

УДК 338.28

А.Д. Купко<sup>1</sup>, О.Ю. Волкова<sup>2</sup>, В.Н. Полищук<sup>3</sup><sup>1</sup> ННЦ «Институт метрологии»<sup>2,3</sup> Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

## ИСКАЖЕНИЕ СВЕТОВЫХ И ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ОБУСЛОВЛЕННОЕ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ

*Искажение световых и цветовых характеристик источника, обусловленное диаграммой направленности излучения напрямую связано с качеством изображения. Основной подход к численной оценке цвета связан с использованием значений ординат кривых сложения цветов. Предлагается произвести коррекцию интенсивностей и обеспечить неизменность зрительного впечатления, что открывает возможности коррекции изображения на экране с учетом разницы диаграмм направленности для каждого цвета.*

**Ключевые слова:** восприятие, цветное изображение, спектральный состав излучения, световая характеристика, диаграммы направленности, кольоровість излучения.

### Аналитический обзор литературы и постановка задачи

Число факторов, из-за которых искажаются результаты при световых и цветовых измерениях достаточно велико. Данное сообщение посвящено анализу искажений измерения яркости, обусловленных диаграммой направленности источника. В работе [1] было показано, что соответствующие погрешности могут оказаться значительными. В работе [2] было обращено внимание на то, что благодаря таким погрешностям происходит искажение восприятия при наблюдении рассеянного излучения от экрана, например в кинотеатре или на рекламных щитах. Очевидно, что подобные искажения происходят и при наблюдении экранов мобильных телефонов, мониторов и телевизоров. Учитывая, что цветное изображение на экране формируется отдельными элементами (условно: красный, зеленый, синий, чаще всего узкополосными источниками излучения, например светодиодами) [8]. Диаграммы направленности излучения этих излучающих элементов в общем случае различны. Это означает, что спектральный состав излучения, распространяющегося под различными углами от нормали к экрану также различен. Поэтому подобного рода искажения приведут к деформации зрительного восприятия изображения. Поскольку в настоящее время многие сайты содержат в качестве рекламы товарные знаки производителя, для которых цвет является брендовым, то такое искажение приводит к снижению эффективности рекламы, т.е. к прямым финансовым потерям. Даже для идеальной цветопередачи цветных произведений искусства при нормальном наблюдении в случае наблюдения на большом

экране или при взгляде на него под углом, эстетическое впечатление будет ошибочным [7]. Ситуация в настоящее время обостряется широким распространением близорукости, а следовательно и наблюдением краев экрана под большими углами. Можно сказать, что искажение световых и цветовых характеристик источника обусловленное диаграммой направленности излучения напрямую связано с качеством изображения, т.е. актуально.

Изменение спектрального состава излучения для неидеальной коррекции приемника под  $V(\lambda)$  [3] к возникновению специфических погрешностей при измерении световых характеристик. Подходы к оценке влияния изменяющегося спектрального состава измеряемого излучения для световых измерений базируются на расчетах коэффициента активности, могут быть оценены численно, они хорошо разработаны и общеприняты [4]. Исследование оценки искажений цветового восприятия для аналогичного случая осложняется тем, что критерии качества для подобных случаев не разработаны и не общеприняты. Поэтому необходимо предложить какой либо подход, который позволит в некотором приближении оценить влияние наблюдения под разными углами на зрительное впечатление.

В этом сообщении проблемы, связанные с неидеальностью приемника игнорируются, используется простая визуальная оценка. Рассматривается только влияние изменения спектра источника (изображения на экране). Существует большое разнообразие диаграмм направленности яркости излучения, существуют светодиоды с широкой диаграммой направленности (более одного радиана), а также с узкой диаграммой (менее 20 градусов) [6]. Поэтому в настоящей работе

используются модельные диаграммы яркости для пикселей разного цвета. Для простоты выбрана простая косинусная форма диаграмм направленности яркости ( $\cos^n$ , где  $n=1,2,3$ ), их угловые полуширины по порядку величины соответствуют углу, под которым видно край экрана монитора. График используемых для моделирования диаграмм приведен на рис. 1. Для практических результатов, разумеется, необходимо использовать реальные характеристики, которые не всегда являются функцией одного угла.

