

УДК 517.004

## АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАПЕКАНИЯ ТЕКСТУР ОТ КОЛИЧЕСТВА ПОЛИГОНОВ И ОТ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕКСТУР КАРТ НОРМАЛЕЙ В ПРОГРАММЕ BLENDER

Лукин В.О., студент гр. СПм-221, I курс

Кондратьев К.А., студент гр. СПм-221, I курс

Научный руководитель: Гоголин В.А., профессор кафедры математики  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

### Введение

Цель данной работы – изучить влияние различных факторов на скорость запекания материалов, и путём выбора оптимизировать процесс запекания. В работе использовалась программа *Blender* – профессиональное бесплатное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики.

В данной статье рассматривается взаимосвязь между скоростью «запекания» текстуры и разрешением текстуры объекта «запекания». А также между количеством полигонов объекта запекания и количеством полигонов в сцене.

Запекание – это процесс визуализации текстур с *3D* объекта для вывода в цифровое изображения, например *PNG*, *JPEG*.

Полигоны – это количество граней у объекта. Если рассматривать куб, то число граней будет равняться шести, при увеличении полигонов у куба постепенно будет увеличиваться число граней, в следствии этого он принимает сферообразную форму.

Для запекания использовались стандартные настройки *Blender* версии 3.3.1., движок для запекания – *Cycles*. Тип запекания текстуры – карты нормалей.

Карты нормалей — это тип карты рельефа. Это особый тип текстуры, который позволяет добавлять на *3D* объекты неровности, канавки и царапины. В основном запекают карты нормалей, так как это позволяет оптимизировать сцену.

В качестве объектов выбран стандартный куб с размерами 2x2x2 м.

Характеристики персонального компьютера:

- процессор: *AMD Ryzen 7 PRO 3700*; частота: 3,59 МГц;
- оперативная память: *HyperX Fury DDR4*, 32 ГБ; частота 2133 МГц;
- видеокарта: *GIGABYTE GeForce RTX 3070 EAGLE OC*, 8 ГБ; частота 1500 МГц;
- операционная система: *Windows 10 Pro*.

## Методика исследований

Анализ взаимосвязи первого фактора и времени запекания включает в себя увеличение разрешения текстур карт нормалей у исследуемого объекта, но без изменения количества полигонов. Полученные результаты при запекании текстур представлены в таблице 1, рис. 3. Количество полигонов авняется шести. Схема текстуры карты нормали и отображение текстуры карты нормали в сцене представлены на рис.1, 2.

