

**Министерство науки и высшего 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  
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизированные системы обработки информации и управления

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ А.В. Бушманов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Разработка VR-приложения для изучения курса биологии по теме «человек»

Исполнитель

студент группы 853об

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

И.Т. Лобачёв

Руководитель

доцент, канд. физ.-мат.  
наук.

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

В.В. Ерёмина

Консультант:

по части безопасности  
и экологичности

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

инженер кафедры

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

В.Н. Адаменко



## РЕФЕРАТ

Дипломная (бакалаврская) работа содержит 62 с., 30 рисунков, 4 таблицы, 3 приложения, 20 источников.

### ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, ПРИЛОЖЕНИЕ, 3D-МОДЕЛИ, МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Целью бакалаврской работы является разработка приложения виртуальной реальности для изучения курса биологии по теме «человек», данной приложение позволит обучающимся глубже погрузиться в строение человека, так как они смогут получать более детализированное представление о любой части строения человека, что в свою очередь должно повысить качество получаемых знаний и тем самым повысить уровень остаточных знаний после прохождения раздела.

Тема работы является актуальной, так как, применение виртуальной реальности (VR) с каждым годом становится всё доступнее для широкой аудитории. Данная технология начинает применяться не только в развлекательных целях, но и на различных предприятиях, где необходима визуализация какого-либо процесс, но в реальном мире это совершить невозможно в связи с затратностью, поэтому рациональней использовать технологию виртуальной реальности, симулируя этот процесс.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ предприятия, предметная область, средств разработки	9
1.1 Анализ предприятия	9
1.2 Анализ и общая характеристика предметной области.	9
1.2.1 Виртуальная реальность	9
1.2.2 История возникновения виртуальной реальности	10
1.2.3 Способы реализации VR	11
1.3 Область применения виртуальной реальности	12
1.4 Анализ существующих аналогов	13
1.5 Анализ средств разработки и обоснования выбора	16
1.5.1 Анализ программ для разработки 3D моделей	16
1.5.1.1 Средства разработки ZBrush	16
1.5.1.2 Среда разработки Cinema 4D	17
1.5.1.3 Среда разработки Blender	18
1.5.2 Анализ программ для разработки VR приложения	18
1.5.2.1 Средство разработки Unreal Engine 4	19
1.5.2.2 Средство разработки Unity	20
1.6 Общий алгоритм реализации проекта	21
2 Проектная часть	22
2.1 Характеристика заказчика и потенциальной аудитории потребителей проекта	21
2.2 Постановка задачи проекта	21
2.2.1 Актуальность работы	21
2.3 Описание программного продукта	24
2.3.1 Общие сведения	24
2.3.2 Функциональная значимость	24
2.3.3 Входные и выходные данные	24
2.3.4 Характеристики оборудования для реализации проекта	25

3	Процесс разработки программного продукта	26
3.1	Подготовка к разработке	26
3.2	Разработка 3D моделей	28
3.3	Разработка приложения в Unity	31
3.4	Тестирование проекта	35
3.5	Сборка приложения	35
3.5.1	Технические требования к аппаратному обеспечению	36
3.6	Перспективы развития	36
4	Безопасность и экологичность	38
4.1	Безопасность	38
4.1.1	Освещение	38
4.1.2	Организация рабочего места	40
4.1.3	Механические колебания	41
4.1.3	Микроклимат	42
4.1.4	Эргономика интерфейса	43
4.2	Экологичность	44
4.3	Чрезвычайные ситуации	46
4.3.1	Меры пожарной безопасности на рабочих местах	46
4.4	Комплекс упражнений для сохранения и укрепления индивидуального здоровья и обеспечения полноценной профессиональной деятельности	47
	Заключение	50
	Библиографический Список	51
	Приложение А	53
	Приложение Б	59
	Приложение В	61

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В 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 12.03.003-2015 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, ОБАЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

**Трёхмерная графика** – раздел компьютерной графики, который посвящён методам создания изображений или видео путём моделирования объектов в трёх измерениях.

**3D-моделирование** – процесс создания трёхмерной модели объекта.

**Референс** – рисунок или фотография, которые являются примером того, на что нацелен конечный результат.

**Полигон** – основная часть любого объекта, минимальная часть для визуализации.

**Модификатор** – процедура, применяемая к одному или нескольким объектам наделяя их новыми свойствами.

**Технология виртуальной реальности** – это технология, позволяющая погрузить человека в виртуальное пространство при использовании специального оборудования.

**Технология дополненной реальности** – это технология, позволяющая дополнить реальность различными объектами.

## ВВЕДЕНИЕ

В данной работе будет представлено VR-приложение для изучения курса биологии по теме «человек».

На данный момент VR-технология набирает обороты и уже применяется во многих сферах, одной из таких сфер применения является сфера обучения. VR в обучении позволяет сделать подачу материала более эффективной, например, человек может отрабатывать нестандартные ситуации, которые дорого или сложно смоделировать в реальности.

В изучении курса биологии по теме «человек» VR-технология позволит обучающимся ознакомиться с внутренним строением человека более подробно за счёт объёмного представления всех частей человека в отличии от изображений в печатной литературе.

Объектом исследования является виртуальная реальность.

Предмет исследования – разработка приложения виртуальной реальности для ПК.

Целью выпускной квалификационной работы является: разработка виртуального пространства, где возможно изучение строения человека.

Основные задачи, которые должны быть решены в результате написания дипломной работы, являются:

- Выполнить анализ литературы по теме исследования;
- Выполнить анализ предметной области;
- Изучить программные средства для разработки приложения;
- Реализация моделей для изучения в VR;
- Разработка виртуального пространства с графическими объектами;

# 1 АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ, СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

## 1.1 Анализ предприятия

«Дом научной коллаборации имени академика М.Т. Луценко» является структурным подразделением ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», структура которого представлена на рисунке А.1. Данное подразделение занимается образовательными программами основного и дополнительного образования.

ДНК призван решать следующие задачи:

– Развитие современных компетенций среди широких слоёв населения, особенно среди учащихся и преподавателей образовательных организаций общего, профессионального и дополнительного образования детей, предоставляя им образовательные услуги с использованием современных методов и технологий развития современных компетенций;

– Разработка и поддержка передовых методов, технологий и образовательных программ для развития компетенций, включая участие (в сотрудничестве) международных и российских компаний, участвующих в создании научных и научно-образовательных центров мирового уровня или обеспечивающих деятельность центров компетенций национальной технологической инициативы.

Внешний и внутренний документооборот ДНК представлены на рисунках А.2 и А.3 соответственно.

## 1.2 Анализ и общая характеристика предметной области.

### 1.2.1 Виртуальная реальность

Виртуальная реальность – это созданный виртуальный мир, в котором, человек обладает различными видами восприятия: визуальным, аудиальное и, в некоторых случаях, обонятельным.

Использование виртуальной реальности актуально в областях, где наблюдаемые объекты и данные очень сложны или же важна реальность вос-

приятия объектов, в связи с этим для полного восприятия и воздействия человеку требуется погружение в мир. Благодаря виртуальному пространству человек может чувствовать себя частью этого виртуального мира. Особенностью классических систем, доступных на персональных компьютерах, является эффект погружения, даже кратковременное погружение создаёт у пользователя очень запоминающиеся впечатления.

Помимо виртуальной реальности, есть также дополненная реальность, которые иногда путают. Дополненная реальность (AR) – это дополнение нашего мира некоторыми эффектами или моделями для улучшения восприятия информации. Основным отличием от VR, в котором создаётся виртуальное пространство, и пользователь в него погружается, в AR дополняется реальное пространство.

### **1.2.2 История возникновения виртуальной реальности**

История использования VR началась с устройства Headsight, разработанного компанией «Philco» в 1961 году. Этим устройством являлся шлем, который являлся первой стереоскопической гарнитурой. Шлем вызвал интерес охранных компаний, поскольку устройство передавало данные о движении головы и тем самым позволяло наблюдать за камерами «вокруг себя».

В 1968 году в Массачусетском университете была разработана система «Sword of Democles», данный гаджет, помимо транслирования стереоскопического изображения и возможности отслеживать движение в пространстве, имел ещё одну отличительную особенность: наложение компьютерной графики на реальный мир. Это устройство можно считать первым устройством дополненной реальности.

Первым устройством позволяющим взаимодействовать с виртуальным миром было «RB2», контроллеры First VR представленное в 1984 году. Благодаря специальным перчаткам – контроллерам пользователи могли напрямую взаимодействовать с компьютерными объектами.

### 1.2.3 Способы реализации VR

Одним из способов реализации VR – это шлем виртуальной реальности. Современные шлемы похожи больше на очки, чем на шлем, в основе которых лежит один или несколько дисплеев, на которые выводятся изображения, система линз для корректировки геометрических изображений, а также система трекинга. Система трекинга помогает отслеживать положение устройства в пространстве, эта система была разработана на основе гироскопа, акселерометра и магнитометра. Для этого типа устройств важны широкоугольный обзор, точность системы трекинга и отображение на дисплей соответствующего изображения. Пример такого устройства представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Очки виртуальной реальности

Следующим способом реализации является MotionParallax 3D дисплей. Данные дисплеи, в отличие от стереодисплеев, задействуют механизм восприятия объёма, как параллакс движения. Этот механизм создаёт иллюзию трёхмерного объекта для пользователя, отображая специальную проекцию виртуального объекта на экране, которая создаётся в зависимости от положения пользователя относительно экрана. Недостатками являются геометрические задержки, вызванные задержкой рендеринга и отображения, но система трекинга частично компенсирует эту задержку, просчитывая положение наблюдателя на несколько миллисекунд вперёд.

В качестве элементов управления используются специальные перчатки или контроллеры. Отслеживание положения устройств управления осуществляется за счёт видеокамер, находящееся в небольшой зоне от пользователя. Пример контроллеров управления представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Виды контроллеров управления.

Если рассматривать звук, то многофункциональная акустическая система позволяет производить локализацию источника звук, это позволяет пользователю ориентироваться в VR пространстве.

### **1.3 Область применения виртуальной реальности**

Технология виртуальной реальности используется в различных областях, в основном там, где эксплуатация фактических устройств и механизмов сопряжена с повышенными рисками или высокими затратами.

Военные тратят много денег и усилий чтобы применить виртуальную реальность к потребностям мира. Одним из примеров является имитация манёвров, которые в реальности очень дороги и могут нанести большой ущерб окружающей среде.

Американская полиция использует технологию виртуальной реальности для обучения своих офицеров в экстремальных ситуациях, когда крайне необходимо принять правильное решение «стрелять- не стрелять». Компьютер создаёт правдоподобную ситуацию, и у офицера появляется уникальная возможность набраться опыта, не рискуя собственной жизнью и жизнью жертвы преступления.

Также существует проект «Диспетчер спутников», который позволяет аналитику-пользователю входить в виртуальную среду, которая имитирует околоземное пространство и визуализирует орбиты спутников вокруг Земли. По мере увеличения количества спутников на орбите сложность и важность определения пространственных взаимоположений этих спутников возрастает, и также необходимость корректировки орбит. Большинство применений авиа-тренажеров приходится на симуляторы боевых машин. При полёте в виртуальном пространстве пилоты получают возможность наблюдать объекты, которые они не увидят во время реального полёта, например, зоны видимости радаров системы противовоздушной обороны.

Интернет-торговля считается более современной, мобильной и удобной, но всё ещё недостаточно изученной формой продажи товаров. С ПК, оснащённым подключением к интернету и веб-камерой, пользователь может выбирать одежду в интернет-магазине, буквально применяя её на себе. Это влияние усиливается по мере того, как стоимость устройств виртуальной реальности станет доступной для среднего пользователя персонального компьютера.

Таким образом, системы виртуальной реальности представляют собой новый уровень в техническом развитии человечества. Довольно большое количество областей человеческой деятельности использует эту технологию для удобства в работе и реализация менее затратна. Виртуальная реальность предоставит чрезвычайно универсальные инструменты для реализации воображения человека. В будущем они станут более доступными для массового потребителя, а программное обеспечение сделает общение пользователя с виртуальной средой интуитивно понятным.

#### **1.4 Анализ существующих аналогов**

При анализе существующих аналогов было найдено 22 приложения схожей тематикой. При ознакомлении с приложениями были выделены 3 основных конкурента, так как большая часть приложений не рассматривает строения всего человека, а рассматривает отдельные системы, например,

костную или мышечную.

– Sharecare YOU представляет собой фотореалистичную симуляцию человеческого тела в реальном времени. Позволяет посмотреть работу всех органов в разрезе и посмотреть работу органа изнутри, а также пронаблюдать как на организм действуют различные болезни. Интерфейс данного приложения представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Интерфейс приложения Sharecare YOU

– Human Anatomy Atlas 2021 является справочным 3D приложением по анатомии, целенаправленное на медицинских студентов и преподавателей. Данное приложение включает в себя все системы строения человека, от тканевого до органного. Также в приложении присутствуют с более 1000 экзаменационных тестов по анатомии. Интерфейс приложения представлен на рисунке 4.

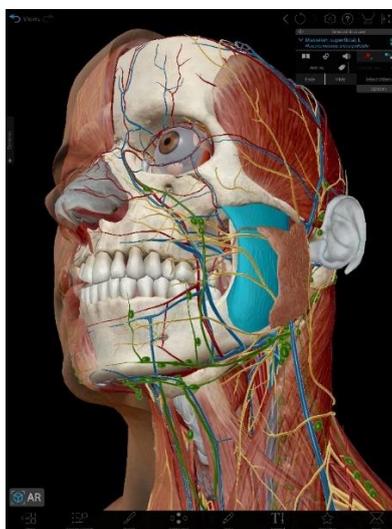


Рисунок 4 – Интерфейс приложения Human Anatomy Atlas 2021

– Human Body Educational VR содержит всю необходимую информацию о строении человека. Разработчики этого приложения позиционируют его для возраста от 8 до 18 лет, хотя имеющиеся знания могут быть полезны студентам медицинских учреждений. Пример интерфейса приложения представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Интерфейс приложения Human body (male) VR 3D

В ходе ознакомления с приложениями была построена таблица для сравнения разрабатываемого приложения с аналогами.

