# Приложение 1

*[1 слайд] Представление*

Уважаемый председатель и члены государственной экзаменационной комиссии, вашему вниманию представляется защита выпускной квалификационной работы студента Московки Артёма Александровича группы ИКБО-20-19 по направлению подготовки Программная инженерия на тему «Стартап “Обучающее ПО по работе со стерильным помещением: Симуляция химической лаборатории с использованием фотореалистичный трехмерных клонов”». Руководитель работы к.т.н., доцент Плотников Сергей Борисович, консультант по экономической части старший преподаватель Белоусова Ирина Викторовна.

*[2 слайд] Актуальность и новизна*

Деятельность специалистов, занимающихся научной, исследовательской и производственной деятельностью в химических, фармацевтических и медицинских отраслях требует длительного обучения и наличия большого опыта, например, по правильной эксплуатации дорогостоящего оборудования, по условиям перемещения в лабораторных помещениях с особыми классами стерильности и герметичности. Обучение и тестирование персонала таких предприятий требует значительных ресурсов (временных, материальных, человеческих) и подвергает оборудование риску поломки. Для решения этих проблем и с целью цифровизации процесса обучения будущих специалистов была выбрана тема данной ВКР. Актуальность и новизна разработки представлены на слайде.

*[3 слайд] Цели и задачи*

Требуется разработать такой реалистичный цифровой двойник, чтобы у пользователей создавался эффект погружения, благодаря которому после обучения было комфортнее и проще влиться в процессы и окружение реальных предприятий на основе симуляционного опыта, идентичного настоящему. Формальная цель работы представлена на слайде выше, а задачи, разделенные по тематикам пояснительной записки, располагаются далее.

*[4 слайд] Анализ областей применения цифровых симуляций*

Все большую популярность набирают цифровые симуляции и двойники систем и оборудования по той причине, что обеспечивают требуемую гибкость разработки и создания сценариев для имитирования различных процессов. Благодаря им появляется возможность отработки поведения персонала без необходимости физического присутствия, моделирования внештатных и аварийных ситуаций, или даже создания цифрового прототипа объекта, которого пока не существует в реальном мире, чтобы у всех причастных к нему лиц было четкое представление, как должен выглядеть и работать разрабатываемый объект. Одним из примеров таких симуляций является разработка отечественной компании Gaidamaka.pro интерактивной VR-модели газораспределительной станции, полностью контролируемой и обозреваемой пользователем через специальную приборную панель и очки виртуальной реальности для создания требуемого эффекта присутствия на станции.

*[5 слайд] Анализ конкурентных решений*

Аналогами или даже конкурентами можно выдвинуть представленные на слайде цифровую симуляцию лаборатории Labster Датского происхождения, а также американскую виртуальную лабораторию ChemCollective. Первая программа предоставляет интерактивный трехмерный опыт деятельности ученого в лаборатории в таких областях, как анатомия, молекулярная физика, биология и химия. Второй же пример представляет является более упрощенной версией и не имеет объемной визуализации – процессы и этапы работы изображены схематически и без деталей происходящих реакций. Недостатками данных конкурентов является отсутствие поддержки русского языка интерфейса, кроме того, лаборатории ограничены в объеме предоставляемых сценариев и возможностей взаимодействия пользователя с симуляцией, а второй пример очевидно не имеет вышеупомянутого правдоподобного объемного внешнего вида.

*[6 слайд] Выбор и обоснование средств разработки*

Для разработки моделей цифровых объектов можно использовать такие программы моделирования, как Autodesk 3Ds Max, Blender, Maya и др., но выбор программы пал на 3Ds Max по причине наличия большого опыта работы с ним, а также потому, что именно эта программа была изучена в рамках одной из дисциплин третьего курса данного образовательного направления.

Чтобы трехмерные клоны получились фотореалистичного качества, требуется использовать программу текстурирования, которой является Adobe Substance Painter, признанный стандартом в индустрии.

Наконец, для сборки всех компонентов в единую систему, а также для обеспечения цифровых двойников ожидаемой логикой поведения, был использован игровой движок Unreal Engine 5 версии. Выбор данного ПО сделан по причине наличия нодовой системы программирования Blueprint, в результате которого снижается сложность и ускоряется процесс разработки кода, а выбор версии сделан по причине наличия интереса в развитии этой технологии и наличии новой системы динамического освещения, используемой в симуляции.

*[7 слайд] Разработка архитектуры системы*

Архитектура системы представляет из себя организацию симуляции, благодаря которой ее элементы взаимодействуют между собой и со средой в целом, а также принципы, определяющие проектирование и разработку этой системы. В разрабатываемой симуляции использовалась стандартная архитектура классов движка, представленная на рисунке 7. Согласно ей, все классы происходят от базового класса-предка UObject. Если не вдаваться в подробности, то взаимодействие классов фреймворка реализации игры представлено на рисунке 8. Согласно ему, с помощью интерфейса PlayerController пользователь имеет возможность взаимодействия с виртуальным пространством посредством интерфейса ввода данных, цифрового дисплея и менеджера камеры персонажа, которая позволяет видеть происходящее в симуляции. С помощью этих интерфейсов пользователь захватывает в свой контроль объекты специального класса Pawn и взаимодействует с симуляцией.

