

Т.И. Сулейманов<sup>1</sup>, Х.Н. Рзаев<sup>2</sup>, К.Д. Алиева<sup>3</sup>, Х.С. Джабраилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальное Авиакосмическое Агентство, Баку, Азербайджан*

<sup>2</sup> *Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку, Азербайджан*

<sup>3</sup> *Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан*

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕНЕРАТИВНОЙ МОДЕЛИ ОТРАЖЕНИЯ НЕГОМОГЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХ ЭПИСКОТИСТЕРОВ

*Отраженный от объекта свет может также быть диффузным или зеркальным. Диффузное отражение света происходит, когда свет как бы проникает под поверхность объекта, поглощается, а затем вновь испускается. Такое регулирование необходимо для устранения избыточных контрастных зон при фотометрическом исследовании негетогенных объектов в адаптивном режиме выбора яркостных градаций.*

**Ключевые слова:** фотометрии, негетогенного объекта, негетогенных зонах, регулирования контраста.

### Введение

Хорошо известно, что в работах [1–4] была разработана модель оптической прозрачности с использованием уравнений Талбота смешивания ахроматических цветов.

Согласно теории Талбота, ахроматические «цвета» частично прозрачной поверхности, а также нижележащей непрозрачной поверхности способны смешиваться в таких пропорциях, которые определяются пропусканием прозрачной поверхности (т.е. в той пропорции света, которая пропускается этой поверхностью). В работах [1–4] была построена модель прозрачной поверхности на основе вращающегося эпискотистера. Эпискотистер является непрозрачным вращающимся диском, где один сектор этого диска удален (рис. 1).

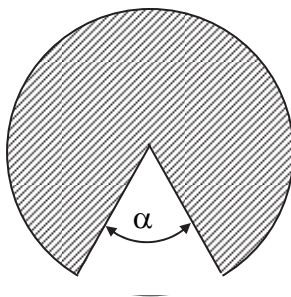


Рис. 1. Геометрический вид непрозрачного диска эпискотистера

Согласно теории Талбота, при достаточно быстром вращении диска, эпискотистер кажется гомогенной поверхностью с частичным пропусканием (рис. 2, а, б).

Очевидно, что пропускание света происходит за счет прохождения лучей через прорезь удаленного сегмента диска.

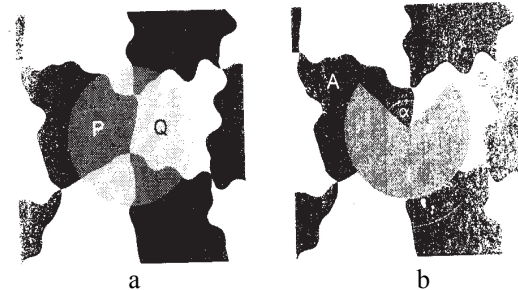


Рис. 2. Условное изображение эффекта применения эпискотистера:

а – модель в динамике, б – модель в статике

Как было показано Талботом, если а и б является коэффициентами отражения двух зон нижерасположенной непрозрачной поверхности, отражение поверхности эпискотистера равно  $t_1$ , размер удаленного сектора диска  $\alpha$ , то результирующее смещение цветов может быть вычислено по формулам

$$p_1 = \alpha a + (1 - \alpha)t_1, \quad (1)$$

$$q_1 = \alpha b + (1 - \alpha)t_1, \quad (2)$$

где  $p_1$  – результирующий ахроматический цвет над зоной А;  $q_1$  – результирующий ахроматический цвет над зоной В (рис. 2).

Система уравнений (1; 2) решается относительно  $t$  и  $\alpha$ :

$$t_1 = \frac{aq_1 - bp_1}{a + q_1 - b - p_1}; \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \frac{p_1 - q_1}{a - b}. \quad (4)$$

### Предлагаемая модификация рассматриваемой модели

Предлагаемое нами усовершенствование генеративной модели Талбота заключается в следующем:

1. Сверх непрозрачного диска с удаленным сектором устанавливается второй непрозрачный диск, ось вращения которого совпадает с осью вращения первого диска.

2. Второй дополнительный диск имеет отражающую поверхность с коэффициентом отражения  $t_2$  и удаленный сегмент размером  $1 - \alpha_2$ .

3. Скорость вращения второго диска  $V_2$  определяется как

$$V_2 = 2 \cdot V_1, \quad (5)$$

где  $V_1$  – скорость вращения первого диска.