Таблица 1 – Сравнение аналогичных приложений

Критерий	Sharecare YOU	Human Anatomy Atlas 2021	Human Body Educational VR
Платформа	Windows	iPhone, Android	Android
Наличие VR	Есть	Отсутствует	Есть (VR Устройство для телефонов)
Условия распространения	Есть бесплатная версия, но для просмотра доступна только очень ограниченная часть материала	iPhone \$24.99 Android \$24.86	Полностью бесплатное
Наличие русского языка	Отсутствует	Отсутствует	Есть

Разрабатываемая программа в отличие от аналогичных программ будет иметь русскоязычный интерфейс, в случае платного распространения иметь меньшую стоимость, распространяться на платформе Windows, а также использовать полноценное VR оборудование.

## **1.5 Анализ средств разработки и обоснование выбора.**

### **1.5.1 Анализ программ для разработки 3D моделей**

На сегодняшний день существует множество программ, предоставляющих доступ к 3D-моделированию. Основными программами являются: ZBrush, Blender, Cinema 4D. В таблице 2 представлен их анализ.

Таблица 2 – Сравнение 3D программ

Критерий	ZBrush	Blender	Cinema 4D
Условия распространения	Платно	Бесплатно	Платно
Скульптинг	Есть	Есть	Есть
Рендеринг	Есть	Есть	Есть
Работа с материалами	Есть	Есть	Есть
Русификация	Отсутствует	Есть	Есть

При первичном анализе все три программы похожи между собой, но, если углубиться в сравнение, то есть существенная разница.

#### **1.5.1.1 Среда разработки ZBrush**

ZBrush является одной из популярных программ для трехмерного моделирования. С ее помощью можно создавать персонажей и экспортировать их в другие 3D-ресурсы для последующей доработки или визуализации. Освоение программы даст возможность воплощать идеи заказчиков на профессиональном уровне.

Главной особенностью ZBrush является имитация процесса «лепки» 3D-объектов, но он не подойдет при комплексной работе с 3D. Все функции приложения находятся внутри палитр, каждая из этих палитр содержит группу связанных функций. В пределах палитры эти функции разделены на группы, для облегчения доступа к определенным настройкам, в которых нуждается-

ся пользователь. Интерфейса среды разработки ZBrush представлен на рисунке 6.

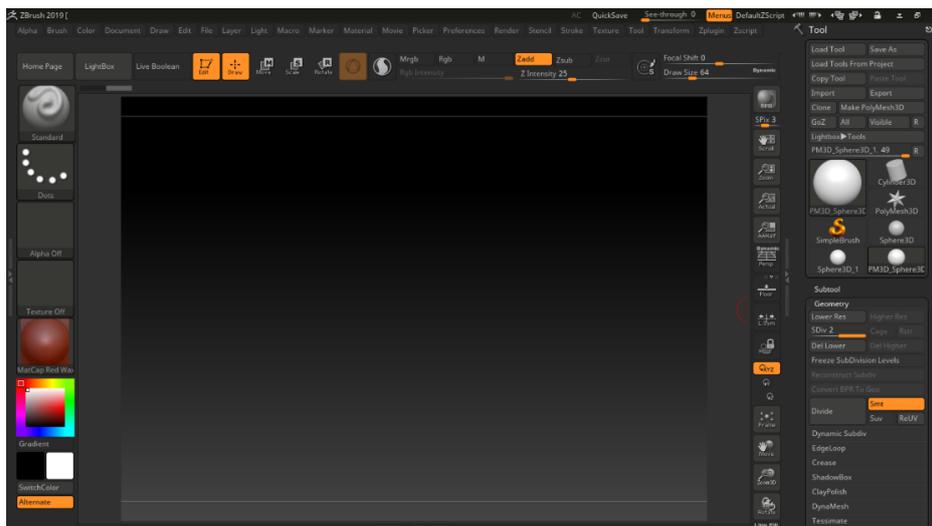


Рисунок 6 – Интерфейс среды разработки ZBrush.

### 1.5.1.2 Среда разработки Cinema 4D

Cinema 4D — это программа для комплексной работы с 3D: моделирования, рендеринга, анимации. Она позволяет создавать реалистичные и стилизованные трехмерные изображения людей, животных, предметов, интерьеров, окружения, абстрактных объектов. Интерфейс программы представлен на рисунке 7.

Cinema 4D считается простым в освоении редактором, но на рынке труда знание этой программы не считаются ценными.

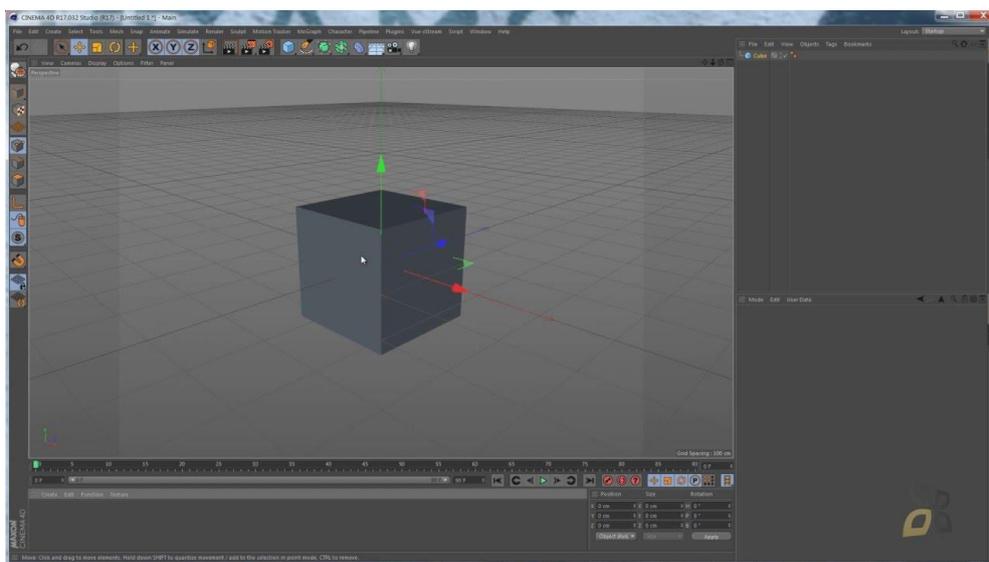


Рисунок 7 – Интерфейс среды разработки Cinema 4D.

### 1.5.1.3 Среда разработки Blender

Blender – бесплатный редактор трёхмерной графики с широким функционалом за счёт чего является универсальной программой.

Blender представляет собой продукт с открытым исходным кодом, который нашел широкое признание у художников в 3D-сфере. Имеет внушительный арсенал возможностей, который представлен различными областями моделирования: от простого создания трехмерных моделей до создания готовых сцен с текстурированными объектами, которые могут быть подвергнуты дополнительной постобработке с добавлением эффектов на сцену. Пример интерфейса программной среды Blender представлен на рисунке 8.

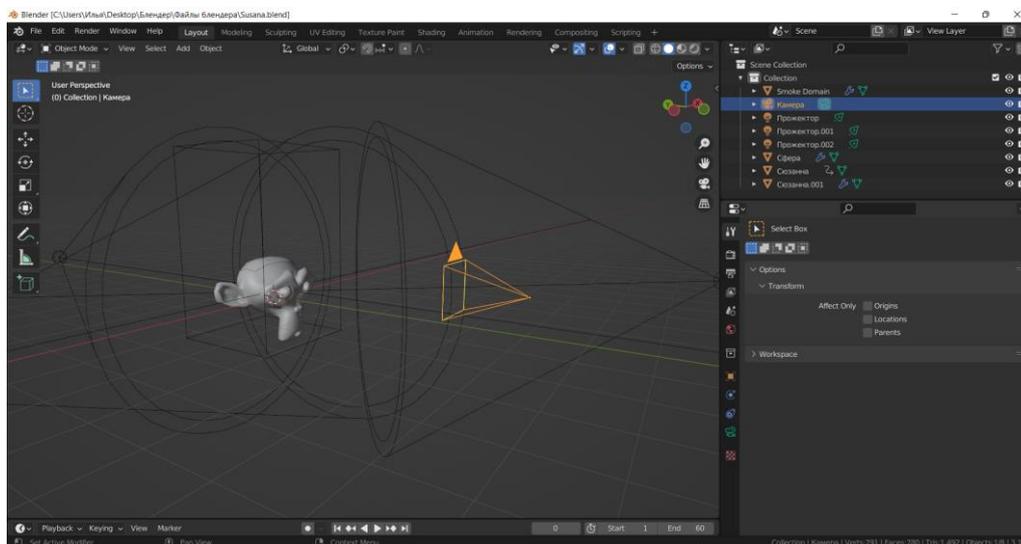


Рисунок 8 – Интерфейс программной среды Blender

На основе данных таблицы 1 и углубления в сравнение было принято решение использовать в разработке дипломной работы «Blender». Окончательное решение было принято за счёт доступность и универсальности программы.

### 1.5.2 Анализ программ для разработки VR приложения

При выборе программы для разработки среды виртуальной реальности рассматривались два из основных игровых движков Unreal Engine 4 и Unity. Данные движки являются самыми популярными, имеют очень широкие возможности и являются надёжными инструментами. В таблице 3 приведён их анализ.

Таблица 3 – Сравнение игровых движков

Критерий	Unreal Engine 4	Unity
Поддержка VR	Есть	Есть
Условия распространения	Бесплатный, но прибыль от созданных приложений не должна превышать 3000 долларов за квартал	Бесплатный, но ежегодный доход игры не должен превышать 100 000 долларов
Языки программирования	C++	C#
Магазин	UE4 Marketplace	Unity Asset Store
Поддержка 3D-проектов	Есть	Есть
Поддержка платформы Windows	Есть	Есть

### 1.5.2.1 Средство разработки Unreal Engine 4

Unreal Engine 4 — движок компании Epic Games. На нём разрабатываются компьютерные, мобильные и консольные игры. Гибкость технологии позволяет создавать игры различных жанров. Интерфейс программы представлен на рисунке 9

Помимо разработки игр, Unreal Engine применяется в образовательных проектах, архитектуре, промышленности и кинематографе.

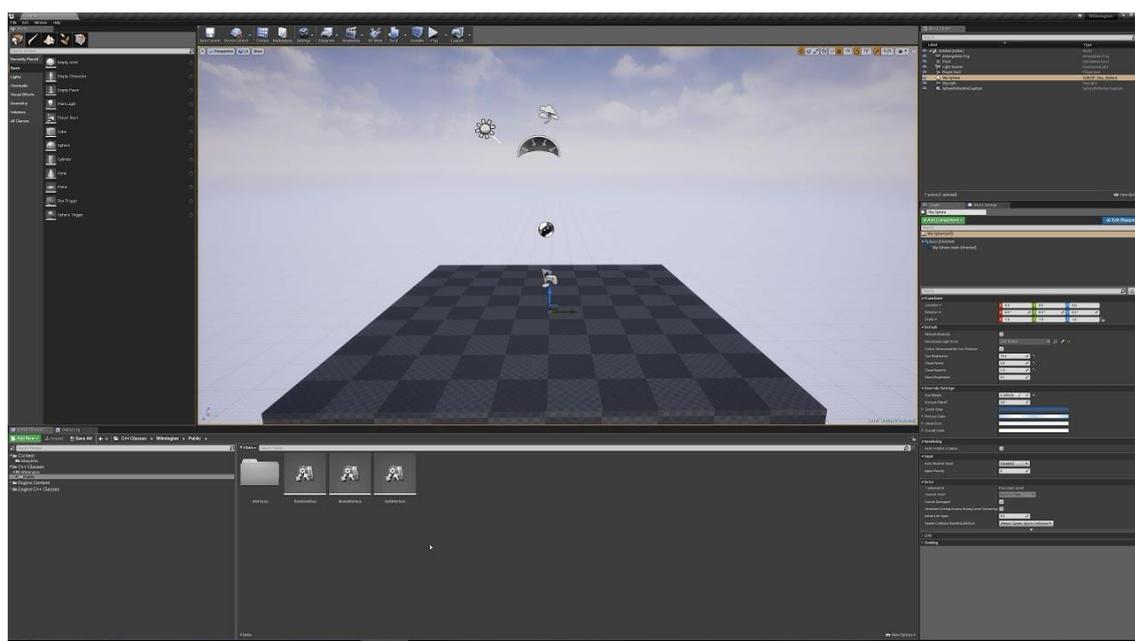


Рисунок 9 – Интерфейс программной среды Unreal Engine

### 1.5.2.2 Средство разработки Unity

Unity — межплатформенная среда разработки компьютерных игр, разработанная американской компанией Unity Technologies. Unity позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие.

Редактор Unity имеет простой интерфейс, который легко настраивается, состоящий из различных блоков, поэтому можно проводить отладку игры непосредственно в редакторе. Пример интерфейса представлен на рисунке 10.

Проект в Unity разделён на слои, представленные отдельными файлами сцен, которые содержат свои игровые миры со своими объектами, скриптами и настройками. Сцены могут содержать как объекты, содержащие модели, так и пустые игровые объекты. Они, в свою очередь, содержат ряд компонентов, с которыми взаимодействуют скрипты. У объектов также есть имя, им можно присвоить метку, так называемый тег и слой, на котором объект должен отображаться.

