

## **Метод симуляции воды на основе системы частиц для гибридных систем с двумя видеокартами**

**Лях Г.С.<sup>1</sup>, Султанов Р. Р.<sup>1</sup>, Козловский А. С.<sup>1</sup>  
Научный руководитель – аспирант Богданов М.К.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка и анализ алгоритма симуляции воды на основе системы частиц для гибридных систем с двумя видеокартами».

### **Введение**

В современных интерактивных приложениях требования к качеству графики и физической правдоподобности постоянно растут. Это приводит к увеличению вычислительной нагрузки на графические процессоры, особенно в задачах, связанных с динамическими эффектами, включая симуляцию жидкости. При этом повышение визуального качества не должно нарушать ограничение по времени кадра, которое критично для приложений реального времени.

Существенная проблема заключается в том, что даже современные алгоритмы симуляции жидкости остаются ресурсоемкими: для стабильного и правдоподобного поведения среды требуется большое количество частиц и повторяющихся вычислительных шагов [1, 2]. На системах с ограниченной производительностью это может приводить к заметному падению частоты кадров и снижению общей отзывчивости приложения.

Развитие графических API и поддержка одновременной работы нескольких графических устройств открывают возможность перераспределять нагрузку между дискретной и интегрированной видеокартами [3, 4]. В связи с этим актуальной задачей является построение алгоритма, который позволяет выполнять симуляцию жидкости в гибридной multi-GPU системе, снижая нагрузку на основной графический процессор и сохраняя приемлемый баланс между качеством визуального результата и производительностью.

### **Основная часть**

В работе рассматривается алгоритм симуляции жидкости на основе системы частиц с использованием гибридной multi-GPU схемы [3, 4]. Состояние жидкости представляется набором частиц, для которых на каждом шаге обновляются скорости и положения под действием внешних сил, давления и вязкости [1]. Для устойчивого поведения системы используется итерационное уточнение положений частиц с учетом ограничения на сжимаемость [5].

Особое внимание уделяется поиску соседей. Взаимодействие каждой частицы вычисляется не со всей системой, а только с локальным окружением в фиксированном радиусе, что значительно снижает объем расчетов [2]. Такой подход позволяет сохранить приемлемое качество движения жидкости при меньших затратах времени на шаг симуляции.

В предлагаемой схеме этапы симуляции выполняются на дополнительном графическом процессоре, после чего данные о состоянии жидкости передаются на основной GPU для отрисовки кадра [4]. Функциональное разделение задач между устройствами уменьшает конкуренцию за ресурсы основного графического процессора и помогает стабильнее укладываться во временные ограничения кадра в интерактивных приложениях.

## **Выводы**

Проведен анализ задачи симуляции жидкости в контексте приложений реального времени и обоснована целесообразность multi-GPU подхода для снижения вычислительной нагрузки. Показано, что для практических задач приоритетом является не максимальная реалистичность, а устойчивое соотношение качества и производительности.

Рассмотренный алгоритм на основе частиц с ускорением за счет локального поиска соседей и функционального разделения задач между графическими процессорами может быть использован при разработке приложений для гибридных систем с дискретной и интегрированной графикой [3, 4]. Предложенная схема может внедряться в рендер-пайплайн как способ обеспечить предсказуемое время кадра при сохранении достаточной визуальной достоверности симуляции жидкости.

## **Литература**

1. Bridson R. Fluid Simulation for Computer Graphics. CRC Press, 2016, 269 с.
2. Hoetzlein R.C., Devtech G. Fast Fixed-Radius Nearest Neighbors: Interactive Million-Particle Fluids // GPU Technology Conference 2014.
3. Matthias M Wolka. SLI Multi-GPU // Game Developers Conference, 2005
4. Богданов М. К. Разработка и анализ алгоритмов мульти-GPU рендеринга с использованием дискретного и интегрированного GPU. 2021. 1–68 с.
5. Macklin M., Müller M. Position based fluids // ACM Trans Graph. 2013. Vol. 32, № 4.