ТИТУЛЬНЫЕ ЛИСТЫ

**РЕФЕРАТ**

Отчет ?? с., ?? рис., ?? табл., ?? источн.

СИМУЛЯЦИЯ, ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫЙ ТРЕХМЕРНЫЙ КЛОН, ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ, ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ, СТЕРИАЛЬНАЯ КОМНАТА

Объект исследования – симуляция химической лаборатории для обучения обучающихся правилам взаимодействия с ней.

Предмет исследования – симуляционное ПО, имитирующее процессы и поведение специалиста в химической лаборатории.

Цель работы – прототипирование, разработка и тестирование симуляционного модуля, использующего фотореалистичные трехмерные клоны.

В ходе работы был проведен краткий анализ предметной области и обзор аналогичных технических реализаций и симуляторов.

Методом сравнительного анализа были определены перспективные решения и реализация требуемого обучающего ПО, включая визуальную составляющую, симулируемые процессы и поведение пользователя в виртуальной среде. Рассмотрены процесс моделирования трехмерных клонов, прототипирования и разработки симуляции, используемый программно-технический инструментарий и среды разработки и моделирования.

Результатом работы является цифровая симуляция химической лаборатории, в работе с которой пользователь взаимодействует с правдоподобными реальным трехмерными клонами химического оборудования и элементов окружения.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 7](#_Toc130293255)

[1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ 10](#_Toc130293256)

[1.1 Анализ существующих областей применения цифровых симуляций 10](#_Toc130293257)

[1.2 Анализ конкурентных технических решений цифровых симуляций, используемых в пространстве IT технологий 11](#_Toc130293258)

[1.3 Выбор средств разработки приложения 12](#_Toc130293259)

[1.4 Выбор средств разработки трехмерных моделей 13](#_Toc130293260)

[1.5 Выбор средств разработки алгоритмов лаборатории и оборудования в ней 13](#_Toc130293261)

[1.6 Постановка задачи к разработке и исследованию цифровой симуляции 14](#_Toc130293262)

[1.7 Выводы к разделу 1 14](#_Toc130293263)

[2 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ 15](#_Toc130293264)

[2.1 Описание жизненного цикла разработки цифровых двойников 15](#_Toc130293265)

[2.2 Разработка архитектуры системы 15](#_Toc130293266)

[2.3 Разработка моделей цифровых двойников 15](#_Toc130293267)

[2.4 Разработка алгоритмов моделей цифровых двойников 15](#_Toc130293268)

[2.5 Выводы к разделу 2 15](#_Toc130293269)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 16](#_Toc130293270)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 17](#_Toc130293271)

**ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями.

|  |  |
| --- | --- |
| Игровой движок, движок | – объединенный в единое целое комплекс прикладных программ, с помощью которых обеспечивается графическая визуализация, звуковое сопровождение, перемещение внутриигровых персонажей, их действия в соответствии со скриптами, а также встроенные графические сцены, соблюдение физических эффектов и законов [1] |
| Скрипт | – последовательность команд, инструкций на сценарном языке, использующаяся для автоматизации рутинных задач, описания поведения персонажа в компьютерной игре и т. п. |
| Цифровой двойник | – цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса |
| Трехмерный клон | – аналогично цифровому двойнику |
| UV-развертка | – двухмерная поверхность готовой трехмерной модели, используемая для раскрашивания и нанесения на нее текстур |
| UV-карта | – аналогично UV-развертке |
| Zero-code, No-code, Low-code | – подходы к разработке, в котором задачи по автоматизации и запуску ИТ-продуктов решают без программирования или с минимальным количеством печатного кода |
| Lumen | – проприетарная технология глобального освещения, используемая в Unreal Engine 5 |
| Blueprint | – скриптовая система в Unreal Engine, которая представляет собой визуальный интерфейс для создания элементов геймплея |
| Блюпринт | – транслитерация англоязычного слова Blueprint, упомянутого выше |

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

В настоящем отчете применяют следующие сокращения и обозначения.

|  |  |
| --- | --- |
| UE | – Unreal Engine |
| ПО  НИР | – программное обеспечение  – научно-исследовательская работа |
| ЦД | – цифровой двойник |
| VR | – виртуальная реальность |

# ВВЕДЕНИЕ

Очень большую роль в благополучии жизни человека играет его карьерная составляющая, которая практически никогда не может быть основана без подходящего высшего образования, поэтому крайне важно на этапе выпуска из средней школы уже иметь представление о том, какой профессиональной сфере хотелось бы посвятить свою жизнь и куда поступать, будучи абитуриентом.

