

Нейросетевое моделирование зависимости цветовой температуры освещения от источника света и оптической системы светильника¹

А. ЕРСОЙ ЙЫЛМАЗ

Стамбульский университет, Стамбул, Турция
E-mail: aersoy@istanbul.edu.tr

Аннотация

Непрерывный рост потребности в энергии и связанные с этим проблемы с ресурсами привели к необходимости подробно рассмотреть привычное потребление энергии. Существенная часть (в настоящее время, примерно 20 %) общего потребления энергии приходится на освещение жилищ, рабочих мест, улиц и дорог. В прошлом освещение, в основном, использовалось для улучшения видимости и безопасности, однако в настоящее время большое значение придаётся ещё и эффективности и эстетичности освещения, что привело к большому разнообразию имеющихся на рынке ламп. Для проведения данного исследования были выбраны широко распространённые лампы накаливания (ЛН), компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) и светодиодные лампы (СДЛ). Для имитации различных типов осветительной арматуры были выбраны прозрачные стеклянные призмы разной толщины и формы. Вначале в лабораторных условиях были измерены коррелированные цветовые температуры (T_u) ЛН, КЛЛ и СДЛ. Цель данного исследования состояла в формировании искусственной нейронной сети (ИНС) для определения T_u на основе полученных входных данных. Сравнение экспериментальных и расчётных значений T_u показало, что ис-

пользовавший метод расчёта вполне подходит для данных этого типа.

Ключевые слова: коррелированная цветовая температура, искусственная нейронная сеть, освещение жилищ, яркость, лампа.

1. Введение

Освещение, требующееся во многих областях, является и одной из основных потребностей людей. Исследования, проведённые в областях медицины и техники, показали, что освещение оказывает на людей психологическое воздействие [1–4], в связи с чем это воздействие часто используется для манипулирования чувствами людей в торговых целях. Магазины, особым образом освещающие предлагаемые товары, делают эти товары привлекательными для покупателей [5]. Аналогичным образом можно изменить восприятие людей, осветив подходящим образом наблюдаемую ими сцену. Большое влияние в этом случае оказывают цвет² освещения, а также T_u излучаемого света [4–10]. Простейшим способом измерения цвета источника света является определение его T_u . T_u описывает «внешний вид» света, излучаемого источником света. T_u излучателя – это температура чёрного тела, при котором цвет его излучения совпадает с цветом излучения этого излучателя.³ Эта температура измеряется в градусах Кельвина (К) [10]. Цвета

искусственных источников света разделяются в соответствии со своей T_u на три основных класса: горячие цвета, которым соответствуют T_u ниже 3300 К, тёплые цвета, которым соответствуют T_u от 3300 до 5500 К, и холодные цвета, которым соответствуют T_u выше 5500 К. В этой классификации горячие цвета лежат в красной области спектра, тогда как холодные цвета лежат в синей области спектра [9, 10]. Для наилучшей демонстрации товаров и увеличения объёма продаж полки с хлебопекарной продукцией, полки с овощами и фруктами и полки с мясом освещаются светом с T_u от 3000 до 4000 К, полки с напитками – светом с T_u от 4000 до 6000 К, а полки с молочными продуктами – светом с T_u , равной примерно от 4000 К [9].

Проведённое в Турции исследование источников света, используемых в торговых центрах, показало, что при высоком уровне освещённости и низкой T_u освещаемый участок выглядит искусственным и захолустным [5]. В аналогичном исследовании жилых районов было установлено, что для зон отдыха требуется освещение с низкой T_u [8, 8a]. Гостиные, используемые продолжительное время, должны освещаться светом с низкой T_u , а не белым, светлоголубым или другим светлым светом с высокой T_u . Общий вывод состоит в том, что T_u следует выбирать таким образом, чтобы улучшить зрительный комфорт [8–12].

Цель данного исследования состояла в исследовании и моделировании влияния осветительной арматуры на характеристики источника света. Для этого были выбраны наиболее широко используемые в жилых помещениях источники света: лампа накаливания (ЛН), компактная люминесцентная лампа (КЛЛ) и светодиодная лампа (СДЛ). Вначале в экспериментальной установке были измерены создаваемые этими лампами уровни освещения, а также яркости⁴ и T_u этих ламп.

