



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Визуализация мыльных пузырей

Студент: ИУ7-53Б Каракотова Наталья Владимировна

Руководитель: Кострицкий А. С.

2023 г.

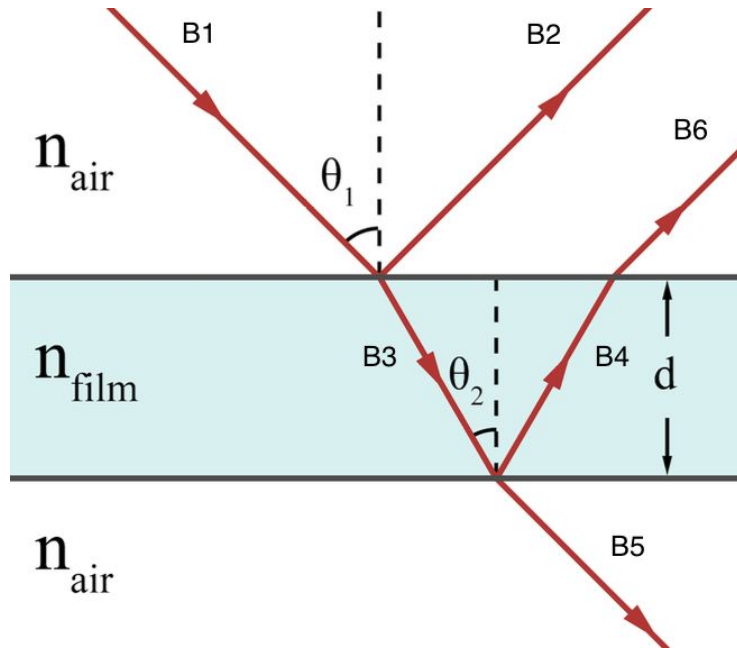
Цель и задачи

Цель – разработка программного обеспечения для создания реалистичного изображения мыльных пузырей.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) описать физическую модель мыльных пузырей;
- 2) проанализировать и выбрать модели представления объектов;
- 3) проанализировать и выбрать алгоритмы решения основных задач компьютерной графики: удаления невидимых линий и поверхностей, учёта теней и освещения;
- 4) спроектировать программное обеспечение;
- 5) выбрать средства реализации и реализовать спроектированное программное обеспечение;
- 6) обеспечить возможность тестирования, создать наборы тестов и продемонстрировать работоспособность программы;
- 7) исследовать характеристики разработанного программного обеспечения.

Физическая модель мыльных пузырей



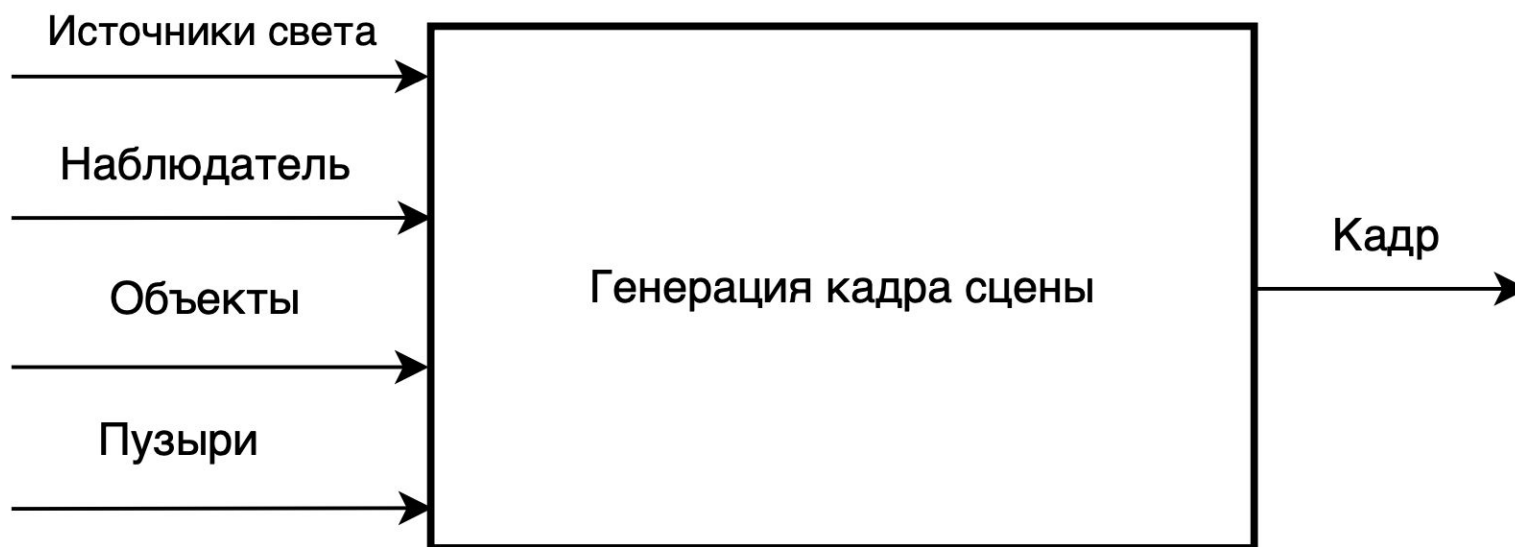
Разность хода: $\Delta = 2 \cdot d \cdot n_{\text{film}} \cdot \cos(\theta_2) - \frac{\lambda}{2}$

