

УДК 628.979:159.93

**В. С. Чернец**, канд. техн. наук  
 Харьковская национальная академия городского хозяйства  
 Кафедра светотехники и источников света, ул. Революции, 12, г. Харьков, 61002, Украина, 707-32-42  
 E-mail: [acidverse@mail.ru](mailto:acidverse@mail.ru)

## **НЕВИЗУАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОСВЕЩЕНИЯ КАК ФАКТОР СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА**

### **Постановка проблемы**

Вопрос светового загрязнения как проблема глобального экологического масштаба впервые освещается в СМИ в конце 80-гг. А в середине 90-х гг. [1,2,3] в таких странах как США, Италия, Греция проводятся научные исследования данного явления при поддержке крупнейших институтов и университетов [4]. Результаты исследований указали на увеличение светового загрязнения в США и Европе на 6-12 % ежегодно. Данная проблема проявляется в 2 основных аспектах:

- Негативное биологическое воздействие света на организм человека;
- Неэффективное использование электрической энергии за счет бесцелевого распространения части светового потока в пространстве.

Это подтверждается исследованиями [4] которые доказали, постоянное освещение мегаполисов является одной из причин развития депрессии. Проведенный эксперимент заключался в изучении нервной системы млекопитающих, которые в течение суток находились в комнатах с разной степенью иллюминации.

Как упоминалось в работах [5-6], возрастающие объемы применения искусственного освещения во всех сферах деятельности человека требуют более взвешенного подхода к оценке его воздействия на человека. Однако среди достаточно большого разнообразия световых систем особое место занимают светодиодные системы, благодаря спектральным характеристикам которых возможно создание освещения так называемого «чистого» цвета. Спектр излучения этих источников света близок к монохроматическому, в чем его кардинальное отличие от спектра известных естественных и искусственных источников. Однако, физика восприятия зрительным анализатором человека, приспособленным к спектру солнечного излучения, светодиодного света узкой условно монохромной волны сегодня не раскрыта, что обуславливает повышенный интерес к светодиодным осветительным установкам и исследованию их психофизиологического воздействия на наблюдателя.

### **Анализ исследований и публикаций**

Согласно [6] основная задача освещения заключается в служении человеку [6], что означает не только обеспечение необходимых условий для визуальной работы – функциональная составляющая, но и безопасность пребывания наблюдателя в световой среде – биологическая функция, а также создание необходимой эмоциональной атмосферы в архитектурном пространстве – психофизиологическая функция.

Исследование воздействия светового пространства на наблюдателя, как указано в [7], представляет собой классическое физиологической реакции сконцентрировано на

исследованиях функций зрительного анализатора и циркадной системы. Согласно анализу исследований психофизиологического воздействия световой среды, создаваемой светодиодными источниками света, подробно представленному в работах [6-8], ни в одной из известных научных публикаций не проведена объективная оценка данного воздействия на наблюдателя и не определены области наиболее сильного влияния светового пространства, создаваемого светодиодными излучателями на организм человека.

Исследование количественной оценки воздействия цветовой нагрузки светового пространства на наблюдателя, представленное в работе [8], основывалось на построении модели количественной оценки указанного воздействия на человека на основе статистической обработки электроэнцефалограммы, данных изменения артериального давления и пульса как системы регистрации отклика организма на внешний цветовой стимул. Однако система, состоящая из 110 полиномов 3-ей степени, представляющая собой результат данных исследований, в результате своей громоздкости несколько затрудняет использование при решении инженерных задач построения комфортного светоцветового пространства. Кроме того, ни в одной работе, посвященной данной тематике, не представлено аналитическое исследование цветového пространства на основе указанных математических моделей.

#### **Постановка цели и задач исследования**

Целью настоящей работы является определение области наиболее сильного психофизиологического воздействия цветовой нагрузки светового пространства, создаваемого светодиодными источниками света, и определение границ комфортности для наблюдателя.