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

² Автор везде говорит о «цвете», что сохранено в переводе, даже если речь идёт о белом свете – Прим. пер.

³ Автор почему-то заменила приведённое в Международном светотехническом словаре определение коррелированной цветовой температуры (температура излучателя Планка (чёрного тела), имеющего координаты цветности, наиболее близкие к координатам цветности, соответствующим заданному спектральному распределению на диаграмме, на которой линия чёрного тела и тестируемый стимул представлены в координатах $u', \frac{2}{3}v', \dots$) на собственное. – Прим. пер.

⁴ Автор использует термин «*brightness*» («светлота»). Однако светлота является чисто качественной характеристикой и не имеет никакой единицы измерения. В $\text{кд}/\text{м}^2$ измеряется яркость, которая и рассматривается в этой статье, в связи с чем здесь и в дальнейшем «*brightness*» переводится как «яркость». – Прим. пер.

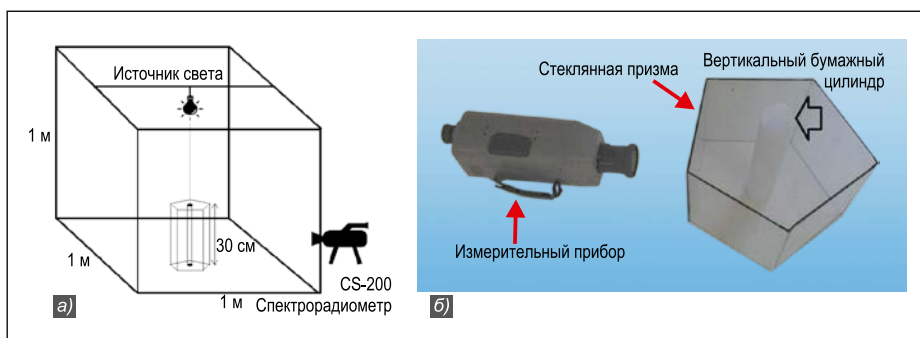


Рис. 1. Измерительное оборудование: а – экспериментальная установка для измерения яркости и T_u ; б – фотография внутренней части экспериментальной установки

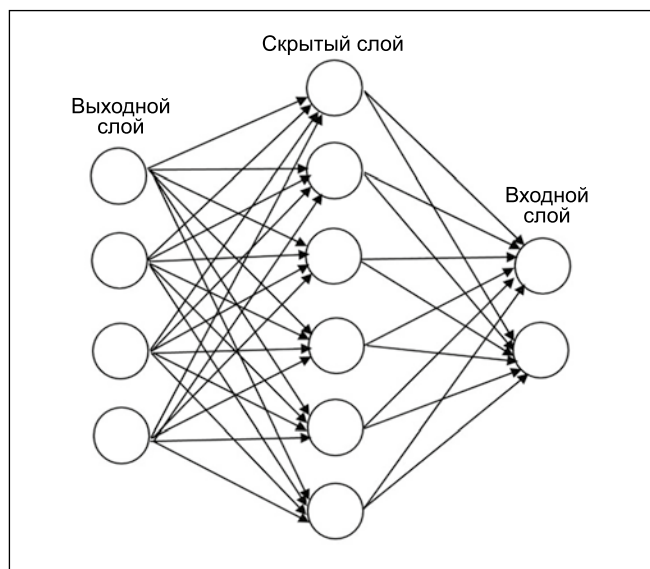


Рис. 2. Структура ИНС

При исследовании влияния осветительной арматуры (стеклянных призм) на излучение находящегося внутри неё источника света, свет направляли на белый бумажный цилиндр, и проводили измерение характеристик света, отражённого от цилиндра на арматуру.

На следующем этапе было исследовано влияние имеющих одинаковые свойства стеклянных оболочек разной формы (треугольная, прямоугольная и пятиугольная призмы) и с разной толщиной стенок (2 и 4 мм), которые имитировали разные типы осветительной арматуры. С использованием экспериментальных данных, таких как яркость и T_u , была проведена отладка искусственной нейронной сети (ИНС), что позволило выполнить успешные расчёты этих параметров при разных форме и толщине стенок стеклянных оболочек.

