



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57784 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G06T 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СПЕКУЛЯРНОЇ СКЛАДОВОЇ КОЛЬОРУ

1

2

(21) u201010484

(22) 30.08.2010

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р.

(72) РОМАНЮК ОЛЕКСАНДР НИКИФОРОВИЧ,
ВОЙТКО ВІКТОРІЯ ВОЛОДИМИРІВНА, РОМАНЮК
ОКСАНА ВОЛОДИМИРІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить п'ять регістрів, мультиплексор, суматор, лічильник, блок постійної пам'яті, два блоки множення, блок керування, перший вихід якого з'єднаний з входом лічби лічильника, вихід входу переносу якого підключений до третього входу блока керування, другий вихід якого з'єднаний з керуючим входом мультиплексора, а третій вихід - з входом запису в четвертий регістр, вихід якого з'єднаний з першим входом другого блока множення, другий вхід якого підключений до виходу блока постійної пам'яті, вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого регістра, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий інформаційні входи пристрою підключені відповідно до

інформаційних входів першого, другого, третього, п'ятого регістрів та лічильника, перший, другий, третій та четвертий входи запису в пристрій підключені відповідно до входів запису в перший, другий, третій та п'ятий регістри, п'ятий вхід запису з'єднаний з входом запису в лічильник, вхід початкового установлення та вхід "Пуск" з'єднані відповідно з першим та другим входами блока керування, четвертий та п'ятий виходи якого підключені до виходу "Кінець" і виходу ознаки достовірності даних, вихід першого блока множення підключено до інформаційного виходу пристрою, а перший вхід з'єднаний з виходом першого регістра, вихід другого регістра підключений до другого входу суматора, вихід якого з'єднаний з першим інформаційним входом мультиплексора, вихід якого підключений до інформаційного входу четвертого регістра, а другий інформаційний вхід - до виходу третього регістра, другий вхід суматора з'єднаний з виходом четвертого регістра, який **відрізняється** тим, що в нього введено блок дистрибутивної функції, вхід якого з'єднаний з виходом другого блока множення, а вихід - з другим входом першого блока множення.

Корисна модель відноситься до автоматики та обчислювальної техніки і призначена для формування в системах комп'ютерної графіки спекулярної (дзеркальної) складової кольору.

Відомий пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить перший, другий, третій і четвертий регістри, суматор, мультиплексор, блок постійної пам'яті, блок множення, вихід якого підключений до інформаційного виходу пристрою, а перший і другий входи з'єднані відповідно з виходом першого регістру і виходом блоку постійної пам'яті, вихід другого регістру підключений до другого входу суматора, вихід якого підключений до першого інформаційного входу мультиплексора, керуючий вхід якого з'єднаний з першим керуючим входом пристрою, вихід мультиплексора підключений до інформаційного входу четвертого регістру, а другий інформаційний вхід до виходу третього регістру, другий

керуючий вхід пристрою з'єднаний з керуючим входом четвертого регістру, вихід якого підключений до входу блоку постійної пам'яті та першим входом суматора (Abbas A.M., Szimray-Kalos L., Horvath T. Hardware Implementation of Phong Shading using Spherical Interpolation // Periodica polytechnic. - Vol.44. - Nos 3-4,2000).

Недолік пристрою полягає в низькій точності визначення інтенсивності дзеркальної складової кольору.

Найбільш близьким до технічного рішення, що заявляється, є пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить перший, другий, третій, четвертий та п'ятий регістри, мультиплексор, суматор, лічильник, дешифратор, перший та другий блоки постійної пам'яті, перший та другий блоки множення, блок керування, перший вихід якого з'єднаний з входом лічби лічильника, вихід переносу якого підключений до тре-

U
(13)

57784
(11)

UA
(19)