Разность фаз: $\delta = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta}{\lambda}$

Итоговая интенсивность: $I = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos(\delta))$



Формализованная постановка задачи генерации кадра с мыльными пузырями



Модели описания объектов

Обозначения:

А – аналитическая;

П – полигональная;

В – воксельная;

РС – равномерная сетка;

НС – неравномерная сетка;

N – количество полигонов;

M – количество вокселей;

K – количество соседних троек точек.

	А	П	В	РС	НС
Временная сложность поиска нормали	$O(1)$	$O(N)$	$O(M)$	$O(K)$	$O(K)$
Временная сложность поиска пересечения	$O(1)$	$O(N)$	$O(M)$	$O(K)$	$O(K)$
Пространственная сложность хранения объектов	$O(1)$	$O(N)$	$O(M)$	$O(K)$	$O(K)$
Возможность описания произвольных объектов	-	+	+	-	+
Отсутствие погрешности при задании сферического объекта	+	-	-	-	-

Глобальная модель освещения

Учитывает взаимное расположение объектов.

Составляющие:

- 1) a – фоновая (**a**mbient);
- 2) d – рассеянная (**d**iffuse);
- 3) s – зеркальная (**s**pecular);
- 3) r – преломлённая (**r**efract).

$$I = k_a I_a + k_d \sum_j I_j (N \cdot L_j) + k_s \sum_j I_j (V \cdot R_j)^\alpha + k_s I_s + k_r I_r$$

Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей

Обозначения:

Р – Робертса;

ЗБ – с использованием Z-буфера;

Х – художника;

В – Варнока;

ВА – Вейлера–Азертонa;

ОТ – обратная трассировка;

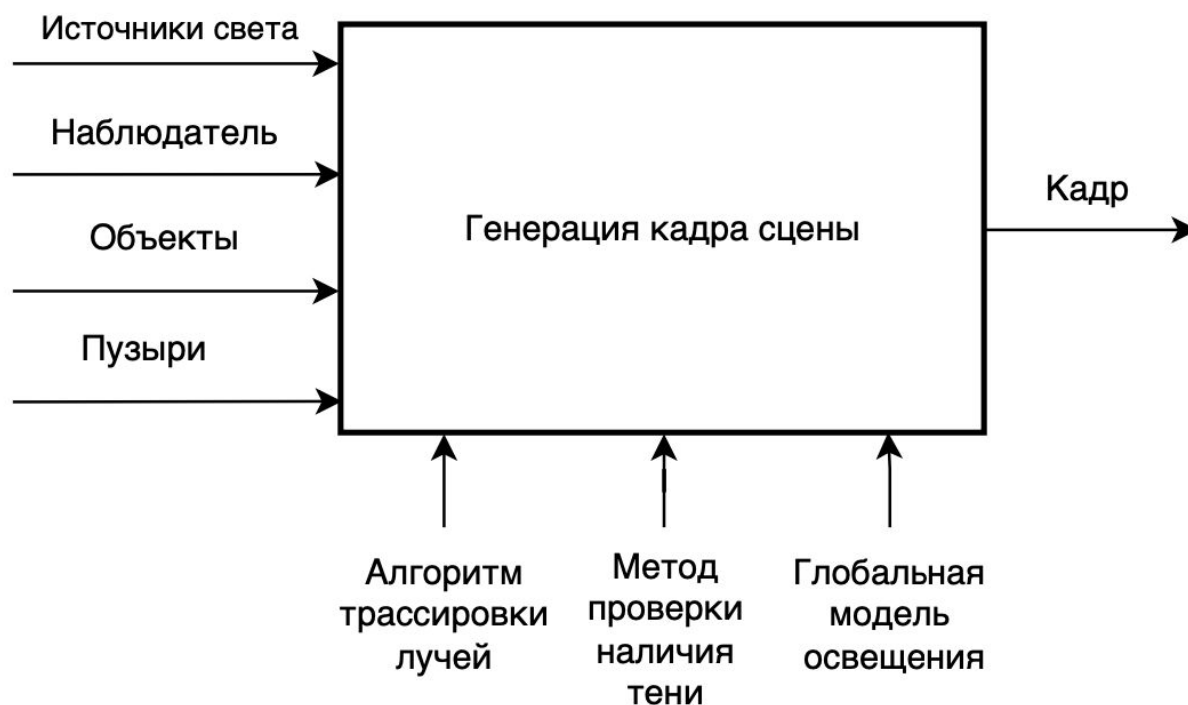
N – количество граней и аналитических поверхностей;