2. Материалы и система

Для проведения данного исследования были выбраны лампы, наиболее

часто используемые для освещения жилищ. Вначале была использована ЛН мощностью 28 Вт с $T_u = 2800$ К. На следующем этапе была использована КЛЛ белого света мощностью 23 Вт с $T_u = 6500$ К. И наконец, была использована СДЛ мощностью 4,8 Вт с $T_u = 4000$ К. До начала эксперимента все лампы отжигали в течение как минимум 100 ч для обеспечения нормального режима их работы. Измерительное оборудование показано на рис. 1, а. При измерении светотехнических характеристик поступающий через двери и окна дневной свет может повлиять на точность результатов измерений, так что все эксперименты проводили в светонепроницаемой камере с размерами $100 \times 100 \times 100$ см, которая была по меньшей мере в 10 раз больше источников света. Измерения T_u и яркости источника света проводились с учётом отражения, поглощения и пропускания света, для чего был использован белый бумажный цилиндр диаметром 10 см. Измерения проводили в центре вертикальной поверхности (рис. 1,

б) при помощи спектро радиометра *Konica-Minolta CS-200 Chroma Meter*. Прибор имел апертурный угол $0,1^\circ$, что позволяло выделить любой объект в освещаемой лампой области и измерить светотехнических характеристики даже очень маленьких участков. Результаты измерений поступали на компьютер, в котором они анализировались и отображались графически при помощи программы *CS-S10w*. Первоначально измерения проводили только применительно к бумажному цилиндру, однако на следующем этапе эти же измерения были проведены с использованием специально изготовленных стеклянных призм. Были использованы треугольные, прямоугольные и пятиугольные призмы размером 30×30 см, изготовленные из листового стекла толщиной 2 и 4 мм. Лабораторные условия, при которых проводились измерения, поддерживались постоянными, и для каждого из вариантов измерения повторяли по меньшей мере 5 раз.

Искусственная нейронная сеть

Искусственная нейронная сеть (ИНС), построенная по принципу организации и функционирования нервной системы человека и, тем самым, имитирующая возможности мозга человека в части обучения и принятия решений, используется для обработки данных в искусственно созданных системах. Этот метод применяется в случаях, когда классические методы решения задач оказываются недостаточными или не позволяют получить удовлетворительные результаты. ИНС применяют для решения задач прогнозирования и оптимизации, используя при этом их нелинейность и способность восполнения недостающих данных [13–15]. ИНС обычно включают в себя три слоя, которые называют входным слоем, скрытым слоем и выходным слоем (рис. 2). Первый слой содержит входные данные задачи, системы или процесса. Так что количество нейронов (узлов) совпадает с количеством входных данных. Количество нейронов в последнем слое равно ожидаемому количеству выходных данных. Между этими двумя слоями расположен третий, наиболее важный слой ИНС, количество нейронов в котором зависит от типа задачи, преследуемой цели и метода применения ИНС. Нет никаких чётких указаний по выбо-

Яркости и T_u исследовавшихся источников света

| Источник света | ЛН | СД | КЛЛ |
|-----------------------------|------|------|------|
| Яркость, кд, м ² | 1,82 | 9,69 | 7,82 |
| T_u , К | 2992 | 4375 | 6980 |

Таблица 2

Измеренные в разных условиях яркости и T_u в случае ЛН

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Яркость, кд/м ² | T_u , К |
|--------------------|---------------|----------------------------|-----------|
| 0 | - | 1,55 | 2425 |
| 2 | Треугольная | 2,01 | 3076 |
| | Прямоугольная | 2,08 | 3225 |
| | Пятиугольная | 2,16 | 3730 |
| 4 | Треугольная | 1,98 | 2843 |
| | Прямоугольная | 2,06 | 3212 |
| | Пятиугольная | 2,14 | 3714 |

Таблица 3

Измеренные в разных условиях яркости и T_u в случае СДЛ

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Яркость, кд/м ² | T_u , К |
|--------------------|---------------|----------------------------|-----------|
| 0 | - | 6,99 | 3604 |
| 2 | Треугольная | 7,35 | 4219 |
| | Прямоугольная | 7,66 | 4294 |
| | Пятиугольная | 7,73 | 4316 |
| 4 | Треугольная | 7,05 | 4208 |
| | Прямоугольная | 7,17 | 4279 |
| | Пятиугольная | 7,30 | 4301 |