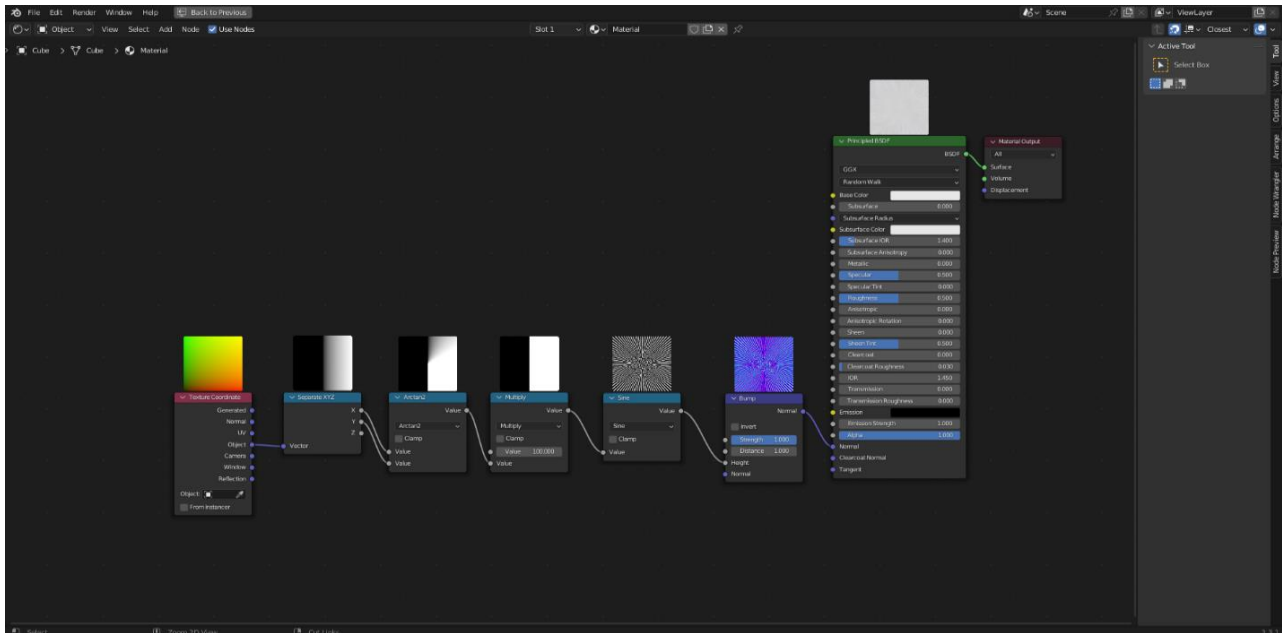


Рис.1. Схема текстуры карты нормали для запекания

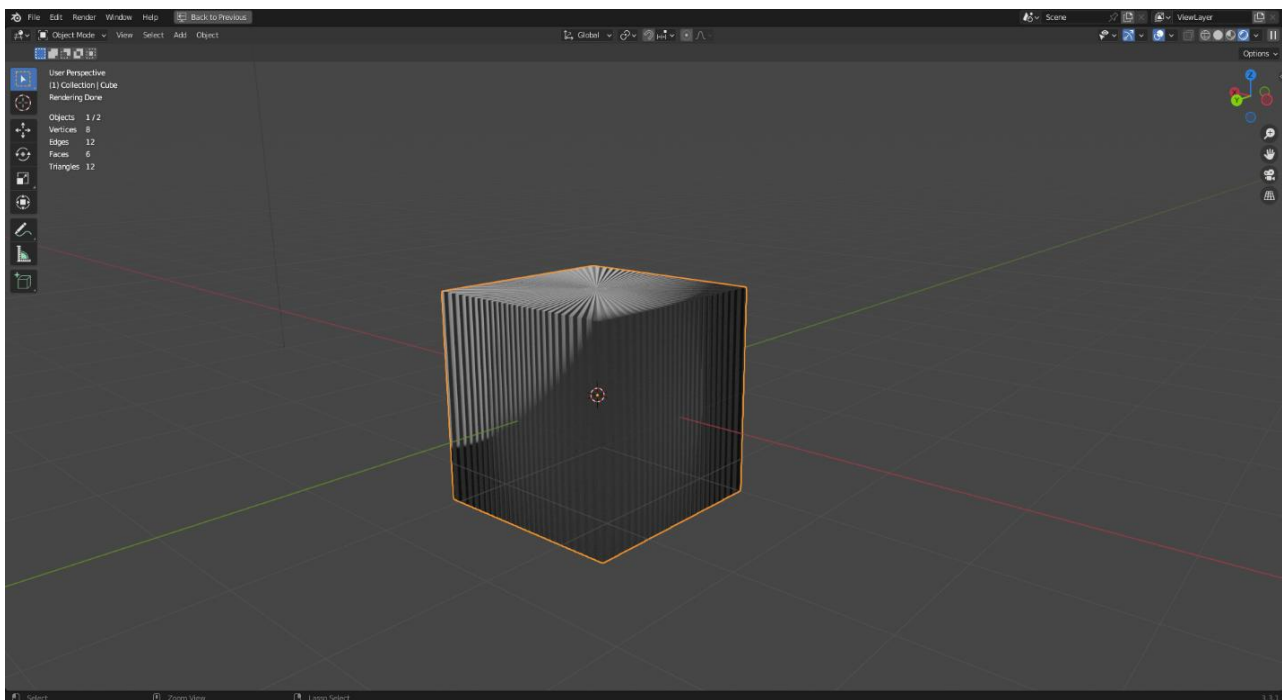


Рис.2. Вид исследуемого объекта

Таблица 1 – Изменение разрешения текстур карт нормалей исследуемого объ-  
 екта и длительность запекания.

Разрешение за- пекаемой тек- стур карт нор- малей, $px$	128	256	512	1024	2048	4096	8192
Длительность запекания, сек	0,075	0,08	1,28	3,78	13,8	34,8	130,2