тього входу блока керування, другий вихід якого з'єднаний з керуючим входом мультиплексора, а третій вихід - з входом запису в четвертий регістр, вихід якого з'єднаний з першим входом другого блоку множення, другий вхід якого підключений до виходу другого блоку постійної пам'яті, інформаційний вхід якого підключений до виходу п'ятого регістра і входу дешифратора, перший, другий, третій та четвертий виходи якого з'єднані відповідно з найстаршим та трьома наступними розрядами адресного входу першого блоку постійної пам'яті, вихід другого блоку множення з'єднаний з інформаційним входом першого блоку постійної пам'яті, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий інформаційні входи пристрою підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього, п'ятого регістрів та лічильника, перший, другий, третій та четвертий входи запису в пристрій підключені відповідно до входів запису в перший, другий, третій та п'ятий регістри, п'ятий вхід запису в регістр з'єднаний з входом запису в лічильник, вхід початкового устанавлення та вхід «Пуск» з'єднані відповідно з першим та другим входами блока керування, четвертий та п'ятий виходи якого підключені до виходу «Кінець» і виходу ознаки достовірності даних, вихід першого блоку множення підключено до інформаційного виходу пристрою, а перший та другий входи з'єднані відповідно з виходом першого регістра і виходом першого блоку постійної пам'яті, вихід другого регістра підключений до другого входу суматора, вихід якого з'єднаний з першим інформаційним входом мультиплексора, вихід якого підключений до інформаційного входу четвертого регістра, а другий інформаційний вхід - до виходу третього регістра, другий вхід суматора з'єднаний з виходом четвертого регістра [Патент України № 71489, МПК7 G06T 15/50, опубл. 15.11.2004 р., Бюл. № 10].

Недоліком пристрою є низька точність визначення спекулярної складової кольору, що призводить до нереалістичного відтворення відблиску.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, у якій за рахунок введення нового блоку і зв'язків досягається підвищення точності визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, що призводить до формування більш реалістичних графічних зображень.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору, який містить п'ять регістрів, мультиплексор, суматор, лічильник, блок постійної пам'яті, два блоки множення, блок керування, перший вихід якого з'єднаний з входом лічби лічильника, вихід входу переносу якого підключений до третього входу блока керування, другий вихід якого з'єднаний з керуючим входом мультиплексора, а третій вихід - з входом запису в четвертий регістр, вихід якого з'єднаний з першим входом другого блоку множення, другий вхід якого підключений до виходу блока постійної пам'яті, вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого регістра, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий інформаційні входи пристрою підключені відповідно до інформацій-

них входів першого, другого, третього, п'ятого регістрів та лічильника, перший, другий, третій та четвертий входи запису в пристрій підключені відповідно до входів запису в перший, другий, третій та п'ятий регістри, п'ятий вхід запису з'єднаний з входом запису в лічильник, вхід початкового устанавлення та вхід «Пуск» з'єднані відповідно з першим та другим входами блока керування, четвертий та п'ятий виходи якого підключені до виходу «Кінець» і виходу ознаки достовірності даних, вихід першого блоку множення підключено до інформаційного виходу пристрою, а перший вхід з'єднаний з виходом першого регістра, вихід другого регістра підключений до другого входу суматора, вихід якого з'єднаний з першим інформаційним входом мультиплексора, вихід якого підключений до інформаційного входу четвертого регістра, а другий інформаційний вхід - до виходу третього регістра, другий вхід суматора з'єднаний з виходом четвертого регістра введено блок дистрибутивної функції, вхід якого з'єднаний з виходом другого блоку множення, а вихід - з другим входом першого блоку множення.

На фігурі 1 зображено схему пристрою.

На фігурі 2 приведено карту прошивки другого блоку 9 постійної пам'яті.

На фігурі 3 зображено графіки максимальних відносних похибок апроксимації епіцентру відбли-

ску для функцій прототипу $\cos^k\left(\sqrt{\frac{n}{k}} \cdot \delta\right)$ (f1(n)) та пристрою, що пропонується $\cos^k(\alpha\delta)$ (h1(n)).

На фігурі 4 зображено графіки максимальних абсолютних похибок у зоні затухання для функцій

прототипу $\cos^k\left(\sqrt{\frac{n}{k}} \cdot \delta\right)$ (f2(n)) та пристрою, що пропонується $\cos^k(\alpha\delta)$ (h2(n)).

Пристрій для визначення інтенсивності спекулярної складової кольору (фіг. 1) включає перший регістр 1, другий регістр 3, третій регістр 4, п'ятий регістр 2, лічильник 5, суматор 6, мультиплексор 7, четвертий регістр 8, блок 9 постійної пам'яті, другий блок 10 множення, блок 11 дистрибутивної функції, перший блок 12 множення, блок 13 керування. Пристрій має входи 15÷26, виходи 27÷29. Перший 15, другий 19, третій 21 і четвертий 17 інформаційні входи пристрою з'єднані відповідно з інформаційними входами першого 1, другого 3, третього 4, п'ятого 2 регістрів. П'ятий інформаційний вхід 23 пристрою з'єднаний з інформаційним входом лічильника 5. Перший 16, другий 20, третій 22, четвертий 18 та п'ятий 24 входи запису в пристрій з'єднані відповідно з входами запису в перший, другий, третій, п'ятий регістри та в лічильник 5. Вхід 25 початкової устанавки пристрою з'єднаний з першим входом блоку 13 керування. Вхід 26 «Пуск» пристрою з'єднаний з другим входом блоку 13 керування. Четвертий і п'ятий виходи блоку 13 керування з'єднані відповідно з виходом 28 «Кінець» і виходом 29 ознаки достовірності даних. Вихід першого блоку 12 множення з'єднаний з інформаційним виходом 27 пристрою. Вихід першого регістру 1 з'єднаний з першим входом першого