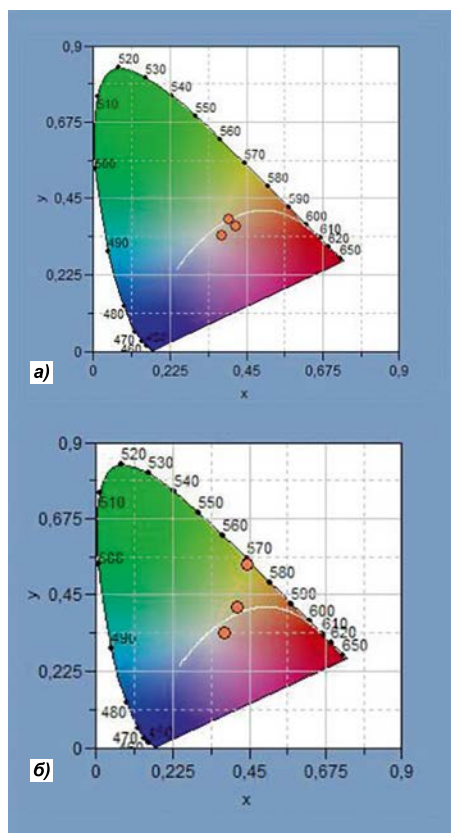


Рис. 3. Результаты, полученные при использовании ЛН: а – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 2 мм; б – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 4 мм

ру количества нейронов в этом слое. Выбор требуемого количества нейронов осуществляется пользователем на основании своего опыта, применения метода проб и ошибок и тщательного анализа решаемой задачи [15].

В этом исследовании использовалась ИНС прямого распространения. Сети прямого распространения характеризуются односторонней связью между входным и выходным слоями. Они наиболее часто используются для прогнозирования, распознавания образов и аппроксимации нелинейных функций. В этом исследовании в качестве обучающего использовался алгоритм Левенберга-Марквардта, математическое представление которого приведено ниже.

$$F(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m [f_i(x)]^2. \quad (1)$$

3. Результаты

При проведении исследований в первую очередь были измерены яркости и T_u ламп. Данные, полученные

после 100-часового отжига ламп, приведены в табл. 1. В результате было установлено, что наиболее ярким оказалась СДЛ, а наименее яркой – ЛН. Сравнение T_u использовавшихся в данном исследовании источников света показало, что наибольшую T_u имела КЛЛ, а наименьшую – ЛН.

В камеру для проведения экспериментов был помещён бумажный цилиндр диаметром 10 см, расположенный внутри призмы, имеющих разные форму и толщину стенок. В этих условиях были проведены измерения яркости и T_u поверхности цилиндра при освещении его ЛН (табл. 2). Наибольшая яркость была получена в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм, а наименьшая – при от-

сутствии призм. При увеличении толщины стенок призмы от 2 до 4 мм яркость уменьшалась на 1,5 % в случае треугольной призмы, на 0,96 % в случае прямоугольной призмы и на 0,93 % в случае пятиугольной призмы. Наибольшая T_u также была получена в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм, а наименьшая – при отсутствии призм. При увеличении толщины стенок призмы от 2 до 4 мм T_u уменьшалась на 7,57 % в случае треугольной призмы, на 0,40 % в случае прямоугольной призмы и на 0,43 % в случае пятиугольной призмы. На рис. 3 приведён график цветностей, на котором отражены цветовые температуры, полученные применительно к ЛН при отсутствии призм

Измеренные в разных условиях яркости и T_u в случае КЛЛ

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Яркость, кд/м ² | T_u , К |
|--------------------|---------------|----------------------------|-----------|
| 0 | - | 8,1 | 6248 |
| 2 | Треугольная | 9,57 | 6368 |
| | Прямоугольная | 10,38 | 6381 |
| | Пятиугольная | 10,83 | 6502 |
| 4 | Треугольная | 9,1 | 6305 |
| | Прямоугольная | 9,43 | 6357 |
| | Пятиугольная | 10,43 | 6475 |

и при использовании пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм (рис. 3, а) и 4 мм (рис. 3, б). На обоих рисунках третья точка соответствует среднему значению T_u , определённому применительно к результатам, представленным на том же графике.

