

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеська національна академія харчових технологій**  
**Університет Інформатики і прикладних знань, м.Лодзь, Польща**  
**Національний технічний університет України «Київський**  
**політехнічний інститут»**  
**Навчально-науковий інститут комп'ютерних систем і технологій**  
**«Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова**

**XXI Всеукраїнська науково-технічна конференція**  
**молодих вчених, аспірантів та студентів**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**  
**ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

*Матеріали конференції*



Одеса

22-23 квітня 2021 р.

Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXI Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 22-23 квітня 2021 р. - Одеса, Видавництво ОНАХТ, 2021 р. – 229 с.

Збірник включає матеріали доповідей учасників конференції, які об'єднані за тематичними напрямками конференції.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова** - д.т.н., проф., **Єгоров Б.В.**, ректор ОНАХТ.

### **Співголови:**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доц., проректор з наукової роботи ОНАХТ,  
**Котлик С.В.** – к.т.н., доц., директор ННІКСІТ "Індустрія 4.0" ОНАХТ,  
**Даріуш Долива**, д.математичн.наук, уповноважений декана факультету Інформатики УІтаПЗ, м.Лодзь, Польща,  
**Ковалюк Т.В.** - к.т.н., доц. кафедри АСОІтаУ НТУУ «Київський політехнічний інститут»

### **Члени оргкомітету:**

**Плотніков В. М.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри ІТтаКБ ОНАХТ,  
**Артеменко С.В.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КІ ОНАХТ,  
**Хобін В.А.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри АТПтаРС ОНАХТ,  
**Тарасенко В.П.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри СКС НТУУ «Київський політехнічний інститут»,  
**Невлюдов І.Ш.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КІТАМ ХНУРЕ,  
**Мельник А.О.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри ЕОМ НУ “Львівська політехніка”,  
**Жуков І.А.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри КСтаМ НАУ.

Матеріали подано українською, російською та англійською мовами.  
Редактор збірника Котлик С.В.

## АНАЛІЗ МОДИФІКАЦІЇ КЛАСИЧНИХ ГРАФІЧНИХ КОНВЕЄРІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛЕННЯ РЕСУРСІВ

ЧАН А. Л. В. (*kovychwriter@gmail.com*),

РОМАНЮК О. Н. (*rom8591@gmail.com*)

Вінницький національний технічний університет

*Розглянуто особливості графічного конвеєра, проаналізовано його основні етапи, недоліки лінійної організації класичного графічного конвеєра та інноваційні рішення.*

Сучасний стан розвитку технологій комп'ютерної графіки дозволяє відтворювати об'єкти, явища, елементи реального світу з високим рівнем реалістичності та фізичної коректності. У свою чергу це відкрило нові можливості в залученні комп'ютерних технологій до різних сфер людської діяльності. Моделювання математично складних об'єктів є доволі ресурсоємним. Особливо це стосується тих обчислень і процесів моделювання, які виконуються в реальному часі. Виникає задача забезпечення оптимального використання ресурсів і розподілу виконання програмно-апаратних функцій. Аналіз існуючих рішень та модифікацій подібних технологій є актуальним та важливим для впровадження нових ідей та поліпшень.

При формуванні графічних зображень використовується графічний конвеєр, який визначає основні етапи формування зображень і їх послідовність. На рисунку 1 зображена схема класичного конвеєрного розрахунку. Розглянемо принцип роботи класичного графічного процесора.

Важливим у розвитку тривимірного моделювання було відокремлення задач формування 3D-зображень від тих, які виконував процесор загального призначення. Тепер для цих цілей використовується спеціалізований графічний процесор. Існуючі графічні процесори по складності не поступаються центральним і відрізняються лише призначенням. До їх характеристик так само відносять мікроархітектуру, тактову частоту та технологічний процес виробництва [1].

Для побудови тривимірних зображень виконується ряд операцій: відсікання невидимих об'єктів, розташування вершин об'єкта, побудова граней за вершинами, текстуризація отриманих полігонів за освітленням, рівнем деталізації, перспективними спотвореннями тощо. Реалістичність результуючого зображення залежить від ретельності виконання цих операцій, яку можна підвищити за рахунок паралелізації, конвеєризації та розподілення.

Саме для цього і використовується графічний конвеєр. Перший етап – процесор вершин. На ньому графічний процесор отримує від центрального процесора дані про об'єкт, розраховує геометрію сцени і положення вершин, які визначаються трьома координатами – X, Y і Z. Вершинні шейдери змінюють ці дані в процесі своєї роботи, наприклад обчислюючи нові координати і колір.