Основными преимуществами Unity является визуальная среда разработки, кроссплатформенная поддержка и модульная система компонентов. Недостатками являются трудности с подключением внешних библиотек.

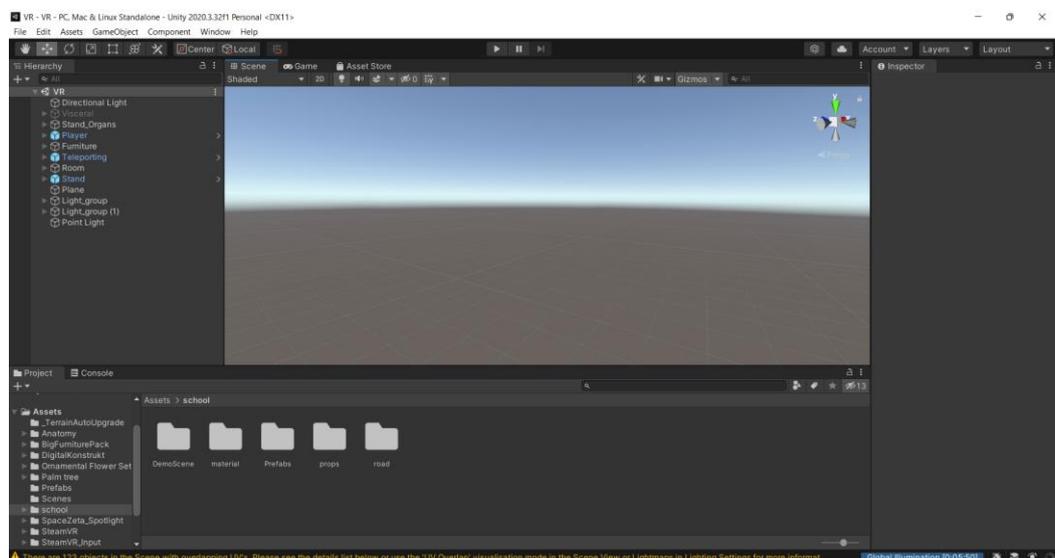


Рисунок 10 – Интерфейс приложения в Unity

У каждого движка есть свои особенности. Например, Unreal Engine 4 считается более оптимизированным с точки зрения вычислений, а Unity является интуитивно понятным и эффективным для начинающих разработчиков.

В результате сравнения был выбран движок Unity, так как он более прост в использовании и понимании.

### **1.6 Общий алгоритм реализации проекта**

Разработка проекта велась на ноутбуке Lenovo Legion 15ACH6H. Приложение тестировалось на этом же ноутбуке в сочетании с системой виртуальной реальности HTC VIVE. Для управления в приложении используются контроллеры, с помощью которых можно перемещаться и перемещать объекты. В начале реализации проекта производилось уточнение задумки и описывались функции, которые проект должен реализовывать. Далее производился поиск информации о приложениях, в которых можно разрабатывать и текстурировать 3D модели, а также приложениях для разработки приложения VR. По итогам поиска были выбраны Blender и Unity. Следующим этапом было создание и текстурирование моделей для дальнейшего перенесения в Unity. В Unity был импортирован Steam VR Plugin для работы с виртуальной реальностью и далее благодаря ему были добавлены стандартные объекты, такие как: Unity Player, данный объект является пользователем, ему задаётся стартовое положение и размер, Teleporting, благодаря которому появляется дополнительная возможность передвижения – телепортация. Далее в стандартном магазине Unity были найдены и импортированы в проект предметы для создания общего интерфейса сцены, например, такие как, парты, полка для книг, цветы. Следующим этапом был перенос, созданных моделей с текстурами в Unity и создание стенда для размещения моделей. Был продуман и создан элемент переключения моделей на стенде.

## 2 ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

### **2.1 Характеристика заказчика и потенциальной аудитории потребителей проекта**

Проект ориентирован на обучающихся по школьной программе и на обучающихся дополнительного образования. В большинстве случаев, обучающиеся для изучения строения тела человека могут довольствоваться только печатными изображениями, что усложняет восприятие информации и ухудшает усвоение материала. Данное приложение должно решить эту проблему, за счёт детальной визуализации изображений.

### **2.2 Постановка задачи проекта**

Разработать приложение виртуальной реальности для изучения школьного курса биологии по теме «человек», которое улучшит визуальное представление обучающихся при изучении данной темы.

#### **2.2.1 Актуальность работы**

Текущая форма школьного обучения нуждается в информатизации ввиду того, что на данный момент уровень развития информационных технологий позволяет использовать методики обучения, которые позволят упростить подачу сложного материала и ускорить усвоение новых знаний для обучающихся.

Одним из методов информатизации можно считать использование технологии виртуальной реальности. В биологии эта технология позволит изучать строение человека более детально и подробно, что должно увеличить качество знаний обучающихся.

Виртуальная реальность (VR), в свою очередь, не всегда была доступна широкой аудитории и являлась специализированной областью. Высокая стоимость VR оборудования и технические ограничения препятствовали распространению на потребительском уровне. Однако технические достижения последних лет, а также увеличение интереса у пользователей к виртуальной

реальности привели к тому, что она стала доступна широкой общественности.

Появляются новые модели шлемов, некоторые из них делают VR доступнее – Google Cardboard VR, картонный шлем, обойдётся пользователю до 500 рублей. С 2017 по 2022 год среднегодовой темп роста рынка виртуальной реальности составил 30 % и более в зависимости от страны. Объём рынка виртуальной реальности представлен на рисунке 11.

### Объём рынка виртуальной реальности

Выручка, \$ млрд

	2017 год	2022 год	СГТР*
США	1,45	7,19	37,7%
Китай	0,73	4,59	44,5%
Япония	0,4	2,86	47,7%
Германия	0,21	1	36,3%
Россия	0,02	0,18	51,3%

\* Среднегодовой темп роста

Рисунок 11 – Объём рынка виртуальной реальности

Виртуальная реальность никогда не заменит реальность до конца, но будет являться лучшей альтернативой из всех возможных. Если человек не может присутствовать где-либо по каким-либо причинам с VR технологиями у него будет возможность побывать там, где он захочет, не смотря на физические ограничения реального мира. VR технологии меняют восприятие: теперь человек может не только наблюдать за происходящим с экрана монитора, но и принимать непосредственное участие в процессе работы приложения. Пользователи реагируют на погружение в виртуальную реальность совсем иначе, чем если бы это были кинотеатры или обычные театры. Данная индустрия развивается, но каких-либо интересных, сложных приложений мало. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод об актуальности работы. Виртуальная реальность – перспективная область для изучения молодыми специалистами.

## 2.3 Описание программного продукта

### 2.3.1 Общие сведения

Цель проекта – образовательная. С помощью приложения пользователь сможет рассмотреть строения человека в формате объёмных моделей, что улучшит визуальное представление обучающихся.

### 2.3.2 Функциональная значимость

Функционал проекта заключается в возможности изучения строения различных систем человека, которые переключаются благодаря нажатию кнопок на специальном стенде. Пользователь сможет увидеть информацию о конкретной системе на учебной доске и найти интересующие его части на модели. Проект состоит из одной, основной сцены. Передвижение осуществляется при помощи контроллеров. Контроллер и его задействованные кнопки приведены на рисунке 12.



Рисунок 12 – Функционал контроллера в приложении

Перед запуском приложения нужно подключить станцию, запустить программу, настроить видимость в шлеме, изменяя расстояние между окулярами, а затем подключить контроллеры. По возможности модели, которые импортируются в проект, должны быть низкополигональными для улучшения производительности приложения.

### 2.3.3 Входные и выходные данные

Среди входных данных к проекту были графические элементы навигации, текстуры для сцены и строения человека, 3D-модели внутренних систем

человека, парты, шкафы и прочие предметы интерфейса. Некоторые модели были скачаны и импортированы с магазина ресурсов Unity. Пример входных данных представлен на рисунке 13.

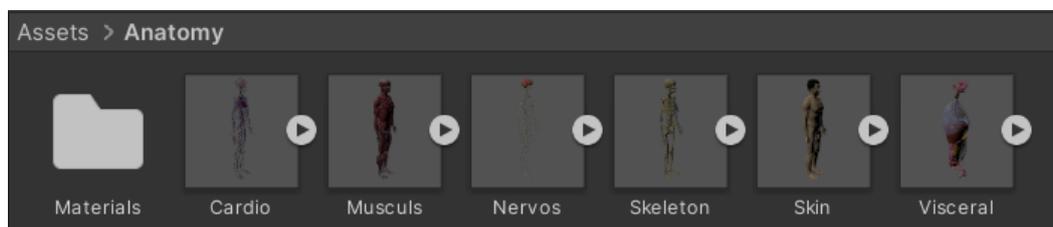


Рисунок13 – Входные данные в приложение

Выходными данными является объёмное строение систем человека.

### **2.3.4 Характеристики оборудования для реализации проекта**

Не каждый компьютер поддерживает виртуальную реальность. Список минимальных требований для компьютера приведён ниже:

- Видеокарта NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290, аналогичные или более новые модели;

- Процессор Intel Core i5-4590, AMD FX 8350, аналогичные или более новые модели;

- Оперативная 8 ГБ и более;

- Видеовыход HDMI 1.4, DisplayPort 1.2;

- 1x USB 2.0.

Для тестирования проекта использовался компьютер, который соответствует всем вышеперечисленным требованиям.

По мимо компьютера использовалась система виртуальной реальности HTC Vive в которую, входит шлем, пара контроллеров и две базовые станции для отслеживания положения пользователя. Данная система имеет следующие характеристики:

- Имеется регулировка межзрачкового расстояния

- Имеется регулировка фокуса

- Частота обновления 90 Гц

- Разрешения экрана 2880x1600 (1440x1600 для каждой линзы)

- Угол обзора 110°

## 3 ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

### 3.1 Подготовка к разработке

Подготовка к разработке началась с поиска готовых моделей в интернете. Было найдено большое количество готовых моделей, как полностью всех систем строения человека, так и отдельные модели органов. Почти все найденные модели имели хорошее качество, но не являлись бесплатными. Рисунок готовых моделей строения человека представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Готовых моделей человека

Если рассматривать бесплатные модели, то большая часть из них не подходила под стилистику проекта. Пример готовой бесплатной модели представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Готовая бесплатная модель

Среди бесплатных моделей были единичные модели, которые могли подойти под задуманную стилистику и задачи проекта. Такими моделями являются костная система, сердце, головной мозг. Готовая костная системы представлена на рисунке 16.

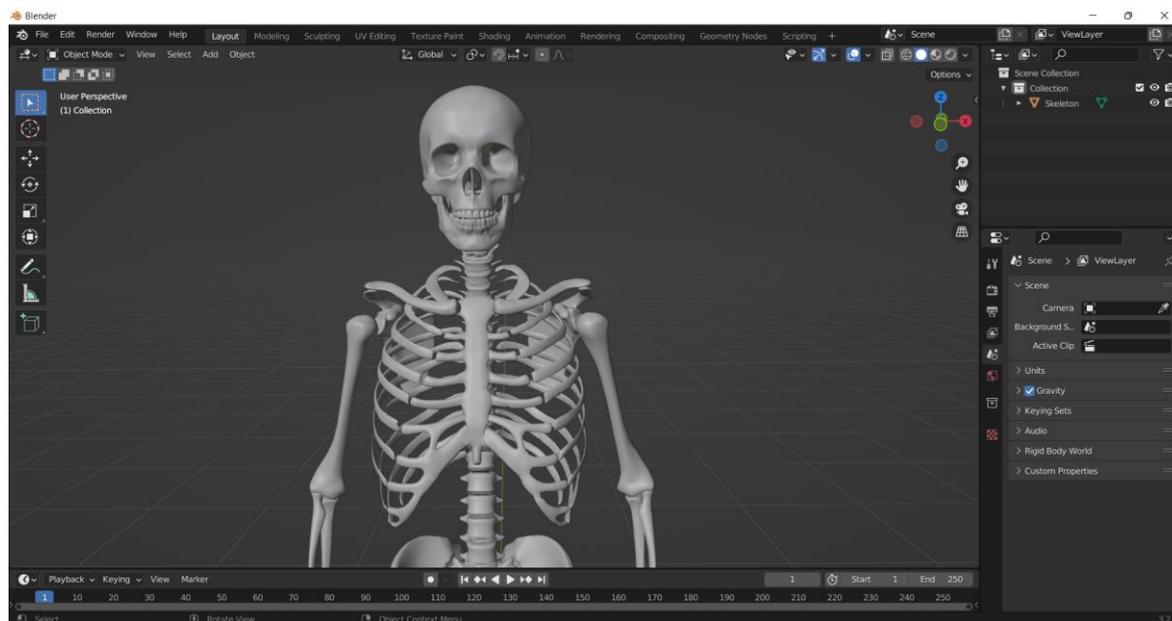


Рисунок 16 – Модель костной системы

Модель, представленная на рисунке X, будет взята за основу для разработки костной системы. Аналогично будут переработаны другие модели, взятые из открытых источников.

После анализа и выбора программного обеспечения для разработки был осуществлён поиск специализированной литературы для ознакомления со строением внутренних систем человека, дальнейшее представление строения получалось уже в процессе разработки конкретной системы. Для упрощения построения моделей был осуществлён поиск референсов для каждой системы. Пример референса для кровеносной системы представлен на рисунке 17. По мимо референсов и информации из литературы представление о строении систем получалось из сравнения с аналогичными программами. В каждом аналогичном приложении строение систем представлено по-разному, но какие-то участки являются одинаковыми во всех аналогичных приложениях.