Некоторые специальности и профессии не требуют больших знаний и длительной подготовки, в то время как другие профессии требуют длительных временных промежутков на обучение, получение требуемого опыта и багажа знаний теоретических и практических, основанных на этом полученном опыте. К второй категории можно отнести деятельность медицинских, химических, фармацевтических работников и людей, занимающихся научной, исследовательской и производственной деятельностью в лабораторных условиях, требующих следования строгим нормам и правилам, например, по правильному взаимодействию с дорогостоящим лабораторным оборудованием, по перемещению по лабораторным зонам с особыми зонами стерильности и герметичности.

Также стоит упомянуть, что для обучения каким-то профессиям не требуется специфических условий и дорогостоящего оборудования, когда для подготовки квалифицированных кадров в вышеупомянутых направлениях медицины, химии, фармацевтики для обучения будущих специалистов будет необходимо использование оборудования, которое в нынешних санкционных условиях может быть труднодоступным по части обслуживания, ремонта и обновления в случае поломок каких-то деталей или модулей.

С целью предоставления возможности обучения таким направлениям высшего образования, снижения издержек при подготовке юных специалистов и ученых, популяризации химической, фармацевтической и медицинской сфер естественных наук была выбрана данная тема выпускной квалификационной работы.

Актуальность данной научной работы неоспорима, поскольку фармацевтика, медицина и химия являются основными составляющими элементами системы здравоохранения человека из-за повсеместного применения людьми лекарств и средств по сохранению, улучшению и восстановлению здоровья, а подготовка новых кадров будет напрямую влиять на условия проживания в стране, потому что эти направления влияют на экономику государства и благосостояние жизни.

Конечной целью НИР является создание такого программного решения, которое позволило бы имитировать деятельность специалиста в трехмерной химической лаборатории, выполняющего требования по безопасности работы, нормам стерильности и герметичности помещений и объектов окружения, а также использующего в своей работе специализированного оборудования и устройств по соблюдению требований работы в стерильных помещениях.

Основными задачами работы является проведение анализа существующих областей применения цифровых симуляций, конкурентных решений цифровых симуляций, выбор требуемых для разработки средств и инструментов, описание жизненного цикла разработки ЦД, разработка архитектуры системы моделирование помещений и окружения, а также фотореалистичных цифровых двойников, прототипирование и разработка симуляционного пространства и оснащение окружения алгоритмами требуемого поведения и механик работы, наконец, тестирование симуляции на предмет несоответствий выдвинутым требованиям к разработке виртуальной реализации лаборатории.

Объектом исследования является симуляция хим. лаборатории для обучения обучающихся правилам взаимодействия с ней, предметом же исследования является симуляционное ПО, имитирующее желаемые процессы и поведение специалиста в стерильном помещении.

Новизна данной темы заключается в тесном междисциплинарном взаимодействии информационных технологий и таких дисциплин естественных наук, как химия, биология и фармацевтика, работа над НИР производилась при поддержке Московского Института Тонких Химических Технологий Имени Ломоносова, предоставившего ценные метрологические данные и материалы для качественной и точной работы над окружением и оборудованием стерильных помещений, в которых производились замеры и были получены фото- и видеоматериалы по устройству, взаимодействию специалиста с окружением и эксплуатации им оборудования.