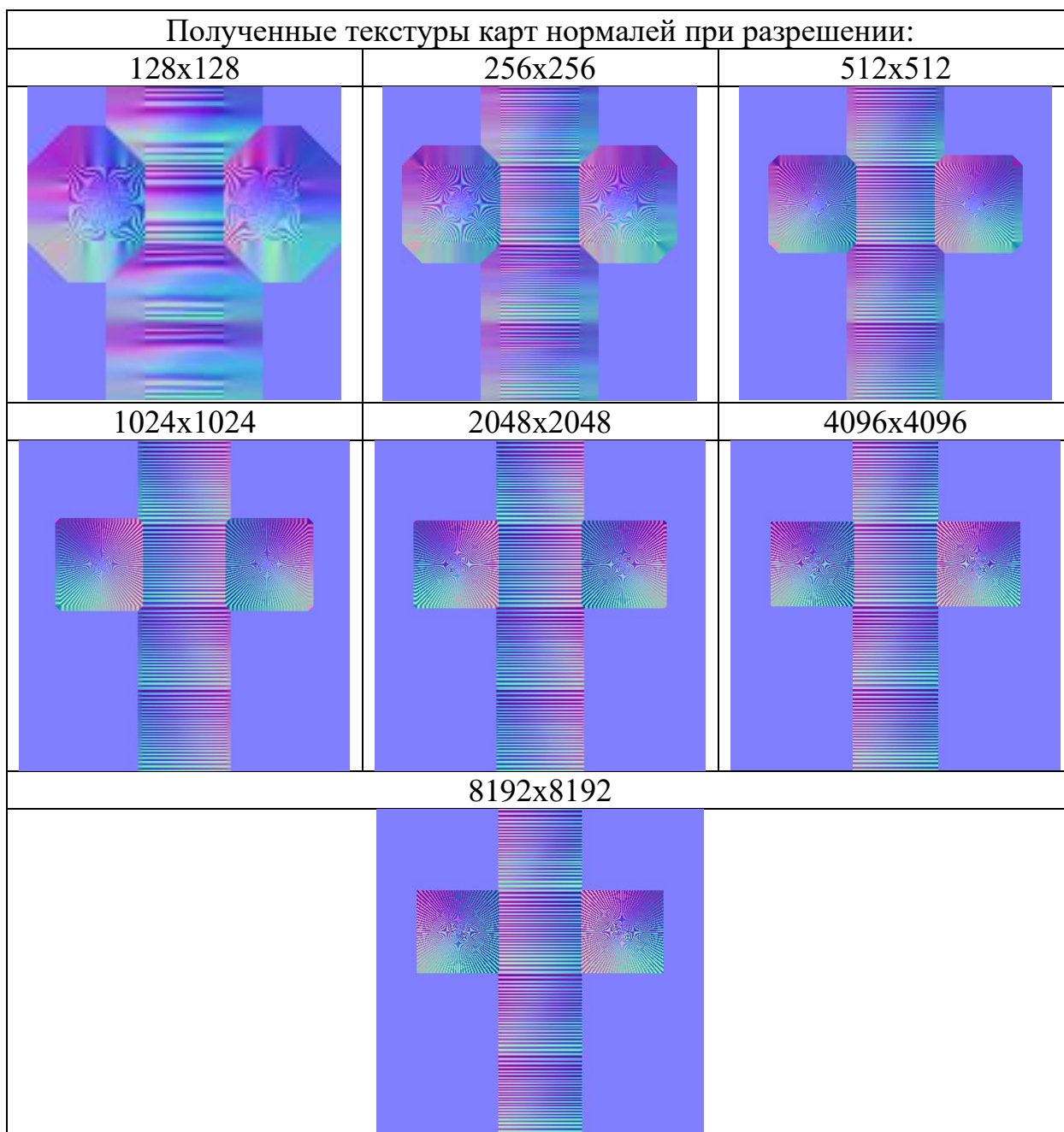


Рис.3. Полученные изображения при запекании текстур карт нормалей

Исходя из рис. 3 при увеличении разрешения, у исследуемого объекта, улучшается качество запекаемой текстуры, края текстур карт нормалей становятся более чёткими, искажения минимизируются, несмотря на то, что количество полигонов остаётся неизменным. Количество полигонов равняется шести.

На основании данных из таблицы 1 найдем зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей от изменения разрешения (Рис.4).