W – ширина экрана в пикселях;

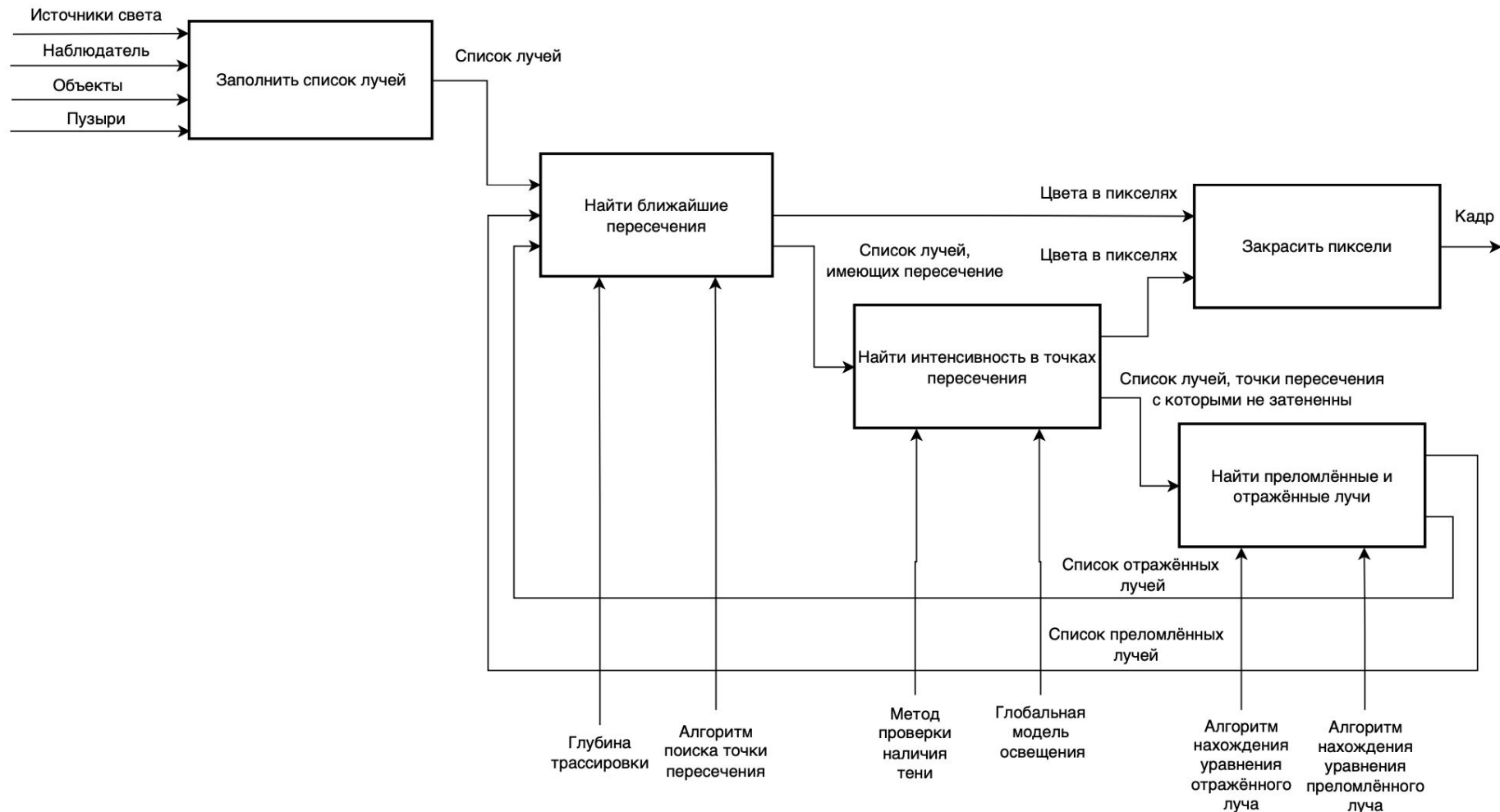
H – высота экрана в пикселях.