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

### Анализ существующих областей применения цифровых симуляций

В настоящее время все большую популярность набирают цифровые симуляции и двойники систем и оборудования, поскольку предоставляют большую гибкость моделирования и создания сценариев для имитирования реальных процессов. С их помощью предоставляется возможным отрабатывать поведение персонала на интерактивных моделях без необходимости присутствия на реальном объекте. Зачастую цифровой двойник создают на более ранних стадиях, еще на этапе идеи, чтобы все причастные к объекту лица понимали и представляли, как должен выглядеть и работать разрабатываемый объект. Запрос на такие виртуальные среды в первую очередь поступает от индустриальных и инжиниринговых компаний [2].

Можно выделить три основных ситуации, в которых будет полезна цифровая симуляция:

1. объект еще не существует в реальном мире, но есть потребность в интерактивной визуализации и ускорении его проектирования,
2. объект в физически труднодоступном месте, а эксплуатация неподготовленным оператором или даже нахождение в помещении опасно, например, если это реплика атомной станции или активного ядра атомной подводной лодки),
3. объект является уникальным прототипом, существующем в единственном экземпляре либо очень узком объеме и доступе, а тестирование или обучение на нем кадров должно быть произведено большим количеством человек.

Наглядным примером может выступать разработка отечественной компании Gaidamaka.pro интерактивной VR-модели газораспределительной станции для инжиниринговой компании «Газэнергокомплект». Проект был представлен на Петербургском международном газовом форуме в октябре 2021 года. В зависимости от установленных параметров, активированных пользователем, модель станции автоматически реагировала: включалась сигнализация, активизировались алгоритмы выравнивания давления, производилось автоматическое и ручное управление подачей газа с основных линий на резервные, имитировались аварийные ситуации с демонстрацией мер их предотвращения. Подобная симуляция, несомненно, является наглядной демонстрацией работы неподготовленному зрителю либо для обучения новых кадров [3].

### Анализ конкурентных технических решений цифровых симуляций, используемых в пространстве IT технологий

Если говорить о конкретных примерах конкурентных технических решений цифровых симуляций по выбранной тематике, то стоит упомянуть о научной образовательной программе Labster, разработанной в 2012 году в Дании. Программа предоставляет возможность использовать на персональных компьютерах 298 виртуальных симуляций из различных сфер, включающих в себя биологию, химию, микробиологию, физику, органическую химию и другие дисциплины [4].

Другим схожим примером может выступать онлайн-ресурс для преподавания химии от Университета Карнеги Меллон ChemCollective. ChemCollective – это набор виртуальных лабораторий, сценариев, учебных пособий, онлайн-курсов и тестов, материалы которого широко используются для преподавания химии в старшей школе и могут быть полезны в университете. Недостатком данного ресурса является абстрактность и схематичность процессов и оборудования, отсутствие правдоподобных объектов и элементов взаимодействия и окружения, что может негативно сказываться на усвоении обучающимися материалов и недостаточной вовлеченности в процесс [5].

Разработка похожего продукта целесообразна, поскольку на российском рынке не представлено подобных программ и симуляторов, а в открытом доступе не имеется подобных аналогов, такие системы имеют локальный характер и разрабатываются на заказ для учебных заведений и предприятий без возможности использования их сторонними заинтересованными лицами.

### Выбор средств разработки приложения

Для разработки симуляции, использующей фотореалистичные трехмерные клоны, целесообразно использование игровых движков, которые позволяют интегрировать объекты на виртуальную сцену, оснастить их требуемой логикой поведения и элементами взаимодействия с ними пользователем.

Среди имеющихся в открытом доступе игровых движков можно выделить такие, как Unreal Engine, Unity, GameMaker, Godot, Construct, но конечный выбор был сделан в пользу движка от компании Epic Games Unreal Engine пятой версии в первую очередь из-за возможности обеспечить желаемый уровень детализации и фотореалистичный облик моделей благодаря технологии Lumen, также из-за удобства взаимодействия и масштабирования проекта, возможности интеграции VR технологий с использованием специальных сканирующих датчиков, шлема и контроллеров для взаимодействия пользователя с виртуальным оборудованием лаборатории. Немаловажным преимуществом UE является также система zero-code программирования, именуемая Blueprints, о которой подробнее будет сказано в п.1.5.