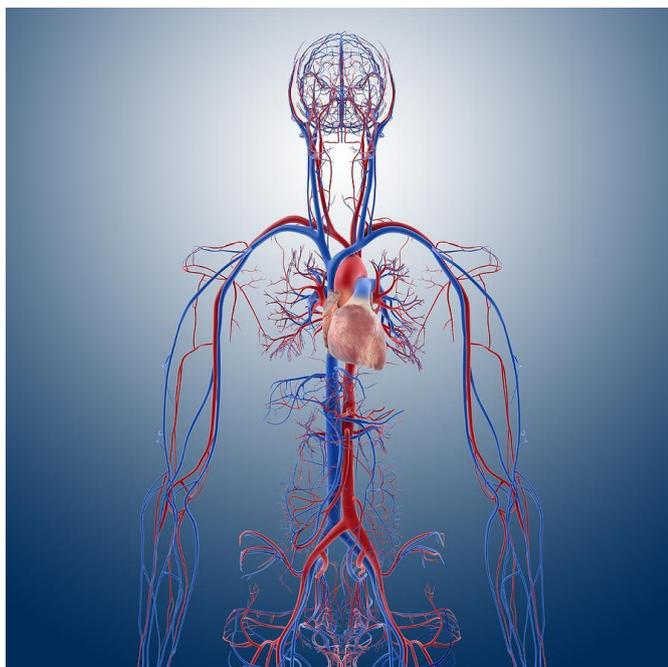


Рисунок 17 – Референс для создание костной системы человека

### 3.2 Разработка 3D моделей

После изучения специализированной литературы, поиска референсов и сравнения строения у программ аналогов начался процесс разработки. В процессе разработки на основе референсов и полученных представлений были созданы модели систем строения человека, одна из полученных моделей представлена на рисунке 18.

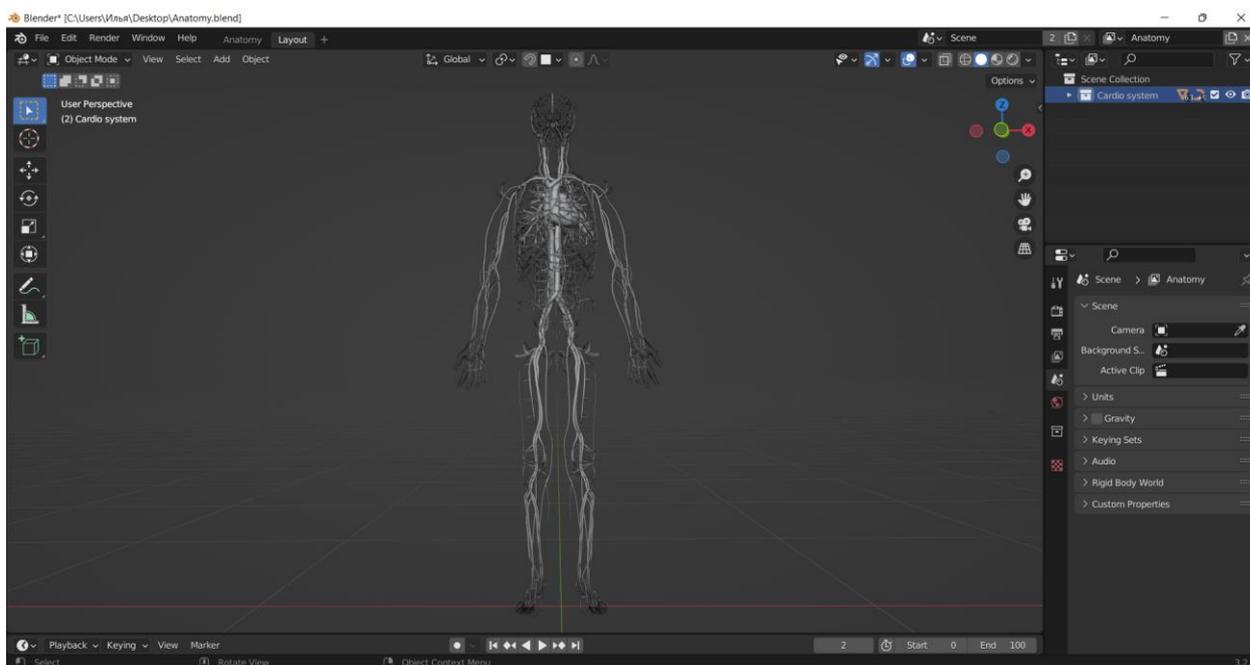


Рисунок 18 – Полученная 3D модель кровеносной системы

Каждая модель состоит из полигонов. Полигон – это минимальная поверхность для визуализации, он является основной частью любого объекта и в совокупности составляют полигональную сетку, из которой состоит объект.

Во время разработки был очень полезен специальный тип объектов – кривые Безье их достоинством является простота управления и редактирования, в любой удобный момент можно изменить форму кривой, передвинув её точки, добавив новые или же удалить лишние. Главным преимуществом кривых является то, что кривые задаются меньшим количеством данных, поэтому может производить результаты используя меньшее количество ресурсов.

При разработке моделей использовались различные модификаторы, но можно выделить 3 основных:

- Mirror – данный модификатор отражает объект вдоль одной (или нескольких осей), которые проходят через центр объекта;
- Smooth – из-за своего полигонального строения объект выглядит ребристым, данный модификатор помогает сглаживать эти ребристости.
- Smooth Corrective – данный модификатор используется для сглаживания в области изгиба.

Также при разработке часто использовался инструмент Extrude (выдавливание). Данный инструмент позволяет изменять объекты за счёт создания копий вершин, граней или рёбер и их последующего перемещения, а также позволяет изменять размер перемещаемых копий.

Помимо вышесказанного использовался режим разработки «Sculpting», этот режим создания моделей, в котором создание модели напоминает лепку из глины. В этом режиме удобно создавать шероховатость поверхности.

После завершения создания моделей для улучшения зрительного восприятия была начата работа по созданию текстур для моделей. Текстурирование модели осуществлялось в режиме «Shading», в программной среде Blender, результат текстурирования представлен на рисунке 19.

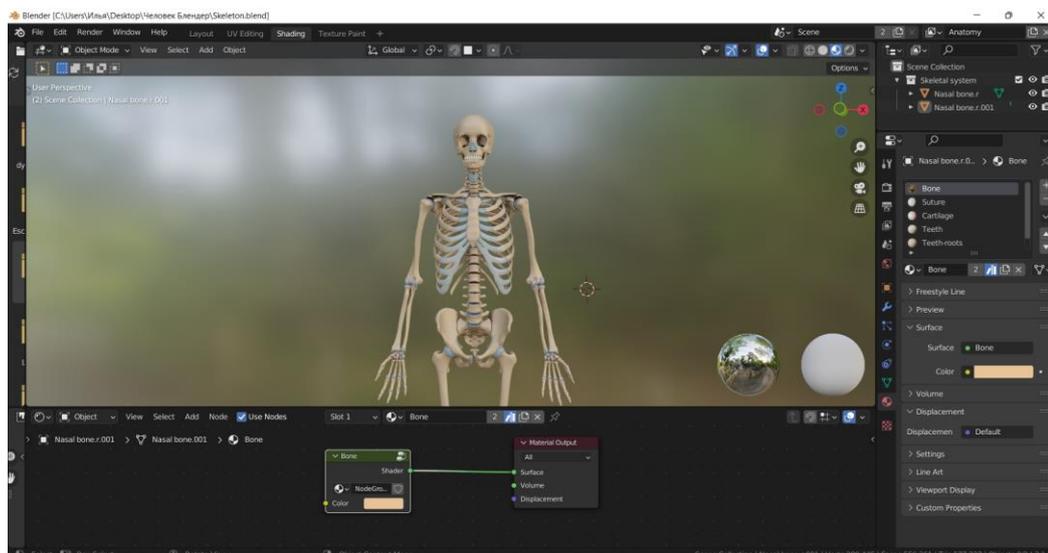


Рисунок 19 – Результат текстурирования костной системы

Для перенесения полученных текстур была создана UV-развёртка, за счёт встроенных средств Blender, на которую накладывались соответствующие материалы в альфа-канале. Альфа-канал нужен для дальнейшего объединения полученных изображений в одно единое.

Пример изображения с наложенными текстурами представлен на рисунке 20.

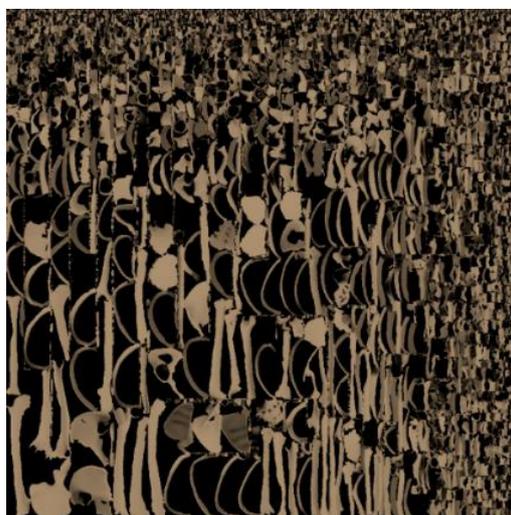


Рисунок 20 – UV-развёртка с наложенными текстурами

Аналогичным образом были проработаны остальные системы: кровеносная, мышечная, нервная, система внутренних органов, а также была создана модель человеческого тела, которая будет служить моделью в итоговом приложении. Все модели были сохранены в формате FBX.

### 3.3 Разработка приложения в Unity

Разработка проекта в Unity началась с импортирования полученных моделей в проект. Далее был установлен и импортирован Steam VR Plugin, который даст возможность добавить в проект возможность альтернативного перемещения – телепортации (объект Teleporting), а также самого пользователя (объект Unity Player). Следующим этапом было создание сцены, которая служит интерфейсом приложения. Итоговая сцена представлена на рисунке 21.

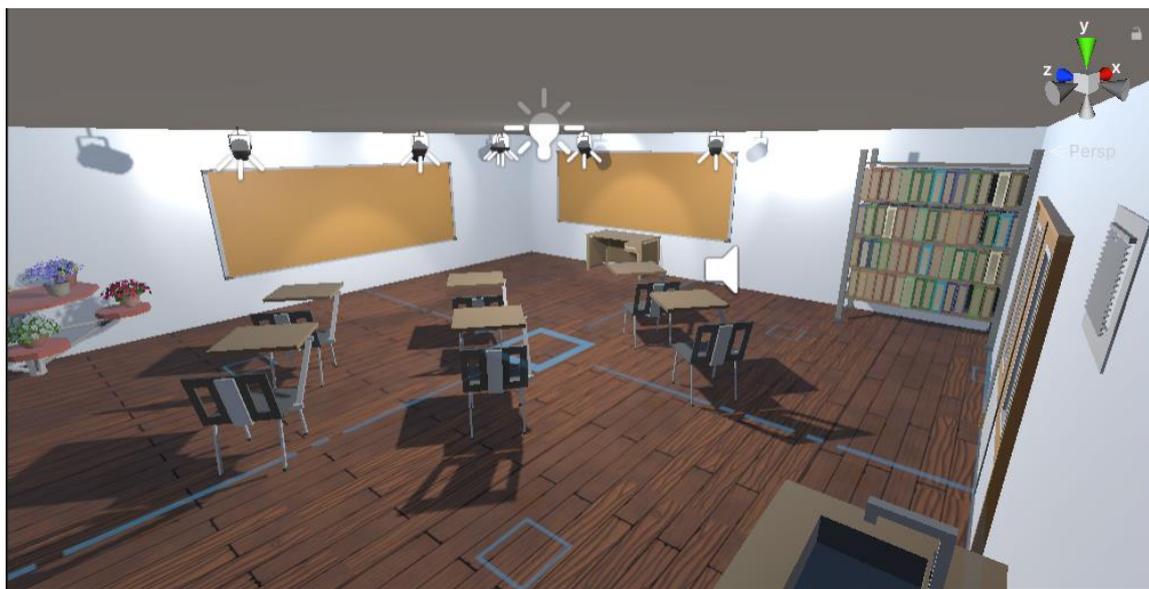


Рисунок 21 – Итоговая сцена приложения

Далее была начата разработка над стендом для просмотра моделей человека. Итоговая конструкция стенда представлена на рисунке 22.

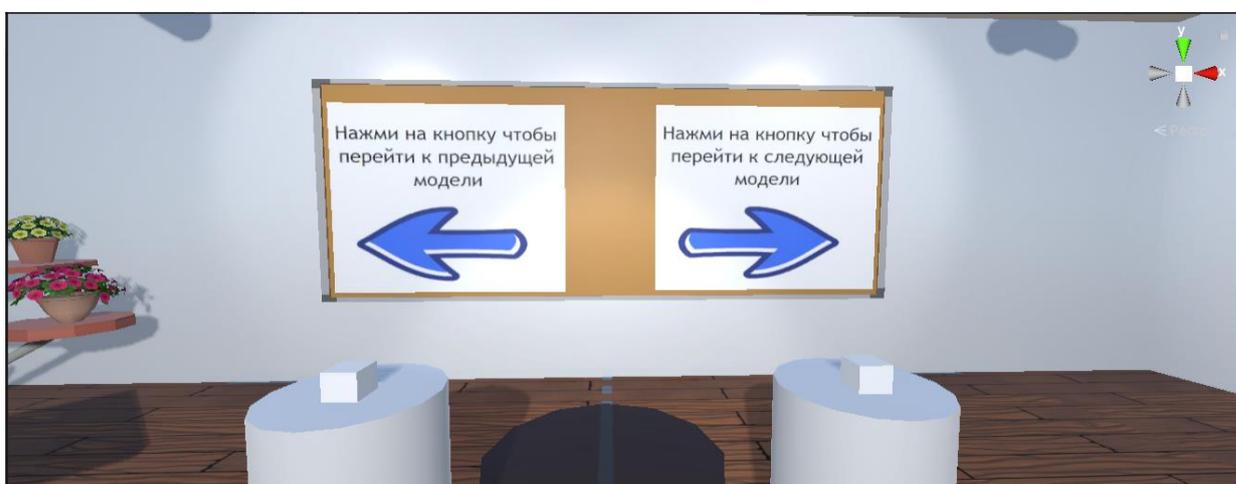


Рисунок 22 – Стенд для размещения моделей

Стенд состоит из платформы, на которых будут размещены модели, двух колонн с кнопками для переключения между моделями и школьной доски, на которой будет отображаться справочная информация о конкретной системе. Когда модели и справочная информация были размещены началась настройка их переключения. Переключение между моделями осуществляется за счёт встроенных возможностей Unity. Пример как работает переключение показан на рисунке 13.