Для достижения поставленной цели необходима разработка методики факторного анализа цветовой области излучения светодиодов, математической модели области комфортного воздействия цветности данных источников света на наблюдателя, алгоритметрического и программного обеспечения кодирования области цветов, воспроизводимых светодиодами.

#### **Изложение основного материала исследований**

В ходе аналитического исследования светодиодов таких производителей, как ProLight Opto, Nichia, Luxeon, были определены спектральные характеристики источников света и доминантные длины волн для каждого из известных цветов излучения полупроводниковых материалов. Светодиоды с излучением в красно-желто-зеленом диапазоне спектра на AlGaIn структуре имеют доминантную длину волны  $\lambda = 575 \div 640$  нм; в многослойных гетероструктурах на основе нитридных соединений  $n\text{-Ga}/n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}/p\text{-AlGa}$  для получения высокоэффективного ультрафиолетового излучения достигают доминантной волны  $\lambda_{\text{max}} = 375 \div 400$  нм, фиолетового –  $\lambda_{\text{max}} = 400 \div 455$  нм, синего –  $\lambda_{\text{max}} = 455 \div 485$  нм и зеленого –  $\lambda_{\text{max}} = 505 \div 530$  нм. Для полноцветного светодиодного модуля стандарт цветности имеет такие значения:  $\lambda_{\text{max}} = 470$  нм (синий цвет), 526 нм (зеленый цвет) и 630 ÷ 626 нм (красный цвет).

Для построения максимально точной модели зависимости физиологических показателей организма наблюдателя от колориметрических характеристик излучения светодиодов были проведены экспериментальные исследования; алгоритм исследований описан в работе [9,10].

Специально для данных исследований на основе анализа спектральных характеристик светодиодов разработана программная среда [11] с цветовым полем, лежащим в диапазоне цветového треугольника, охватываемого областью излучения светодиодов, и областью цифровой системы кодирования цвета NTSC, примененной в цифровой системе кодирования цвета (рис. 1).

Проведение эксперимента осуществлялось в соответствии с планом [11].

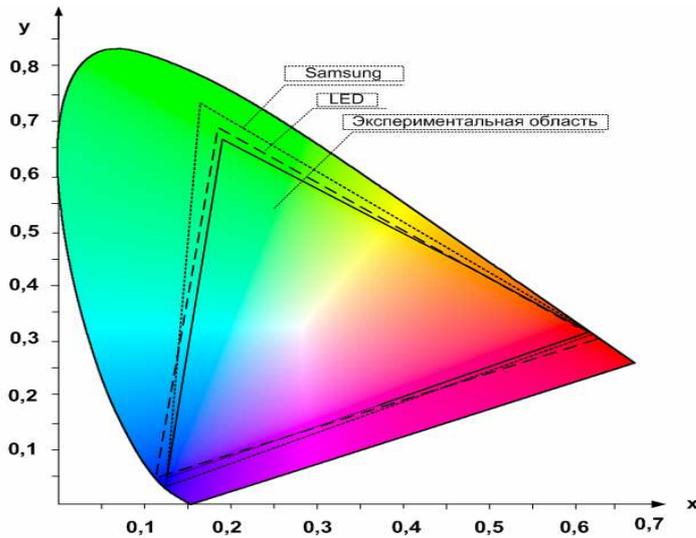
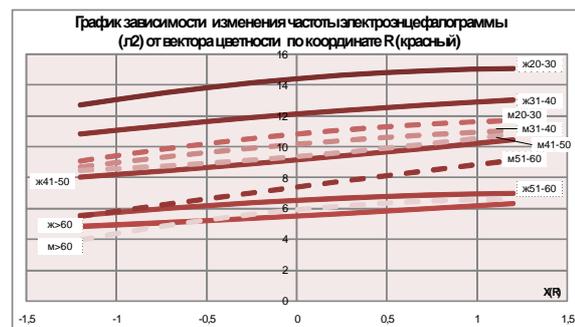
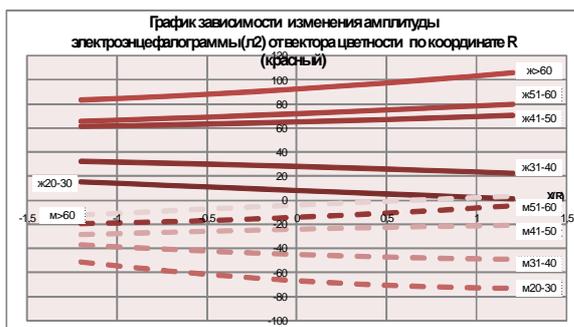