### Выбор средств разработки трехмерных моделей

Создание трехмерных моделей производится в программах 3D-моделирования, предоставляющих инструментарий по векторно-полигональному моделированию, выбор же конкретной программы чаще всего является индивидуальным и субъективным, поскольку данные приложения имеют схожий набор инструментов и при работе с ними выдают аналогичный друг другу результат.

Для моделирования и развертки была использована программа 3Ds Max 2020, разработанная компанией Autodesk. 3Ds Max имеет все необходимые инструменты и модификаторы взаимодействия с полигонами и объектами для успешной и качественной работы над созданием как самой трехмерной модели, так и соответствующей ей UV-развертки, необходимой для текстурирования и раскрашивания будущего фотореалистичного трехмерного клона физического объекта [6].

После развертывания модели и получения ее UV-карты начинается процесс текстурирования, который чаще всего, также как и в данной НИР, выполняется в программе Substance Painter, разработанной компанией Allegorithmic и затем приобретенной компанией Adobe, которая является стандартом в сфере текстурирования и придания желаемого облика и визуально-эстетической составляющей трехмерным моделям [7].

### Выбор средств разработки алгоритмов лаборатории и оборудования в ней

Чтобы наиболее точно и детализировано сымитировать поведение трехмерной лаборатории, оборудования в ней и взаимодействия пользователя с системой, требуется использование мощных и гибких инструментов разработки логики и скриптов, одним из таких инструментов является нодовая zero-code система Blueprints, используемая в игровом движке Unreal Engine. Благодаря блюпринтам, у разработчиков симуляторов и симуляционного ПО посредством UE есть возможность создать практически любой сценарий взаимодействия и поведения объектов, пользователя и окружения между собой, кроме того, данная технология работает без ошибок и непредвиденных обстоятельств из-за модульной архитектуры логических элементов.

Кроме блюпринтов, в UE присутствуют необходимые инструменты для точной настройки звуковых эффектов, анимации объектов и виртуального персонажа, без которых разработка правдоподобной симуляции не представлялась бы возможной.

### Постановка задачи к разработке и исследованию цифровой симуляции

### Выводы к разделу 1

## ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

### Описание жизненного цикла разработки цифровых двойников

### Разработка архитектуры системы

### Разработка моделей цифровых двойников

### Разработка алгоритмов моделей цифровых двойников

### Выводы к разделу 2

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной научно-исследовательской работы были достигнуты все поставленные цели и задачи работы, также были детально рассмотрены предмет и объект разработки, после краткого анализа аналогичных симуляций был разработан и протестирован программный модуль симуляции стерильных помещений хим. лабораторий, а для работы в них были смоделированы фотореалистичные трехмерные клоны, которые были оснащены алгоритмами поведения и работы с ними специалистом, а значит и обучающимся, использующим данную симуляцию.

Можно с уверенностью сказать, что работа была выполнена успешно, поскольку наработки и последующие версии разработанного программного решения планируются быть введенными в учебную деятельность студентов химических и фармацевтических направлений Московского Института ТХТ им. Ломоносова.

Также практическим применением данного ПО можно выдвинуть использование его в демонстрационных и ознакомительных целях на научных выставках и конференциях, что также будет благотворно сказываться на популяризации высшего образования в сфере химии, фармацевтики и биологии, и появления интереса к данным направлениям у абитуриентов или людей, заинтересованных в профессиональной деятельности.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://club.dns-shop.ru/blog/t-64-videoigryi/34701-chto-takoe-igrovoi-dvijok/
2. https://vc.ru/life/423551-keys-cifrovoy-dvoynik-industrialnogo-obekta-avtomaticheskaya-gazoraspredelitelnaya-stanciya
3. http://gaidamaka.pro/automated\_gas\_distribution\_station\_vr
4. <https://www.labster.com/>
5. <https://chemcollective.org/about_us/introduction>
6. <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
7. <https://www.adobe.com/products/substance3d-painter.html>