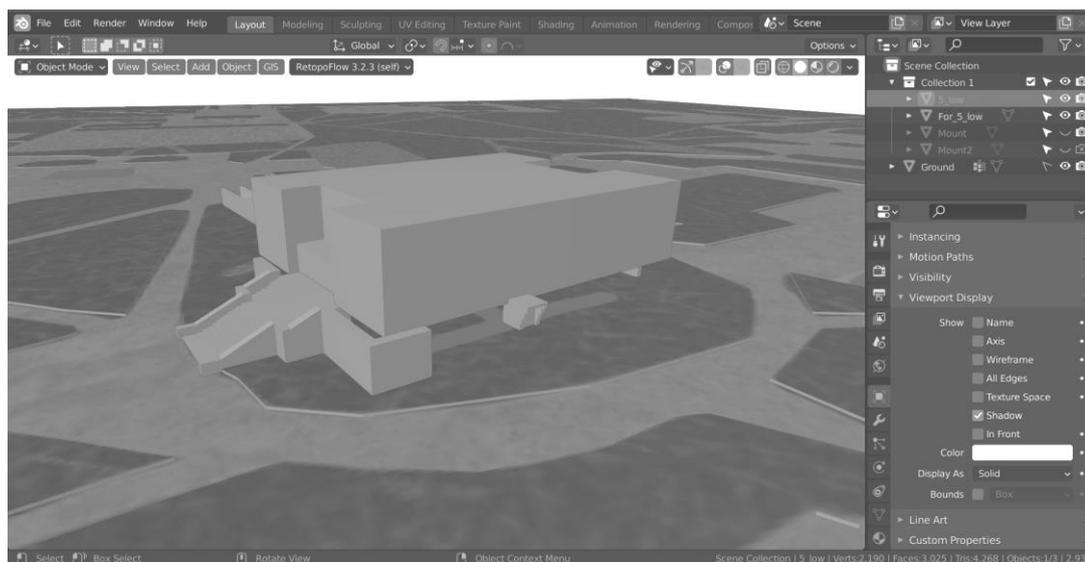


Рисунок 3.12 – Пятый корпус с лестницей

После этого, с использованием цифрового моделирования, из сферы создается холм требуемой формы, рисунок 3.13. Для удобства используется черный цвет, которые создает видимость силуэта, что позволяет сосредоточиться только на форме объекта.

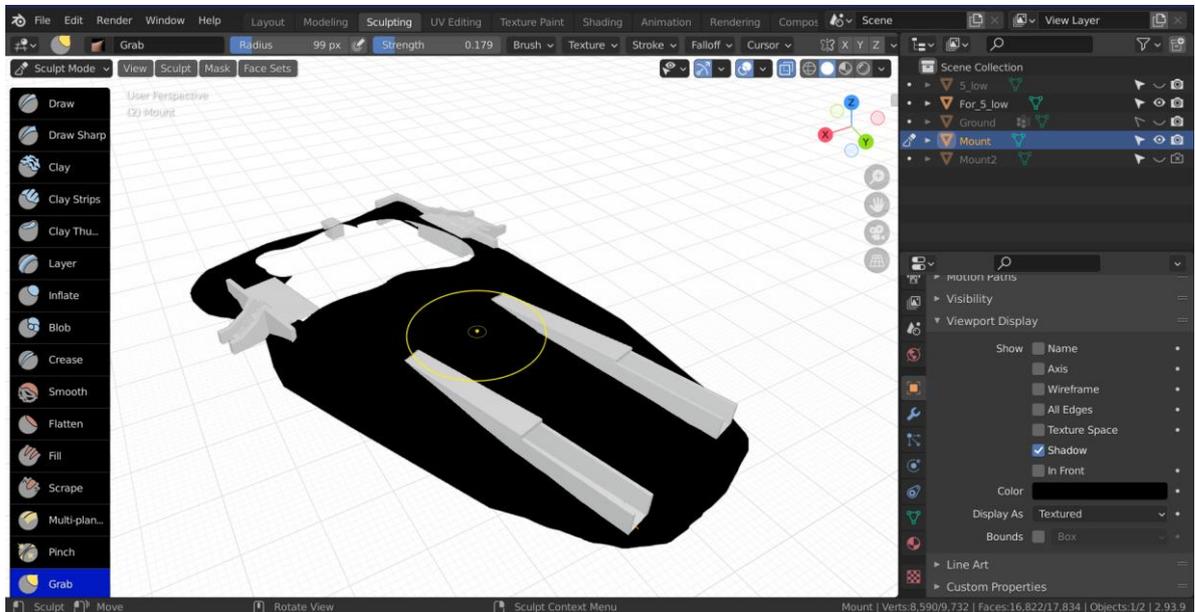


Рисунок 3.13 – Цифровое моделирование холма

Главным недостатком использования цифрового моделирования является увеличение количества полигонов, рисунок 3.14, а это в свою очередь добавляет лишний вес модели.

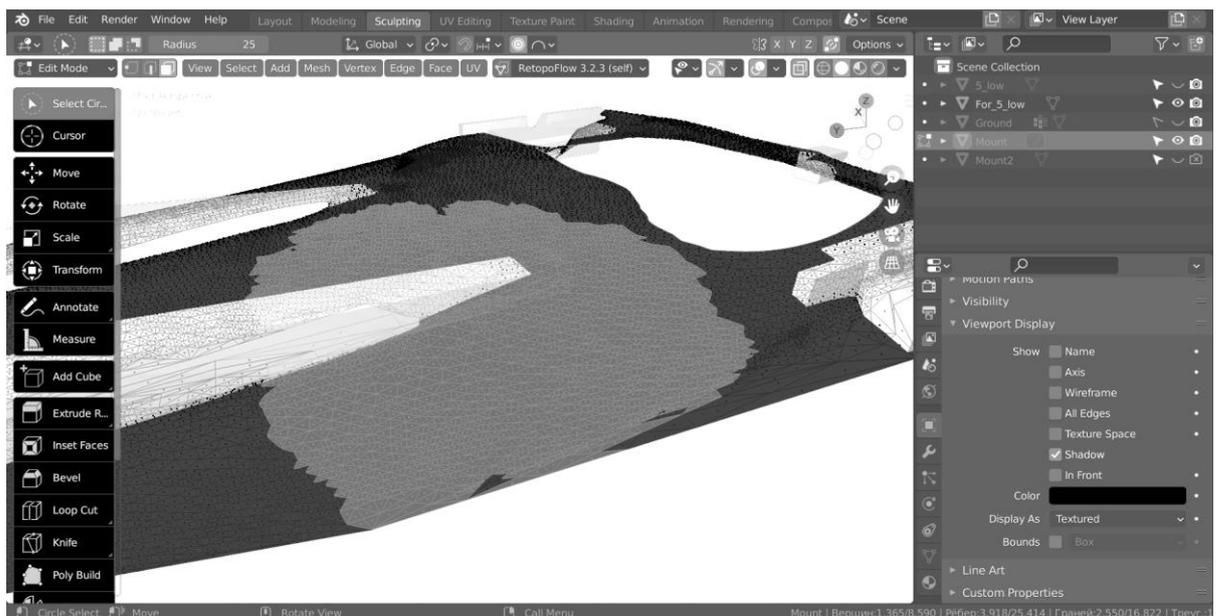


Рисунок 3.14 – Плотность полигональной сетки

Для дальнейшего использования данной модели холма, полигональную сетку требуется уменьшить с помощью процесса ретопологии. Ретопология холма выполняется путем добавления нового объекта, плоскости, и с помощью привязки к полигонам высокополигонального холма, производится манипулирование с вершинами плоскости, путем увеличения их количества и позиционирования, рисунок 3.15.

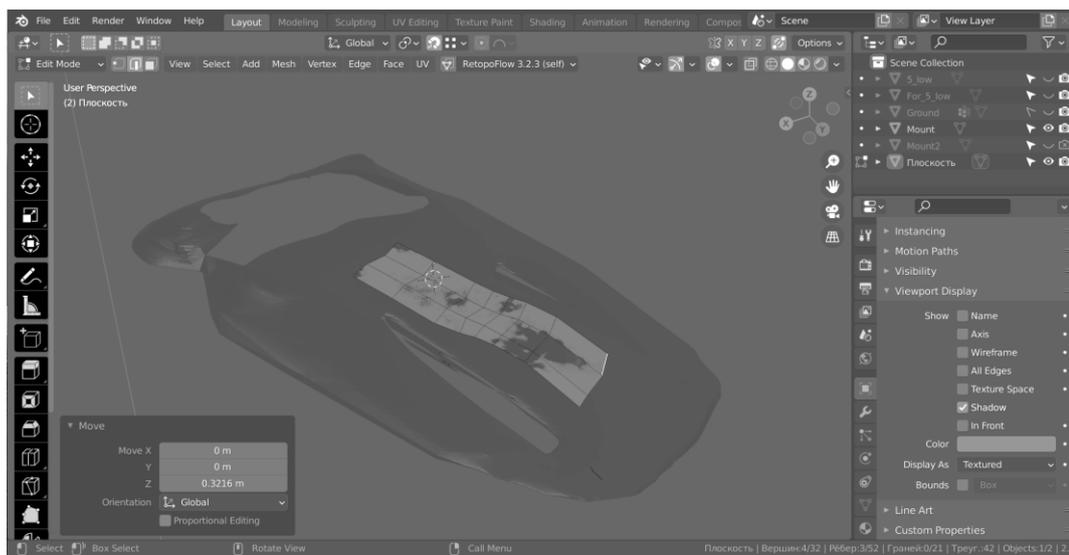


Рисунок 3.15 – Процесс ретопологии холма

С помощью данного процесса получилось снизить количество полигонов с 37000 до 170, а качество визуализации не изменилось. Итоговый вид пятого корпуса с холмом представлен на рисунке 3.16.