блоку 12 множення, другий вхід якого підключений до виходу блоку 11 дистрибутивної функції. Перший вхід другого блоку 10 множення з'єднаний з виходом четвертого регістра 8 та першим входом суматора 6, вихід якого підключений до першого інформаційного входу мультиплектора 7. Виходи другого регістра 3 та третього регістра 4 з'єднані відповідно з другим входом суматора 6 та другим інформаційним входом мультиплектора 7, вихід якого підключений до інформаційного входу четвертого регістра 8. Вхід запису в четвертий регістр 8 з'єднаний з третім 37 виходом блоку 13 керування. Керуючий вхід мультиплектора 7 підключений до другого 36 виходу блока 13 керування. Вихід п'ятого регістра 2 з'єднаний з молодшими розрядами адресного входу блоку 9 постійної пам'яті. Вихід блоку 9 постійної пам'яті підключений до другого входу другого блоку 10 множення. Вихід переносу лічильника 5 з'єднаний з третім 35 входом блоку 13 керування, перший 34 вихід якого підключений до входу лічби лічильника 5. Вихід другого блоку 10 множення з'єднаний із входом блоку 11 дистрибутивної функції.

Для зафарбовування об'єктів у пристрої, який пропонується, використовується модель освітлення Бліна, згідно з якою інтенсивність спекулярної складової кольору розраховується за формулою:

$$I = I_0 k_s \cos^n \delta, \quad (1)$$

де I_0 - інтенсивність джерела світла, k_s - коефіцієнт дзеркального відбиття, n - коефіцієнт спекулярності поверхні, який знаходиться в діапазоні [1;1000], δ - кут між вектором нормалі \vec{N} до поверхні в заданій точці і вектором півшляху \vec{H} , $\cos^n \delta$ - дистрибутивна функція відбивної здатності поверхні (BRDF).

У пристрої, який пропонується, для зафарбовування використовується модифікований метод Фонга, в якому для визначення векторів нормалей та серединних векторів використовується не лінійна, а кутова інтерполяція.

За умов кутової інтерполяції формулу (1) представлено у вигляді

$$I = I_0 k_s A^n \cos^n(t\gamma - \lambda), \quad (2)$$

де параметр $t = \frac{X - X_{start}}{X_{end} - X_{start}}$, X_{start} , X_{end} - координати початкового і кінцевого пікселів рядка rasterизації.

Параметри A , λ і γ розраховуються за формулами

$$A = \frac{\cos \theta_1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1 \cos \gamma}{\cos \theta_1 \sin \gamma} \right) \right)}, \quad (3)$$

$$\lambda = \arctg \left(\frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1 \cos \gamma}{\cos \theta_1 \sin \gamma} \right), \quad (4)$$

$$\gamma = \arccos(\vec{H}_1 \cdot \vec{H}_2), \quad (5)$$

де θ_1 - кут між вектором нормалі \vec{N}_1 та серединним вектором \vec{H}_1 в початковому пікселі рядка rasterизації, θ_2 - кут між вектором нормалі \vec{N}_1 в початковому пікселі рядка rasterизації та серединним вектором \vec{H}_2 , γ - кут між серединним вектором \vec{H}_1 в початковому пікселі рядка rasterизації, та серединним вектором \vec{H}_2 .

$$\text{Вектор } \vec{H}_2 \text{ розраховується за формулою}$$

$$\vec{H}_2 = \vec{H}_2 - (\vec{N}_1 \times \vec{N}_2) \times \vec{H}_2 + \frac{(\vec{N}_1 \times \vec{N}_2) \times ((\vec{N}_1 \times \vec{N}_2) \times \vec{H}_2)}{1 - (\vec{N}_1 \cdot \vec{N}_2)}$$

де \vec{H}_2 - серединний вектор в кінцевому пікселі рядка rasterизації, \vec{N}_2 - вектор нормалі в кінцевому пікселі рядка rasterизації.