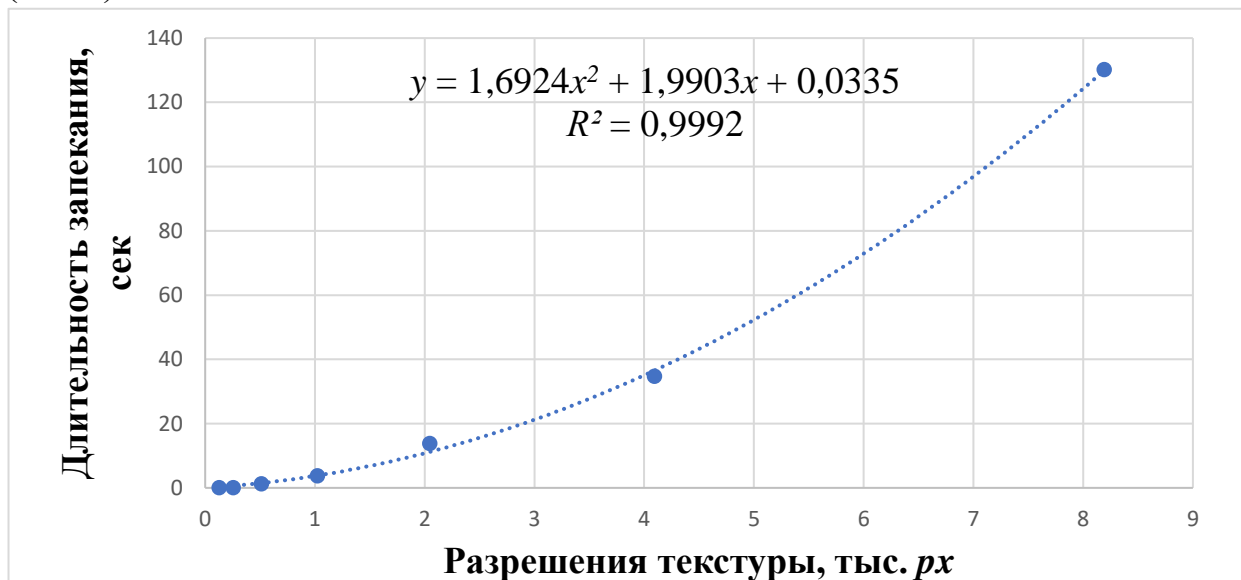


Рис.4. Зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей у исследуемого объекта от изменения разрешения

График показывает, что длительность запекания увеличивается при увеличении разрешения текстур у исследуемого объекта.

Проверим, есть ли связь между увеличением разрешения текстуры и длительностью запекания, используя критерий Фишера.

Проверка значимости коэффициента корреляции с помощью критерия Фишера:

$$F_{\text{наб}} = \frac{R^2}{1 - R^2} * (n - m - 1) = \frac{0,9992}{1 - 0,9992} * (7 - 1 - 1) = 6245;$$

$$k_1 = m = 1;$$

$$k_2 = n - m - 1 = 7 - 1 - 1 = 5; F_{\text{крит}} =$$

6,61; при  $k_1$  и  $k_2$ ;  $F_{\text{наб}} > F_{\text{крит}}$ , связь между разрешением текстуры и длительностью запекания существует, уравнение регрессии значимо.

