

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

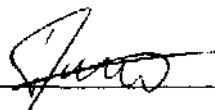
УДК 681.3 _____

Гриневич Яна Григорьевна

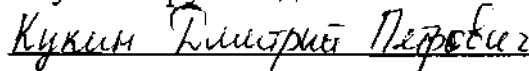
Применение уравнений Навье-Стокса для моделирования и визуализации жидкостей

АВТОРЕФЕРАТ

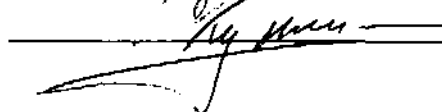
на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1 -40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка информации»



Научный руководитель



К. т. н., доцент



КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Вода – важный элемент природы. Она часто встречается в видео-играх и других виртуальных средах, но обычно вариантов взаимодействия с ней предоставляется мало. Основная причина заключается в том, что для моделирования поведения жидкости необходимо большое количество вычислительных ресурсов. Изначально моделирование воды и других жидкостей путем численного решения уравнений Навье-Стокса применялось для инженерных задач, например, при строении мостов, прогнозирование погоды. С 1990-х эти методы стали применяться и в компьютерной графике, но в основном для спецэффектов в фильмах. Развитие компьютерной техники, а также появление графических процессоров упростили симуляцию в режиме реального времени, так что теперь возможно применять их в играх. В основном эти методы используются для обогащения визуальной составляющей.

На основе методов моделирования жидкостей можно также создавать и симуляцию других явлений, например, дыма или огня. Реалистичное моделирование не только визуально обогащает игровое пространство, что помогает погружению игрока в виртуальный мир, но и вносит дополнительную интерактивность в игровой процесс.

Проблема поиска оптимального решения для моделирования жидкостей в играх является актуальной и востребованной, так как здесь существует ограничение – симуляция должна происходить в режиме реального времени.

Существует множество методов моделирования жидкостей, каждый из них подходит под определенные задачи, но универсального не существует.

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цели и задачи исследования. Целью данной диссертационной работы является реализация метода моделирования жидкости на основе уравнений Навье-Стокса с возможностью применения его при разработке игр. Для ее достижения были сформированы следующие задачи:

- анализ роли, которую выполняют жидкости в играх, для чего они нужны и насколько сильно;
- определение критериев выбора оптимального метода моделирования;

- рассмотрение основных математических аспектов моделирования жидкости, анализ уравнений Навье-Стокса;
- краткий обзор готовых решений для моделирования жидкостей, их основных достоинств и недостатков;
- реализация выбранного метода моделирования (гидродинамика сглаженных частиц), поиск способов ее улучшения, анализ производительности;
- определение возможных путей дальнейшего развития темы.

Новизна полученных результатов. Результатом работы стало усовершенствование метода гидродинамики сглаженных частиц, путем добавления распараллеливания вычислений на основе библиотеки шаблонов Intel TBB.

Положения, выносимые на защиту. В ходе работы над реализацией метода гидродинамики сглаженных частиц было проанализировано влияние выбора сглаживающей функции на производительность вычислений. Наиболее выгодной оказалась функция Гаусса.

Апробация результатов работы. Результаты исследований были представлены на студенческой научно-технической конференции.

Опубликованность результатов исследования. Результаты работы опубликованы в тезисах конференции СНТК-2018.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает в себя оглавление, общую характеристику работы, 3 главы, заключение, списка использованных источников (35 наименований). Диссертация содержит 47 страниц, в том числе 14 рисунков.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Введение содержит обоснование актуальности рассматриваемой темы, вопросы ее практической значимости, а также поставлены цели и определены задачи работы.

Первая глава посвящена анализу роли жидкостей в компьютерных играх, а также определены основные требования, предъявляемые к методу моделирования. Сделан вывод о том, какой аспект моделирования интересно рассмотреть в первую очередь.

Во второй главе приведена теоретическая база моделирования жидкостей, необходимая в диссертационном исследовании. Рассмотрены основные составляющие уравнений Навье-Стокса для жидкости, а также варианты их упрощения в связи со спецификой моделирования в играх. Проведен краткий обзор основных методов моделирования, основанных на частицах, сетках и другие. На основе этого был сделан выбор метода гидродинамики сглаженных частиц для реализации.

В третьей главе более подробно описан метод гидродинамики сглаженных частиц, а также его алгоритм применительно к задаче. Рассмотрен способ ускорения моделирования при помощи распараллеливания вычислений на основе библиотеки шаблонов C++ Threading Building Blocks. А также приведены результаты моделирования на 1016 частиц.

В заключении проведен анализ выполненной работы, сделаны выводы по результатам моделирования. Предложены дальнейшие шаги для развития полученной реализации метода гидродинамики сглаженных частиц, а также варианты его применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Не существует единого метода моделирования жидкостей, который одинаково хорошо удовлетворял бы все требования, предъявляемые к нему в связи с применением его в играх. Также одни методы лучше подходят для симуляции поведения большого объема жидкости, другие – для маленьких объемов, но они хорошо отражают взаимодействие жидкости и твердого тела. Поэтому было решено сосредоточиться на одном из них и рассмотреть возможность его применения в разных ситуациях.

2. Существуют две основные точки зрения для представления жидкости – Эйлера и Лагранжа, или сеточные методы и методы, основанные на частицах. Сеточные методы Эйлера больше подходят для моделирования больших объемов жидкостей, а методы частиц – для небольших. Преимущество последних в возможности симуляции более реалистичного взаимодействия жидкости и твердого тела. Самый популярный из этого семейства методов – гидродинамика сглаженных частиц или SPH. Поэтому был реализован именно он, как наиболее интересный для рассмотрения.

3. С помощью выбранного метода было реализовано моделирование поведения жидкости во вращающейся емкости. Симуляция жидкости на основе метода SPH является довольно реалистичной, однако этот метод не рекомендуется применять для моделирования более тонких процессов, например, газа или дыма. Для выигрыша в производительности применялось распараллеливание вычислений на основе библиотеки шаблонов Intel TBB. Однако ощутимая разница заметна только при использовании четырехядерных процессоров. Метод гидродинамики сглаженных частиц не полностью удовлетворяет требованиям, выдвинутым в первой главе, поэтому в дальнейшем, возможно, его совершенствование путем комбинирования с другими методами.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Гриневич, Я.Г. Моделирование жидкостей в компьютерных играх // Информационные технологии и управление: материалы 54-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов УО «БГУИР», Минск, 2018, с. 77.