Значения яркости и T_u , измеренные в той же экспериментальной установке после замены ЛН на СДЛ, приведены в табл. 3. Результаты измерений, проведённых применительно к распо-

ложенному внутри призмы бумажному цилиндру, демонстрируют увеличение яркости и T_u во всех исследованных вариантах. Самый высокий уровень яркости был зарегистрирован в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм, а самый низкий уровень — при отсутствии призмы. Увеличение толщины стенок призмы от 2 до 4 мм отрицательно сказалось на результатах измерения яркости, которая уменьшилась на 2–6 %. Самая высокая T_u также была зарегистрирована в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм, а самая низкая — при отсутствии призмы. Увеличение толщины стенок призмы от 2 до 4 мм привело к уменьшению T_u на 0,26, 0,35 и 0,35 % в случаях треугольной, прямоугольной и пятиугольной призм соответственно. На рис. 4 приведены результаты измерений T_u при использовании белого цилиндра и СЛД в случаях отсутствия призмы и наличия пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 и 4 мм. Как и ранее, третья точка на графике соответствует среднему значению T_u .

Значения яркости и T_u , измеренные при использовании КЛЛ, приведены в табл. 4. В этих условиях, как и в остальных случаях, самые высокие значения яркости и T_u были получены в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 мм, а самый низкий уровень — при отсутствии призмы. При увеличении толщины стенок призмы от 2 до 4 мм яркость бумажного цилиндра увеличилась на 3–9 %, а T_u уменьшилась на 0,99, 0,38 и 0,42 % в случаях треугольной, прямоугольной и пятиугольной призм соответственно. На рис. 5 приведён график цветностей, на котором отражены результаты измерений, про-

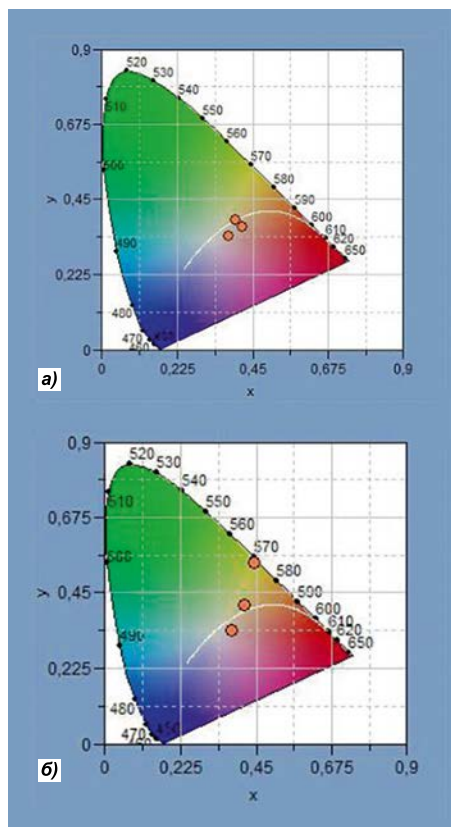


Рис. 4. Результаты, полученные при использовании СДЛ: а – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 2 мм; б – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 4 мм