	Р	ЗБ	Х	В	ВА	ОТ
Возможность построения отражений и преломлений	-	-	-	-	-	+
Возможность использования без сортировки	+	+	-	+	-	+
Возможность использования для аналитических объектов	-	+	-	-	-	+
Временная сложность	$O(N^2)$	$O(WHN)$	$O(N)$	$O(WHN)$	$O(N^2)$	$O(WHN)$

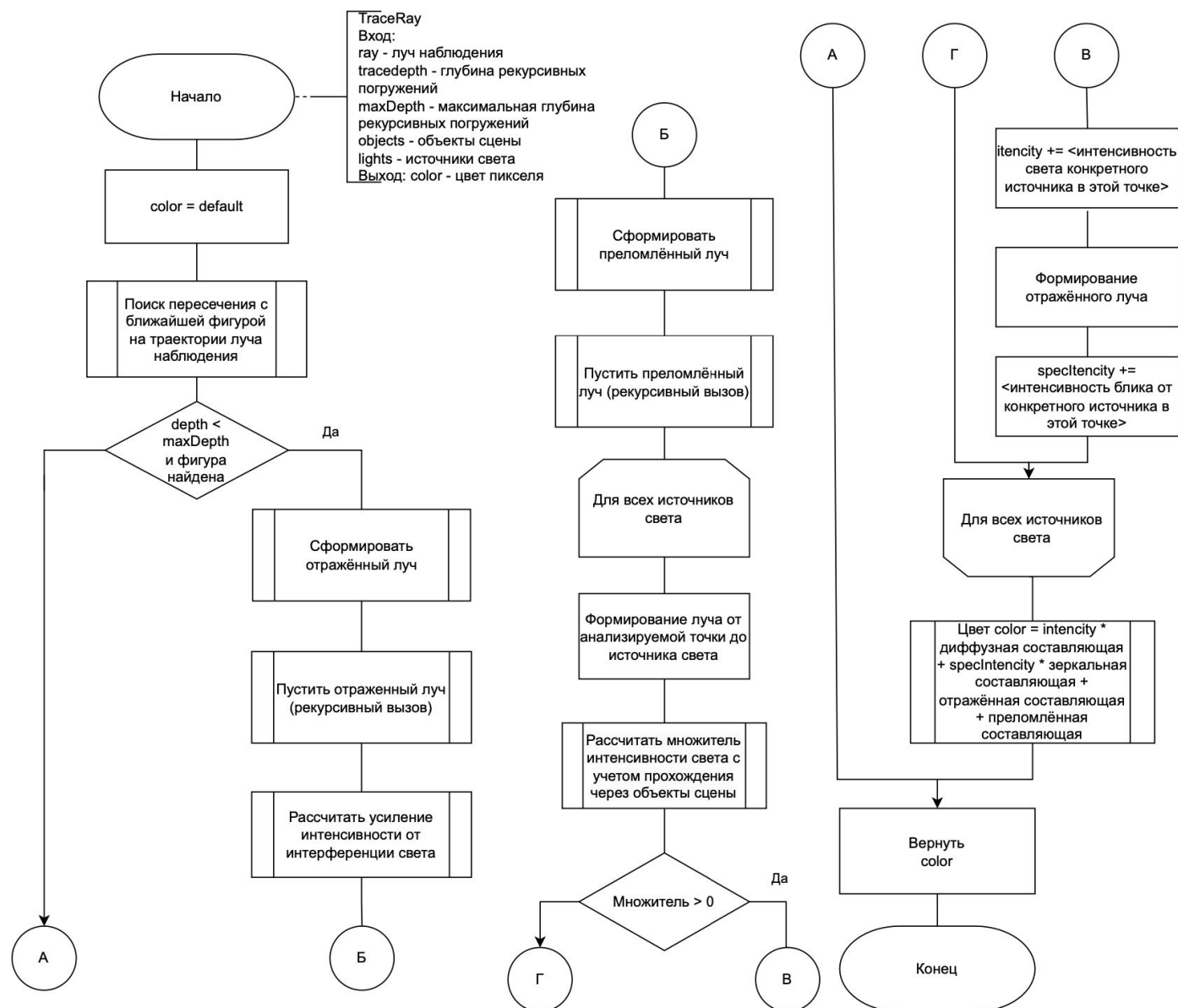
Функциональная модель программного обеспечения с учётом выбранных алгоритмов нулевого уровня