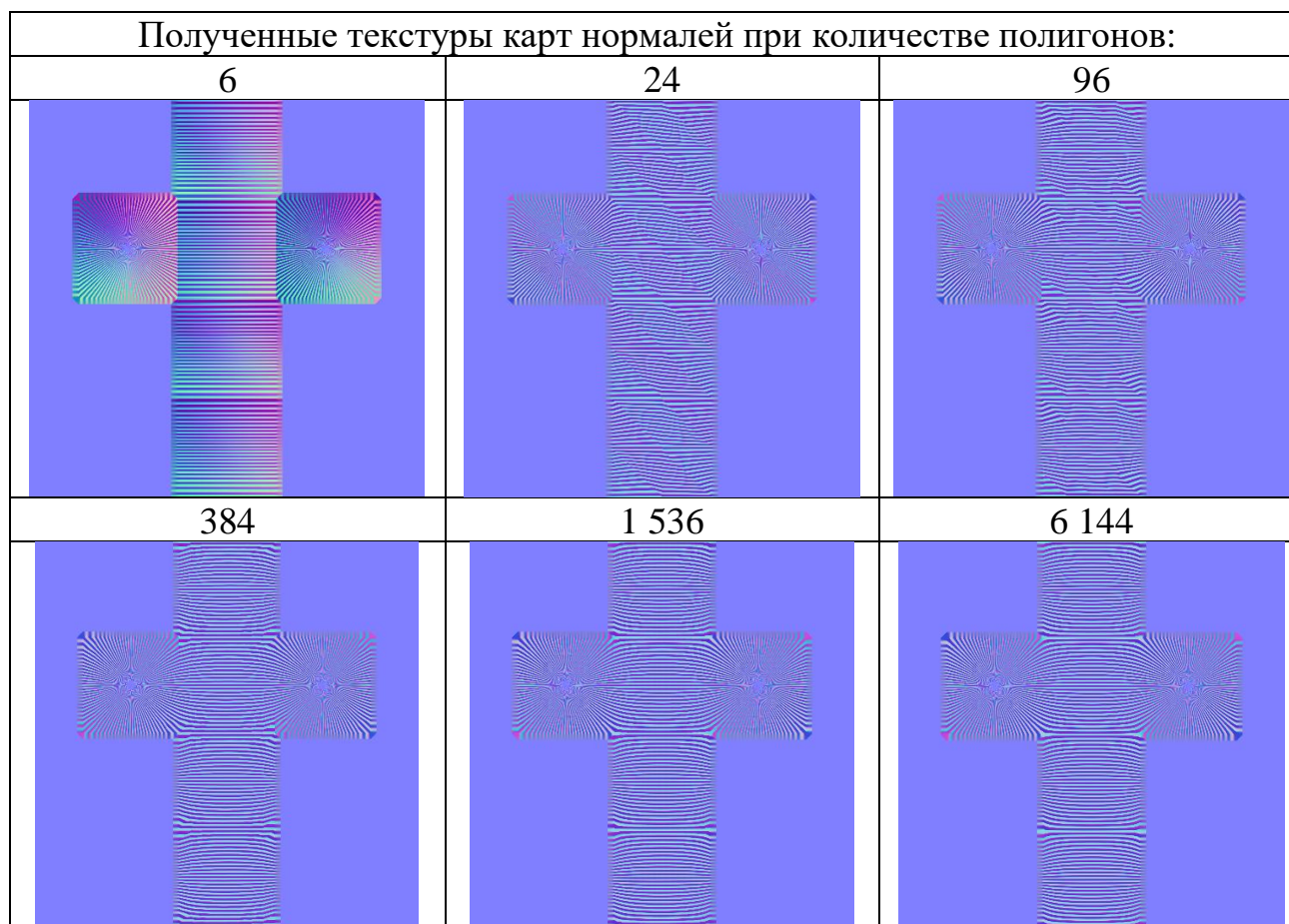
На основании расчётов и таблицы 1 можно сделать вывод о том, что при увеличении разрешения запекаемой текстуры увеличивается длительность запекания.

Анализ взаимосвязи второго фактора и времени запекания включает в себя увеличение количества полигонов у объекта. При этом разрешение остаётся постоянным, за стандартное разрешение принято 1024x1024, px. Схема

текстуры для карт нормалей не меняется (см. рис.1). Полученные результаты при запекании текстур представлены в таблице 2 и на рис.5.

Таблица 2 – Изменение полигонов объекта и длительность запекания

Кол-во полигонов исследуемого объекта при разрешении текстур карт нормалей 1024 x 1024, <i>px</i>	Длительность запекания, сек
6	3,78
24	3,79
96	3,83
384	3,85
1536	3,9
6144	3,88
24576	4
98304	4,55
393216	5,9
1572870	11,56