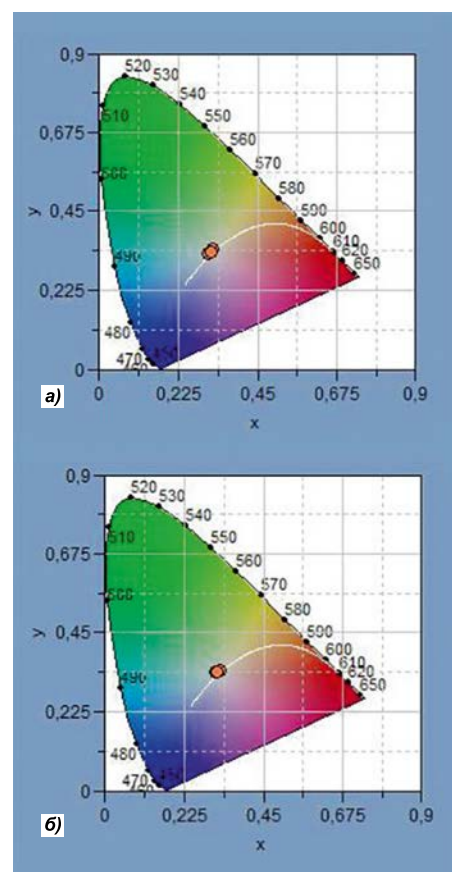


Рис. 5. Результаты, полученные при использовании КЛЛ: а – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 2 мм; б – без призмы и с пятиугольной призмой с толщиной стенок 4 мм

ведённых применительно к бумажному цилиндру и КЛЛ при отсутствии призм и при использовании пятиугольной призмы с толщиной стенок 2 и 4 мм.

Условия проведения эксперимента с участием ЛН были использованы при моделировании методом ИНС. При этом ИНС должна была спрогнозировать значения T_u . Рассчитанные при помощи ИНС значения T_u приведены в табл. 5. При сравнении этих расчётных значений T_u с результатами измерений было получено, что наибольшая, равная 11,85% погрешность имела место в случае прямоугольной призмы с толщиной стенок 2 мм. Однако в случае прямоугольной призмы с толщиной стенок 4 мм ИНС смогла

⁵ Автор явно ошиблась при проведении расчётов, т.к. если определять погрешность относительно измеренного значения T_u , то она будет равна $(3670-3225) \cdot 100 / 3225 = 13,80\%$. А по отношению к расчётному значению T_u погрешность будет равна 12,12 %. — Прим. пер.

предсказать T_u точно (расхождение составило менее чем 0,024 %).

Значения T_u , рассчитанные при помощи ИНС с использованием экспериментальных данных, полученных применительно к СДЛ, приведены в табл. 6. При сравнении этих расчётных значений T_u с результатами измерений было получено, что наибольшая, равная 6,66 % погрешность имела место в случае треугольной призмы с толщиной стенок 2 мм. В этих условиях ИНС смогла точно предсказать значение T_u при отсутствии призмы.

На последнем этапе ИНС была использована для прогнозирования T_u применительно к КЛЛ (табл. 7). При сравнении этих расчётных значений T_u с результатами измерений было получено, что наибольшая, равная 3,92 % погрешность имела место в случае пятиугольной призмы с толщиной стенок 4 мм, а наименьшая (0,012 %⁶) – в случае треугольной призмы с толщиной стенок 4 мм.

4. Выводы

Экспериментальное исследование влияния формы и толщины стеклянной оболочки на яркость и T_u освещаемого участка было проведено с использованием стеклянных призм трёх разных конфигураций с двумя толщинами стенок и трёх источников света разных типов. Результаты этих экспериментальных исследований и проведённого моделирования позволили сделать следующие выводы:

- Наличие призмы приводит к увеличению яркости и T_u белого цилиндра при использовании ламп всех типов.

- Для ламп всех типов измеренные значения яркости и T_u увеличиваются при увеличении количества углов призмы. Это обусловлено увеличением количества отражаемого в центр призмы света.

- Толщина стекла влияет на распределение света, и её увеличение приводит к уменьшению яркости и T_u .

- Прогнозы, сделанные при помощи ИНС, подтверждают результаты экспериментов с участием ЛН и СДЛ, которые говорят о том, что использование стеклянной призмы приводит к увеличению T_u . В случае КЛЛ этот вывод неверен.

⁶ Опять ошибка: $(6305-6297) \cdot 100/6305 = 0,13 \%$. – Прим. пер.