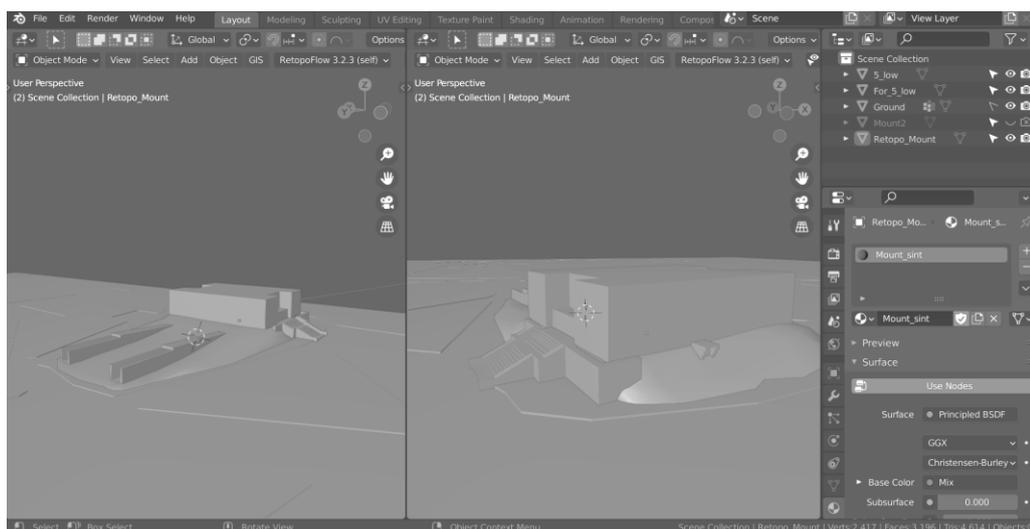


Рисунок 3.16 – Итоговый вид пятого корпуса

Процесс создания UV-развертки заключается в том, что у модели выделяются швы, разрезы на модели, по которым выполняется развертка, а после выполняется процесс развертки и позиционирование полученных шеллов. Добавлять швы необходимо в местах, которые наиболее скрыты от глаз пользователя или же их можно делать в местах, где имеется прямой или острый угол, тогда после наложения текстур, швы не будут явно видны. UV-развертка выполнялась встроенными инструментами Blender, итоговый вид UV-развертки, а также швов, представлен на рисунке 3.17.

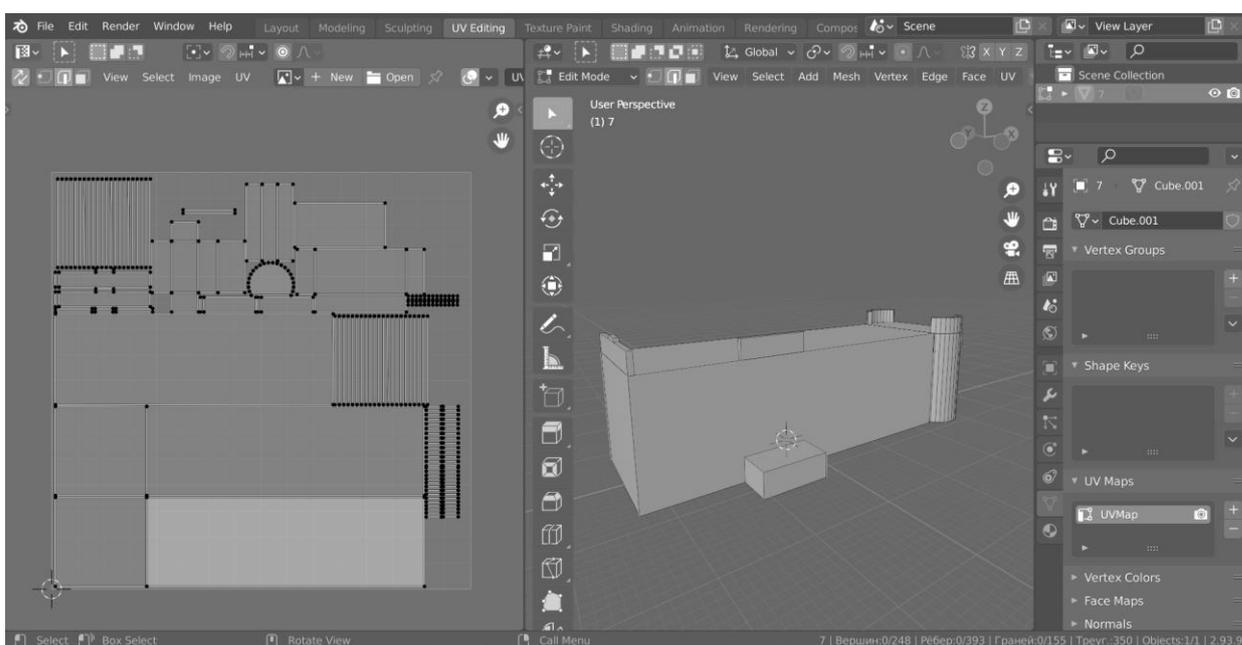


Рисунок 3.17 – Развертка седьмого корпуса

Следующим этапом будет создание текстур для зданий. В виду наложенных требований из-за отсутствия на компьютере, для которого разрабатывается программный продукт, использование физически корректных материалов невозможно, поэтому было принято использовать фотореалистичные текстуры. Фотореалистичные текстуры, в отличие от обычных, передают более реалистичное отображение объекта, так созданы из фотографий этого объекта, и уже отображают мелкие детали, которые не были смоделированные на трехмерной объекте. Для создания фотореалистичных текстур используются фотографии этих зданий в большом разрешении, чтобы при редактиро-

вании не ухудшилось качество изображения. В процессе создания фотографий необходимо было выбрать такое место, с которого выполнялась съемка, чтобы здание наиболее полно входило в кадр, а также была минимизирована перспектива, чтобы в дальнейшем было легче ее исправить в графическом редакторе.

Процесс создания фотореалистичной текстуры представлен на примере физкультурно-образовательного центра с плавательным бассейном (далее просто бассейн). Первым делом необходимо сфотографировать все стены бассейна, пример одной из стен представлен на рисунке 3.18.



Рисунок 3.18 – Одна из стен бассейна

Далее необходимо исправить перспективу, графический редактор GIMP имеет инструменты для этого. Для исправления перспективы, для начала, необходимо на отдельном слое нарисовать прямые линии, по которым будет выполняться деформация перспективы. Пример исправления перспективы представлен на рисунке 3.19.



оптимизацию текстур, так как при запуске программного продукта будет загружаться только одно изображения для одного здания, что снизит нагрузку на оперативную память. Текстуриный атлас создается путем наложения уже созданных фотореалистичных текстур на UV-развертку.

Текстуриный атлас, созданный для проекта, представляет собой изображение размера 8192 пикселя в длину и ширину. Выбрано именно такое разрешение в виду того, что встроенные инструменты Unity сжимают изображение в два раза, в виду того, что Unity более ориентирован на использование материалов. Поэтому после сжимания изображения до разрешения 4096 пикселей, детали на текстурах все еще будут видны, а также, сохранится их высокое качество. Текстуриный атлас для бассейна представлен на рисунке 3.21.

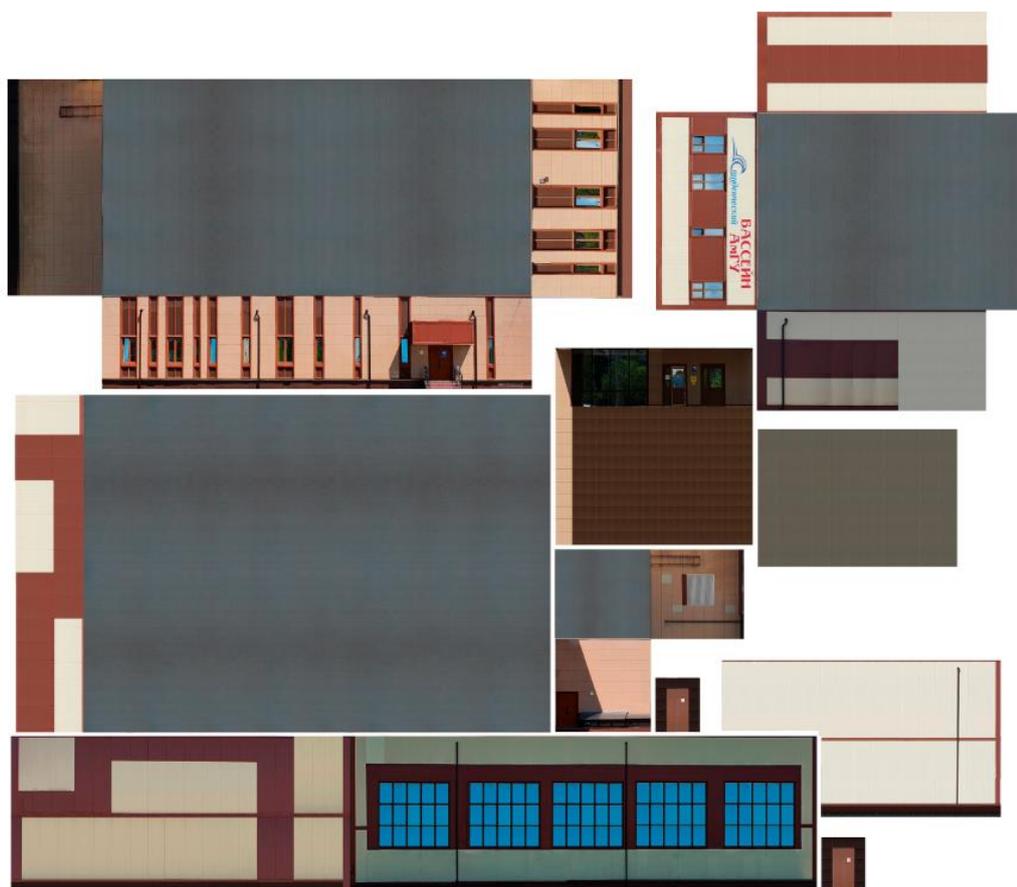


Рисунок 3.21 – Текстуриный атлас бассейна

### 3.3.2 Создание моделей оригинальных объектов

Модели оригинальных объектов позволяют более полно передать контекстную информацию об кампусе. Алгоритм моделирования таких объектов отличается от моделирования зданий, у таких объектов более сложная геометрия, большее количество полигонов, а также используются простые, одноцветные, материалы, а не фотореалистичных текстур.

К моделям оригинальных объектов относятся фонари, спортивные тренажеры, подстанции, внешние вентиляции подвальных помещений, заборы.

Пример моделирования оригинальных объектов кампуса будет представлен на примере макета ракеты «Ангара-V» и спортивной площадки.

Моделирование макета ракеты «Ангара-V» начинается с анализа размеров ракеты, а именно их соотношения с реальными. Высота реальной ракеты равняется 55 метрам и 23 сантиметрам. Диаметр головного обтекателя ракеты равен 4 метрам и 35 сантиметрам, а поперечный разрез ракеты равен 8 метрам, 86 сантиметрам. На основании этих данных высота макета ракеты расположенного на территории кампуса равна 12 метрам, диаметр головного обтекателя равен 95 сантиметрам, а поперечный разрез 1 метру и 93 сантиметрам. Также были рассчитан диаметр ускорителей, равный 66 сантиметрам.

Следующим шагом производится непосредственно само моделирование ракеты, итоговый результат представлен на рисунке 3.22.