Позначимо добуток $I_0 k_s A^n$ у формулі (3) константою C :

$$C = I_0 k_s A^n. \quad (6)$$

З урахуванням виразу (6) формула (2) прийме наступний вигляд:

$$I = C \cos^n(t\gamma - \lambda). \quad (7)$$

Базовою фігурою для процедури зафарбовування є трикутник, для вершин якого розраховуються напрямки векторів нормалей та серединних векторів. На стадії підготовки здійснюється інтерполяція векторів нормалей та серединних векторів уздовж ребер трикутника, проводиться розрахунок невідомих параметрів C , γ , λ для кожного рядка rasterизації, з яких складається трикутник.

У пристрої, що заявляється, пропонується апроксимувати функцію

$$\cos^n \delta \text{ функцією } \cos^k(\alpha \delta). \quad (8)$$

$$\cos^n \delta \approx \cos^k(\alpha \delta),$$

$$\alpha = \frac{\arccos \left(\frac{n}{n-1} \right)^{2:k}}{\arctg \frac{1}{\sqrt{n-1}}}$$

де $k < n$, $k = \text{const}$,

Вибір такої функції обумовлений тим, що:

а) для обох функцій як твірна використовується функція косинуса;

б) при збільшенні n зменшується розмір відблиску та досягається більша сконцентрованість інтенсивності світла в області його епіцентру.

При використанні функції $\cos^k(\alpha \delta)$ цього можна досягти за рахунок зміни параметра α . Дійсно, при збільшенні n зменшується період функції $\cos^k(\alpha \delta)$, а, як наслідок, залежність $I_0 k_s \cos^k(\alpha \delta)$ забезпечить більш високу швидкість затухання інтенсивності світла від епіцентру відблиску.

Враховуючи формулу (8) вираз (7) можна записати так:

$$I = C \cos^k(\alpha \delta) = C \cos^k \zeta(\alpha(t\gamma - \lambda)) = C \cos^k \zeta(X). \quad (9)$$

Для розрахунку аргументу $\zeta(X)$ використовується підхід, згідно з яким кожне наступне значен-

ня кута $\zeta(X)$ розраховується з попереднього значення $\zeta(X-1)$:

$$\zeta(X) = \alpha(\zeta(X-1) + \Delta\zeta(X)), \quad (10)$$

де

$$\Delta\zeta(X) = \frac{\gamma}{l}. \quad (11)$$

У формулі (11) l - довжина рядка растеризації, яка розраховується так:

$$l = X_{\text{end}} - X_{\text{start}}. \quad (12)$$

Величина початкового кута $\zeta(X_{\text{start}})$ дорівнює:

$$\zeta(X_{\text{start}}) = \alpha(\Delta\zeta(X) \cdot (X_{\text{end}} - X_{\text{start}}) + (-\lambda)) = -\alpha\lambda. \quad (13)$$

Пристрій працює наступним чином.

При включенні пристрою на вхід 25 початкової установки поступає рівень логічного нуля, який забезпечує установку пристрою в режим очікування сигналу прийому даних від зовнішнього пристрою.

В роботі виділяють цикл підготовки та цикл визначення інтенсивностей дзеркальної складової кольору в рядку растеризації.

В циклі підготування в зовнішньому пристрої визначаються параметри C , n , $\Delta\zeta(X)$, $\zeta(X_{\text{start}})$ та l , які заносяться в блоки 1-5 пристрою.

Значення параметрів C , $\zeta(X_{\text{start}})$, $\Delta\zeta(X)$ та l визначаються згідно з формулами (6), (13), (11) та (12).

Параметр C поступає на перший інформаційний вхід 15 пристрою і записується в перший регістр 1 активним рівнем сигналу на першому керуючому вході 16. Значення початкового кута $\zeta(X_{\text{start}})$ заноситься в третій регістр 4. Для цього на третій інформаційний вхід 21 пристрою поступає операнд $\zeta(X_{\text{start}})$, який записується в третій регістр 4 активним рівнем сигналу на третьому керуючому вході 22. На другий інформаційний вхід 19 пристрою поступає значення приросту кута $\Delta\zeta(X)$, яке записується в другий регістр 3 активним рівнем сигналу на другому керуючому вході 20. На четвертий інформаційний вхід 17 пристрою поступає значення коефіцієнта спекулярності n , яке записується в п'ятий регістр 2 активним рівнем сигналу на четвертому керуючому вході 18. В лічильник 5 від зовнішнього пристрою поступає операнд l , який визначає довжину рядка растеризації. Запис в лічильник 5 здійснюється нульовим рівнем сигналу на п'ятому керуючому вході 24 пристрою.