Функциональная модель программного обеспечения первого уровня



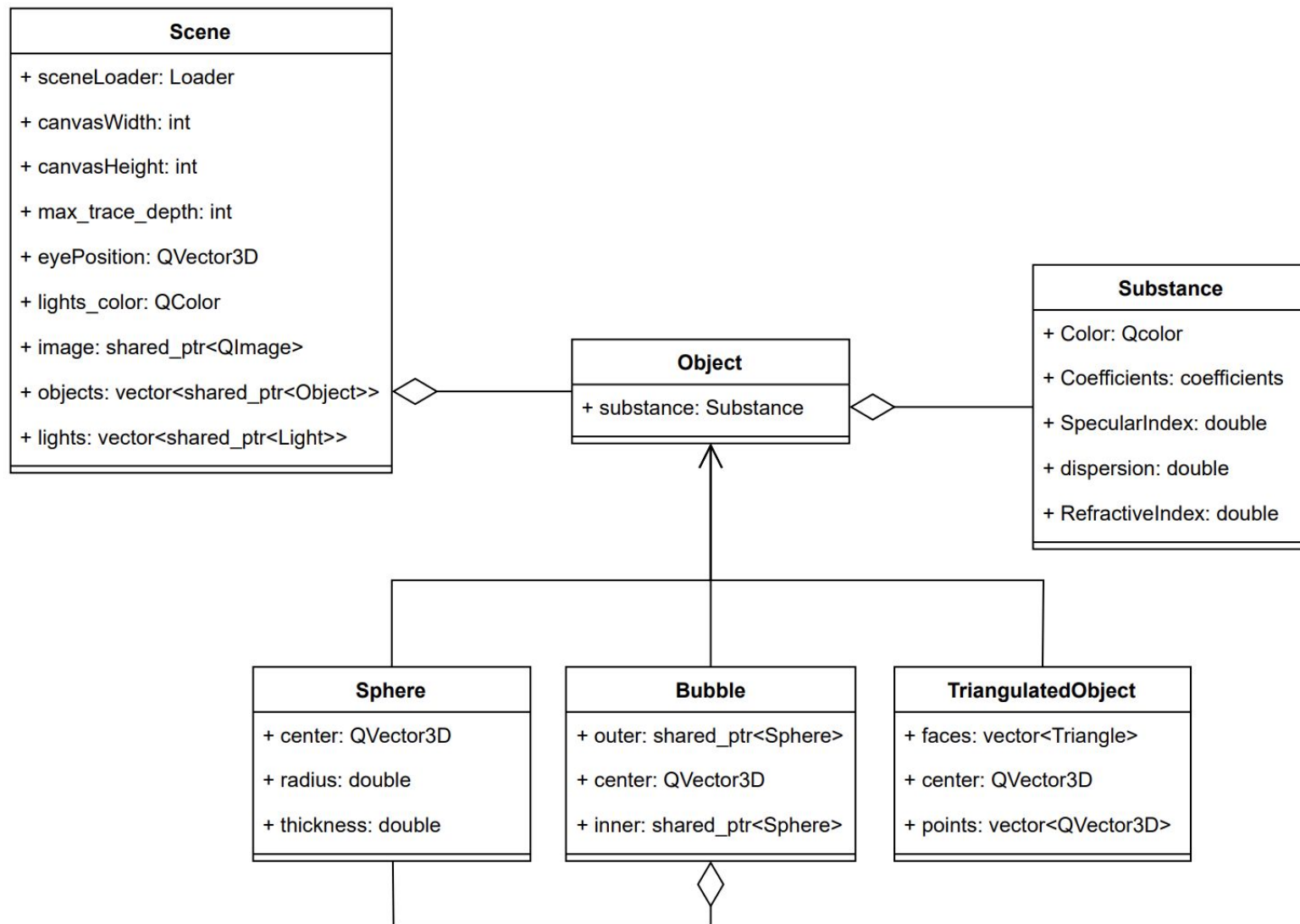
Трассировка лучей



Средства реализации

- Язык: C++;
- Среда разработки: Qt Creator;
- Модульное тестирование: Google Test.

Диаграмма классов



Пример интерфейса



Модульное тестирование

Созданы наборы тестов для:

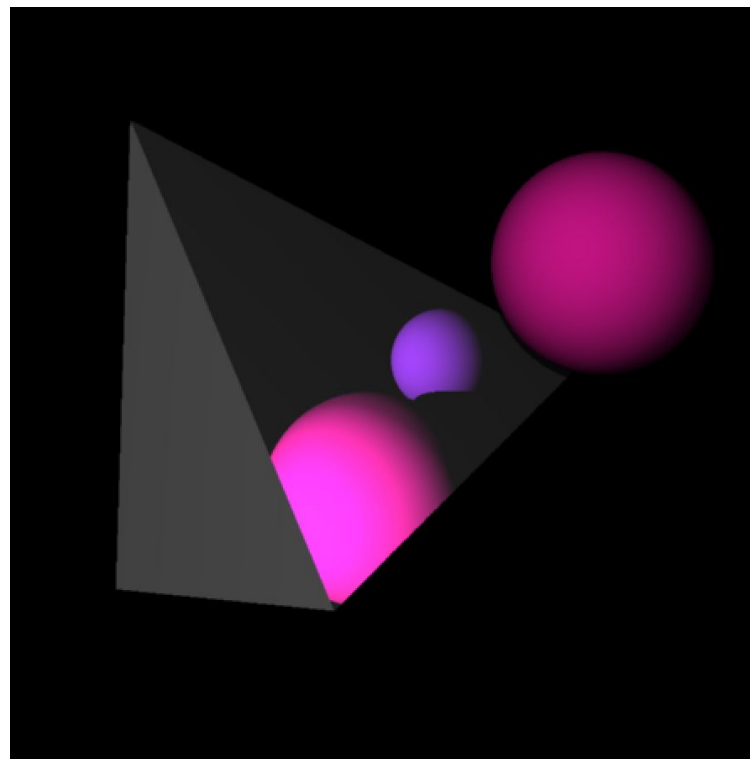