В этом случае аналогично выражениям (1) и (2) запишем

$$p_2 = (1 - \alpha_2) \cdot p_1 + \alpha_2 \cdot t_2, \quad (6)$$

$$q_2 = (1 - \alpha_2) \cdot q_1 + \alpha_2 \cdot t_2. \quad (7)$$

С учетом выражений (1; 2; 6; 7) получим

$$p_2 = (1 - \alpha_2)[\alpha_1 a + (1 - \alpha_1)t_1] + \alpha_2 \cdot t_2; \quad (8)$$

$$q_2 = (1 - \alpha_2)[\alpha_1 b + (1 - \alpha_1)t_1] + \alpha_2 \cdot t_2. \quad (9)$$

Из выражений (8) и (9) получим

$$p_2 = \alpha_1 a - \alpha_1 \alpha_2 a + t_1 - \alpha_1 t_1 - \alpha_2 t_1 + \alpha_2 \alpha_1 t_1 + \alpha_2 t_2; \quad (10)$$

$$q_2 = \alpha_1 b - \alpha_1 \alpha_2 b + t_1 - \alpha_1 t_1 - \alpha_2 t_1 + \alpha_2 \alpha_1 t_1 + \alpha_2 t_2. \quad (11)$$

Примем следующие условия:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \quad (12)$$

$$t_1 = t_2 = t. \quad (13)$$

С учетом выражений (10–13) получим

$$p_2 = \alpha a - \alpha^2 a + t - \alpha t - \alpha^2 t; \quad (14)$$

$$q_2 = \alpha b - \alpha^2 b + t - \alpha t - \alpha^2 t. \quad (15)$$

Выражение (14) запишем как

$$\alpha^2 (t - a) + \alpha (a - t) + t - p_2 = 0. \quad (16)$$

Выражение (15) запишем как

$$\alpha^2 (t - b) + \alpha (b - t) + t - q_2 = 0. \quad (17)$$

Уравнение (16) запишем в виде

$$\alpha^2 + d_1 \alpha + d_2 = 0, \quad (18)$$

где 
$$d_1 = \frac{a - t}{t - a}, \quad d_2 = \frac{t - p_2}{t - a}.$$

Уравнение (17) запишем в виде

$$\alpha^2 + d_3 \alpha + d_4 = 0, \quad (19)$$

где 
$$d_3 = \frac{b - t}{t - b};$$

$$d_4 = \frac{t - q_2}{t - a}.$$

Решение (18) относительно  $\alpha$  дает

$$\alpha = \frac{-d_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_1^2}{4} - d_2\right)} =$$

$$= -\frac{1}{2} \left(\frac{a - t}{t - a}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{(a - t)^2}{(t - a)^2}\right) - \frac{t - p_2}{t - a}}. \quad (20)$$

Выражение (20) после преобразований имеет вид

$$\alpha = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{t - p_2}{t - a}}. \quad (21)$$

Решение (19) относительно  $\alpha$  дает

$$\alpha = \frac{-d_3}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_3^2}{4} - d_4\right)} =$$

$$= -\frac{1}{2} \left(\frac{b - t}{t - b}\right) \pm \sqrt{\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{(b - t)^2}{(t - b)^2}\right) - \frac{t - q_2}{t - a}}. \quad (22)$$

Выражение (22) запишем как

$$\alpha = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{t - q_2}{t - a}}. \quad (23)$$

Таким образом, получаем выражения (21) и (23), симметричные относительно  $q_2$  и  $p_2$ .

Выражение (21) позволяет модулировать  $p_2$  при заданных значениях  $t$  и  $\alpha$ .

Отметим, что уравнение (21) дает возможность смоделировать  $p_2$  при известных значениях  $t$  и  $\alpha$ .

Как видно из выражения (21), в реальном случае должно быть удовлетворено условие

$$\frac{t - p_2}{t - a} < \frac{1}{4}. \quad (24)$$

Из выражения (24) получим

$$4t - 4p_2 < t - a$$

или

$$t < \frac{4p_2 - a}{3}. \quad (25)$$

Из (25) получаем условие

$$p_2 > \frac{3\alpha}{4}. \quad (26)$$

Графическое отображение условия (26) показано на рис. 3. Как видно из графиков, приведенных на рис. 3, область значений  $\alpha$ , в которой предлагаемая модель работоспособна, выражается как

$$0 < \alpha < \alpha_{02}. \quad (27)$$

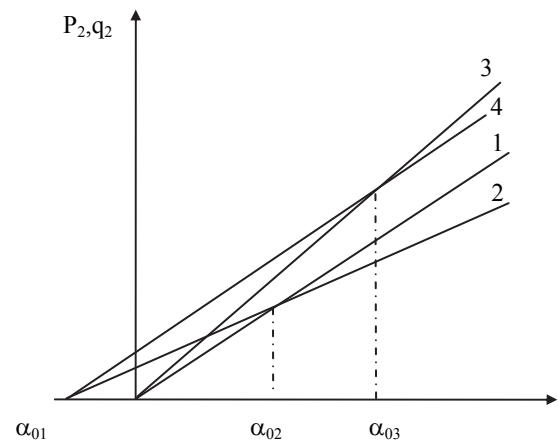


Рис. 3. Графическое отображение условия (28):  
 Цифрами указаны: 1 – график неравенства (28);  
 2 – график уравнения (23);  
 3 – график выражения (25); 4 – график выражения (26)