Для моделирования спортивной площадки, сначала создается набор референсов тренажеров, выполненные с двух ракурсов, переднего и бокового, а также как можно меньше подвергнутые перспективным искажениям. После этого, выставив изображения крест накрест, моделируются тренажеры, рисунок 3.23. Моделирование производится по изображениям, сначала тренажер моделируется по изображению боковой стороны, а после дорабатывается и позиционируется с помощью изображения передней стороны. Данный способ моделирования позволяет достаточно точно воссоздать объект, но такой способ применим только в том случае, если есть уже готовые требуемые рефе-

ренсы или если объект достаточно мал, чтобы сделать требуемые фотографии.

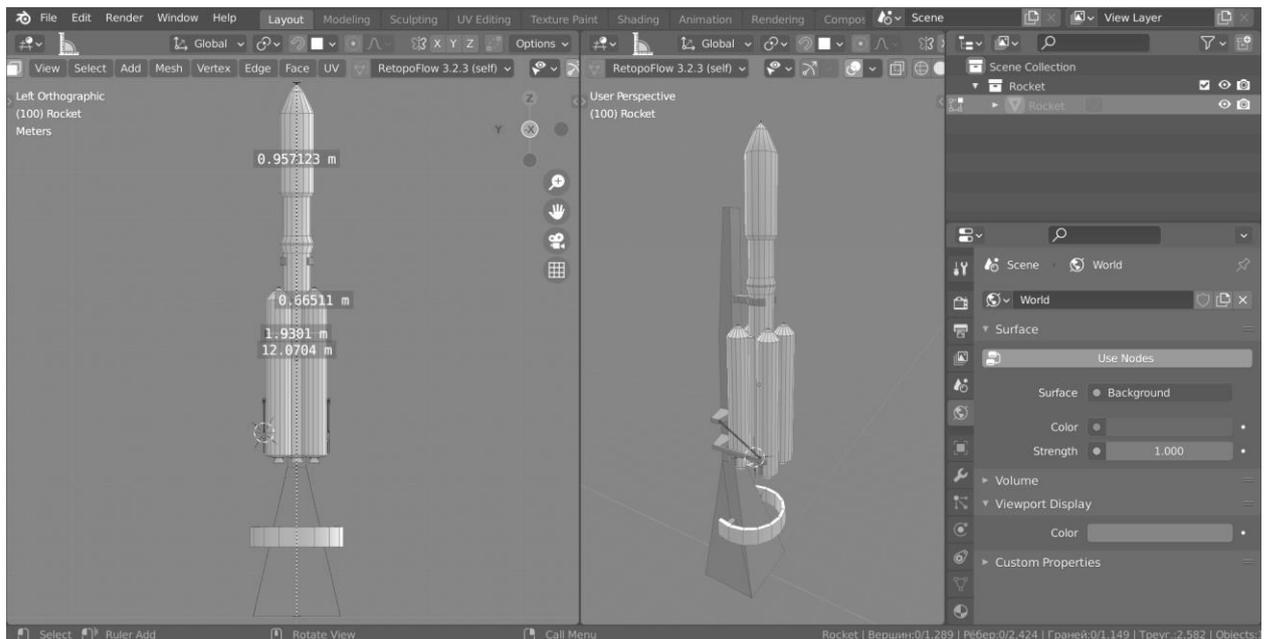


Рисунок 3.22 – Итоговая модель макета ракеты «Ангара-V»

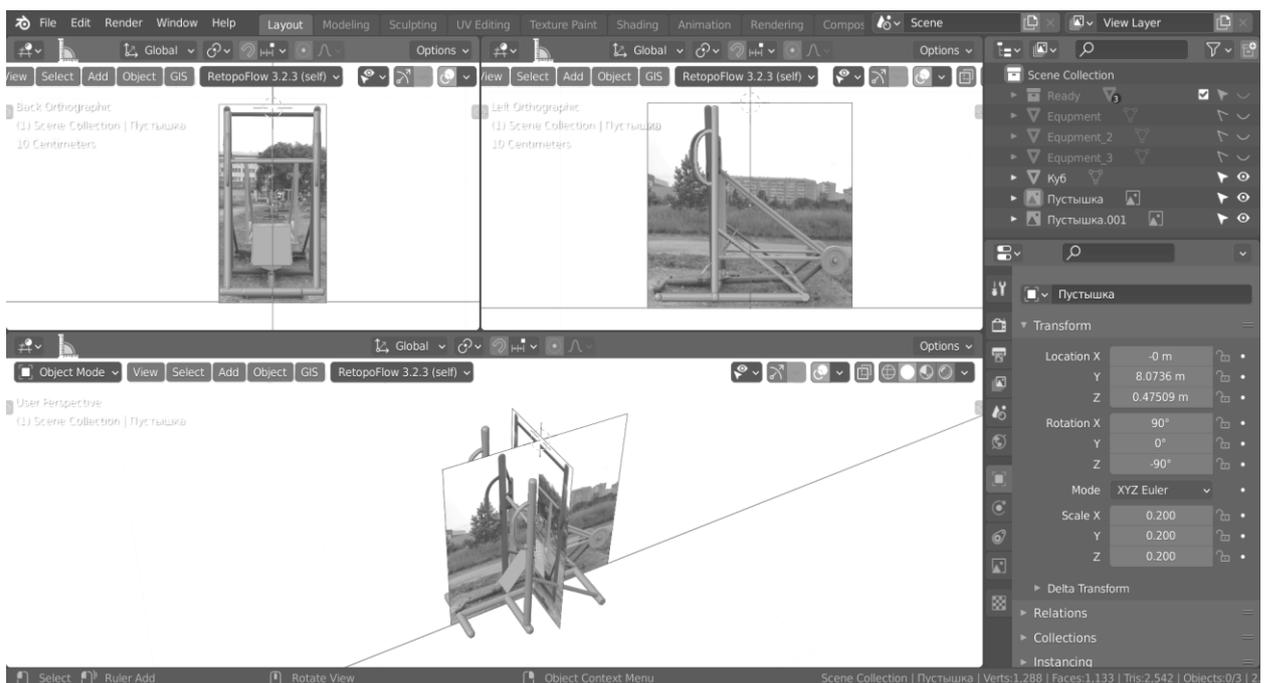


Рисунок 3.23 – Моделирование тренажеров

Следующим этапом моделируются скамьи и турники с брусьями. А после площадки для баскетбола, волейбола и футбола. Последним моделировалась полоса препятствий, рисунок 3.24.

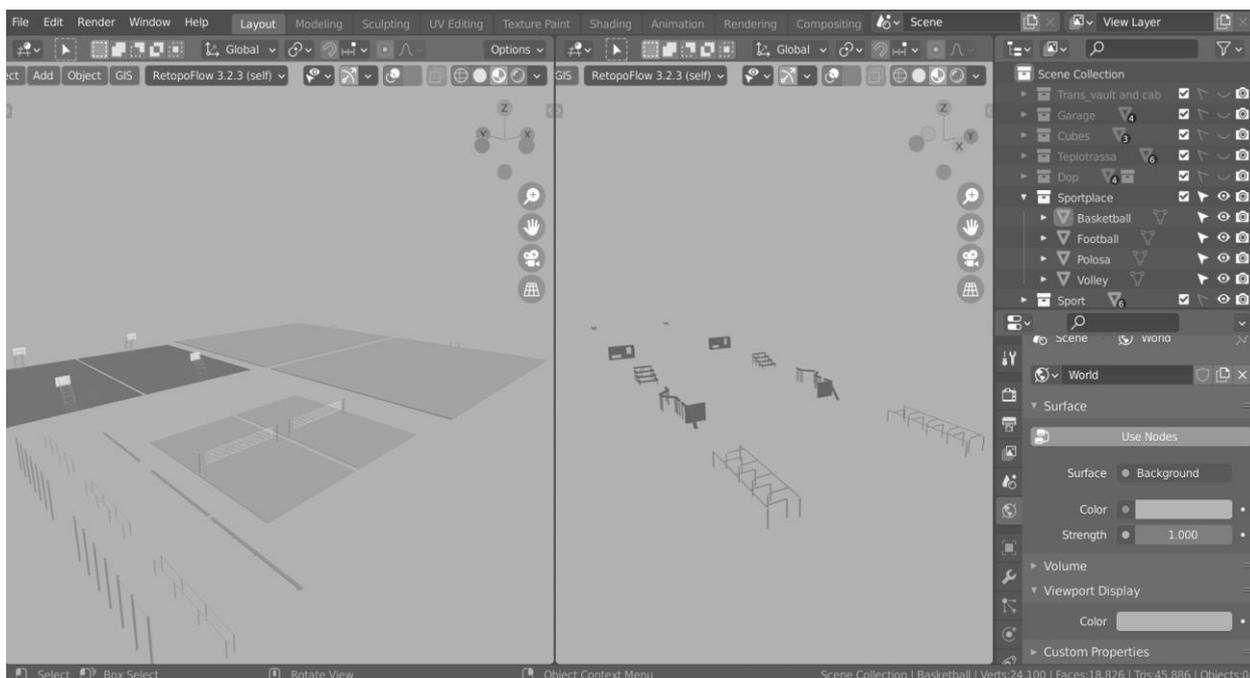


Рисунок 3.24 – Смоделированные элементы спортивной площадки

### 3.4 Реализация слоя лесонасаждений

На территории кампуса располагается большое количество зеленых территорий и большую их часть занимают деревья. Деревья являются важной составляющей «зеленых зон», которые позволяют снизить техногенную нагрузку, оказываемую на работников АмГУ и студентов, снижают уровень городского шума, а также повышают эстетический облик кампуса. На территории кампуса расположены свыше 8 тысяч деревьев разного вида, в основном на территории кампуса растут такие деревья как березы, ель, сосны, тополь.

В виду большого количества деревьев, а также важности «зеленых зон», было принято решение вынести деревья на отдельный слой.

#### 3.4.1 Разработка модели дерева

Деревья создавались с помощью бесплатного расширения Sampling Tree Gen , которое моделирует деревья с помощью кривых и позволяет настроить количество ветвей, их размер, расположение листьев и тд., рисунок 3.25. А после на готовую модель накладываются подготовленные заранее текстуры.