Таблица 5

Значения T_u , рассчитанные при помощи ИНС в случае ЛН

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Измеренная T_u , К | T_u , рассчитанная при помощи ИНС, К |
|--------------------|---------------|----------------------|--|
| 0 | - | 2425 | 2427 |
| 2 | Треугольная | 3076 | 3413 |
| | Прямоугольная | 3225 | 3670 |
| | Пятиугольная | 3730 | 3718 |
| 4 | Треугольная | 2843 | 2844 |
| | Прямоугольная | 3212 | 3212 |
| | Пятиугольная | 3714 | 3706 |

Таблица 6

Значения T_u , рассчитанные при помощи ИНС в случае СДЛ

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Измеренная T_u , К | T_u , рассчитанная при помощи ИНС, К |
|--------------------|---------------|----------------------|--|
| 0 | - | 3604 | 3604 |
| 2 | Треугольная | 4219 | 4500 |
| | Прямоугольная | 4294 | 4341 |
| | Пятиугольная | 4316 | 4311 |
| 4 | Треугольная | 4208 | 4203 |
| | Прямоугольная | 4279 | 4271 |
| | Пятиугольная | 4301 | 4293 |

Таблица 7

Значения T_u , рассчитанные при помощи ИНС в случае КЛЛ

| Толщина стекла, мм | Тип призмы | Измеренная T_u , К | T_u , рассчитанная при помощи ИНС, К |
|--------------------|---------------|----------------------|--|
| 0 | - | 6248 | 6471 |
| 2 | Треугольная | 6368 | 6290 |
| | Прямоугольная | 6381 | 6324 |
| | Пятиугольная | 6502 | 6288 |
| 4 | Треугольная | 6305 | 6297 |
| | Прямоугольная | 6357 | 6148 |
| | Пятиугольная | 6475 | 6221 |

• Прогнозы, сделанные при помощи ИНС, подтверждают результаты экспериментов с участием ЛН и СДЛ, которые говорят о том, что увеличение количества углов призмы приводит к увеличению T_u . В случае КЛЛ этот вывод неверен.

• Прогнозы, сделанные при помощи ИНС, подтверждают результаты экспериментов с участием ламп всех типов, которые говорят о том, что увеличение толщины стенок призмы приводит к уменьшению T_u .

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что имеющая меньшую толщину стенок призма с бесконечным количеством углов способна привести к увеличению яркости и T_u освещаемого участка. Защитные стёкла, используемые в настоящее время в продаваемых в розницу изделиях, имеют бесконечное количество углов. Так что при выборе лампы следует учитывать назначение и особенности освещаемой области, с тем чтобы обеспечить требуемые значения яркости и T_u . Кроме того, было установлено, что применённая в этом исследовании ИНС позволила успешно прогнозировать значения T_u .

Автор благодарит проф. д-ра Мукдена Югора (*Mukden Ugur*) и Омера Озгура Бозкурта (*Ömer Özgür Bozkurt*) за ценную помощь при проведении лабораторных измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Entwistle, J.* Hotels Designing with Light, RotoVision, 2000, 160 p.
2. *Utlu, Z., Hepbasli, A.* A study on the evaluation of energy utilization efficiency in the Turkish residential – commercial sector using energy and exergy analyses // *Energy and Buildings*. – 2003. Vol. 35< No. 11. – P. 1145–1153.
3. *de Craen, A.J., Roos, P.J., de Vries, A.L., Kleijnen, J.* Effect of colour of drugs: systematic review of perceived effect of drugs and of their effectiveness // *BMJ (Clinical Research ed)*. – 1996. – Vol. 313, No. 7072. – P. 1624–1626.
4. *Manav, B., Güler, Ö., Onaygil, S., Küçükdoğan, M.Ş.* A Research on Office Workers' Color Preferences: Five Color Samples Under Six Lighting Alternatives // *Arkitekt*. – 2009. – Vol. 520–522. – P. 22–31.
5. *Sakarya, I.* Teknik ve Estetik Yönden Aydınlatmanın, Alışveriş Merkezlerindeki Mekan Tasarımına Etkileri, MSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Graduate Thesis, 1997, 198 p.
6. *Aykal, D.F. Gümüş, B., Ünver, R., Murat, Ö.* An Approach in Evaluation of Re-Func-

tioned Historical Buildings in view of Natural Lighting, A Case Study in Diyarbakir Turkey // *Light and Engineering*. – 2011. – Vol. 19, No. 2. – P. 64–76.

6а. *Айкал Ф.Д., Гюмюс Б. Юнвер Р., Мурт Е.* Оценка естественного освещения исторических зданий при изменении их функционального назначения // *Светотехника*. – 2011. – № 2. – С. 53–59.