Рисунок 23 – Переключение между моделями

`GameObject.SetActive` включает или выключает видимости модели. Данный способ никак не влияет на производительность, так как пока модель не активна, она не просчитывается, что в свою очередь никак не нагружает систему.

Конечный результат с готовой моделью кровеносной системы и справочной информацией представлен на рисунке 13. Все остальные модели представлены на рисунках В.1-В.4.

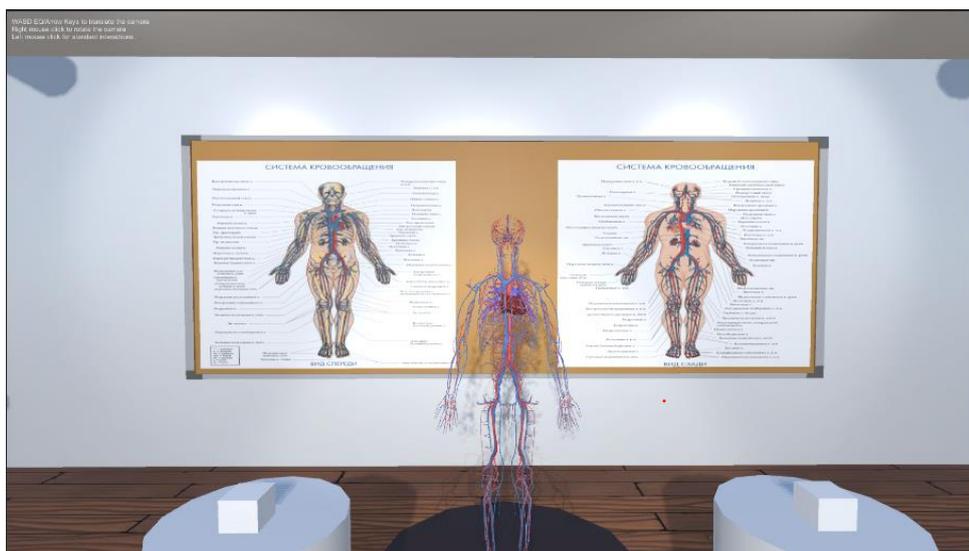


Рисунок 24 – Готовый стенд на примере кровеносной системы

Аналогичным образом был создан стенд для изучения органов. С моделями этого стенда можно непосредственно взаимодействовать. Готовый стенд для изучения органов представлен на рисунке 25.

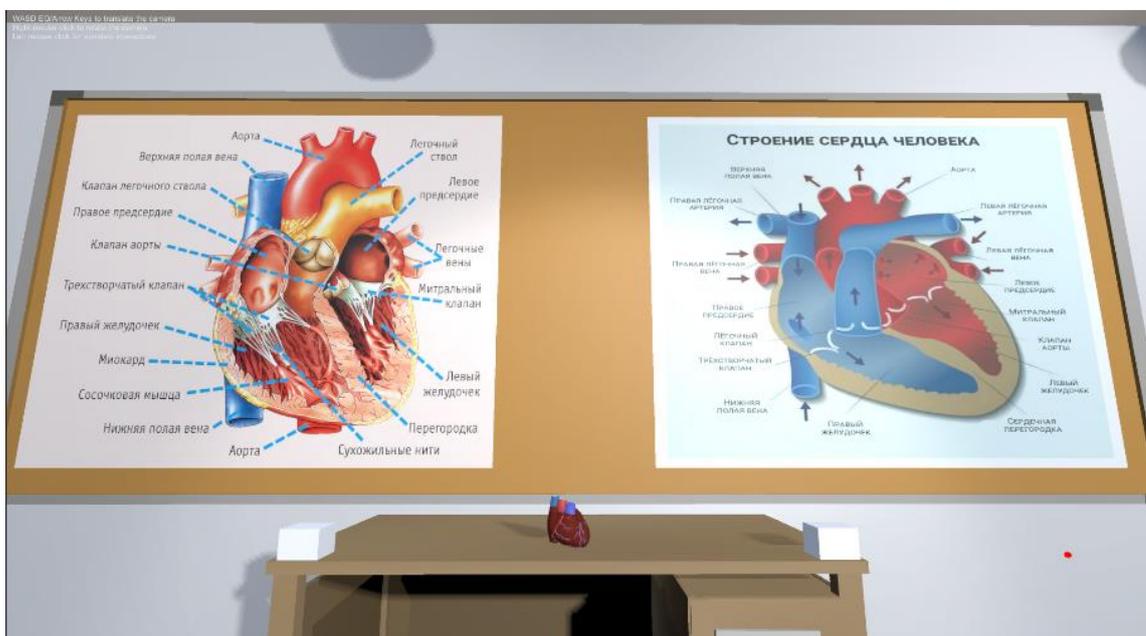


Рисунок 25 – Готовый стенд с органами на примере сердца

Чтобы у объекта были физические характеристики используется функция «Rigidbody». В настройках имеется много различных параметров. Настройки приведены на рисунке 26.

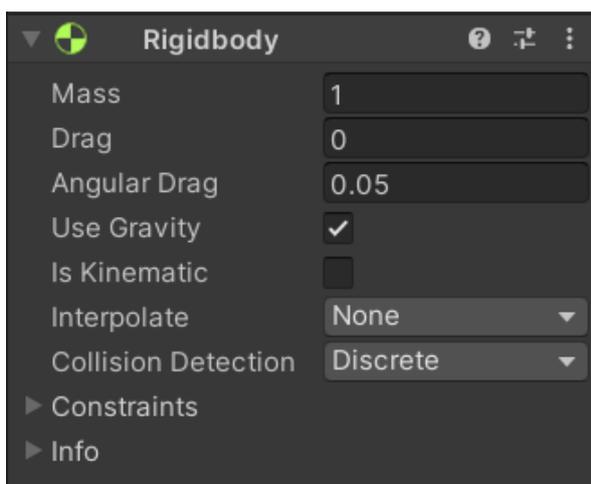


Рисунок 26 – Настойки «Rigidbody»

Параметр «Mass» – данный параметр отвечает за массу объекта в килограммах.

«Drag» отвечает за сопротивление воздуха при движении объекта от

каких-либо сил. При значении 0 сопротивление отсутствует, а при бесконечно большом значении объект мгновенно остановится.

«Angular Drag» параметр аналогичный предыдущему, только вместо движения объекта – вращение.

«Use Gravity» при включении данного параметра объект начинает подвергаться влиянию гравитации.

Остальные параметры этой функции не имеют значения в разработке данного приложения.

Для реализации взаимодействия с органами к ним применяются «Colliders». Коллайдер – это вспомогательный объект в виде сетки. Существуют различные типы коллайдеров, но для данного случая лучшего всего подходит «Mesh Collider». Настройки коллайдера приведены на рисунке 27.

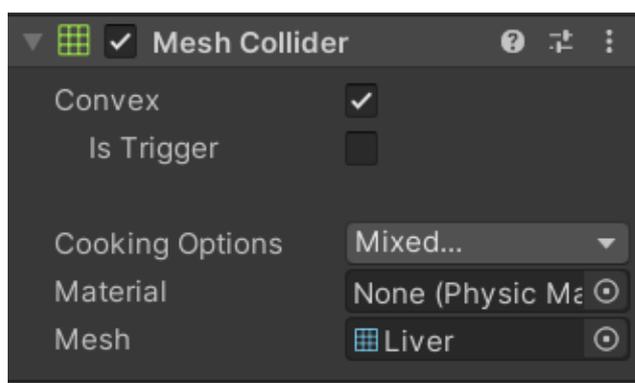


Рисунок 27 – Настройки коллайдера

Параметр «Convex» – отвечает за столкновения с другими объектами, если параметр будет отключён, то объект будет проходить сквозь другие объекты.

В параметре «Mesh» выбирается нужная нам модель.

Чтобы после взаимодействия с органами они не располагались в разных частях сцены был добавлен встроенный скрипт «Lock to Point», который возвращает объекты на исходную позицию после взаимодействия с ними.

У данного всего два настраиваемых параметра. Первый параметр «Snap to», отвечает за месторасположение, куда будет возвращаться объект. Второй параметр «Snap time», отвечает за время, за которое объект переместится, на

настроенную в первом параметре, позицию.

### **3.4 Тестирование проекта**

Заключительным этапом разработки приложения является этап тестирования. Тестирование – это процесс испытания программного продукта на проверку корректности всех задуманных функций. Тестирование необходимо при разработке любого проекта для обнаружения и исправления ошибок.

При работе с виртуальной реальностью ошибки часто бывает не видно в окне среды разработки, но при полноценной установке приложения они могут быть выявлены. Какие-то функции могут работать при запуске проекта в среде разработки Unity, но после полной установки приложения может случиться сбой. В связи с вышесказанным тестирование проводилось на протяжении всей разработки.

Частыми являются случаи, что на разработанном устройстве ошибки не выявляются, но, когда готовый проект переносится на другие устройства, возникают ошибки при работе проекта.

В разрабатываемом проекте в процессе разработки возникали различного рода ошибки, при проведении заключительного тестирования ошибок обнаружено не было.

### **3.5 Сборка приложения**

После того, как рабочая сцена программы была готова и был реализован весь задуманный функционал начался этап сборки проекта. Платформой для программного продукта была выбрана операционная система Windows.

Следует учитывать, что среда разработки Unity при формировании приложения запаковывает файлы без сжатия, что влияет на размер готового продукта. Для уменьшения размера нужно пройти по настройкам сборки приложения.

Финальный вариант приложения, полученный в результате сборки представлен на рисунке 28.

📁 MonoBleedingEdge	09.06.2022 18:24	Папка с файлами	
📁 Изучение строения человека в VR_Data	09.06.2022 18:24	Папка с файлами	
📄 UnityCrashHandler64	16.03.2022 11:25	Приложение	1 205 КБ
📄 UnityPlayer.dll	16.03.2022 11:25	Расширение при...	27 612 КБ
📄 Изучение строения человека в VR	16.03.2022 11:18	Приложение	639 КБ

Рисунок 28 – Собранное в проект приложение

### 3.5.1 Технические требования к аппаратному обеспечению

Технические требования к проекту рассчитаны на основе тестовых запусков на персональных компьютерах с различными характеристиками. На основе сведений, полученных в ходе тестирования, составлены следующие рекомендуемые технические требования:

- Видеокарта NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290, аналогичные или более новые модели;
- Процессор Intel Core i5-4590, AMD FX 8350, аналогичные или более новые модели;
- Оперативная 8 ГБ и более;
- Видеовыход HDMI 1.4, DisplayPort 1.2;
- 1x USB 2.0.

Дополнительное оборудование:

- Устройство ввода информации: клавиатура, мышь;
- Монитор
- Системы виртуальной реальности: шлем, пара контроллеров, две станции для отслеживания положения пользователя.

Если устройство, на котором будет производиться запуск приложения, не будет соответствовать данным характеристикам, то приложение может не запуситься или медленно прогружать созданную сцену с объектами.

### 3.6 Перспективы развития

В перспективах развития приложения создание базы данных и добавления взаимодействия с каждым элементов системы строения человека. До-

бавление взаимодействия с каждой частью системы добавит нагрузку на аппаратное обеспечение в связи с увеличением вычислений. Добавление базы данных позволит пользователю не подходить к информационным стендам за информацией, а ознакомиться с ней непосредственно на модели. БД являлась бы локальной, так как пользователю бы не приходилось вносить изменения в её строение, и располагалась в файлах приложения. Сущности бы представляли собой системы строения человека, у которой бы были следующие атрибуты, на примере костной системы:

- id, идентификационный номер кости;
- название, наименование конкретной кости;
- описание, может включать себя функциональное назначение, либо какую-либо дополнительную информацию.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Полноценное функционирование приложения виртуальной реальности, его техническая поддержка, а также оборудование при работе с приложением подразумевает наличие помещения и рабочих мест. Поэтому необходимо организовать данные места в соответствии с нормативными документами и стандартами (СанПиН), а также побеспокоиться об сохранении здоровья сотрудников при работе с ЭВМ, разработав соответствующие рекомендации и комплекс физических упражнений.

### 4.1 Безопасность

В соответствии с ГОСТом 12.03.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» выделяются при работе с ПЭВМ следующие опасные факторы, наносящие вред здоровью пользователя:

- электростатические поля;
- электромагнитное излучение;
- опасность поражения электрическим током;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума
- утомляемость глаз;
- монотонность рабочего процесса;
- отсутствие или недостаток в помещении естественного света;
- недостаточная искусственная освещённость рабочей зоны;
- нервно-эмоциональные перегрузки;

Для предотвращения или снижения воздействия различных вредных факторов на пользователя ПЭВМ были сформулированы требования, предъявляемые к освещению, помещениям, уровню шума, к организации рабочего места, а также разработаны рекомендации к пользователю ПЭВМ.

#### 4.1.1 Освещение

Одним из важных требований, предъявляемых к помещениям с ПЭВМ, является освещение. Правильное освещение повышает производительность

труда, поскольку снижается нагрузка на зрительный аппарат. Плохое освещение, наоборот, приводит к быстрой утомляемости, ослаблению внимания при работе за ПЭВМ, ослеплению и раздраженности при чрезмерной яркости.