Рис. 1 - Область излучения светодиодов на цветовом графике МКО 1931

Функциями отклика в эксперименте являются показатели электрофизиологической реакции организма, в качестве которых приняты:  $Y_1$  - изменение частоты пульса;  $Y_2, Y_3$  - изменение величины систолического и диастолического давлений соответственно;  $Y_4 \div Y_{12}$  - значения показателей электроэнцефалограммы (8 показателей по каждой из пяти групп). Варьируемыми параметрам выбраны:  $x_1$  - координата цветности **a**;

$x_2$  - координата цветности **b**;  $x_3$  - координата цветности **c**;  $x_4$  - яркость цвета;  $x_5$  - времена цветового воздействия на человека;  $x_6$  - возраст человека,  $x_7$  - пол человека.

Для определения области наиболее сильного психофизиологического воздействия цветовой нагрузки светового пространства, создаваемого светодиодными источниками света, и определение границ комфортности для наблюдателя полученные математические модели количественной оценки светоцветового воздействия на наблюдателя подвергались конфирматорному факторному анализу, для которого свободные факторные нагрузки в уравнениях модели и число исследуемых факторов определено экспериментальными исследованиями [12], факторные нагрузки и ковариации между латентными переменными равны заданным константам математических моделей количественной оценки светоцветового воздействия на наблюдателя; исследуемые ограничения абсолютно согласуются с результатами наблюдений. В результате проведенного конфирматорного факторного анализа определена значимость параметров исследуемых моделей. На рис.2а представлены графики зависимости электрической активности головного мозга от вектора цветности по координате R (красный цвет). Как видно из графиков нежелательный эффект такое воздействие имеет на возрастные группы женщин 20-40 лет. На рис.2б представлены такие же зависимости, но по координате G. И как видно из графиков для всех возрастных групп во всем диапазоне изменения зеленого основного цвета системы RGB является положительным для наблюдателей. На ри.2в представлены зависимости от вектора цветности по координате B, где наблюдается эффект снижения частоты и увеличения амплитуды, что приводит к работе мозга близкой к состоянию глубокого сна.



а)