На цьому закінчується цикл підготовки.

Цикл визначення інтенсивності дзеркальної складової кольору починається з моменту подачі на вхід 26 сигналу «Пуск», який подається після занесення операндів в блоки 1-5 пристрою. Відразу після надходження сигналу «Пуск» на виході 28 пристрою формується рівень логічного нуля, який сигналізує, що пристрій знаходиться в режимі формування інтенсивності дзеркальної складової кольору і не готовий до прийому операндів в блоки 1-5 пристрою.

В початковий момент часу на другому виході 36 блоку 13 керування формується рівень логічного нуля, під дією якого через мультиплексор 7 забезпечується передача значення початкового кута з виходу третього регістру 4 на вхід четвертого регістру 8. Під дією переднього фронту сигналу, який поступає з третього виходу 37 блоку 13 керу-

вання на керуючий вхід четвертого регістру 8, в останній заноситься значення початкового кута $\Delta\zeta(X_{\text{start}})$.

З блоку 9 постійної пам'яті для заданого значення n вибирається значення α , яке поступає на другий вхід другого блоку 10 множення, де перемножується зі значенням початкового кута з виходу четвертого регістру 8. Отримане значення добутку поступає на вхід блоку 11 дистрибутивної функції. На виході блоку 11 дистрибутивної функції формується значення BRDF для даного аргументу. В першому блоці 12 множення знаходиться добуток операнду C , який зберігається в першому регістрі 1, зі значенням BRDF. Отримане значення інтенсивності дзеркальної складової кольору поступає на вихід 27 пристрою. Задній фронт імпульсу на п'ятому виході 29 блоку 13 керування підтверджує, що на виході 27 пристрою сформоване достовірне значення інтенсивності кольору.

Вказані дії стосувалися початкової точки рядка растеризації.

В подальшому на другому виході 36 блоку 13 керування формується рівень логічної одиниці, який забезпечує передачу через мультиплексор 7 операнду з виходу суматора 6 на вхід четвертого регістру 8.

Оскільки на перший вхід суматора 6 з виходу четвертого регістру 8 поступає значення початкового кута, а на другий вхід - значення приросту кута $\Delta\zeta(X)$ з виходу другого регістру 3, то на виході суматора 6 отримують значення $\zeta(X_{\text{start}}) + \Delta\zeta(X)$, тобто наступне значення кута. Під дією переднього фронту імпульсу, який поступає з третього виходу 37 блоку 13 керування, в четвертий регістр 8 записується значення кута для наступної точки рядка растеризації. Визначення операнду на виході 27 пристрою аналогічне описаному для початкової точки.

В циклі визначення інтенсивності дзеркальної складової кольору в нагромаджувальному суматорі, який включає суматор 6, мультиплексор 7 та четвертий регістр 8, знаходиться сума поточного значення кута за формулою (10), шляхом додавання до вмісту четвертого регістру 8 приросту кута, який зберігається в другому регістрі 3.

Після видачі операнду на вихід 27 пристрою та підтвердження його достовірності (активним фронтом сигналу на виході 29) вміст лічильника 5 зменшується на одиницю. Це здійснюється переднім фронтом сигналу, який поступає з першого виходу 34 блоку 13 керування. При досягненні лічильником 5 свого нульового стану на його вході переносу формується імпульс від'ємної полярності, який поступає на третій вхід 35 блоку 13 керування. Під дією даного сигналу блок 13 керування переходить в початковий стан, а на четвертому виході 28 блоку 13 керування формується сигнал нульового рівня, який сигналізує, що пристрій визначив інтенсивності кольору всіх точок рядка растеризації і готовий до прийому нових операндів наступного рядка растеризації.

У блоці 9 постійної пам'яті зберігається значення α . Враховуючи, що для кожного значення коефіцієнту n ставиться у відповідність своє значення α у то кількість комірок блоку 9 постійної