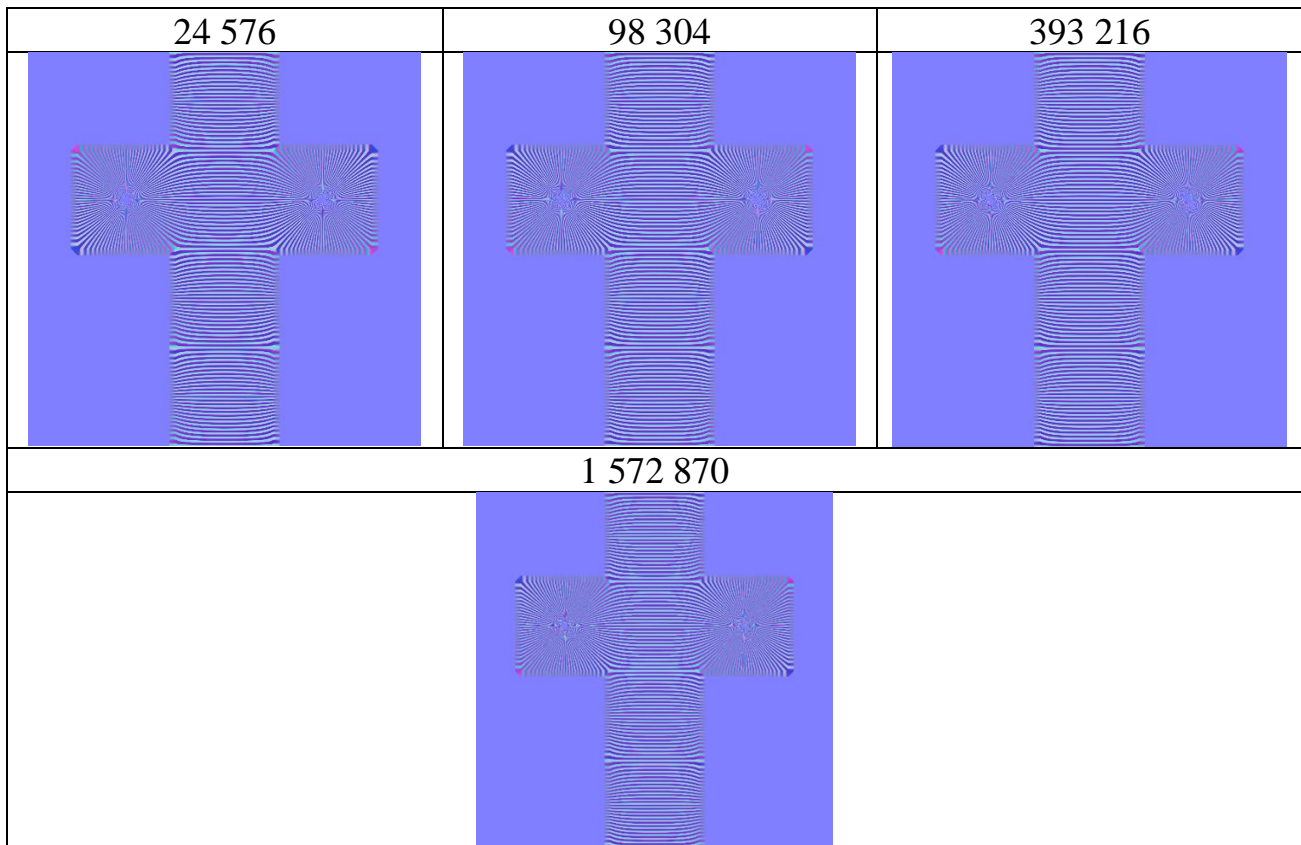


Рис.5. Полученные изображения при запекании текстур карт нормалей

Анализ рис.5 показывает, что при увеличении количества полигонов исследуемого объекта качество запекаемых текстур карт нормалей улучшается, края становятся более чёткими, минимизируется искажения, пропадают полосы (при девятистах шести полигонах), но разрешение запекаемых текстур остаётся неизменным. Разрешение запекаемых текстур карт нормалей равняется  $1024 \times 1024$ , *px*. Также при разрешении  $1024 \times 1024$ , *px* и шестью полигонами, качество текстуры карты нормали значительно лучше, чем у остальных, несмотря на увеличение количества полигонов. Это связано с тем, что 6 полигонов образует собой ровный куб с плоскими гранями, в следствии этого при запекании не искажается текстура карты нормали.

На основании полученных данных таблицы 2 найдем зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей у исследуемого объекта от изменения полигонов (Рис. 6). График показывает, что длительность запекания увеличивается при увеличении количества полигонов у исследуемого объекта.

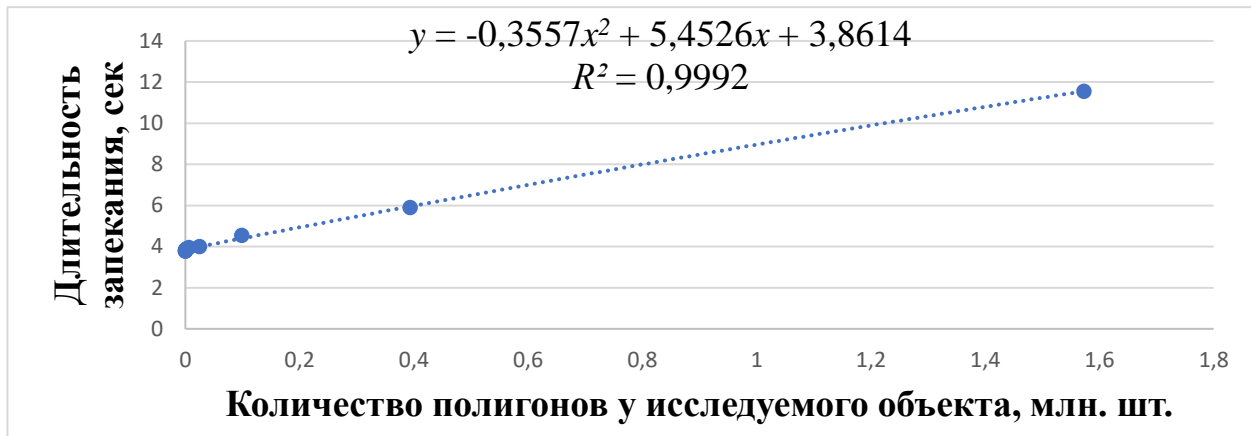


Рис.6. Зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей у исследуемого объекта от изменения полигонов