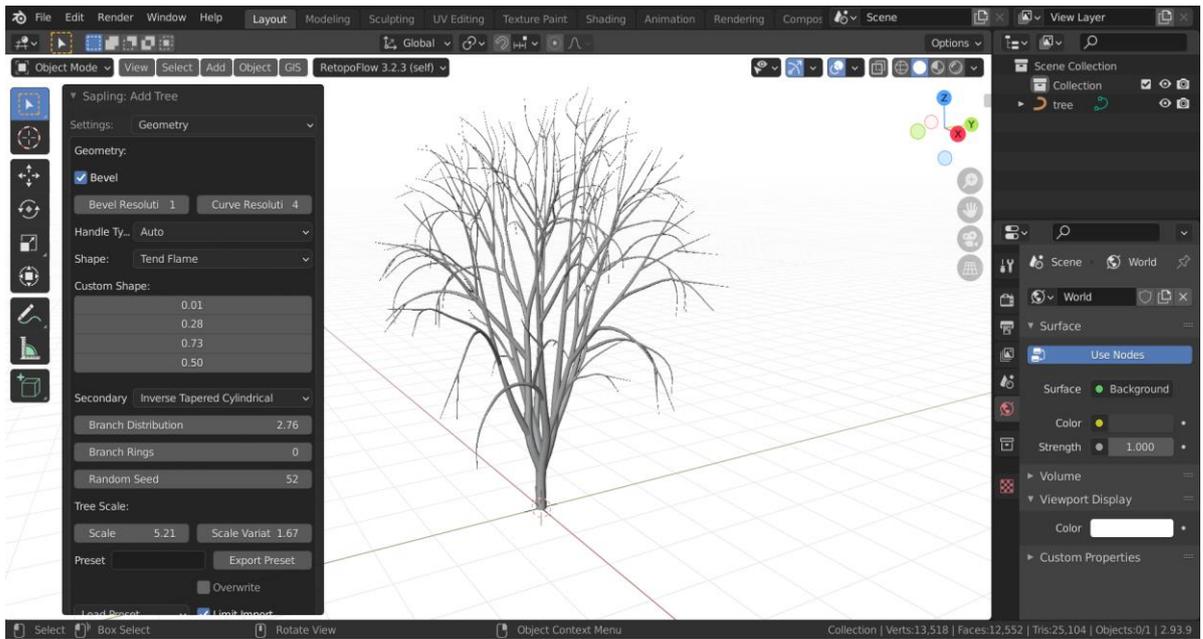


Рисунок 3.25 – Создание деревьев с помощью Sapling Tree Gen

### 3.4.2 Оптимизация визуального представления моделей

Деревья представляют собой довольно сложную модель, а для проекта необходимо их большое количество, что соответственно дает высокую нагрузку на аппаратную часть, так как одна модель дерева уже имеет 4000 полигонов. Поэтому необходимо было оптимизировать способ их отображения без потери качества. Решением данной проблемы стало добавлением в проект не самих деревьев, а их рендерных изображений с альфа-каналом. Так одно дерево состоит только из двух плоскостей, стоящих крест-накрест, рисунок 3.26.

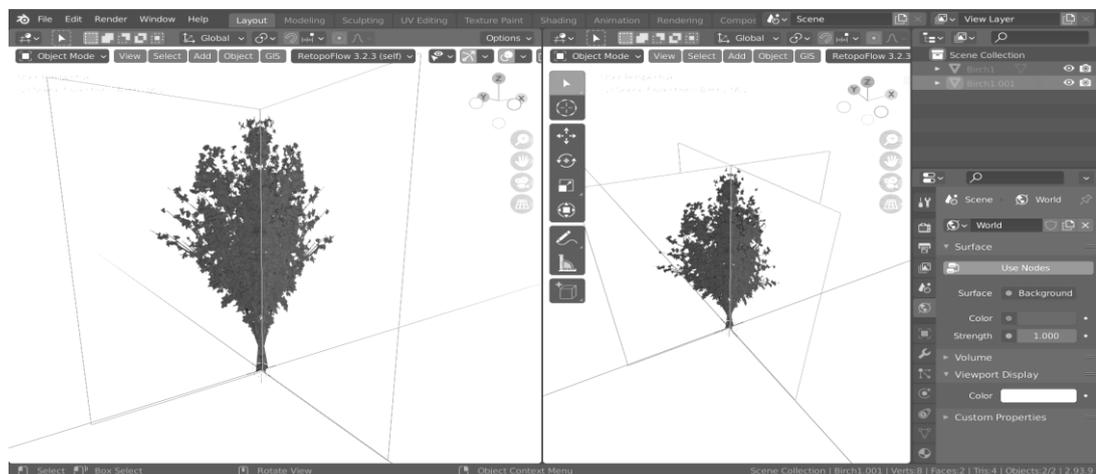


Рисунок 3.26 – Оптимизированная модель дерева

Так как дерево теперь стоит только из двух полигонов, то даже низкопроизводительный компьютер может одновременно отобразить около 8000 деревьев одновременно.

### 3.5 Разработка слоя подземной инфраструктуры

Данный слой показывает расположение теплопровода. Теплоснабжение является одной из основных поддерживающих инфраструктур кампуса, поэтому расположение труб, а также элементы тепло- и водоснабжения, такие как колодцы, были вынесены в отдельный слой.

#### 3.5.1 Проектирование расположения труб

Для проектирования расположения труб был использован типовой эппор тепловых сетей кампуса АмГУ, рисунок 3.27.

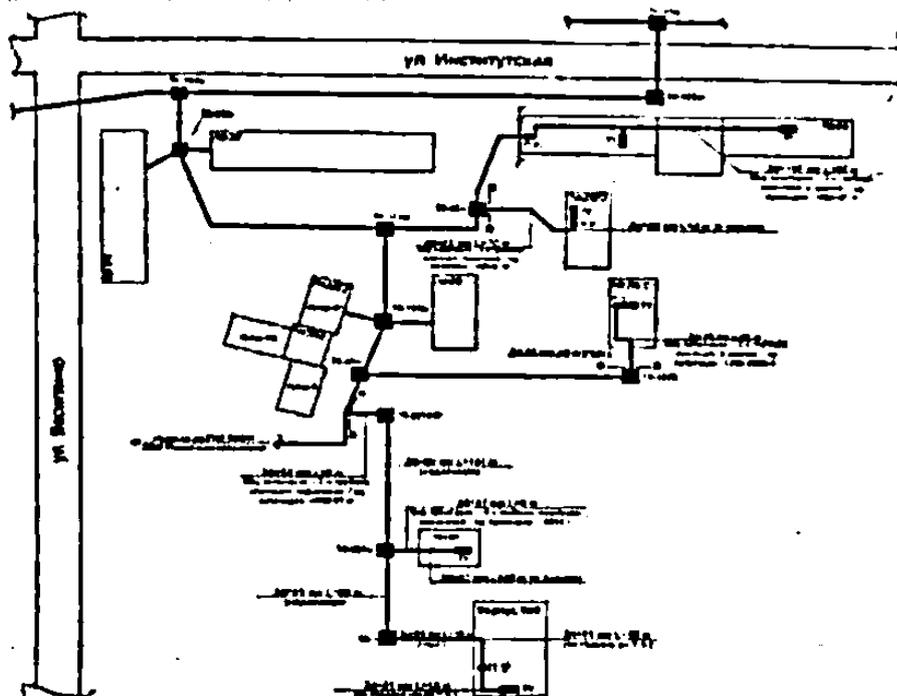


Рисунок 3.27 – Типовой эппор расположение тепловых сетей

#### 3.5.2 Трехмерных модели элементов водоснабжения

Модель теплоснабжения строилась с использованием сплайнов (кривых).

Сплайновое моделирование позволяет строить модели с плавными краями. Частным случаем сплайнового моделирования является NURBS-

моделирование. Именно это моделирование использовалось при создании моделей труб. Используя NURBS-моделирование, можно задать общий вид расположения труб, а после добавить толщины кривым.

Процесс моделирования труб начинается с добавления кривой Безье, которая имеет только две вершины, а также по два рычага для каждой вершины, рисунок 3.28

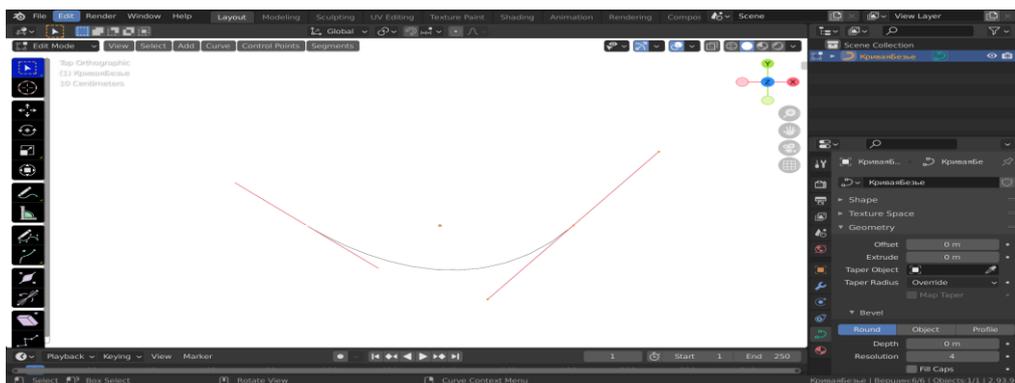


Рисунок 3.28 – Вид кривой Безье в Blender

Кривая Безье позволяет экструдировать, выдавливать, вершины, создавая более длинные линии, и у каждой вершины сохраняются рычаги, что позволяет гибко настраивать вид прямой. Поэтому используя данный способ, создается общий вид расположения труб, рисунок 3.29.

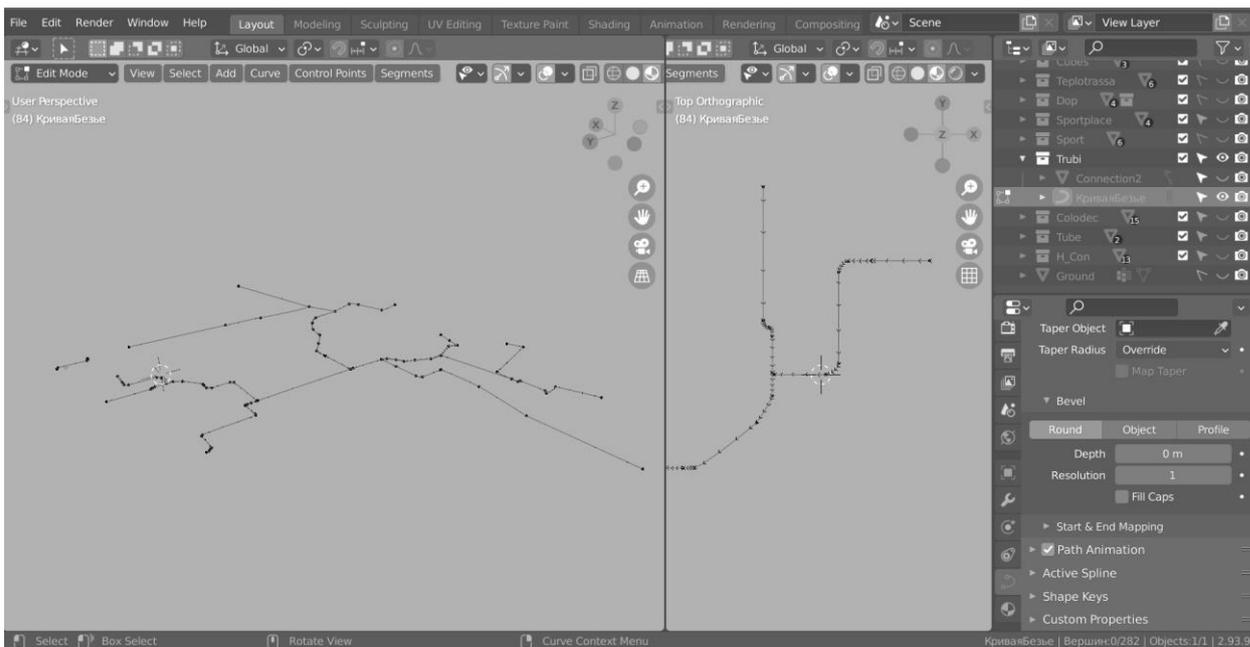


Рисунок 3.29 – Расположение труб в виде кривой Безье

После того как общее расположение задано, в настройках кривой, устанавливается значение Bevel Depth, которое регулирует толщину полученной геометрии. Итоговый вид труб представлен на рисунке 3.30.