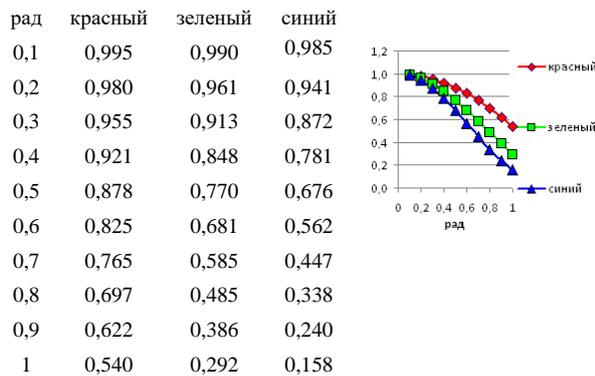


Рисунок 1. Модельные диаграммы направленности

### Изложение основного материала

Mathcad дает хорошую возможность получить матрицы, соответствующие попиксельной интенсивности красного, зеленого и синего цвета изображения, провести с ними необходимые вычисления и синтезировать новое изображение. Визуальное сравнение было только качественное: существенное, заметное или несущественное. Глаз имеет различную чувствительность к излучению с различным спектром. Основной подход к численной оценке цвета связан с использованием значений ординат кривых сложения цветов[5]. На рис. 2. представлены значения ординат кривых сложения цветов в системе МКО 1931.

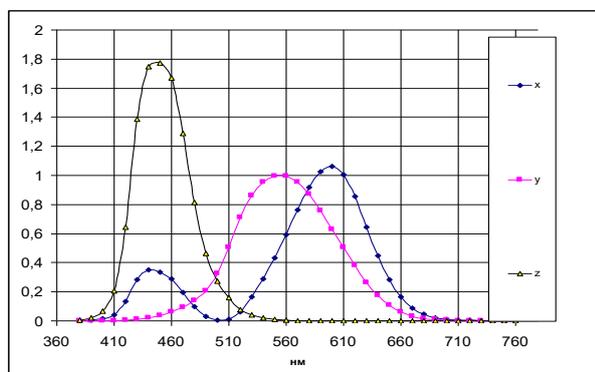


Рисунок 2. Значения ординат кривых сложения цветов в системе МКО 1931

Видно, что вблизи областей 500 нм (синезеленая область) и 570 нм (желтая область) одна из кривых растет, в то время как другая падает. Было

выбрано изображение богатое именно этими цветами. Соответствующая фотография приведена на всех следующих рисунках справа.

После отладки программы появилась возможность попытаться определить, как сильно надо изменить содержание какого-либо цвета, что бы зафиксировать изменение восприятия. В фотографии (640 пикселей по горизонтали 480 по вертикали) используется 256 градаций каждого цвета (0-255 единиц).

Проводилось уменьшение поочередно содержания каждого цвета. Резкой границы не было выявлено, для разных цветов влияние разное, для зеленого цвета уменьшение на 1% можно заметить. Уменьшение на 5 % любого цвета, совершенно однозначно, воспринимается как существенное отличие. Одновременное уменьшение всех цветов не приводит к резкому изменению восприятия. При анализе выяснилось, что увеличение содержания любого цвета даже на незначительную величину приводит к резкому изменению восприятия. Это связано с тем, что из-за автоматического выбора режима фотографирования практически в каждой фотографии есть участки, на которых какой-либо цвет отображается с максимальной интенсивностью 255, любое его увеличение приводит к тому, что участок имеет интенсивность большую, чем предельно максимальная. Происходит отбрасывание 255 единиц и на фотографии появляется участок с очень малой интенсивностью соответствующего цвета. Избавиться от этого эффекта можно при помощи обычной нормировки, так, что бы максимальная интенсивность любого цвета не превышала 256 единиц.