Проверим, есть ли связь между увеличением количества полигонов у исследуемого объекта и длительностью запекания текстур карт нормалей, используя критерий Фишера [1]. Так как:  $F_{\text{наб}} > F_{\text{крит}}$ , связь между количеством полигонов исследуемого объекта и длительностью запекания существует, уравнение регрессии значимо. При увеличении количества полигонов объекта увеличивается длительность запекания.

Анализ взаимосвязи третьего фактора и времени запекания включает в себя увеличение количества полигонов объекта в сцене, при этом без изменения количества полигонов у исследуемого объекта (на котором производится запекание текстур карт нормалей), которое равняется шести; разрешение у исследуемого объекта также остаётся постоянным. За стандартное разрешение принято 1024x1024, px. Схема текстуры карт нормалей не меняется (см. рис.1). Так как исследуемый объект не изменяет своих параметров, то качество текстур не изменится.

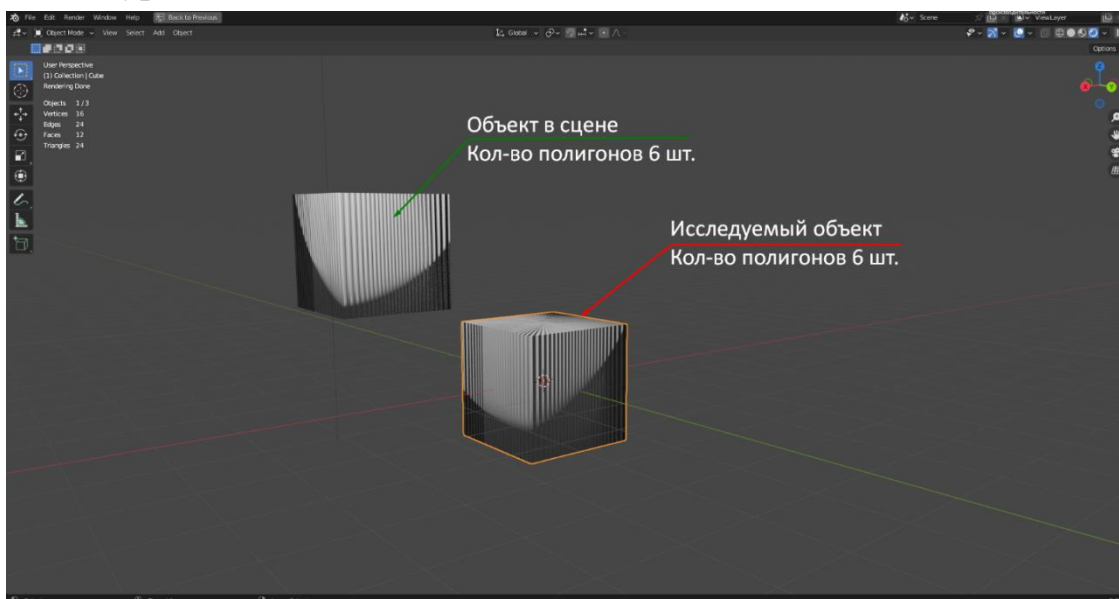


Рис.7. Объект в сцене и исследуемый объект

Полученные результаты при запекании текстур карт нормалей для исследуемого объекта представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение полигонов объекта в сцене и длительность запекания

Кол-во полигонов объекта в сцене при разрешении текстур карт нормалей 1024 x 1024, <i>px</i>	Длительность запекания, сек
6	3,8
24	3,8
96	3,83
384	3,86
1536	3,87
6144	3,87
24576	3,78
98304	3,86
393216	4,38
1572870	5,81

На основании полученных данных из таблицы 3 получим зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей от изменения полигонов объекта в сцене (Рис. 8).

Как следует из графика (см. рис.8), длительность запекания увеличивается при увеличении полигонов у объекта в сцене, в отличие от исследуемого объекта, количество полигонов остаётся неизменным.