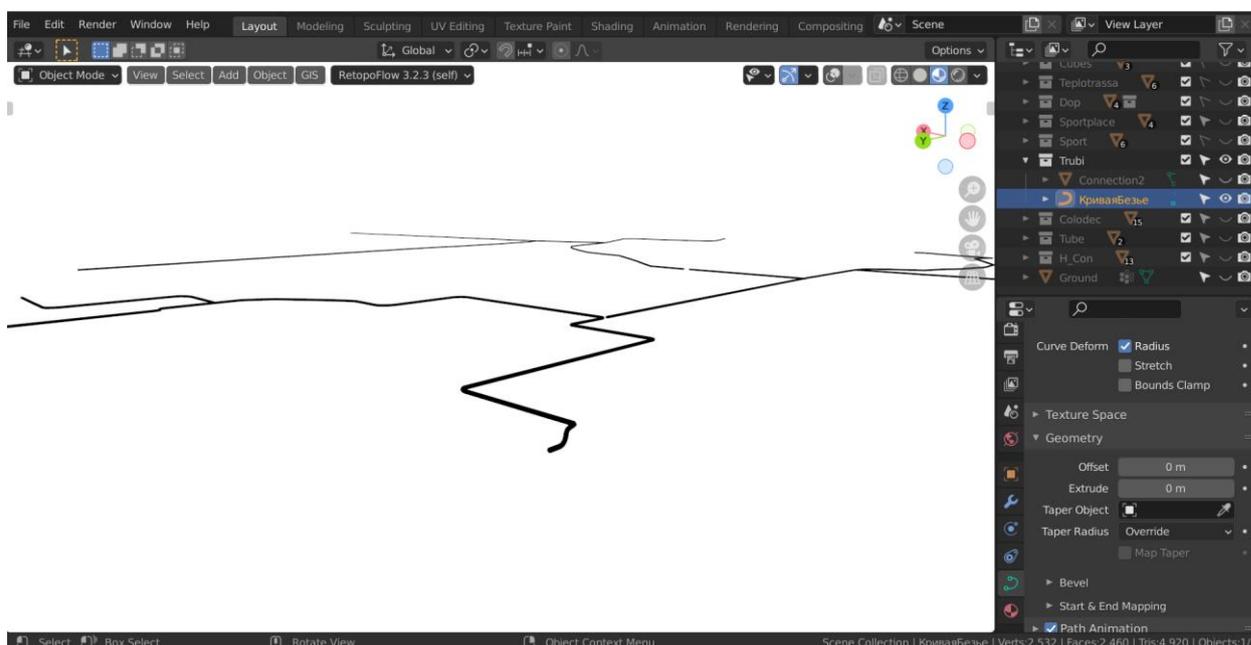


Рисунок 3.30 – Итоговое отображение труб

### 3.6 Разработка приложения на Unity

Следующим этапом будет создание сцены в Unity. Для этого создается пустая сцена, и импортируются все созданные до этого объекты, рисунок 3.31.

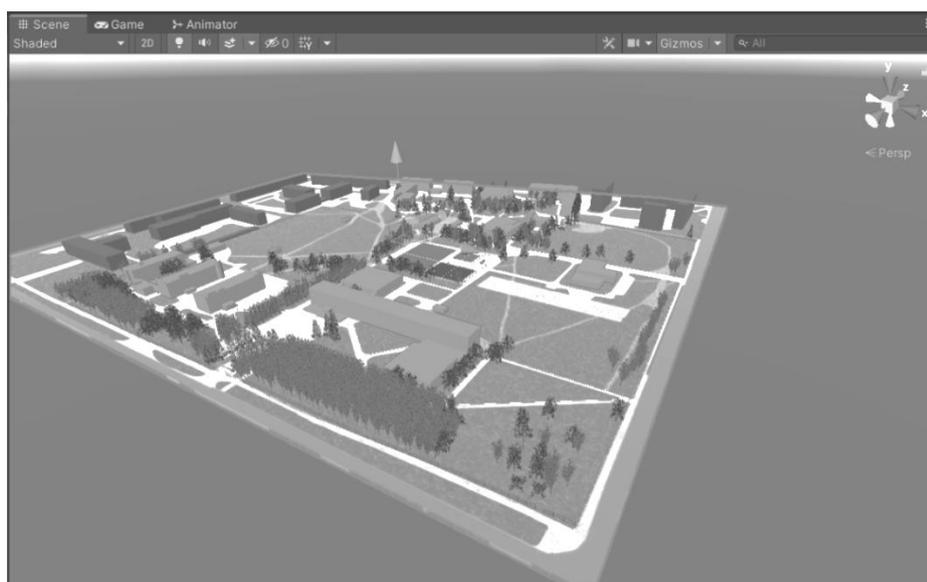


Рисунок 3.31 – Готовая сцена в Unity

Следующим этапом настраивается логика управления, сделанная на стрелки, а вращение камеры производится с помощью мыши, а также добавляется некоторый интерфейс, который позволит взаимодействовать со слоями. Интерфейс представляет собой раскрывающийся список, внутри которого представлены четыре слоя. Слои представляют собой кнопку типа «Checkbox», которая включает и отключает видимость слоя. Следующим этапом каждому слою присваиваются конкретные модели, что позволит отключать и включать их отображение. После этого производится сборка проекта, со стандартными настройками. Итоговый вид приложения представлен на рисунке 3.32.



Рисунок 3.32 – Итоговый вид приложения

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 4.1 Безопасность

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) представляет собой область научных знаний, охватывающих теорию и практику защиты человека от опасных и вредных факторов во всех сферах человеческой жизнедеятельности, сохранения безопасности и здоровья в среде обитания. Основная цель БЖД как науки – это защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения [1].

Знание правил безопасности труда позволяет оператору вычислительной техники предотвратить появление несчастных случаев на производстве, а также, уменьшить получаемый вред от воздействия на оператора факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью, профессиональных заболеваний, которые являются неотъемлемой частью рабочего процесса. Для снижения шансов возникновения несчастных случаев, а также снизить риск получения травм и обеспечить минимальные условия для эффективного труда, необходимо следовать требованиям для рабочих мест, оборудованных ПЭВМ.

#### 4.1.1 Требования к помещению для работы с ПЭВМ

В помещении с ПЭВМ является важным грамотно оборудовать это самое помещение, чтобы снизить получаемый вред человеком или окружающей среды от работы с ПЭВМ, а также снизить вероятность возникновения поломок или чрезвычайных ситуаций. Поэтому к помещениям, в которых находятся вычислительные машины, определены следующие требования:

– если в помещении, где эксплуатируются вычислительные машины, есть окна, которые служат источником естественного освещения в дневное время, то они должны быть ориентированы на север или северо-восток;

– уровень освещенности от естественного и искусственного освещения должен соответствовать нормам, установленным в соответствующих нормативных документах;

– если в помещении, оборудованном вычислительной техникой, есть оконные проемы, то они в свою очередь должны быть оборудованы устройствами, регулирующими степень прохождения естественного освещения, такие как жалюзи, занавески, внешние козырьки и др.;

– помещение, где эксплуатируется вычислительная техника, в основном, должно иметь освещение как искусственное, так и естественное. Если же, по каким-то причинам невозможно иметь естественное освещение, то оно допускается до эксплуатации, только в том случае, если имеется достаточное обоснование, а так же наличие положительного заключения от санитарно-эпидемиологических служб;

– если помещение оборудовано экраном, использующим жидкокристаллические или плазменные технологии, то минимальная площадь такого помещения должна быть 4,5 квадратных метра;

– помещения, где производится эксплуатация ПЭВМ, для предотвращения повреждения или возникновения чрезвычайных ситуаций, таких как пожар, из-за короткого замыкания, должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации;

– если есть расположенные в непосредственной близости силовые кабели, высоковольтные линии или трансформаторы, технологическое оборудование, которое может вызывать помехи в работе вычислительной техники, то рабочее место следует переместить как можно дальше от таких элементов в виду их способности вызывать ошибки в работе ПЭВМ не только программные, но и аппаратные.