Виды освещения:

– естественное освещение – это освещение естественным светом, проникающим через световые конструкции в наружных ограждающих конструкциях, в зависимости от расположения оно бывает: боковым, верхним или комбинированным.

– искусственное освещение – это освещение помещения и других мест иными источниками, в случае недостаточного естественного освещения. Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное, дежурное, общее, местное и комбинированное. Искусственное освещение должно обеспечивать равномерное освещение всего рабочего пространства.

При работе на ПЭВМ используется совмещённое освещение. Данный способ освещения часто используется при ведении точных работ, где требуется максимальная точность.

Также существует аварийное освещение, которое используется при чрезвычайных ситуациях, в случаях отключения искусственного освещения.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий» выделяют требования, при которых коэффициент естественного освещения не должен быть ниже 1,2 % в зонах с неустойчивым снежным покровом и не менее 1,5 % на остальной территории. В случае если естественного освещения недостаточно, то необходимо применять искусственное освещение. Для этих целей применяются люминесцентные лампы, которые имеют высокую световую отдачу. Освещённость на поверхности стола должна соответствовать 300–500 лк.

#### **4.1.2 Организация рабочего места**

К рабочему месту, оборудованному ПЭВМ, предъявляются следующие требования:

– высота поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм, при отсутствии такой возможности высота стола должна составлять 725 мм.

– рабочий стол должен иметь пространство для ног не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм.

– поверхность сидения должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм, иметь закруглённый передний край, регулироваться в пределах 400–550 мм и углами наклона вперёд и назад в размере 15 и 5 градусов соответственно. Угол наклона спинки в вертикальной плоскости должен обеспечиваться в пределах 30 градусов.

– наличие подлокотников, которые могут быть стационарными или съёмными, их длина должна составлять не менее 250 мм и ширина 50-70 мм, регулироваться над сиденьем в пределах 350–500 мм.

– клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края, обращённого к пользователю или на специальной рабочей поверхности, которая регулируется по высоте и отделена от стола.

Также необходимо учитывать площадь на одно рабочее место. На одно рабочее место, на котором нет периферийного оборудования и установлен ЖК монитор требуется 4,5 кв.м. площади. Если же периферийное оборудование используется, то площадь увеличивается до 6 кв.м.

Рекомендуемое размещения пользователя ПЭВМ представлено на рисунке 29.

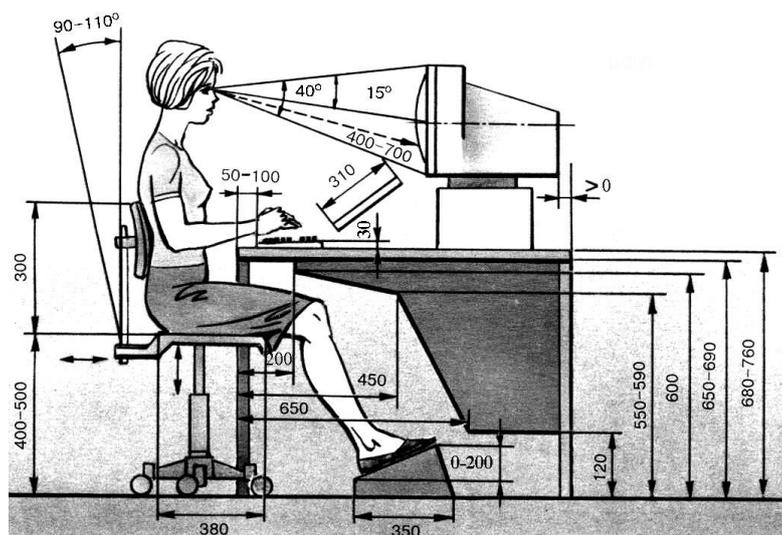


Рисунок 29 – Размещение пользователя за ПЭВМ

### 4.1.3 Механические колебания

К механическим колебаниям относится вибрация и шум, которые являются не менее важными факторами при работе за ПЭВМ. Повышенный уровень шума приводит к понижению качества условий труда, раздражительности, потери внимания, к головной боли.

Шум на рабочих местах, в помещениях, общественных зданий и на территории жилой застройки нормируется. Уровень шума для помещений, в которых человек работает за ПЭВМ не должен превышать 50 дБ. В таблице 3 представлены значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровней звука на рабочих местах с ПЭВМ.

Таблица 4 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления, в дБ, в октавных полосах со средне-геометрическими частотами, Гц									Уровень звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	65
Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	
96 дБ	83 дБ	74 дБ	68 дБ	63 дБ	60 дБ	57 дБ	55 дБ	54 дБ	

Вибрация – это механическое колебание упругих тел при низких частотах (3-100Гц) с большими амплитудами (0,5 – 0,003мм).

В случаи если на рабочем месте на работника длительный период воздействует такой фактор как вибрация может наступить потеря трудоспособности, вызванная вибрационной болезнью (невритом). Она проявляется в виде головных болей, болей в суставах, судорогах пальцев, спазмов сосудов и нарушении питания тканей тела. В тяжёлый случаях это приводит к полной потери трудоспособности.

#### **4.1.3 Микроклимат**

Микроклимат производственных помещений –это характеристика внутренней среды помещений, в которых находятся рабочие места. Микроклимат определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха окружающих поверхностей. Данные показатели определены в нормативно–правовом документе ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

Задача работодателя, в целях охраны труда работников, поддерживать микроклимат рабочего места в пределах гигиенических норм.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание помещения после каждого часа работы на ПЭВМ.

Согласно ГОСТу 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» в холодные и переходные периоды оптимальная температура воздуха должна находиться в пределах 20-30 °С, а в тёплый период года 20-25 °С. Относительная влажность воздуха должна составлять 40-60 %, а скорость движения воздуха не более 0,2 м/с во все периоды года.

При работе на ПЭВМ на рабочем месте необходимо поддерживать необходимую температуру воздуха. ПЭВМ на рабочих местах являются источником существенных выделений, которые повышают температуру тела работника и также температуру всего помещения в целом, что приводит к сни-

жению работоспособности. Исходя из вышесказанного, поддержание температуры на требуемом уровне позволяет обеспечить безопасность и комфортность на ПЭВМ.

Для поддержания микроклимата в помещениях используют системы вентиляции. Система вентиляции – это система для смены воздуха в помещении, предназначенная для поддержания оптимальных метеорологических параметров помещения и подачи чистого воздуха с наружи. В рабочих помещениях используется естественная система вентиляции в случае, если её недостаточно, применяют систему кондиционирования для регулирования микроклиматических параметров в рабочих помещениях для создания комфортных условий труда.

В холодный период года в рабочих помещениях постоянную и равномерную температуру поддерживает система отопления. Виды систем отопления:

- водяные;
- паровые;
- воздушные;
- комбинированные.

В санитарно-гигиеническом отношении наиболее эффективными признаны системы водяного отопления, их достоинство заключается в том, что они надёжны и обеспечивают возможность регулирования температуры в помещении. В помещениях с ПЭВМ в тёплый период года температура не должна превышать 22-24 °С, а в холодный период 20-25 °С. Относительная влажность воздуха должна составлять 40-60 %, скорость движения воздуха не должна превышать 0,1 м/с.

#### **4.1.4 Эргономика интерфейса**

Интерфейсом считается совокупность средств и правил взаимодействия человека и компьютера. Одним из главных критериев при оценке качества программного продукта является удобство интерфейса. Под удобством понимается простота и логичность в расположении элементов управления.

Задача эргономики заключается в создании оптимальных условий труда, которые создадут у человека чувство от проделанной работы. В случае работы с ПО это чувство возникает, когда пользователь успешно и без лишних усилий выполняет какую-либо задачу. Графический интерфейс приложения на рисунке 30.

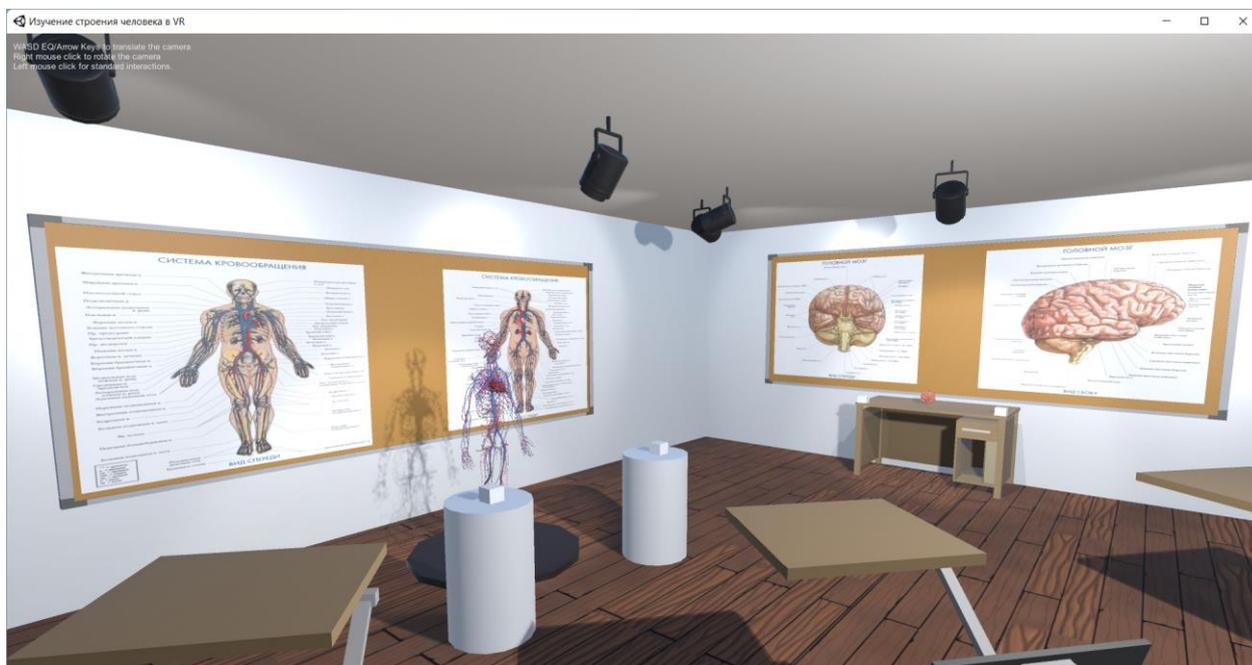


Рисунок 30 – Интерфейс приложения

В стандарте ГОСТ Р ИСО 9241-161-2016 «Эргономика взаимодействия человек-система» приведены требования и рекомендации по выбору, использованию и зависимости элементов интерфейса. В разработанном приложении, интерфейс которого представлен на рисунке 1, присутствуют: кнопки для переключения моделей, данный элемент управления интуитивно понятен, переключение кнопок осуществляется с помощью контроллеров.

#### 4.2 Экологичность

Экологичность – это качество чего-либо, отражающее способность не наносить вред окружающей природе. Конструкция ПЭВМ состоит из большого количества компонентов, содержащие токсичные вещества и представляющие угрозу для человека, а также для окружающей среды. К таким веществам относятся:

– ртуть, которая находится в подсветке ЖК-мониторов. Она может поражать мозг и нервную систему;

– щёлочи, находятся в щелочных аккумуляторах. Они поражают слизистые оболочки и кожу;

– никель, цинк располагаются в материнской плате и батареях питания ноутбуков. Их воздействие на организм может вызвать дерматит;

– поливинилхлорид (разрушает нервную систему и вызывает раковые заболевания), находится в кабелях, которые подключаются к электронным устройствам.

Поэтому ПЭВМ требует специальных комплексных методов утилизации. Этот комплекс мероприятий включает в себя следующие последовательные действия:

– сортировка металлических и неметаллических частей;

– отправка металлических частей на переплавку для последующего использования в качестве вторичного сырья;

– неметаллические части утилизируются специальным образом.

Утилизируемое оборудование хранится в подсобном помещении, при хранении оно не выделяет вредных веществ. Транспортировка к месту утилизации производится без использования специальных средств и методов.

При утилизации отходов, содержащих свинец или ртуть, таких как ртутные аккумуляторы источников бесперебойного питания и ртутные лампы заключается договор со специальной организацией, которая имеет лицензию на утилизацию этого класса отходов.

В настоящее время в ряде отраслей промышленности внедряются малоотходные технологии, но полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

### **4.3 Чрезвычайные ситуации**

В помещениях с ПЭВМ при выполнении работ могут произойти различные чрезвычайные ситуации: пожар, взрыв в здании, разрушения здания в связи с сейсмической активностью, получения урона вследствие электрического разряда, затопление. По мимо вышесказанного в «Доме научной коллаборации» могут произойти следующие аварийные ситуации:

- повреждение электрооборудования;
- повреждение инженерных коммуникаций;
- различные акты насилия;
- неисправность заземления;
- обрыв проводов.

При возникновении аварийных ситуации или при резком ухудшении самочувствия, а также в любых других ситуациях, которые создают непосредственную угрозу для жизни или здоровью людей, необходимо:

- остановить работы;
- при необходимости обеспечить первой медицинской помощью пострадавших;
- при необходимости, обеспечить отключение электроэнергии;
- открыть аварийные выходы для эвакуации работников;
- доложить о создавшейся ситуации административным лицам организации и действовать в соответствии с полученными указаниями;
- доложить оперативному дежурному.

#### **4.3.1 Меры пожарной безопасности на рабочих местах**

При расстановке технологического и другого оборудования должно быть обеспечено наличие проходов к эвакуационным выходам.