Геометричний процесор відповідає за збірку тривимірної моделі в полігони. Вершини з'єднуються між собою лініями, утворюючи каркасну модель. При з'єднанні вершин утворюються полігони (трикутники). В свою чергу піксельний процесор визначає кінцеві пікселі, які будуть виведені в кадровий буфер, і в результаті своєї роботи видає кінцеве значення кольору пікселя і Z-значення для подальшого етапу конвеєра. На етапі растеризації здійснюється поділ об'єкта на окремі пікселі. Блок растрових операцій з використанням

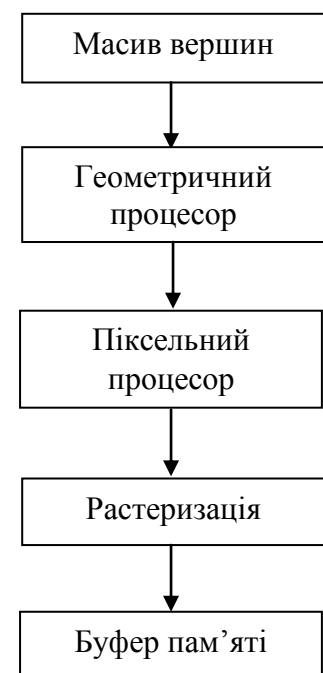


Рис. 1 – Класичний конвеєрний розрахунок тривимірного зображення

буфера глибини (Z-буфера) відкидає ті пікселі, які будуть не видно користувачеві. Також на даному етапі враховується прозорість пікселя.

Варто зазначити, що до складу графічних конвеєрів можуть бути включені й інші блоки, наприклад блок накладання текстур. Це залежить від архітектури графічного процесора.

В історії розвитку графічних процесорів тривалий період спостерігалось лише збільшення числа конвеєрів. Однак на практиці лінійна організація часто не передбачає те, що навантаження на вершинні і піксельні процесори може бути різне. Тут і виникає проблема оптимізації навантаження графічного процесора.

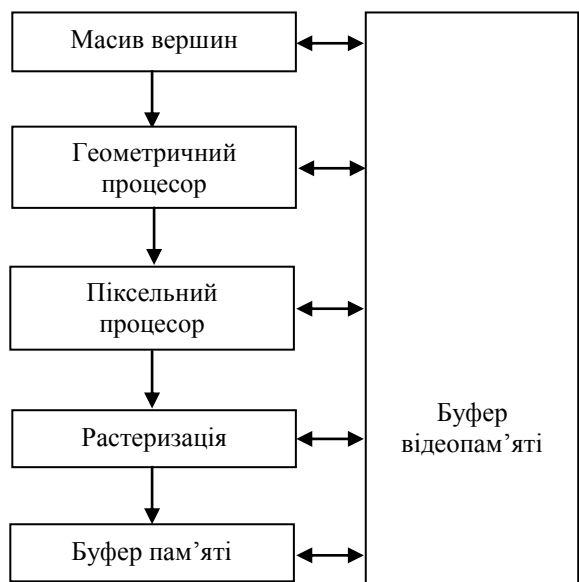


Рис. 2 – Доповнений конвеєрний розрахунок тривимірного зображення

Ще однією задачею є потреба зміни вже частково оброблених даних. У лінійній організації доводиться чекати завершення всіх етапів, неефективного завершення операцій, результуючі дані яких потрібно буде ще раз переобчислювати.

Як рішення, було запропоновано використання уніфікованих потокових процесорів (УПП) загального призначення, які здатні виконувати як вершинні, так і піксельні операції. Особливість УПП полягає також у здатності виконувати геометричні та фізичні розрахунки, що до цього не передбачалось у графічних процесорах.

В свою чергу, потокова циклічна обробка даних дозволяє вирішити питання неоптимального використання ресурсів у разі повторної обробки даних. У даному випадку, вхідні дані надходять на вхід одного уніфікованого процесора, обробляються їм, по виході записуються в регістри, а потім знову

подаються на вхід іншого процесора для виконання наступної операції обробки [1]. Тобто, до в графічному конвеєрі додається можливість відправляти дані в буфер пам'яті на проміжних етапах конвеєра, а потім знову використовувати їх для обробки. На рисунку 2 зображено таку схему графічного конвеєра.

Отже, важливим рішенням в питання оптимізації розподілення ресурсів у процесі виконання графічного конвеєра при рендерингу тривимірних зображень був перехід на використання уніфікованих потокових процесорів, які вирішують вищезгадані питання мультизадачності та дають змогу буферизувати дані на проміжних етапах обробки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пахомов С. «Революция в мире графических процессоров» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://compress.ru/article.aspx?id=16963>
2. Романюк О. Н. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник / О. Н. Романюк — Вінниця: ВДТУ, 2001.
3. Реалізація альтернативного конвеєра рендерингу на GPU з використанням обчислювальних шейдерів / О. Н. Романюк, О. О. Дудник, Н. С. Костюкова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія : «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – 2017.