- 1) методов объекта класса Scene;
- 2) методов объекта класса Sphere;
- 3) методов объекта класса TriangulatedObject;

В качестве меры оценки полноты тестирования был выбран процент покрытия:

$F = N / K * 100\%$, где N – количество строк, покрытых тестами, K – общее количество строк кода.

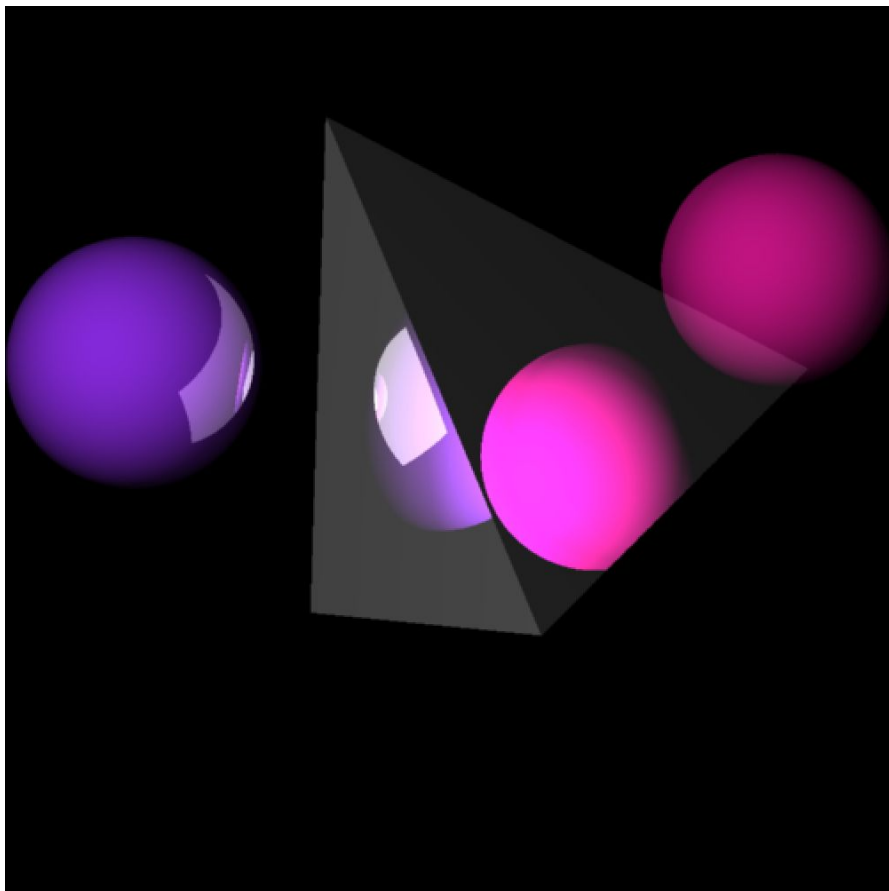
Процент покрытия для созданного набора тестов: 15%.