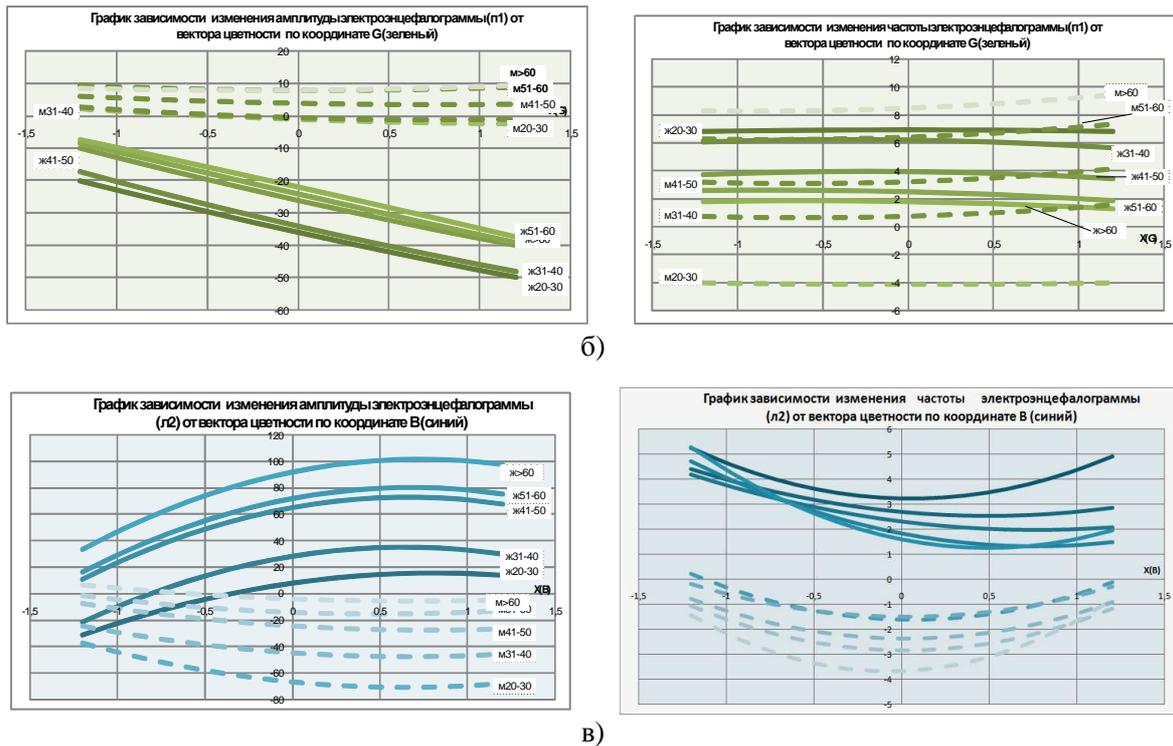


Рис. 2 - Графики зависимости электрической активности головного мозга от вектора цветности

Согласно проведенному анализу были определены границы положительного воздействия цветового пространства на наблюдателя для каждой из групп ранжира, а также выведены границы области отрицательного воздействия для всех возрастных групп, что схематично представлено на рис.3.