7. *Turner, J.* Retail Spaces: Lighting Solutions for Shops, Malls and Markets (Designing with Light). RotoVision, 1998, 160 p.

8. *Erkin, E., Onaygil, S., Güler, Ö.* Energy Saving by Compact Fluorescent Lamps in the Residences Considering User Satisfaction // *Light&Engineering*. – 2008. – Vol. 16, No. 1.

8а. *Гюлер Э., Еркин Е., Онайгул С.* Использование компактных люминесцентных ламп с учётом мнений потребителей // *Светотехника*. – 2008. – № 3. – С. 40–43.

9. *Code for Lighting*, Butterworth-Heinemann, 2002, 130 p.

10. *DiLaura, D., Houser, K., Mistrick, R., Steffy, G.R.* The IESNA lighting handbook. Illuminating Engineering Society, 2011, 1087 p.

11. *Öztürk, B., Ersoy Yılmaz, A., Ugur, M.* Aydınlatma Elemanlarının Parametrelerinin Yaşlanmaya Bağlı Değişimi // *3e Electrotech*. – 2011. – Vol. 201. – P. 190–200.

12. *Özbudak, B. Y., Gümüş, B., Çetin, F.D.* İç Mekan Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi // *II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Ve Sergisi Bildirileri*, Diyarbakir. 2003.

13. *Çolak, N., Onaygil, S.* Prediction of the Artificial Illuminance Using Neural Networks // *Lighting Research & Technology*. – 1999. – Vol. 31, No. 2. – P. 63–66.

14. *Sevgen, S., Şamli, R., Sivri, N., Kiremitçi, V.Z.* Applying Artificial Neural Networks For The Estimation Of Chlorophyll-A Concentrations Along The Istanbul Coast // *Polish Journal Of Environmental Studies*. – 2014. – No. . – P. 1281–1287.

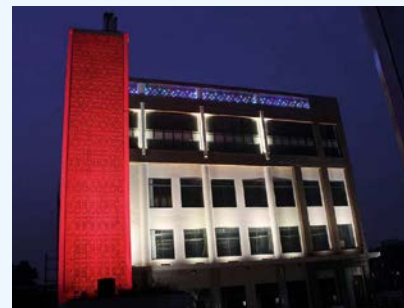
15. *Kartalapolous, S.V.* Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications, Wiley-IEEE Press, 1995, 232 p.



Айсел Ерсой Йылмаз (Ayse Ersoy Yilmaz), Ph.D.
(2007 г.). Доцент факультета электротехники и электроники Стамбульского университета. Автор более 30-ти научных работ

Первый проект BL GROUP в Индии

Компания **BL TRADE INDIA PRIVATE LIMITED**, дочернее предприятие холдинга БЛ ГРУПП в Ин-



дии, успешно реализовала свой первый проект. В декабре 2016 года в Нью-Дели специалистами компании был осуществлен монтаж оборудования на объекте, очень популярном гольф-клубе **GATSBY CLUB**, и настройка цветоцветовых сценариев. Специально по заказу владельцев ООО «СветоПроект» (холдинг БЛ ГРУПП) разработали дизайн архитектурно-художественной подсветки нового здания и прилегающей территории клуба.

Шефмонтаж и пусконаладочные работы осуществляли руководитель проектов департамента развития стратегических и международных проектов ООО Управляющая компания «БЛ ГРУПП» Андрей Ушаков, ведущий инженер-проектировщик Александр Фотин и инженер-проектировщик Иван Трошкин, отдел проектирования и дизайна ООО «СветоПроект».

С учетом индийских климатических условий для данного проекта специалисты Холдинга специально разработали и собрали на Лихославльском заводе «Светотехника» (Тверская область) светильники **GALAD Альтаир LED** и **GALAD Авра LED** в тропическом исполнении.

Тестовый монтаж всех приборов в единую осветительную установку и настройка системы управления также были выполнены в России. После чего оборудование было отправлено в Индию непосредственному заказчику.

В процессе выполнения работ заказчики подробно вникали в каждую деталь проекта и были впечатлены дизайном, техническими характеристиками и качеством оборудования **GALAD**.

www.bl-g.ru
10.01.2017