Персональный компьютер и монитор должны быть установлены на надёжную опору, не допускающую падения устройства. Запрещается устанавливать ПК:

- в нишах мебельных «стенок», в тумбочках и т.п;

– ближе, чем 1 метр к электронагревательным приборам и легко воспламеняющимся предметам

– ближе, чем 0,7 метра от проходов, путей к эвакуационным выходам

Перед началом использования ПК требуется провести следующий ряд действий:

– провести внешний осмотр места установки персонального компьютера и монитора, а также убедиться в выполнении требований безопасности, предъявляемых выше;

– провести внешний осмотр ПК и монитора, электрошнура, электровилки и убедиться в их исправности, если корпус, электрошнур, электровилка, задняя крышка повреждены, то ПК эксплуатировать запрещается;

– при наличии на, над и около ПК и монитора легко воспламеняющихся предметов и ёмкостей с жидкостью убрать их;

– убедиться в том, что вентиляционные отверстия в задней крышке ПК и монитора не закрыты какими-либо предметами;

– Убедиться в наличии возле персонально компьютера противопожарной ткани или огнетушителя.

Данные меры безопасности при работе на ПЭВМ позволят сократить риск возникновения пожара.

#### **4.4 Комплекс упражнений для сохранения и укрепления индивидуального здоровья и обеспечения полноценной профессиональной деятельности**

При длительной или напряжённой работе за ПЭВМ, а также при неправильной эксплуатации ПЭВМ нередко возникают проблемы со здоровьем. В основном эти проблемы со зрением и опорно-двигательным аппаратом. Для предотвращения проблем со здоровьем необходимо придерживаться рекомендаций работы с ПЭВМ. К примеру, делать перерывы после длительной работы, а во время перерыва проводить небольшой комплекс упражнений для снятия напряжения в мышцах.

Рекомендуются следующие формы самостоятельных занятий:

- Утренняя гимнастика;
- Гимнастика для глаз;
- Занятие физкультурой по разработанной программе;
- Физкультурная пауза во время длительной работы;
- Элементы самомассажа;
- Закаливание организма;

Сотрудник с близорукостью высокой степени (6.0 дптр и более) должны выполнять следующие правила:

- Следовать рекомендациям офтальмолога и терапевта;
- Учитывать своё состояние здоровья;
- Физическую нагрузку соразмерять с возрастом и тренированностью организма;

– Учитывать ограничения, связанные со зрением при выполнении некоторых видов упражнений. Так с близорукостью более 6.0 диоптрий и с хроническими изменениями на глазном дне не рекомендуются упражнения с продолжительными и напряжёнными переходами из положения сидя в положение лёжа и обратно.

– Противопоказаны упражнения связанные с сотрясением тела, например прыжки, и требующие напряжения.

В большинстве случаев рабочие места с ЭВМ сидячие, поэтому часто у сотрудников наблюдается сутулость, что в свою очередь говорит о слабости мышц задней поверхности туловища, которая может поспособствовать появлению и прогрессированию близорукости. Поэтому наряду с упражнениями для глаз необходимо выполнять упражнения для укрепления мышц шеи и спины.

Общеразвивающие упражнения:

- Лёжа на спине, руки перед собой и в стороны. Выполнять окрестные движение прямыми руками ориентировочно 15-20 с. Наблюдать за движением кистей, дыхание произвольное

– Лёжа на спине, руки перед собой. Выполнять окрестные движения прямыми руками опуская и поднимая их ориентировочно 15-20 с. Наблюдать за движением кистей, дыхание произвольное.

– Лёжа на спине, руки перед собой и в стороны. Махи ног к разноимённой руке. Выполнять 6-8 раз каждой ногой. Мах выполнять быстро. Во время маха выдыхать.

– Сидя на полу, упор на руки сзади, одна нога прямая слегка приподнятая. Выполнять круговые движения ногой в одном и другом направлении. Выполнять 10-15 раз каждой ногой.

– Сидя на полу, упор на руки сзади. Поочерёдно поднимать и опускать ноги. Выполнять ориентировочно 15-20 с.

– Сидя на полу, упор на руки сзади, ноги слегка приподняты. Выполнять отведение одной ноги в сторону с возвращением в исходное положение, потом повторить другой ногой. Выполнять упражнение 10-15 раз каждой ногой.

– Стоя, руки опущены. Выполнять поднимание рук вверх, затем опускать. Смотреть сначала на кисть одной руки, затем на другой. Выполнять движение глазами в одном и другом направлении 15-20 с. Менять направление движения глаз через 5 с.

– Стоя, смотреть перед собой. Наклонять голову влево, затем направо. Повторить 8-10 раз в каждую сторону.

– Стоя, смотреть вперёд, перед собой. Голову поднять, затем опустить, не меняя взгляда. Повторять 10 раз.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы объектом исследования была выбрана виртуальная реальность, в итоге работы было разработано приложение для изучения школьного курса биологии по теме «человек».

Перед разработкой потребовалось изучить теоретическую информацию о объекте исследования. На сегодняшний день выпускается большое количество новых приложений в данном направлении, а также шлемов виртуальной реальности. В ходе анализа была выбрана наиболее удобная среда для разработки приложения.

Особое внимание было уделено взаимодействию пользователя с виртуальной реальностью, рассмотрены такие вопросы, как обеспечение управления предметами, передвижение в виртуальном пространстве, а также разработка сцены приемлемой для пользователя.

Для выполнения поставленной задачи потребовалось ознакомиться со внутренним строением человека, изучить среду разработки Blender и Unity.

В результате прохождения выполнения работы был получен значимый практический результат в виде разработанных моделей внутренних систем человека, а также разработано приложение виртуальной реальности для улучшения восприятия при изучении систем внутреннего строения человека.

Помимо решения текущей задачи, была предусмотрена перспективы развития приложения при дальнейшей разработке по тому же плану разработки. Необходимость организации накапливаемых разработанных моделей и собранных ресурсов подтолкнула к рассмотрению возможного внедрения базы данных.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 3D-моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://younglinux.info/blender.php> – 8.05.2022
- 2 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)
- 3 Гибсон, Дж. Б. Unity и C#. Геймдев от идеи до реализации / Дж. Б. Гибсон - СПб: Питер, 2019. - 928 с.
- 4 ГОСТ 12.1.005.-88. Система стандартов по безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989.01.01. - М.: Стандартинформ, 2008. – 48 с.
- 5 ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. – Введ. 2013-11.08. - М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.
- 6 Корнилов, А. В. Unity. Полное руководство / А. В. Корнилов. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2020. – 432 с.
- 7 Курбанисмаилов, З. М. Современные подходы в программировании при создании интерактивной анимации на C# и Unity : учебно-методическое пособие / З. М. Курбанисмаилов. – Москва : РТУ МИРЭА, 2021. – 142 с.
- 8 Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.
- 9 Ламот, А. Основы разработки игр на Unity3D / А. Ламот, Д. Ратклифф, М. Семинаторе, Д. Тайлер - СПб: Питер, 2018. - 716 с.
- 10 Ларкович, С. Н. Unity на практике. Создаем 3d-игры и 3d-миры : учебное пособие / С. Н. Ларкович. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2019. — 272 с.
- 11 О развитии VR-технологий: где применяют, зачем VR бизнесу и какие

устройства используют [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://habr.com/ru/company/netologyru/blog/464997/> – 27.05.2022

12 Официальный мануал Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/index.html> – 02.05.2022

13 Синельников, Р. Д. Атлас анатомии человека [Текст] : в 3 т.: Учеб. пособие: Доп. Мин. здравоохран. / Р.Д. Синельников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Гомедиздат, 1963 - .Т.1: Учение о костях, суставах, связках и мышцах. - 1963. - 678 с

14 Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3d и 3d Max : учебное пособие / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин [и др.]. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 142 с.

15 Уроки и документация для Unity3d [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gamesmaker.ru/3d-game-engines/unity3d/> – 04.05.2022

16 Хейг, М. Разработка игр на Unity 2018 за 24 часа/ М. Хейг - М: Бомбора, 2020. - 464 с.

17 Шумилин, В.К. ПЭВМ. Защита пользователя [Текст] / Шумилин В.К. - М. : Охрана труда и социальное страхование, 2001. - 214с.

18 Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>. – 13.04.2022.

19 Unity3d по русски [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unity3d.ru/distribution/viewforum.php?f=11> – 06.05.2022

20 Working In Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/UnityOverview.html> –06.05.2022

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Техническое задание

### 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 1.1 Полное наименование системы

Приложение виртуальной реальности для изучения курса биологии по теме «человек»

#### 1.2 Наименование предприятия разработчика и заказчик системы

Разработчик: студент группы 853-об, факультета математики и информатики, Амурского государственного университета Лобачёв Илья Тимофеевич.

Заказчик: Центр развития современных компетенций детей «АмурТехноЦентр» «ДОМ НАУЧНОЙ КОЛЛАБОРАЦИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА РАН М.Т. ЛУЦЕНКО»

Фактический адрес: 675028, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 7/1

Телефон: +74162234747

#### 1.3 Перечень документов

Документы, на основании которых создаётся приложение:

– ГОСТ 34.601-90 – техническое задание на проектирование автоматизированной системы управления;

– ГОСТ 19.201–78 – техническое задание

#### 1.4 Плановые сроки начала и окончания работ

Срок начала работ: 10 сентября 2021.

Срок окончания работ: 10 июня 2022.

В процессе разработки сроки могут быть уточнены.

#### 1.5 Сведения об источниках и порядке финансирования работ

Данный проект является учебным и выполняется без привлечения какого-либо финансирования.

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 2 НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

#### 2.1 Назначение системы

Разрабатываемое приложение виртуальной реальности для изучения школьного курса биологии по теме «человек» предназначено для увеличения остаточных знаний у обучающихся за счёт улучшенного представления строения человека.

#### 2.2 Цели создания системы

Целью разработки является обеспечение возможности обучающимся изучить строения человека на основе 3D моделей в отличии от печатных аналогов

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К ГРАФИЧЕСКОМУ ДИЗАЙНУ

При разработке приложения должно учитываться хорошее освещение и цвета-восприятие объектов во всех пределах рабочего интерфейса.

В дизайне не должны присутствовать:

- объекты, мешающие получению информации с информационных стендов, а также самой модели системы строения или органа человека.
- яркие и агрессивные цвета

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ПРОДУКТУ

#### 4.1 Требования к структуре и функционированию

В приложении предлагается выделить следующие функциональные подсистемы:

- Подсистема по переключению моделей строения человека
- Подсистема по переключению моделей органов человека

#### 4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала

Для поддержания и функционирования приложения требуется системный администратор, который будет отвечать за модернизацию, настройку и работоспособно комплекса технических средств.

Обучение работы с программой, контроль за приобретёнными в ходе обучения знаниями и навыками проводятся до начала эксплуатации.

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 4.1.3 Требования к интерфейсу пользователя

Система должна иметь человеко-машинный интерфейс, который удовлетворяет следующим требованиям:

- взаимодействие пользователя и системы должно осуществляться на русском языке, исключением являются системные сообщения, которые не подлежат русификации;
- допустимости видимости объектов вокруг позиции наблюдателя и возможность перемещения в пределах сцены
- должно быть реализовано отображение на экране только тех возможностей, которые доступны конкретному пользователю в соответствии с его функциональной ролью в приложении

### 4.1.5 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению

Пользователи должны быть проинструктированы о правилах использования технических средств, о работе с программным средством и с оборудованием виртуальной реальности.

Качество работы приложения зависит от соблюдения всех требований сопровождающей документации.

Устройство должно быть защищено от внешних и физических воздействий.

### 4.2 Требования к видам обеспечения

#### 4.2.1 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение должно осуществляться за счёт совокупности форм документов, классификаторов, нормативных баз и реализованных решений по объёмам, размещению и формам существования информации, которая применяется в программе при её функционировании.

Список предъявляемой на испытаниях программной документации:

- ГОСТ 19.402-78 – описание программы;
- ГОСТ 19.301-79 – программа и методика испытаний;

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

– ГОСТ 19.401–78 – тестирование программы.

### 4.2.2 Требования к лингвистическому обеспечению

Для реализации программного продукта может понадобиться язык программирования C#.

### 4.2.3 Требования к программному обеспечению

Для реализации и эксплуатации программы у пользователя должно быть установлена операционная система Windows 10 и должен быть установлен плагин Steam VR.

### 4.2.4 Требования к математическому обеспечению

Требования к математическому обеспечению отсутствуют.

### 4.2.5 Требования к техническому обеспечению

Минимальные требования к техническому обеспечению в клиентской части:

– Видеокарта NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290, аналогичные или более новые модели.

– Процессор Intel Core i5-4590, AMD FX 8350, аналогичные или более новые модели

– Оперативная 8 ГБ и более

– Видеовыход HDMI 1.4, DisplayPort 1.2

– USB 2.0

К дополнительным требованиям относятся:

– устройства ввода информации: клавиатура, мышь.

– устройства вывода информации: монитор, шлем виртуальной реальности.

### 4.2.6 Требования к организационному обеспечению

Категории пользователей, на которых ориентируется программный продукт:

## Продолжения ПРИЛОЖЕНИЯ А

– обучающиеся Центра развития современных компетенций детей «АмурТехноЦентр» («Дом научной коллаборации имени академика М.Т. Луценко»);

– обучающиеся других образовательных учреждений;

### 5 ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные показатели проекта:

– Длительность разработки: 9 месяцев;

–Трудозатраты: 1 чел/месяц;

– Финансирование не привлекается;

Экономический эффект от готового приложения может быть обеспечен за счёт платной установки программы.

Имеются зарубежные аналоги.

### 5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ

Этапы, которые должны быть выполнены в процессе разработки:

1 этап – Изучение предметной области, анализ деятельности организации, анализ конкурентов, анализ потенциальных программ для разработки. В конце этапа будут разработаны контекстные диаграммы и другие схемы.