#### **4.1.2 Требования к освещению на рабочих местах с ПЭВМ**

Самая большая нагрузка, при работе с ПЭВМ, оказывается на глаза пользователя, поэтому при обустройстве рабочего места, данной проблеме

стоит уделить достаточное внимание, так как правильная организация рабочего места позволяет в значительной степени снять излишнюю нагрузку на глаза. Существуют определенные нормы, которые позволяют обеспечить безопасное и наиболее безвредное для глаз использование вычислительной техники, которые представлены далее:

- рабочее место операторы вычислительной техники, оборудованной дисплеем, следует расположить так, чтобы естественный свет падал преимущественно слева от дисплея, чтобы экран вычислительной техники был ориентирован боковой стороной к окнам, которые служат источником естественного освещения;

- в помещениях оборудованных вычислительными машинами, источник искусственного освещения должен давать равномерное освещение, без мерцания или пульсации. Системы комбинированного освещения следует использовать в помещениях осуществляющих производственную или административно-общественную деятельность;

- на рабочем месте, освещенность на поверхности стола должна соответствовать 300–500 лк. Также освещение не должно мешать работе, а именно создавать отсветы или блики на экране, а уровень освещенности поверхности монитора не должен быть более 300 лк.;

- если источники освещения создают блескость, то она должна быть ограничена, а яркость, создаваемая светящимися поверхностями, такими как окна, светильники и т.д., и находящаяся в поле зрения пользователя вычислительной машины должна быть не более 200 кандел на метр квадратный;

- блескость, полученная в результате отражения света, на таких поверхностях как стол, клавиатура, монитор, должна быть ограничена путем правильного расположения рабочего места относительно источников света, как искусственных, так и естественных, а также должны использоваться правильные типы светильников. Яркость бликов на экране вычислительной машины не должна превышать допустимую норму, а именно 40 кандел на метр

квадратный, а яркость потолка не должна превышать 200 кандел на метр квадратный;

– если используются источники искусственного света общего освещения, то их яркость в зоне углов излучения, а именно от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях, не должна быть больше 200 кандел на метр квадратный;

– защитный угол не просвечивающего отражателя светильников местного освещения должен быть меньше 40 градусов;

– если в поле зрения пользователя вычислительной машины присутствует неравномерно распределенная яркость, то соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно быть меньше трех к одному и не должно быть больше пяти к одному. Соотношение между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудование не должно быть больше десяти к одному;

– при выборе источника искусственного света следует рассматривать люминесцентные лампы, лампы ДРЛ, светодиодные лампы и лампы накаливания менее 100 Вт. В помещениях выполняющих производственную и административно-общественную деятельность разрешается использовать в качестве источника искусственного света металлогалогенные лампы;

– у используемых источников искусственного света коэффициент пульсации не должен превышать 5 процентов;

– в помещениях, в которых эксплуатируются вычислительные машины, должна проводиться регулярная уборка, а именно должны очищаться оконные рамы и источники искусственного света. Уборка должна проводиться минимум два раза в год, а при перегорании ламп, они должны быть заменены на исправные незамедлительно.

#### **4.1.3 Требования к уровням шума и вибрации**

Если пользователь вычислительной машины работает в условиях повышенного уровня шума, то нарушается нормальная деятельность сердечно со-

судистой и нервной систем, пищеварительных и кроветворных органов, а также повышение вероятности возникновения тугоухости, которая может привести к полной потере слуха. Уровень шума, находящийся выше нормы может вызывать нервное истощение, психологическую угнетенность. Работа в условиях повышенного уровня шума подвергает пользователя серьезным заболеваниям, а также, в значительной степени, снижает производительность труда. Поэтому были установлены следующие нормы, которые помогают снизить вероятность возникновения заболеваний из-за высокого уровня шума:

– в помещениях, в которых выполняется производственная деятельность, при выполнении основных или вспомогательных работ на вычислительной машине, уровень шума в месте использования вычислительной машины должен находиться в пределах нормы, которую устанавливает действующий санитарно-эпидемиологический норматив для конкретных видов работ;

– в помещениях, где производится эксплуатация ПЭВМ, и выполняются производственные работы, уровень вибрации должен находиться в пределах нормы, которую устанавливает действующий санитарно-эпидемиологический норматив;

– если на производстве используется оборудование, при эксплуатации которого, уровень шума превышает норму, установленную действующим нормативом, то такое оборудование должно быть размещено вне помещения, где используется ПЭВМ;

– при использовании оборудования, уровень шума, у которого превышает установленную норму, должны использоваться средства или методы, которые снижают уровень шума или препятствуют его распространению. Так, по возможности, стоит заменить оборудование на имеющиеся аналоги, но производящие меньший уровень шума. Должны применяться звукоизолирующие технологии, такие как звукопоглощающие облицовки или звукоизо-

лирующие ограждения, а также технологии вибропоглощения и виброизоляции.

#### **4.1.4 Требования к микроклимату рабочего места с ПЭВМ**

Зона комфорта – это оптимальная среда для организма человека, в которой такие параметры как температура, влажность, скорость движения воздуха, находятся в пределах допустимой нормы. Совокупность параметров в рабочей среде для создания зоны комфорта является микроклиматом рабочего места, который является важной составляющей организации рабочего процесса для пользователя вычислительной машины. Оптимальный микроклимат повышает производительность труда оператора ПЭВМ, а также, снижает риск заболеть. Для создания оптимального микроклимата существуют определенные нормы:

- в помещениях, в которых выполняется производственная деятельность, а использование вычислительных машин является необязательным, вспомогательным, такие параметры микроклимата, как температура, влажность и скорость движения воздуха должны быть в пределах нормы, которую устанавливает действующий норматив санитарных норм микроклимата производственных помещений;

- в производственных помещениях, где расположены вычислительные машины, и работа с ними является основной и происходит в среде нервно-эмоционального напряжения, должны быть обеспечены выполнения норм к параметрам микроклимата для категории работ 10 и 16 в соответствии с действующим нормативом;

- если в помещении эксплуатируются вычислительные машины, то такое помещение должно регулярно проветриваться каждый час рабочего времени, а также, проводиться влажная уборка раз в день;

- в помещении, где расположены вычислительные машины, количество частиц, несущие положительный или отрицательный заряд, аэроины, должны

регулироваться по нормам, установленными действующими санитарно-эпидемиологическими нормами;

– в соответствии с установленными действующими гигиеническими нормами, уровень содержания химических веществ в воздухе производственного помещения не должен превышать предельно допустимую концентрацию таких веществ;

– параметры, определяющие требуемый уровень микроклимата, должны измеряться не реже одного раза в год.

#### 4.1.5 Требования к организации рабочих мест с ПЭВМ

Большой проблемой у пользователей вычислительной машины является организация рабочего пространства [2]. При неправильной организации рабочего пространства у пользователей ПЭВМ может нарушаться работа опорно-двигательного аппарата, возникнуть сколиоз, возникнуть нарушения в процессе обмена веществ, образовываться тромбы, преимущественно в ногах, которые могут привести к инсульту. Для предотвращения таких проблем существует рекомендация по размещению пользователя за вычислительной машиной, рисунок 4.1.

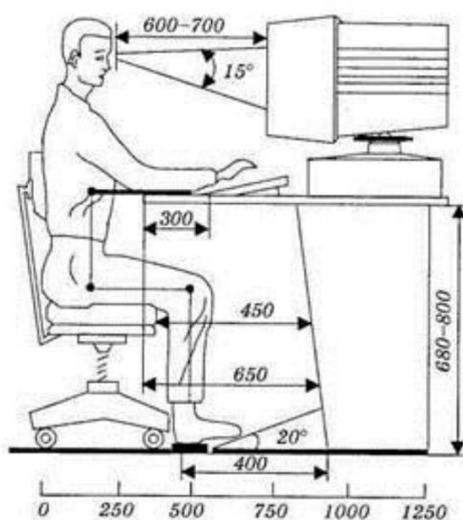


Рисунок 4.1 – Рекомендуемое размещение пользователя за ПЭВМ

Существуют определенные рекомендации по организации рабочего места пользователя ПЭВМ [2]:

– при работе за столом, он должен иметь регулирующие механизмы, которые позволят отрегулировать его по высоте. Рекомендуемой высотой рабочего стола является 680-800 миллиметров. Если регулирующий механизм отсутствует, то рекомендуемая высота стола 725 миллиметров;

– при высоте рабочего стола 725 миллиметров модульными размерами будут ширина, которая может быть 800, 1000, 1200 и 1400 миллиметров, и глубина, которая может быть 800 и 1000 миллиметров;

– при работе за столом у пользователя должно быть пространство, куда он может поставить ноги и высота такого пространства должна быть не менее 600 миллиметров, ширина должна быть не менее 500 миллиметров. Глубина пространства измеряется на уровне колен и на уровне вытянутых ног. В первом случае она должна быть не менее 450 миллиметров, а во втором не менее 650 миллиметров;

– при работе за столом у пользователя должна быть возможность регулировать не только стол, но и стул. Рекомендуемая ширина и глубина сиденья должны быть не менее 400 миллиметров, а у переднего края сиденья должен быть закругленный край. Сиденье должно регулироваться по высоте в пределах от 400 до 550 миллиметров, а угол наклона должен регулироваться в пределах 15 градусов вперед и 5 градусов назад. Точка соприкосновения спины пользователя и спинки стула, опорной поверхности, должна находиться на высоте 300 миллиметров от сиденья, и регулироваться в пределах 20 миллиметров. Угол наклона спинки должен регулироваться в пределах 30 миллиметров. Расстояние от заднего края сиденья до спинки регулируется в пределах от 260 до 400 миллиметров. Длина подлокотников, которые могут быть как стационарные, так и съемные, должна быть не менее 250 миллиметров, а ширина лежать в пределах от 50 до 70 миллиметров;

– для удобства ног пользователя, под ними должна быть подставка, в ширине не менее 300 миллиметров, а ее глубина должна быть не меньше 400

миллиметров. Подставка должна регулироваться по высоте до 150 миллиметров, а угол наклона опорной поверхности регулироваться до 20 градусов;

– клавиатура вычислительной машины должна быть расположена на специальной регулируемой поверхности, отделенной от основной столешницы. Если такой не имеется, то клавиатура располагается на 100-300 миллиметров от края столешницы.

#### **4.2 Экологичность**

Активное производство электроники хоть и сильно облегчает жизнь людей, но оно также наносит серьезный вред окружающей среде, а некоторые элементы и вред человеку. При производстве электроники используются химические процессы, в результате которых выделяются и скапливаются, превращаясь в опасные отходы, большое количество негативных элементов. Так же эти элементы используются непосредственно в самой электронике [3]:

– ртуть, которая используется в подсветке жидкокристаллических мониторах;

– различные щелочи, которые используются в источниках питания;

– никель и цинк, которые входят в состав материнской платы и используются в батареях ноутбуков;

– поливинилхлорид, который находится в кабелях, используемых для подключения электронных устройств.

В виду использования таких элементов для изготовления ПЭВМ, требуются специальные методы утилизации вычислительных машин. Порядок утилизации вычислительной техники состоит из следующих шагов:

– первым делом, необходимо создать специальную комиссию на предприятии, которое будет заниматься техникой, которая должна быть утилизирована;

– перед утилизацией техники, должно быть составлено заключение эксперта, о том, что данная техника действительно является не подлежащей

эксплуатации и должна быть утилизирована. Экспертом может быть как сотрудник компании, так и сторонний специалист, имеющий подтверждение о том, что он компетентен в данном вопросе [4];

- необходимо составить акт списания, который отразит в себе причины и количество списываемой техники, с отображением данной информации в бухгалтерском учете предприятия;

- списанная техника должна утилизироваться на предприятии, которое имеет специальное разрешение на переработку вычислительной техники;

- после утилизации, предприятие должно представить документ, который официально подтверждает, что техника была утилизирована, в соответствии с требуемой технологией, и ее отходы не будут загрязнять окружающую среду.

### **4.3 Чрезвычайные ситуации**

Помещение, в котором эксплуатируется ПЭВМ, наиболее подвержено возникновению пожароопасных ситуаций, где пожар может возникнуть из-за короткого замыкания среди элементов ПЭВМ или из-за перегрева комплектующих элементов.