Функциональное тестирование 1/2

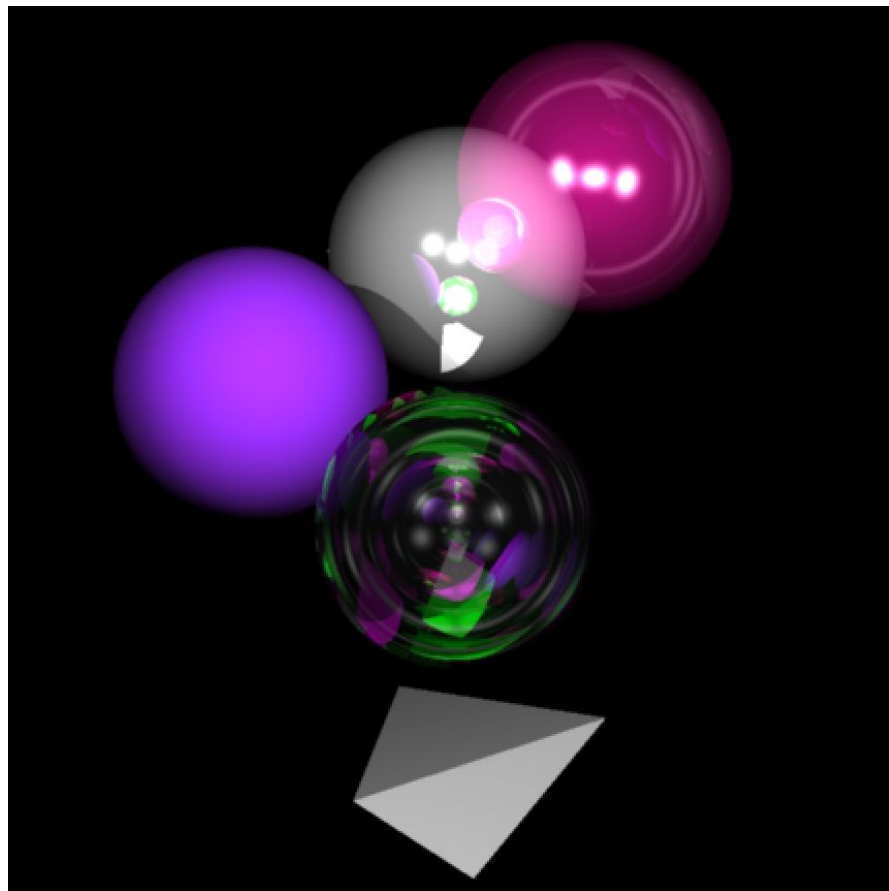


Отражение фиолетовой сферы, которую не видно на рисунке саму.

Функциональное тестирование 2/2



Взаимное отражение, прозрачность.



Блики, интерференция, коэффициент преломления у розового шара 1, поэтому за ним виден серый шар без искажения.

Зависимость времени генерации кадра от глубины трассировки

Условия исследования:

- 10 картинок;
- 1, 2 или 3 пузыря.