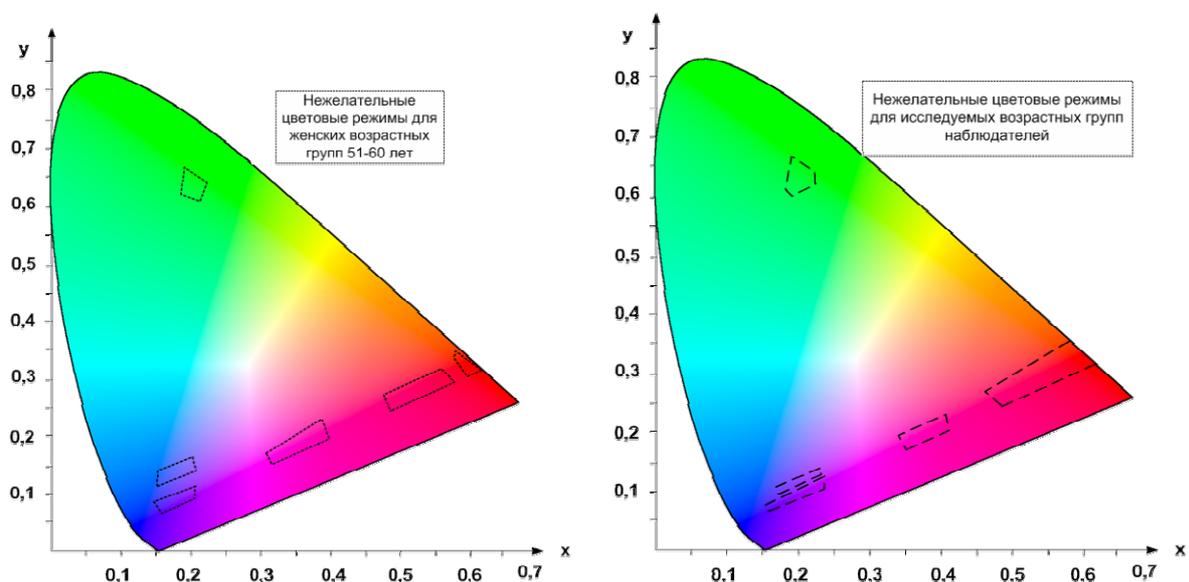


Рис. 3 - Области позитивного и негативного воздействия на наблюдателя цветовой нагрузки светодиодного освещения

Как видно из рис.3 положительное воздействие на наблюдателя оказывает излучение с координатами цветности, находящимися внутри очерченных областей. Таким образом, определение границ положительного и отрицательного цветового воздействия для каждой из ранжируемых групп эксперимента и дальнейшее их

объединение в единую область позволяет оптимизировать время при решении задачи оценки психофизиологического воздействия светового пространства на наблюдателя.

### Выводы

Определена область комфортного воздействия цветности светодиодных источников света на наблюдателя, позволяющая оценить комфортность создаваемого светового пространства на этапе проектирования светодиодных осветительных установок.

### Литература

1. Сперлинг, Н. "Светового загрязнения: вызов для астрономов," *Меркурий*, сентябрь / окт. 1986, р. 144
2. Кроуфорд, Д. и Хантер, Т. "Борьба со световым загрязнением", в *Sky & телескопа* июль 1990, р. 23
3. Презентация проекта Международного Dark Sky заповедника Пик дю Миди [ Архив ], 2009/04/02
4. Глобальный Атлас яркости искусственного ночного неба [ Архив ], опубликованный 1-го августа 2001 года группа исследователей из Италии и США, под руководством профессора Pierantonio Cinzano . [PDF] французский перевод [ Архив ] ANPCEN .
5. Michel Bonavitascola; *Парки и световое загрязнение баланс Licorness 2006* [ Архив ], ANPCN, PDF, сжатая версия, 20 страниц
6. Чернец В.С., Говоров Ф.П. Учет фактора психосоматического состояния при оценке влияния светового пространства на человека // *СвітлоЛух*. – 2007. - №1. – С. 82-85.
7. Кришталь В.С., Говоров Ф.П. Влияние цветности освещения на психофизиологическое состояние человека // *Світлотехніка та електроенергетика*. - №5. – 2005р. - с.20-24.
8. Кришталь В.С., Говоров Ф.П. Управление параметрами и режимами осветительных установок с учетом цветосветового воздействия на человека // *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»*. - Ч.3. – 2007р. - с.125-128.
9. Кришталь В.С. Генерация цветовых режимов заданной последовательности // *СвітлоЛух*. - №2. – 2008р. – с.63-70.
10. Чернец В.С. Кодирование цвета в исследовании психосоматического воздействия цветного изображения на человека // *Світлотехніка та електроенергетика*. - № 7-8. - 2006р. – с.23-28.
11. Кришталь В.С., Марченко Н.А. Моделирование процессов в осветительных установках с учетом цветосветового воздействия на организм человека // *Електроніка та системи управління*. - №4(14). - 2007р. – с.124-131.

---



---

## НЕВІЗУАЛЬНА ДІЯ ОСВІТЛЕННЯ ЯК ЧИННИК СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА

В. С. Чернец

*Розглянуті питання невізуальної дії світлодіодного освітлення як чинник світлового забруднення сучасного міста. Наведені результати експериментальних і аналітичних досліджень даного питання.*

## UNVISUAL ILLUMINATION INFLUENCE AS A FACTOR OF LIGHT POLLUTION IN MODERN CITIES

V. S. Chernets

*The questions of unvisual influence of LED illumination as factor of modern city light pollution are considered. The experimental and analytical results of the examined question researches are supervised.*