В случае возникновения пожара, необходимо [5]:

- первым делом оповестить пожарную часть о возникновении пожара, назвав адрес предприятия, место возникновения пожара, свою фамилию и занимаемую должность, а также телефон для связи;

- оповестить всех находящихся в здании людей, для этого используются пожарная сигнализация;

- начать эвакуацию согласно плану эвакуации, собраться на улице и проверить наличие всех сотрудников;

- если руководителя нет на предприятии, то необходимо известить его о возникновении пожара;

– подготовиться к приезду пожарных подразделений, а также, по возможности, начать тушение пожара первичными средствами, которые имеются в организации.

Если есть пострадавшие, то необходимо оказать первую медицинскую помощь. Необходимо охладить место ожога, если он термический. Нельзя промывать открытые раны, а также смазывать место ожога маслом или же вскрывать пузыри. Если одежда пострадавшего сильно повреждена, то снимать ее нельзя.

При возможности помочь пострадавшим. При термическом ожоге как можно быстрее охладить место ожога. Если ожоговая рана открыта, то промывать её водой нельзя. Нельзя смазывать ожоги маслом, вскрывать пузыри, срывать одежду.

Профилактическими работами для предотвращения возникновения пожароопасной ситуации будут:

– обеспечение помещения, используемого для эксплуатации ПЭВМ, притоком свежего воздуха для охлаждения компонентов вычислительной машины;

– систематические сервисные работы, направленные на очищение ПЭВМ от пыли, и проверкой элементов на износ, чтобы заранее их заменить и предотвратить их перегорание;

– проверка изоляции кабельных шнуров на наличие повреждений.

– убрать горючие предметы, которые расположены возле вычислительной машины, а также емкости с жидкостью;

– проверить, что вентиляционные отверстия в корпусе ПЭВМ не закрыты какими-либо предметами;

– расположить возле ПЭВМ огнетушитель или противопожарную ткань.

Вышеперечисленные меры безопасности позволяют снизить шанс возникновения пожароопасной ситуации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы было разработать программный продукт, который по-слойно отображает смоделированные элементы кампуса АмГУ. Для этого в ходе выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- изучена предметная область трехмерного моделирования;
- проведен анализ инфраструктуры кампуса АмГУ;
- проведен сравнительный анализ программного обеспечения и выбраны наиболее оптимальные;
- разработан и опробована технология построения оригинальных трехмерных объектов;
- проведены этапы проектирования и разработки программного продукта.

В результате был разработан программный продукт. Смоделированы реалистичные трехмерные модели зданий. Выполнена оптимизация разработанных моделей. Спроектированы слои приложения, в которых сгруппированы здания по определенному критерию. Создан пользовательский интерфейс для взаимодействия со спроектированными слоями.

Таким образом, поставленные задачи выполнены, а цель считается достигнутой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1 Булгаков А.Б. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : сб. учеб.-метод. материалов для всех направлений подготовки бакалавров и специалистов / АмГУ, ИФФ; сост. А.Б. Булгаков, В.Н. Аверьянов, М. В. Гриценко. – Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017.  
[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9036.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9036.pdf)

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

3 Экология компьютерной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Г. Гетия, В. К. Шумилин [и др.]. – Москва: Московский государственный университет приборостроения и информатики, 2007. – 25 с. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/14\\_131205\\_ekologiya-kompyuternoy-tehniki.html](https://studopedia.ru/14_131205_ekologiya-kompyuternoy-tehniki.html). – 25.05.2022.

4 Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности [Электронный ресурс]: учебник / Н. И. Акинин [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/116363>. – 25.05.2022.

5 СП 1.13130.2020 Система противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. Введ. 2020-09-19

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности [Электронный ресурс]: учебник / Н. И. Акинин [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/116363>. – 25.05.2022.

2 Большаков, В.П. Основы 3d моделирования / В. П. Большаков, А. Л. Бочков, А. А. Сергеев. – СПб.: Питер, 2012. – 100 с.

3 Ваерс, Г. Технология разработки программного обеспечения / Г. Ваерс. – СПб.: Питер, 2010. – 362 с.

4 Горлач, С. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс]: материалы конф. / С. Горлач [и др.]; под ред. В. А. Немтинов; Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2015. – 375 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63844.html>. – 25.05.2022.

5 Еремин И.Е., Дубинин М.В., Мишаченко К.Г., Пузанов П.И. Реалистичная модель городского пространства // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 4. – С. 1379–1384

6 Информационный портал Ohranatruda [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/instructions/index.php?sort\\_order=date\\_up&search\\_text](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/index.php?sort_order=date_up&search_text) – 25.05.2022.

7 Информационный портал Rcycle [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rcycle.net/plastmassy/pererabotka-abs-plastika-tehnologiya-mestapriema>. – 25.05.2022.

8 Кизилев, Е. Е. Применение 3D-моделирования в кино и видеоиндустрии [Электронный ресурс] /Е. Е. Кизилев // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 1. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77658>. – 25.05.2022.

9 Компьютерная трехмерная графика: учебно-методическое пособие / составитель Н. А. Саблина. — Липецк: Липецкий ГПУ, 2017. — 69 с.

10 Коростылев Р.И., Еремин И.Е. Электронная карта с использованием реалистичных 3D моделей зданий // Ученые заметки ТОГУ. – 2013. – Т. 4, № 3. – С. 67–71.

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

12 Маничев, А. В. Компьютерная графика / А. В. Маничев. – М: МГТУ им. Баумана, 2007. – 392 с.

13 Михеенко, М. Микеланджело в цифре: моделирование / М. Михеенко // Популярная механика. – 2009. – №5(79) – С. 70-74.

14 Никулин, Е. А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы: учебное пособие / Е. А. Никулин. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 708 с.

15 Сулейманов, Н. Т. Управление качеством / Н.Т. Сулейманов. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 261 с.

16 Томас К. Алгоритмы: построение и анализ. / Томас Кормен, Чарльз Лейзерсон: Альфа-Книга, 2018. – 302 с.

17 Трехмерные модели [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <http://gk-drawing.ru/3d-models/> – 25.05.2022.

18 Флеминг, Б. Текстурирование трехмерных объектов / Б. Флеминг. – М.: Изд-во ДМК-Пресс, 2008. – 240 с.

19 Фотореалистичное моделирование и визуализация районов городской среды: учебно-методическое пособие / составитель М. П. Осипов. — Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. — 50 с.

20 Хокинг, Дж. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# / учебное пособие / Дж. Хокинг – СПб: Питер, 2016. – 336 с.

21 Шумилин, В. К. Охрана труда и охрана окружающей среды в технологиях художественного литья [Электронный ресурс]: учеб. пособие для академического бакалавриата / В. К. Шумилин, В. Б. Лившиц, Е. С. Бобкова. –

Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 404 с. – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/439057>. – 25.05.2022.

22 Шумилин, В. К. ПЭВМ. Защита пользователя. – М.: Ред. журнала «Охрана труда и социальное страхование», 2001. – 213 с.

23 Экология компьютерной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Г. Гетия, В. К. Шумилин [и др.]. – Москва: Московский государственный университет приборостроения и информатики, 2007. – 25 с. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/14\\_131205\\_ekologiya-kompyuternoy-tehniki.html](https://studopedia.ru/14_131205_ekologiya-kompyuternoy-tehniki.html). – 25.05.2022.

24 Элис, Д. Компьютерное проектирование для архитекторов / Д. Элис. – СПб.: Питер 2013. – 209 с.

25 Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>. – 25.05.2022.

26 Pixologic: Sculpttris [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://pixologic.com/sculpttris/>. – 15.05.2022

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Сравнительный анализ сред разработки приложения

Наименование	Особенность	Требования к ресурсам компьютера
Unreal Engine	Технологичные алгоритмы взаимодействия элементов. Развитое визуальное программирование. Язык программирования C++.	Высокие
Unity	Технологичные алгоритмы взаимодействия элементов. Широкая библиотека платных готовых моделей. Язык программирования C#.	Низкие

Таблица А.2 – Сравнительный анализ программ для 3D-моделирования

Наименование	Особенность	Стоимость
Blender	Поддержка всех типов моделирования. Низкие требования к аппаратному обеспечению. Множество пользовательских расширений.	Бесплатно
Autodesk 3Ds Max	Поддержка всех типов моделирования. Низкие требования к аппаратному обеспечению.	Подписка на один год 69 707 руб.
Autodesk Maya	Поддержка всех типов моделирования. Высокие требования к аппаратному обеспечению. Продвинутое инструменты для создания анимации.	Подписка на один год 102 861 руб.
Maxon Cinema 4D	Поддержка всех типов моделирования. Высокие требования к аппаратному обеспечению. Продвинутое инструменты рендеринга.	Подписка на один год 82 411 руб.

Таблица А.3 – Сравнительный анализ графических редакторов

Наименование	Особенность	Стоимость
Adobe Photoshop	Наличие большого количества кистей. Инструменты для работы с перспективой. Высокие требования к аппаратному обеспечению.	Подписка на один год 14 464 руб.
GIMP	Наличие большого количества кистей. Инструменты для работы с перспективой. Низкие требования к аппаратному обеспечению.	Бесплатно

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Характеристики компьютера

<b>Наименование</b>	<b>Модель</b>
Материнская плата	Lenovo Emerald Lake
Оперативная память	DDR3 4GB
Процессор	Intel DualCore, 1700 MHz
Видеокарта	Intel Sandy Bridge-MB
Электропитание	Батарея L09M6Y02
Жесткий диск	WDC WD3200BPVT-24JJ5T0 298 GB