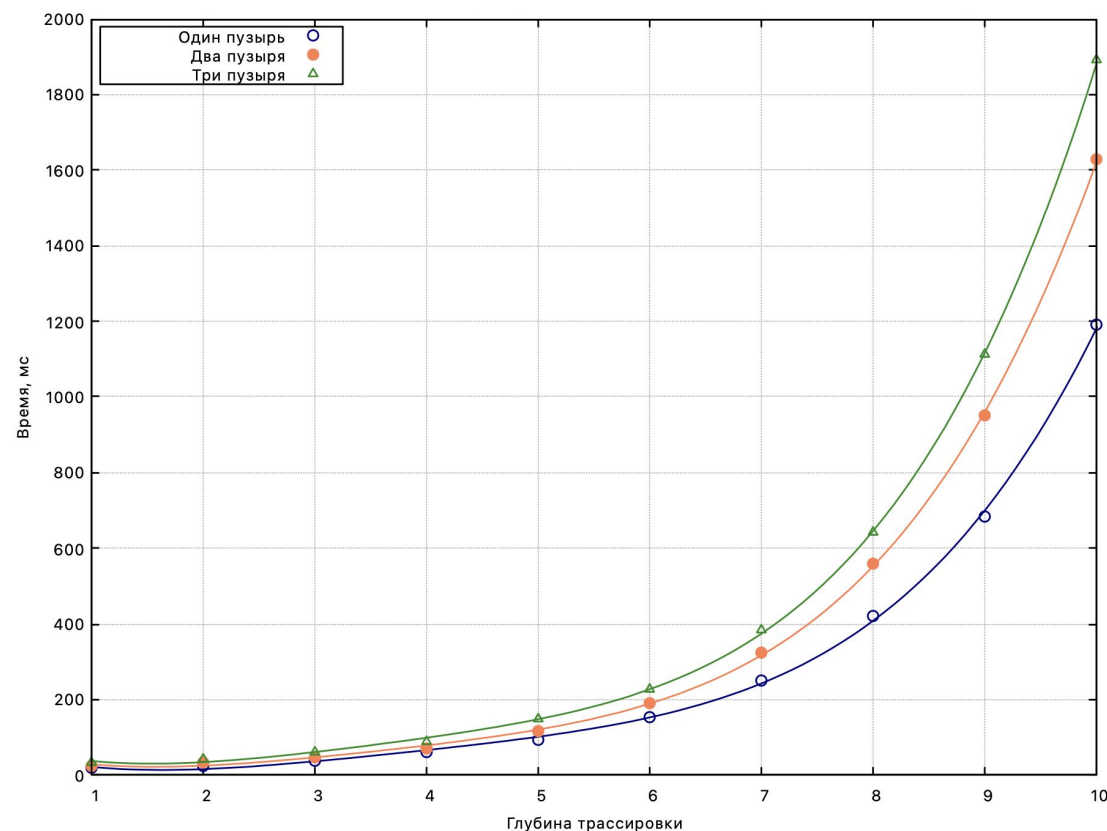
Полученные данные были аппроксимированы

$$f1(k) = 0.08 k^5 - 1.24 k^4 + 15.25 k^3 - 56.24 k^2 + 97.60 k - 8.47$$

$$f2(k) = 0.06 k^5 - 1.79 k^4 + 9.91 k^3 - 34.13 k^2 + 59.79 k - 10.05$$

$$f3(k) = 0.05 k^5 - 0.85 k^4 + 5.48 k^3 - 2.46 k^2 + 18.57 k - 23.19$$

Время построения кадра пропорционально 4й степени глубины трассировки.



Заключение

В ходе выполнения курсовой работы была **достигнута** поставленная **цель**: разработано программное обеспечение для создания реалистичного изображения мыльных пузырей.

Также были **решены все** поставленные **задачи**:

- 1) описана физическая модель мыльных пузырей;
- 2) проанализированы и выбраны модели представления объектов;
- 3) проанализированы и выбраны алгоритмы решения основных задач компьютерной графики: удаления невидимых линий и поверхностей, учёта теней и освещения;
- 4) спроектировано программное обеспечение;
- 5) выбраны средства реализации и реализовано спроектированное программное обеспечение;
- 6) обеспечена возможность тестирования, созданы наборы тестов и продемонстрирована работоспособность программы;
- 7) исследована зависимость времени работы программы от глубины рекурсии.