Для иллюстрации приведены рисунки (Рис. 3 и Рис. 4) которые будут видны, если их разместить под углом 0,3 и 0,5 радиан. Для расчетов использовались диаграммы направленности, приведенные на рис. 1.

$$\begin{pmatrix} \text{coords} \\ \text{mat} \end{pmatrix} =$$

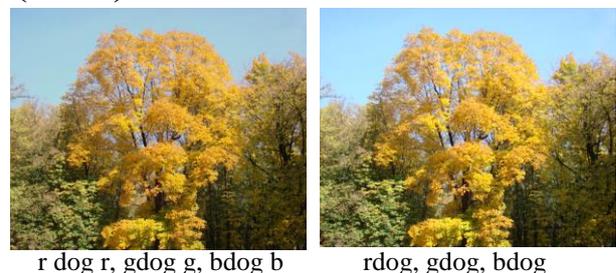


Рисунок 3. изображения видимые под углом 0,3 рад (слева) и при наблюдении по нормали

$$\begin{pmatrix} \text{coords} \\ \text{mat} \end{pmatrix} =$$



r dog r, gdog g, bdog b

rdog, gdog, bdog

Рисунок 4. Изображения, видимые под углом 0,5 рад (слева) и при наблюдении по нормали

Отличия существенны настолько, что их можно заметить на черно-белой печати. Очевидно, что если произвести коррекцию интенсивностей в соответствии с соответствующими диаграммами, то можно обеспечить неизменность зрительного впечатления. Это открывает возможности коррекции изображения на экране с учетом разницы диаграмм направленности для каждого цвета. Для этого необходимо рассчитать, под каким углом видна каждая точка экрана, поделить интенсивность каждой точки экрана на относительную величину диаграммы направленности для этого угла и произвести нормировку таким образом, что бы максимальная интенсивность во всех точках не превышала 255. Коррекцию нужно производить только в момент изменения положения наблюдателя, т.е. расчет коррекции для каждого кадра не требуется. Благодаря этому при разработке экранов пропадет требование эквивалентности диаграмм направленности для используемых цветов, что приведет к удешевлению продукции при неизменном качестве изображения, становится возможным использование источников с более узкой диаграммой направленности, а значит и с большей яркостью при той же потребляемой мощности.

Разумеется, правильное зрительное впечатление можно обеспечить, просто отодвинувшись от экрана достаточно далеко, но при этом пропадает смысл использования большого экрана. Можно изготовить экран с вогнутой поверхностью, ориентированной на наблюдателя или еще лучше – обеспечив ламбертовскую диаграмму направленности для каждого цвета. Однако, это намного сложнее, чем произвести соответствующую коррекцию сигнала при помощи специализированной программы.

### Вывод

В настоящее время все большее число мониторов имеют прикрепленную или встроенную камеру, кроме того, сейчас широко распространены программы распознавания лиц. Таким образом, возможно по реально измеренным диаграммам

направленности, используя постоянное отслеживание положение зрителя при помощи камеры рассчитать необходимую коррекцию для получения более качественного изображения.

### Литература

1. Купко О.Д. Теоретичний аналіз систематичних похибок вимірювання яскравості Український метрологічний журнал. Вип.4. - 2013. - стр.33-37.
2. Добровольський Ю.Г., Купко О.Д. Оцінка просторових похибок визначення яскравості сцен у комп'ютерній графіці. -2013. т.4 –в.4 –с. 40-46.
3. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения: ГОСТ 8.332–78 ГСИ - М.: Изд-во стандартов, 1979.- 6с.
4. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга.-М.: Энергоатомиздат, - 1983. – 469 с.
5. CIE Publication. Colorimetry 15. 2000.
6. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. - Москва,2008. – 495с.
7. Войцех Жаган. Люмінаціяоб'єктів. Львів, 2007. -240с.
8. Кривошеев М.И., Кустарев А.К. Цветовые измерения. М.:Энергоатомиздат,1990. – 240с.