Заметим, что из выражения (24) легко получить условия, аналогичные (25) и (26)

$$t < \frac{4q_2 - \alpha}{3}, \quad (28)$$

$$p_2 > \frac{3\alpha}{4}. \quad (29)$$

Таким образом, предлагаемая методика получения ахроматических сигналов  $p_2$  и  $q_2$  с применением двух эпикостертов заключается в следующем:

1. При заданном  $t$  строится кривая зависимости  $p_2$  от  $\alpha$  по выражению (24).
2. При заданном  $t$  строится линия зависимости  $p_2$  от  $\alpha$  по выражению (25).
3. Определяется  $\alpha_{02}$  (см. рис. 3).
4. При заданном  $t$  строится кривая зависимости  $q_2$  от  $\alpha$  по выражению (28).
5. При заданном  $t$  строится линия зависимости  $q_2$  от  $\alpha$  по выражению (29).
6. Определяется  $\alpha_{03}$ .
7. Конечная величина  $\alpha$  выбирается по условию  $\alpha = \min(\alpha_{02}, \alpha_{03})$ .

### Некоторые практические аспекты построенной модели

Отметим, что практическая польза от построенной генеративной модели отражения неомогенной поверхности в фотометрии заключается в возможности модельного регулирования контраста между различными участками неомогенного объекта путем выбора значения параметров  $\alpha$  и  $t$ . Такое регулирование необходимо для устранения избыточных контрастных зон при фотометрическом исследовании неомогенных объектов в адаптивном режиме выбора яркостных градаций.

Техническая реализация такого режима может быть обеспечена путем электронного on-line адап-

тивного управления  $\alpha$  при сканировании резко неомогенных зон исследуемой поверхности. При этом предложенная двойная эпикостерная модель обладает более широким динамическим диапазоном регулирования контраста в неомогенных зонах, чем известная одинарная эпикостерная модель.

### Выводы

В заключение сформулируем основные выводы проведенного исследования:

1. Предложено усовершенствование генеративной модели Талбота, позволяющего осуществить синтез кажущихся отраженных сигналов заданной яркости при исследовании участков поверхностной и резкогоомогенных зон с бинарным уровнем яркости.
2. Получены уравнения для выбора параметров в модели при применении двух не идентичных эпикостертов, вращающихся со скоростями  $\delta$  и  $2\delta$  соответственно.
3. Отмечено, что использование двух неидентичных эпикостертов позволяет расширить динамический диапазон регулирования контраста в неомогенных зонах исследуемых поверхностей.

### Список литературы

1. Metelli, F. (1970). *An algebraic development of the theory of perceptual transparency*. *Ergonomics*, 13, 59-66.
2. Metelli, F. (1974). *The perception of transparency*. *Scientific American*, 230, 90-98.
3. Metelli, F. (1985). *Stimulation and perception of transparency*. *Psychological Research*, 47, 185-202.
4. Metelli, F., Da Pos, O., & Cavedon, A. (1985). *Balanced and unbalanced, complete and partial transparency*. *Perception and Psychophysics*, 38, 354-366.

Поступила в редколлегию 6.03.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.О. Алексеев, Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеца, Харьков.

### ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕНЕРАТИВНОЇ МОДЕЛІ ВІДБИТТЯ НЕГОМОГЕННИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОХ ЕПІКОСТЕРОВ

Т.І. Сулейманов, Х.Н. Рзаєв, К.Д. Алієва, Х.С. Джабраїлов

*Відбите від об'єкта світла може також бути дифузним або дзеркальним. Дифузійне відбиття світла відбувається, коли світло ніби проникає під поверхню об'єкта, поглинається, а потім знову випускається. Таке регулювання необхідно для усунення надмірних контрастних зон при фотометричному дослідженні неомогенних об'єктів в адаптивному режимі вибору яскравісних градацій.*

*Ключові слова:* фотометрія, неомогенний об'єкт, неомогенні зони, регулювання контрасту.

### IMPROVEMENT OF THE GENERATIVE REFLECTION MODEL NON-HOMOGENEOUS SURFACE WITH USE OF TWO EPICOSTERISTS

T.I. Suleymanov, Kh.N. Rzaev, K.D. Alieva, H.S. Dzhabrailov

*The light reflected from the object can also be diffuse or mirror. Diffuse reflection of light occurs when light penetrates, as it were, under the surface of the object, is absorbed, and then emitted again. Such regulation is necessary to eliminate redundant contrast zones in the photometric study of non-homogeneous objects in the adaptive mode of selecting luminance gradations.*

**Keywords:** photometry, inhomogeneous object, inhomogeneous zones, contrast control.