*[8 слайд] Разработка фотореалистичных трехмерных клонов (ЖЦ)*

Используемые в симуляции фотореалистичные трехмерные клоны начинают свой жизненный цикл с моделирования цифровых двойников в программе 3Ds Max по имеющимся физическим замерам из реальной стерильной комнаты. После чего объекты подготавливают к текстурированию и разворачивают, то есть представляют все части и детали модели на единой плоскости, которая потом будет заполнена информацией о фотореалистичных материалах в программе Substance Painter. Наконец, раскрашенные модели импортируются в проект Unreal Engine 5, готовые к дальнейшей работе.

*[9 слайд] Разработка алгоритмов (пример блюпринта)*

Разработка логики симуляции производилась с помощью технологии нодового программирования Blueprint, благодаря которой можно быстро и качественно создать требуемые сценарии в виртуальной лаборатории и придать жизни симуляции. Помимо различных математических и булевых нод в блюпринтах используются различные типы данных, такие как таймлайны, которые изменяют определенные переменные по графикам функций, примером такой является график на рисунке 13. Благодаря ему в симуляции реализована правдоподобная анимация нажатия кнопки включения стерилизации герметичного шлюза.

*[10 слайд] Разработка алгоритмов (реализация звукового сопровождения)*

Так как при создании правдоподобной симуляции пользователь может использовать не только зрение, но и слух для большего эффекта погружения, были разработаны звуковые блюпринты шума вентиляционных систем стерильной комнаты для приучивания будущих специалистов к условиям постоянного шума, подобного тому, что звучит в симуляции. А для усиления иммерсивности, то есть придания эффекта присутствия, персонажу, которым играет пользователь, добавлены разнообразные звуки ходьбы, привязанные к анимации движения ног для того, чтобы пользователю казалось, что он сам ходит по комнатам лаборатории, когда он смотрит вниз. Больше подробностей реализации логики и примеров представлено в пояснительной записке.

*[11 слайд] Разработка бизнес-логики приложения*

Бизнес-логикой приложения является набор правил и процессов, регулирующих работу и взаимодействие пользователя, системы и ее отдельных компонентов между собой. На слайде представлено деление системы на слои, с которыми происходит взаимодействие. Пользователь взаимодействует с системой через интерфейс, который принимает пользовательский ввод и через контроллеры ввода обрабатывает в потоки информации, которые обрабатываются скриптами в блюпринтах. После обработки и выполнения заложенной логики результат взаимодействия отражается в определенном отклике модели и элементов окружения симуляции, которые отображаются для пользователя в виде различных реакций на взаимодействие.

*[12 слайд] Тестирование приложения*

Тестирование производилось с использованием встроенных модулей unit-тестов движка, на рисунке 19 представлен список успешно пройденных тестов компонентов системы, благодаря чему можно сделать вывод, что система успешно собирается и не получает проблем при компилировании, запуске и сборке. Гистограмма и показатели справа показывают счетчики кадров в секунду, записанные в каждый момент времени ручного тестирования системы, по итогам разработки симуляция работает на частоте обновления кадров не ниже 67 в секунду, что является хорошим результатом и обеспечивает комфортный опыт работы в симуляции.

*[13 слайд] Планирование и расчет полной стоимости проведения работ*

График проведения работ по всем этапам представлен на рисунке 21, а ниже по формуле рассчитана полная договорная цена разработки проекта, составляющая 553 148 рублей с учетом 20% НДС в случае коммерческой разработки. В формуле также участвуют полная себестоимость (С) и прибыль (П).

*[14 слайд] Результаты*

По выполнении выпускной квалификационной работы кроме представленных на слайде результатов можно также сделать вывод о том, что междисциплинарное взаимодействие ИТ и химической сферы научной деятельности принесло свои плоды в виде готового к эксплуатации обучающего модуля, демонстрирующего возможности и гибкость настройки других подобных цифровых симуляций. Данный проект соответствует принятой 25 мая 2023 года Концепции технологического развития, поскольку в списке направленных на разработку проектов особое место занимают проекты с выпуском критически важной химической продукции, что непосредственно связанно с темой данной ВКР.

*[15 слайд] Апробация*

Настоящая работа была апробирована и опубликована на официальном сайте издания fgosonline.ru в качестве учебно-методического материала, а также является призером конкурса «Московский молодежный старт – 2022» по программе «УМНИК» Фонда содействия инновациям.

*[16 слайд]*

На этом мой доклад подошел к концу, Благодарю Вас за внимание и готов ответить на Ваши вопросы!