2 этап – Разработка технического задания: уточнение требований заказчика к приложению, определение аппаратного и программного обеспечения, уточнение функционала приложения.

3 этап – Проектирование моделей строения человека: костной, нервной, кровеносной, мышечная и органной системы.

4 этап – Проектирование сцены приложения: стенд для изучения систем строения человека, стенд для изучения строения органов человека.

5 этап – Согласование созданного приложения с требованиями заказчика с учётом всех полученных замечаний и инструкций.

6 этап – Внедрение и сопровождение приложения: установка, настройка аппаратного и программного обеспечения, обучение пользователей, выявление и устранение неполадок.

## Продолжения ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 6 ТРЕБОВАНИЯ К ПРИЁМКЕ-СДАЧЕ ПРОЕКТА

#### 6.1 Общие требования к информационному наполнению

В рамках работы над проектом исполнитель разрабатывает симулятор, необходимый заказчику.

Приёмка готового приложения осуществляется в соответствии со следующим планом:

1 этап – анализ готового проекта;

2 этап – сравнение готового проекта с техническим заданием для определения степени соответствия поставленным задачам и требованиям;

3 этап – внесение корректировок и дополнений в систему по результатам предыдущих этапов;

### 7 ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ РАЗРАБОТАННОГО ПРОЕКТА В ДЕЙСТВИЕ

Перед тем как ввести готовое приложение в эксплуатацию разработчик должен договориться с руководителем организации о временном промежутке, за который он обязан внедрить разработанное приложение. Под внедрением понимается: обучение персонала, настройка системы.

### 8 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ

При вводе сайта в эксплуатацию должен быть пакет сопроводительных документов:

- техническое задание;
- описание программного продукта;
- руководство пользователя;

### 9 ТРЕБОВАНИЯ ПЕРЕНОСА СИМУЛЯТОРА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАКАЗЧИКА

После завершения сдачи-приёмки приложения, в рамках гарантийной поддержки исполнителем производится однократный перенос ПО на аппаратные средства заказчика. Соответствие программно-аппаратной платформы требованиям настоящего документа предоставляется заказчиком.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

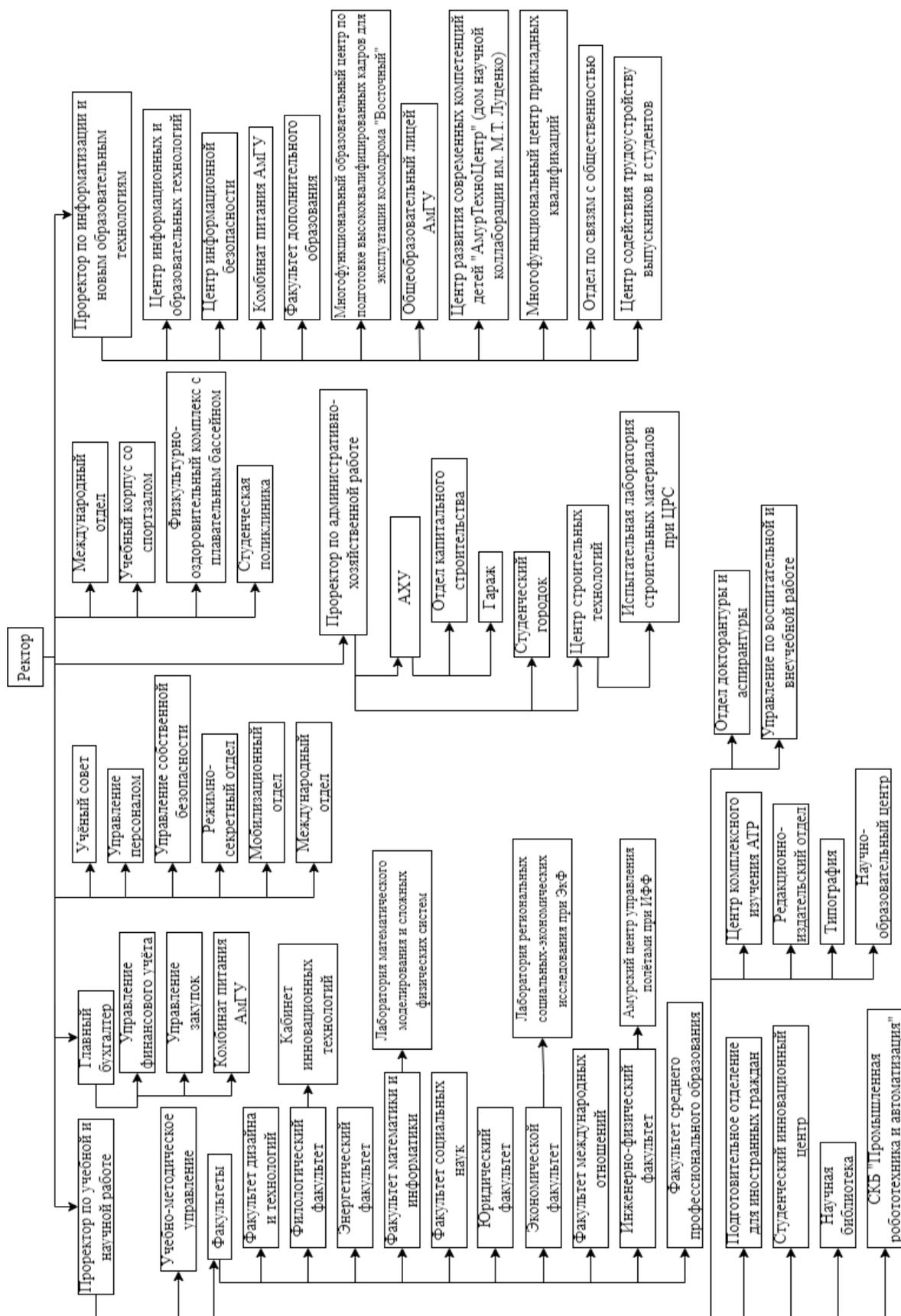


Рисунок Б.1 – Структура АмГУ

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

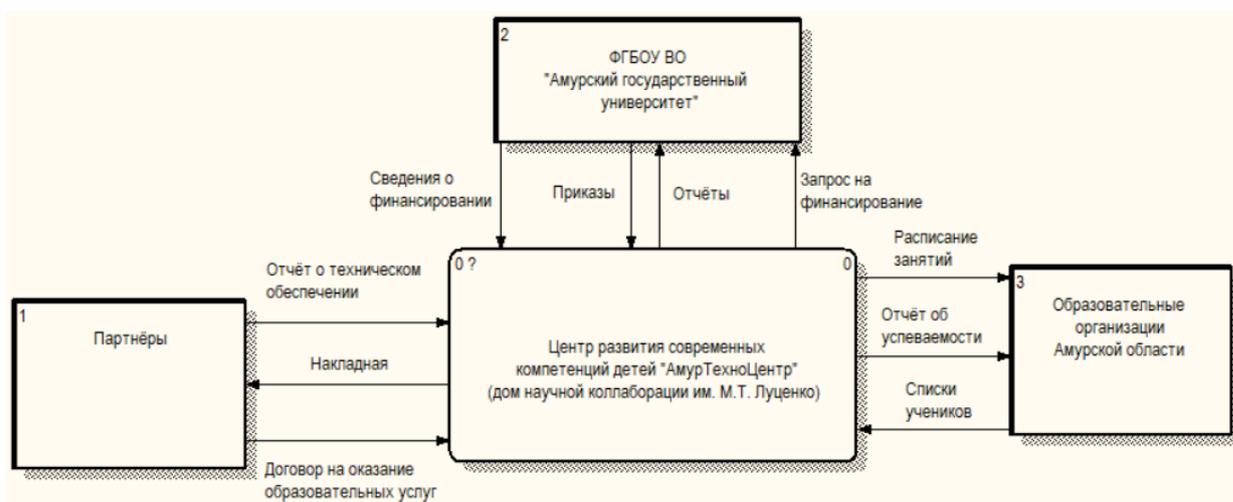
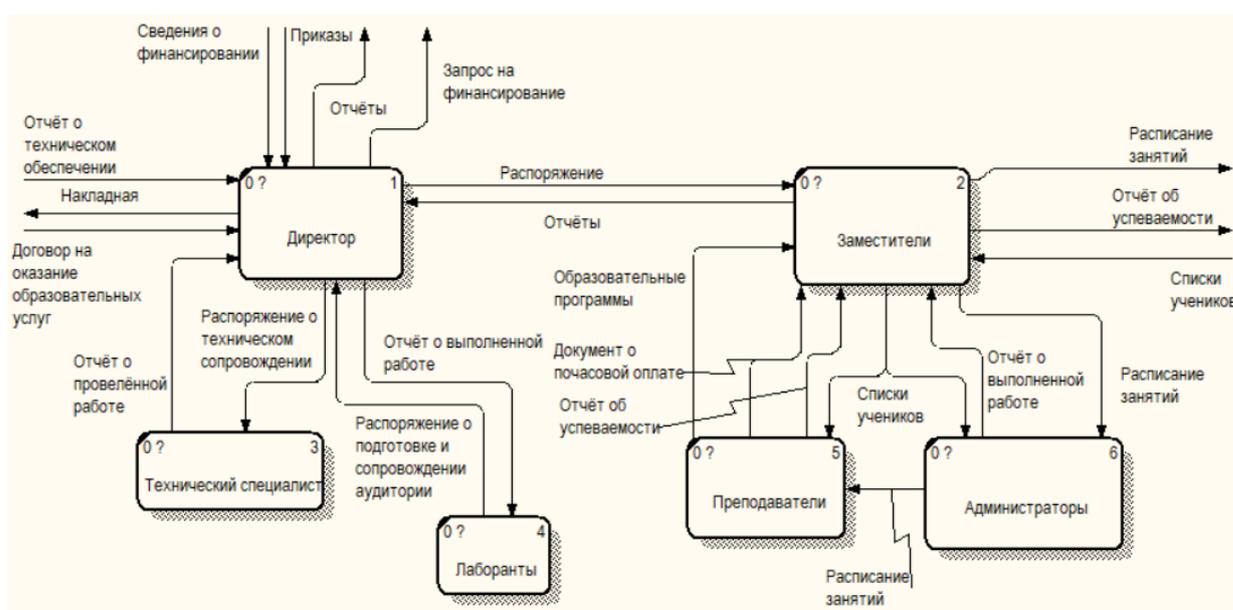


Рисунок Б.2 – Внешний документооборот ДНК



Б.3 – Внутренний документооборот ДНК

## ПРИЛОЖЕНИЕ В



Рисунок В.1 – Готовый стенд мышечной системы



Рисунок В.2 – Готовый стенд костной системы

## Продолжения ПРИЛОЖЕНИЯ В



Рисунок В.3 – Готовый стенд нервной системы

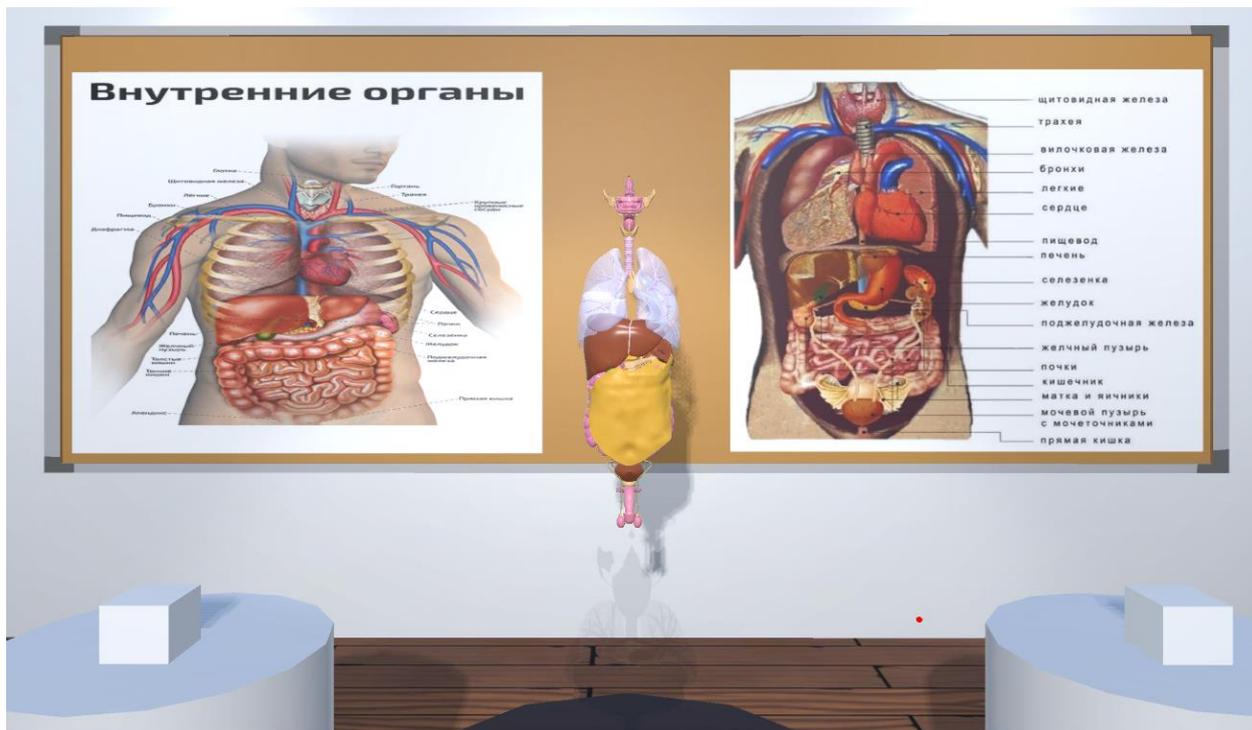


Рисунок В.4 – Готовый стенд органного строения