### References

1. Kupko O. D. Teoretichny analysis of systematic errors of measurement of brightness Ukrainian metrological magazine. Vip.4.-2013. - p. 33-37.
2. Dobrovolsky Yu.G., Kupko O. D. Otsenka of space errors of determination of brightness of scenes in computer graphics.- 2013. t.4 – century 4 – page 40-46.
3. Light measurements. Values of the relative spectral light effectiveness of monochromatic radiation for day vision: GOST of 8.332-78 GSI - M.: Publishing house of standards, 1979. - 6 pages.
4. The reference book on lighting engineering / under the editorship of Yu.B.Ayzenberga. - M.: Energoatomizdat,-1983.– 469 pages.
5. CIE Publication. Colorimetry 15. 2000.
6. Schubert F.E. Svetodiody. - Moscow, 2008. – 495s.
7. Wojciech Zhagan. Illumination of objects. Lviv, 2007. - 240s.
8. Krivosheyev M. I., Kustarev A.K.Tsvetovoye of measurement. M.:Энергоатомиздат, 1990. – 240s.

**Автор:** КУПКО Александр Данилович  
 ННЦ «Институт метрологии», доктор технических наук,  
 старший научный сотрудник.  
 E-mail – kupkoad@metrology.kharkov.ua

**Автор:** ВОЛКОВА Оксана Юрьевна  
 Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, кандидат технических наук,  
 доцент кафедры электроснабжения городов.  
 E-mail – kasya\_polish@mail.ru

**Автор:** ПОЛИЩУК Валентина Николаевна  
 Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, кандидат технических наук,  
 доцент кафедры светотехники и источников света.  
 E-mail – radalight@kname.edu.ua

## ВИКРИВЛЕННЯ СВІТЛОВИХ І КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЖЕРЕЛА, ЩО ОБУМОВЛЕНЕ ДІАГРАМОЮ СПРЯМОВАНОСТІ ВИПРОМІНЕННЯ

А.Д. Купко, О.Ю. Волкова, В.М. Поліщук

*Викривлення світлових і колірних характеристик джерела обумовлено діаграмою направленості випромінювання і напряму пов'язане з якістю зображення. Основний підхід до чисельної оцінки кольору пов'язано із використанням значень ординат кривих додавання кольорів. Пропонується проводити корекцію інтенсивностей та забезпечити незмінність зорового сприйняття, що відкриває можливості корекції зображення на екрані з урахуванням різниці діаграми направленості для кожного кольору.*

**Ключові слова:** сприйняття, кольорове зображення, спектральний склад випромінювання, світлова характеристика, діаграми направленості, кольоровість випромінювання.

## THE DISTORTION OF LIGHT AND CHROMATIC CHARACTERISTICS OF THE SOURCE CAUSED BY THE RADIATION DIRECTIONAL DIAGRAM

O. Kupko, O. Volkova, V. Polishchuk

*Even for an ideal color rendition of color works of art at normal supervision in a case supervision on the big screen or at a view of it at an angle, the aesthetic impression will be inaccurate. It is possible to tell that the distortion of light and chromatic characteristics of a source caused by a radiation directional diagram directly is bound to quality of the image. Approaches to an assessment of influence of the changing spectral distribution of gaged radiation for light measurements are based on calculations of coefficient of activity, can be estimated numerically, they are well developed and standard. It is necessary to offer any approach which will allow to estimate in some approximation influence of supervision under different corners on visual impression.*

*It is apparent that if to make correction of intensity according to the corresponding charts, it is possible to provide an invariance of visual impression. It opens possibilities of correction of the image on the screen taking into account a difference of directional diagrams for every color. Now the increasing number of monitors have the attached or firmware chamber, besides, programs of a face recognition are now widespread.*

*Thus, it is possible on really measured directional diagrams, using continuous tracking position of the viewer by means of a chamber to calculate necessary correction for obtaining the better image.*

**Keywords:** perception, color image, spectral distribution of an radiation, light characteristic, directional diagrams, chromacity of radiation.