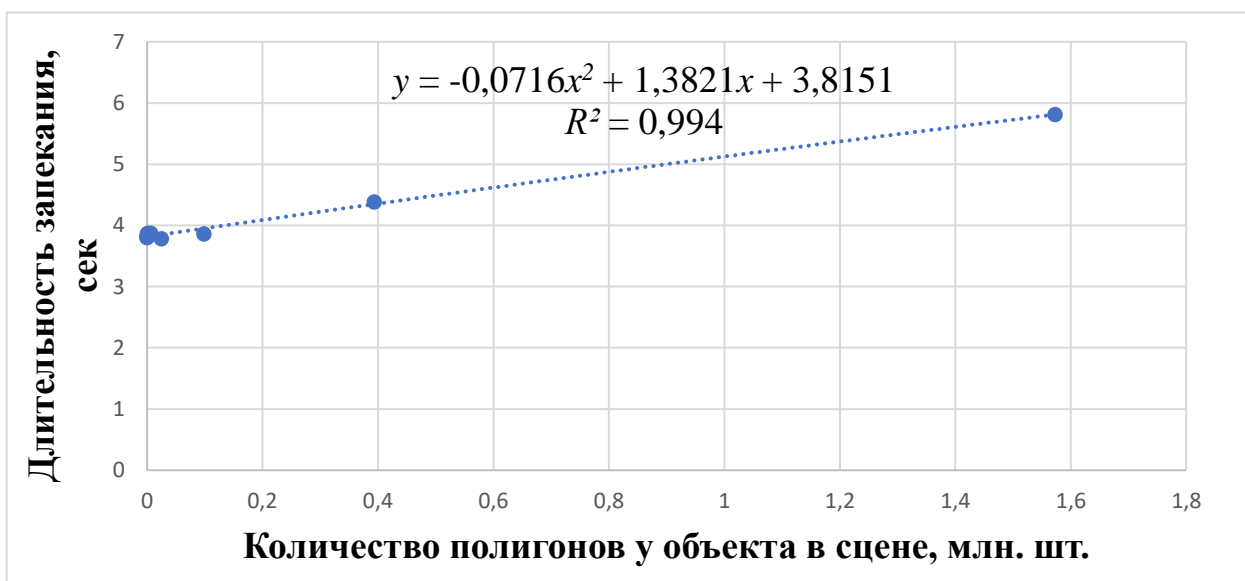


Рис.8. Зависимость между длительностью запекания текстур карт нормалей от изменения полигонов объекта в сцене



Проверим, есть ли связь между увеличением количества полигонов, у объекта в сцене, и длительностью запекания текстур карт нормалей для исследуемого объекта, используя критерий Фишера.

Проверка значимости коэффициента корреляции рассчитывается с помощью критерия Фишера [1]:  $F_{\text{наб}} > F_{\text{крит}}$ , связь между количеством полигонов, у объекта в сцене, и длительностью запекания существует, уравнение регрессии значимо.

На основании расчётов и таблицы 3 можно сделать вывод о том, что при увеличении полигонов у объекта в сцене, объект в сцене оказывает влияние на исследуемый объект (см. рис.7), в следствии этого увеличивается длительность запекания текстур карт нормалей для исследуемого объекта.

### Выводы

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что больше всего на длительность запекания влияет разрешение текстур карт нормалей, так как максимальная длительность составила 130,2 секунд (см. таблицу 1). Также можно заметить, что резкое увеличение длительности запекания находится в пределах от 4096 x 4096 до 8192 x 8192, *px* (см. рис. 4).

Вторым по значимости фактором влияния на длительность запекания текстур карт нормалей является количество полигонов у исследуемого объекта, так как максимальная длительность составила 11,56 секунд (см. таблицу 2). Также можно заметить, что резкое увеличение длительности запекания находится в пределах от 393 216 до 1 572 870 полигонов (см. рис. 6).

Третьим по значимости фактором влияния на длительность запекания текстур карт нормалей является количество полигонов у объекта в сцене, так как максимальная длительность составила 5,81 секунд (см. таблицу 3). Также можно заметить, что резкое увеличение длительности запекания находится в пределах от 393 216 до 1 572 870 полигонов (см. рис. 8).

В итоге для оптимизации необходимо убрать лишние объекты в сцене, запекать при разрешении не более 4096 x 4096 (см. таблицу 1), а также снизить количество полигонов в пределах 98 304 - 393 216 (см. таблицу 2).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермакова, И.А. Прикладная математика: курс лекций / И.А. Ермакова, В.А. Гоголин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва. – Кемерово: КузГТУ, 2019. – 54 с.