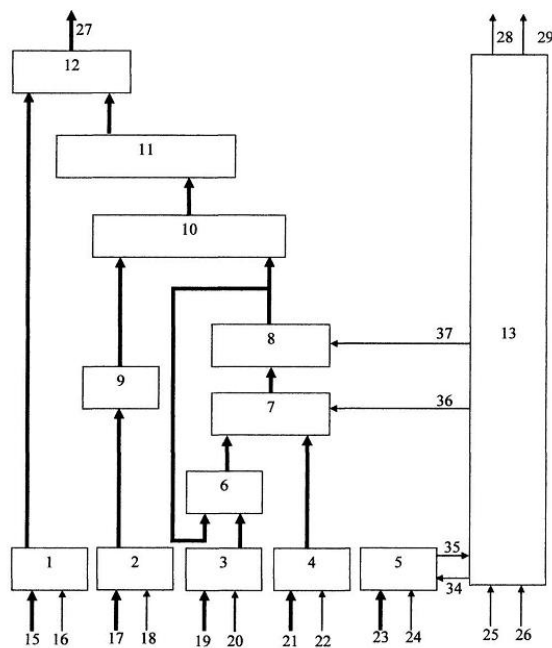
пам'яті буде дорівнювати кількості значень коефіцієнту спекулярності n . Оскільки $n=1-1000$, то другий блок 9 постійної пам'яті буде складатись з 1000 комірок. В табл. 1 (фіг. 2) представлені значення величин коефіцієнту a залежно від значення величини коефіцієнту спекулярності n при $k=16$.

У блоці 11 дистрибутивної функції зберігається значення $BRDF \cos^{16}(\alpha\delta)$, аргумент якої $\alpha\delta$ поступає на вхід блоку 11 дистрибутивної функції з виходу другого блоку 10 множення.

У пристрою-прототипі при формуванні спекулярної складової кольору максимальна відносна похибка в епіцентрі відблиску не перевищує 0,52% (фіг. 3), а максимальна абсолютна похибка у зоні затухання не перевищує 0,012 (фіг. 4).

У запропонованому пристрої крива дистрибутивної функції дозволяє більш реалістично відображати відблиск як у зоні затухання, так і в епіцентрі відблиску. Максимальна відносна похибка апроксимації епіцентру відблиску не перевищує 0,13 % (фіг. 3). Максимальна абсолютна похибка апроксимації у зоні затухання відблиску у такого пристрою не перевищує 0,009 (фіг. 4).

Дослідження пристрою показали, що точність отриманих значень в 4 рази більша для епіцентру відблиску та в 1,33 рази більша для зони затухання відблиску, ніж відповідні значення пристрою аналогу, що свідчить про суттєве підвищення точності відтворення спекулярної складової кольору.

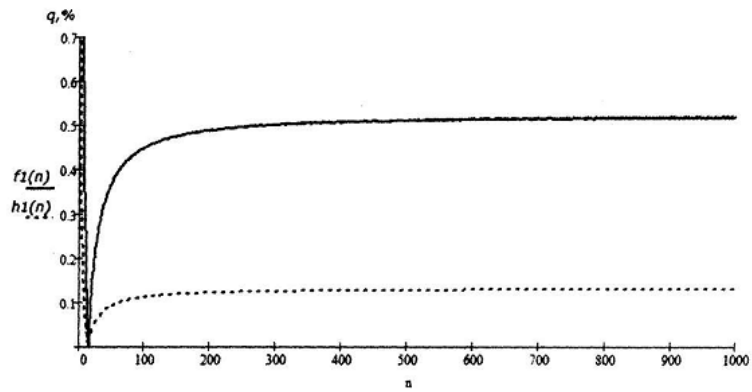


Фіг. 1

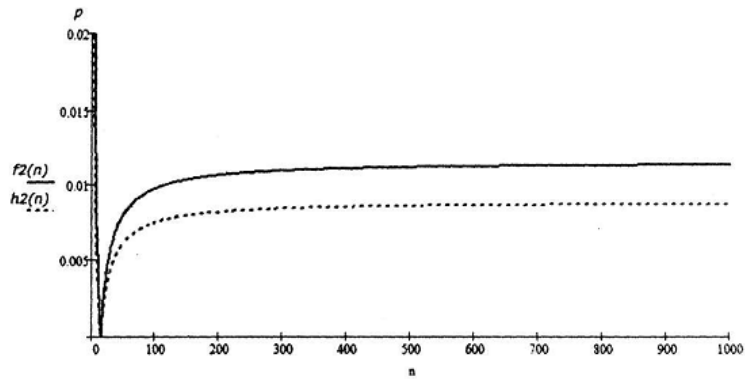
Таблиця 1

Значення n	Адресний вхід блоку 9 постійної пам'яті									Значення операнду на виході другого блоку 9 постійної пам'яті
	V9	V8	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,32
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,37
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,45
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,51
5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,57
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,62
...				
1000	1	1	1	1	0	1	0	0	0	7,87

Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4