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

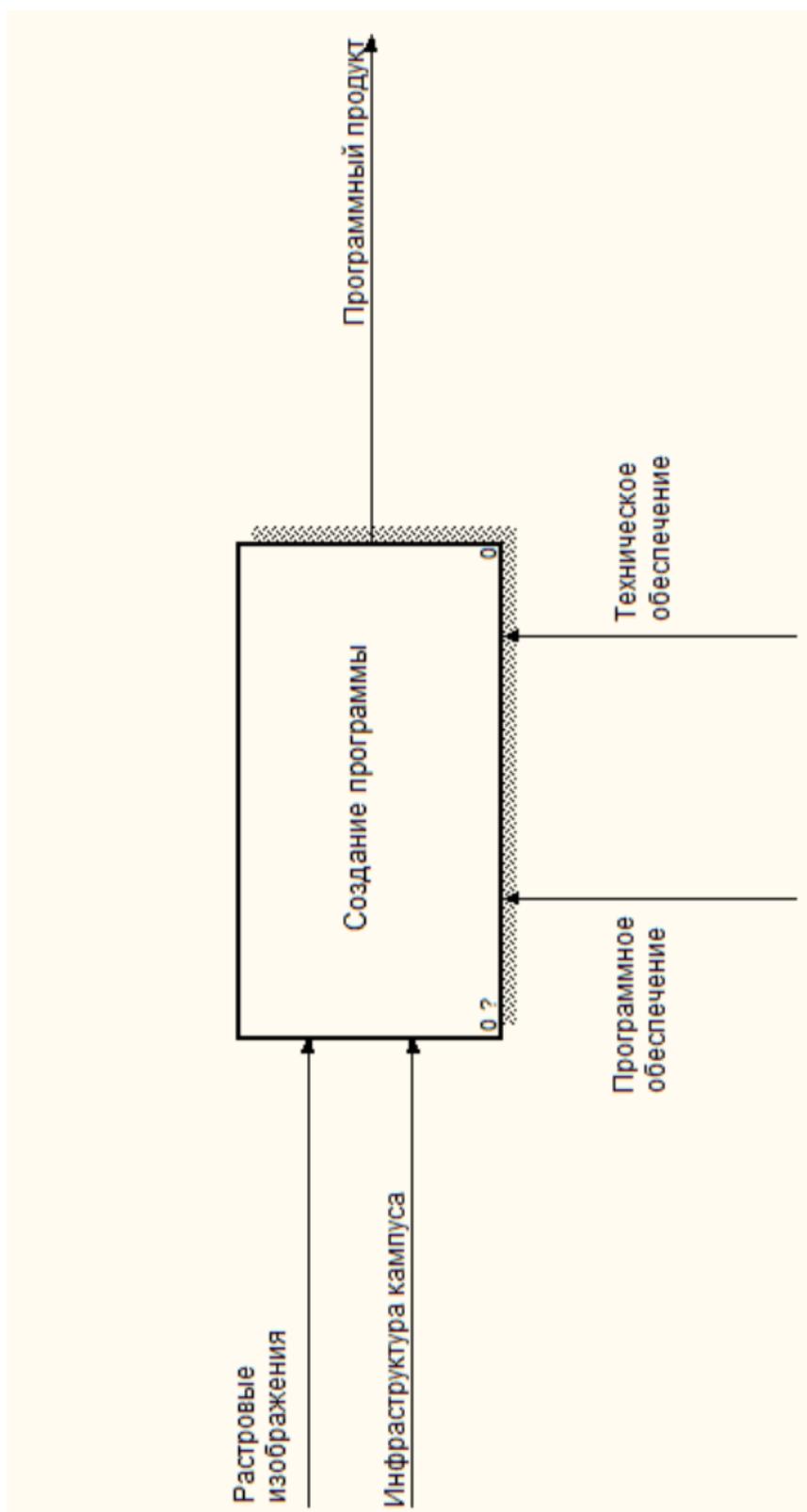


Рисунок В.1 – Контекстная диаграмма процесса создания приложения

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

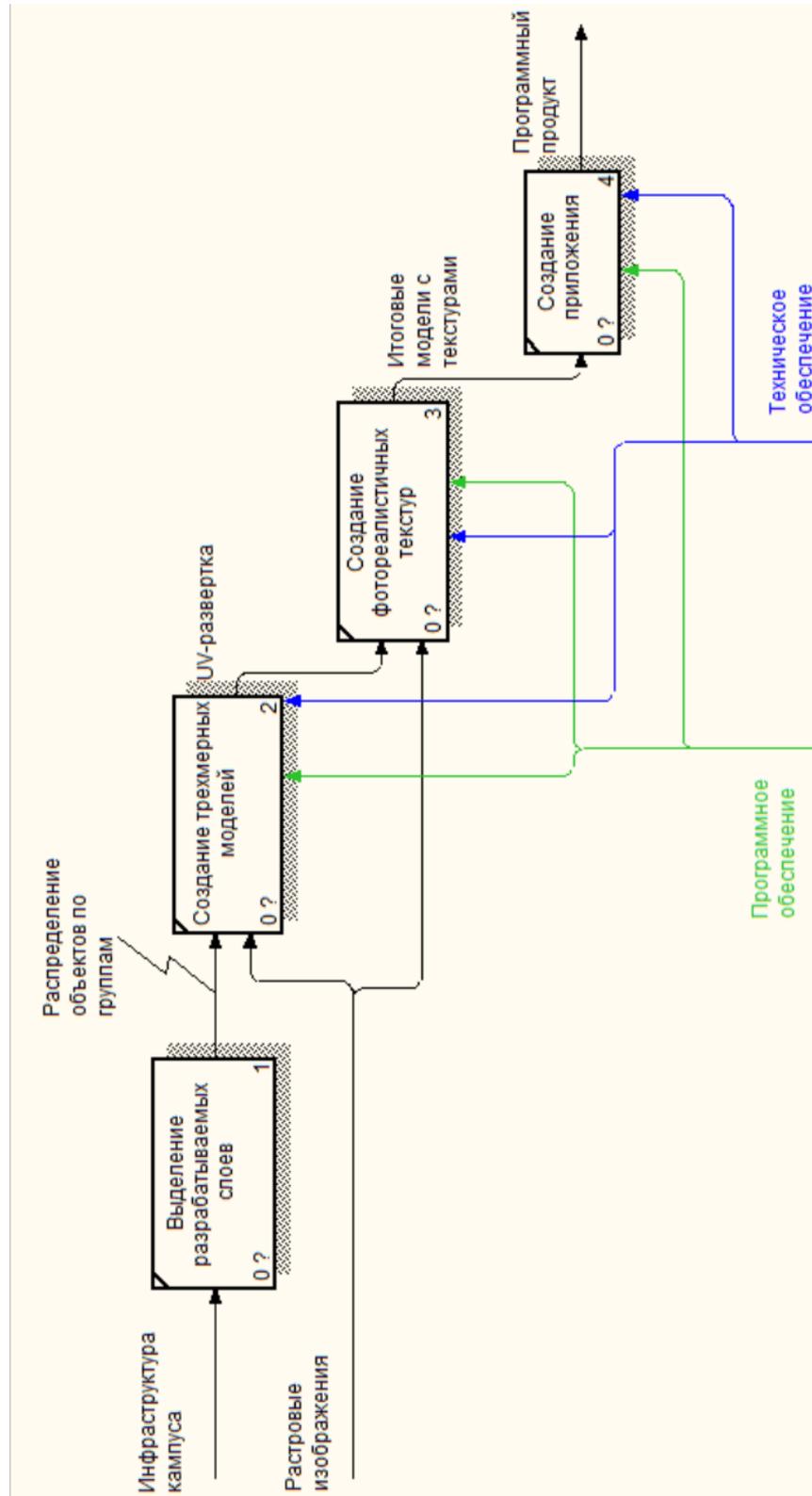


Рисунок Г.1 – Декомпозиция процесса создания приложения

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

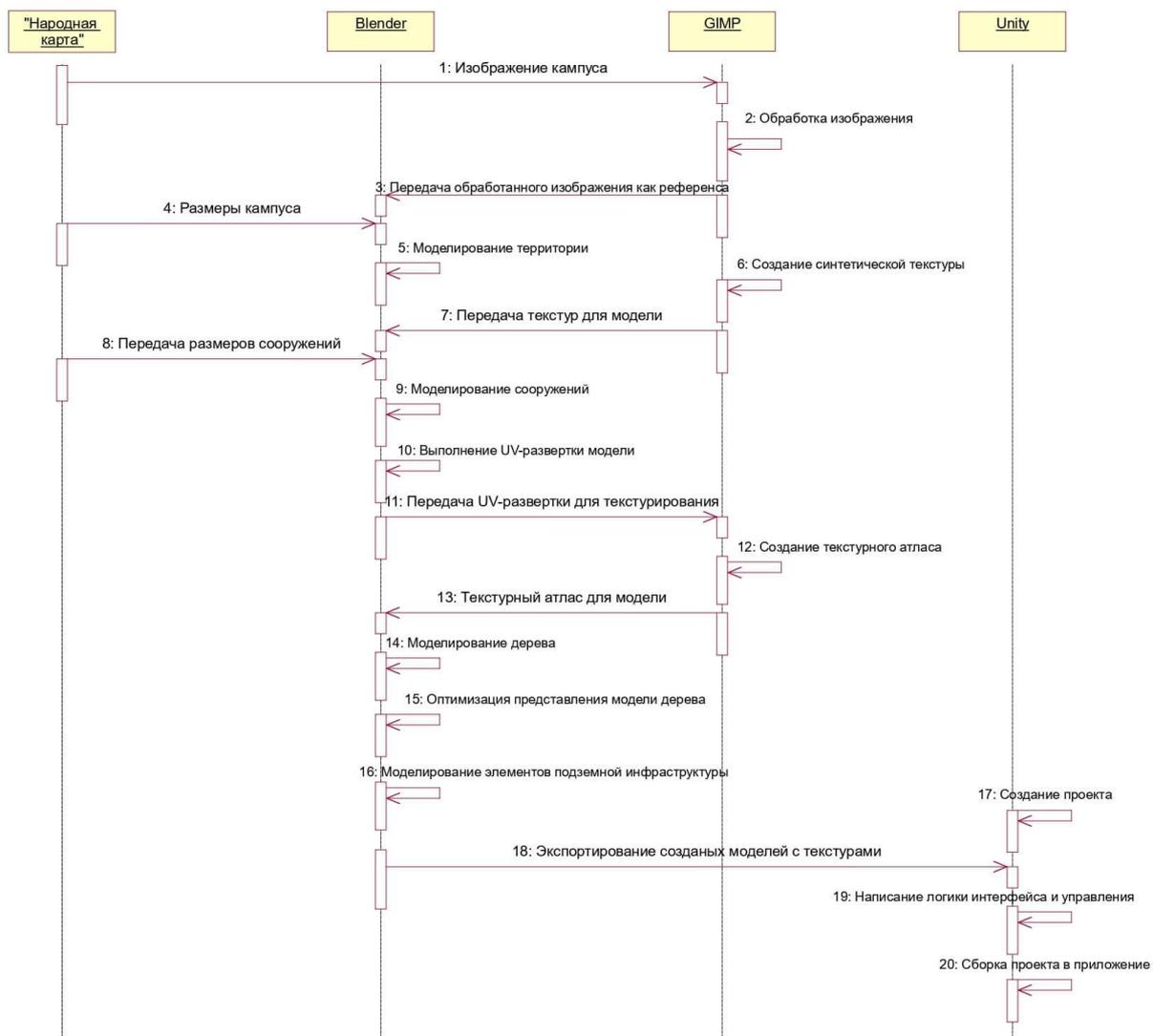


Рисунок Д.1 –Процесс создания 3D-модели