

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»  
Гуманитарный институт

Кафедра информационных технологий в креативных и культурных индустриях

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А. В. Усачёв

подпись

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Определение подхода к оптимизации рендеринга в реальном времени  
на примере разработки VR-тренажёра

09.04.03 «Прикладная информатика»

09.04.03.03 «Прикладная информатика в области искусств  
и гуманитарных наук»

Руководитель	_____	доцент, кандидат филос. наук	М. А. Лаптева
	подпись, дата		
Выпускник	_____		А. А. Денисова
	подпись, дата		
Рецензент	_____	профессор, д-р техн. наук	И. В. Ковалёв
	подпись, дата		

Красноярск 2022

Продолжение титульного листа МД по теме Определение подхода к оптимизации рендеринга в реальном времени на примере разработки VR-тренажёра

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

Е. Р. Брюханова

подпись, дата

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 VR-тренажёры и программное обеспечение для их создания.....	7
1.1 Обзор отечественных VR-тренажёров.....	7
1.2 Используемое программное обеспечение для разработки VR-тренажёра..	16
2 Оптимизация рендеринга в реальном времени на примере разработки VR-тренажёра .....	20
2.1 Основы конвейера рендеринга в реальном времени .....	20
2.2 Разработка и оптимизация VR-тренажёра «Ремонт фонтанной арматуры» .....	34
Заключение .....	45
Список использованных источников .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

В наши дни информационные технологии используются практически во всех сферах деятельности общества. Среди них широкой популярностью пользуется виртуальная реальность (англ. virtual reality, VR) – искусственно-созданный с помощью компьютера виртуальный мир, воспринимаемый человеком посредством специальных устройств [1].

По данным когнитивной психологии человек получает 80% информации из окружающего мира с помощью зрения, при этом запоминает 20% того, что видит, 40% того, что видит и слышит, и 70% того, что видит, слышит и делает [2]. С помощью технологий виртуальной реальности возможно в полной мере использовать особенности восприятия человека в образовательном процессе, позволяя пользователям приспосабливаться к сложным учебным процессам в интерактивной форме. Особое значение обучение с помощью технологий виртуальной реальности приобретает для обучения профессиям, где использование различного оборудования и механизмов связано с повышенным риском или с большими затратами [3]. В таких случаях одним из эффективных методов обучения может выступать тренажёр в виртуальной реальности (далее VR-тренажёр).

Виртуальный тренажёр – это симуляция реального объекта в виртуальной среде, сценарий взаимодействия с которым заложен в программу обучения. Он обеспечивает работу в режиме реального времени, интерактивность и полное погружение в искусственную реальность [4]. VR-тренажёр представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из оборудования виртуальной реальности и цифровой среды, в которой пользователь может перемещаться и взаимодействовать с виртуальными объектами [5].

Особое внимание в процессе разработки VR-тренажёра уделяется качеству визуализации, которая должна быть максимально достоверной для лучшего восприятия информации конечным пользователем. Ключевым процессом в работе VR-тренажёра является рендеринг (англ. rendering),

основной функцией которого является генерирование двухмерного изображения с учётом виртуальной камеры, трёхмерных объектов, источников света и т. д. [6].

Существует два основных типа рендеринга – рендеринг не в реальном времени (англ. non real-time rendering) и рендеринг в реальном времени (англ. real-time rendering), главная разница между которыми состоит в скорости обработки и качестве изображений.

Скорость рендеринга обычно выражается в кадрах в секунду (англ. frame per second, FPS), то есть в количестве изображений, отображаемых в секунду, которые используются для выражения скорости для конкретного изображения или средней производительности за некоторый период использования. На сегодняшний день, при разработке приложений виртуальной реальности следует стремиться к 90 FPS, чтобы пользователь не чувствовал дезориентацию, тошноту и другие негативные эффекты при использовании [7].

Таким образом, основная цель при рендеринге в реальном времени состоит в том, чтобы достичь максимально возможного качества графики при достаточно высокой скорости рендеринга.

Актуальность исследования заключается в необходимости определения эффективного подхода к оптимизации процесса рендеринга в реальном времени для комфортного использования оборудования виртуальной реальности в образовательном процессе.

Объектом исследования является рендеринг в реальном времени.

Предметом исследования является оптимизация рендеринга в реальном времени на примере разработки VR-тренажёра.

Цель работы – определить обобщённый подход к оптимизации рендеринга в реальном времени на примере разработки VR-тренажёра «Ремонт фонтанной арматуры».

Достижение цели требует решения следующих задач:

- 1) произвести обзор отечественных VR-тренажёров;

2) определить необходимое программное обеспечение для разработки VR-тренажёра;

3) изучить основы конвейера рендеринга в реальном времени;

4) произвести разработку и оптимизацию VR-тренажёра «Ремонт фонтанной арматуры».

Основой для исследования выступает серия книг Real-time Rendering от ведущих экспертов в области компьютерной графики и руководство для разработчиков от Unity.

Новизна работы заключается в определении обобщённого подхода к оптимизации рендеринга в реальном времени с целью повышения производительности виртуальных сцен с достоверной графикой.

Результаты исследования могут быть применены при разработке виртуальных тренажёров, виртуальных реконструкций или трёхмерных видеоигр в межплатформенной среде разработки Unity, а также при теоретическом исследовании процесса рендеринга в реальном времени.

Работа состоит из введения, двух глав, включающих в себя обзор отечественных VR-тренажёров, определение необходимого программного обеспечения для разработки VR-тренажёра, изучение основных этапов конвейера рендеринга в реальном времени, а также описание процесса разработки и оптимизации VR-тренажёра «Ремонт фонтанной арматуры», и заключения.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Гуманитарный институт

Кафедра информационных технологий в креативных и культурных индустриях

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



А. В. Усачёв

подпись

« 6 » 07 2022 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Определение подхода к оптимизации рендеринга в реальном времени  
на примере разработки VR-тренажёра

09.04.03 «Прикладная информатика»

09.04.03.03 «Прикладная информатика в области искусств  
и гуманитарных наук»

Руководитель	 06.07.22 подпись, дата	доцент, кандидат филос. наук	М. А. Лаптева
Выпускник	 06.07.22 подпись, дата		А. А. Денисова
Рецензент	 06.07.22 подпись, дата	профессор, д-р техн. наук	И. В. Ковалёв

Красноярск 2022