

Цветовые температуры, предпочитаемые проживающими в Германии китайцами и европейцами

П. БОДРОГИ¹, Я. ЛИНЬ, Д. СТОЯНОВИЧ, Т.К. ХАН

Дармштадтский технический университет, Дармштадт, Германия;
Фуданьский университет, Шанхай, КНР

Аннотация

Различия между культурами в части предпочтения цветовых температур источников света (например, тепло-белый, нейтрально-белый или холодно-белый свет) в литературе уже описывались. Данное исследование посвящено поиску зависимости восприятия объектов и сцен от тональности освещающего их белого света и от положения наблюдателя на географической оси Европа – Китай. Целью исследования является создание и применение светотехнических изделий, которые бы лучше воспринимались потребителями на мировом рынке.

Ключевые слова: белый цвет, цветовая температура, предпочтение, разные культуры.

1. Введение

Известно, что люди, относящиеся к разным культурам, по-разному воспринимают цветовую температуру или тональность белого света, напри-

мер, тепло-белый, нейтрально-белый или холодно-белый свет². Данное исследование посвящено поиску зависимости восприятия объектов и сцен от тональности освещающего их белого света и от положения наблюдателя на географической оси Европа – Китай. Целью исследования являлось создание и внедрение светотехнических изделий, которые бы лучше воспринимались потребителями на мировом рынке. При этом ставилась задача выявления зависимости предпочитаемой наблюдателями цветовой температуры (то есть тональности белого света) от цвета объектов и сцен (красноватые и синеватые объекты или сцены с объектами разных цветов) для наблюдателей разных культур (европейской или китайской) и полов (мужчины, женщины).

2. Метод

Были рассмотрены три комбинации искусственных цветных объектов (красных и оранжевых, синих и лиловых, а также «многоцветных»), кото-

рые приклеивались к трём белым пластиковым панелям. Объекты включали в себя шкалу цветов компании MacBeth (*MacBeth ColorChecker Chart*[®]), искусственные цветы, свечи, горшки, вазы, нитки, перчатку, мыло и т.д. (рис. 1).

Эти комбинации цветных объектов равномерно освещались в белой камере просмотровой кабины рассеянным светом семи белых светодиодов (СД) спектрально настраиваемого стабильного СД-источника света (*LED Light Engine*) (рис. 2), создающего свет с семью вариантами коррелированной цветовой температуры (КЦТ): 2719, 2960, 3501, 3985, 4917, 5755 и 6428 K (рис. 3). Все эти семь спектров давали индексы цветопередачи $R_a > 97$ и $R_g > 97$. Яркость белого эталона, расположенного на дне кабины, составляла (743 ± 9) кд/м².

Наблюдатели, принадлежащие к китайской и европейской культурам (38 мужчин и 38 женщин возрастом от 22 до 52 лет, 30 китайцев и 46 европейцев, живущих в Германии и имеющих нормальное цветовое зрение), смотрели в камеру просмотровой кабины, в которую по одной помещались все три комбинации объектов (рис. 1 и 2). К каждому из семи спектров излучения СД (рис. 3) наблюдатели адаптировались в течение 1 мин.

После адаптации к одному из семи спектров излучения СД наблюдатели оценивали свои предпочтения в части цветового облика демонстрируемых комбинаций объектов при освещении их белым светом с этим спектральным распределением излучения. Наблюдатели должны были карандашом отмечать свои оценки на шкале от 0 (наихудший вариант) до 100 (на-

¹ По материалам доклада на 28-й Сессии МКО, 29.06–04.07.2015. Манчестер, Великобритания

E-mail: bodrogi@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Перевод с англ. Е. И. Розовского

² Bodrogi, P., Khanh, T.Q., Stojanovic, D., Lin, Y. Intercultural Colour Temperature Preference (2300 K-5800 K) of Chinese and European Subjects Living in Germany for Different Light Sources // SSL China 2014, Guangzhou, China, 2014.



Рис. 1. Три комбинации искусственных цветных объектов (слева: красно-оранжевые, в центре: сине-лиловые, справа: многоцветные), использовавшиеся при проведении исследований. Многоцветные объекты включают в себя шкалу цветов компании MacBeth



Рис. 2. Белая камера просмотрной кабины. Использовалась только одна камера (поз. 2), которая содержала комбинацию искусственных объектов (одна комбинация в конкретный момент времени, здесь показана комбинация «многоцветных» объектов). Наверху просмотрной кабины находился СД-источник света (поз. 1). Уровень яркости – $(743 \pm 9) \text{ кд/м}^2$

лучший вариант). Отметки делались по три раза для каждой из трёх комбинаций объектов (красно-оранжевой, сине-лиловой и многоцветной) и всех КЦТ. В третий раз наблюдатели должны были при помощи ручки подытожить свои оценки на оценочном листе. Третья оценка «электронно» регистрировалась и оценивалась.

По завершению указанных действий набор данных о предпочтительной тональности белого цвета состоял из 1596 оценок предпочтительности – $(7 \text{ спектров белого света}) \times (3 \text{ комбинации объектов: красно-оранжевая, сине-лиловая и многоцветная}) \times (76 \text{ наблюдателей})$, нормированных по шкале от 0 до 100.

3. Результаты и обсуждение

Вначале методами дисперсионного анализа определялись степени влияния культуры или места происхождения (Китай или Европа), пола (мужской или женский), сочетания объектов (красные, синие или многоцветные) и КЦТ (семь значений между 2719 и 6428 K) на зависимую переменную *нормированное предпочтение*. Влияния культуры, КЦТ, культуры + пола, культуры + КЦТ, пола + КЦТ, комбинации цветов + КЦТ и культуры + пола + КЦТ оказались статистически значимы при уров-

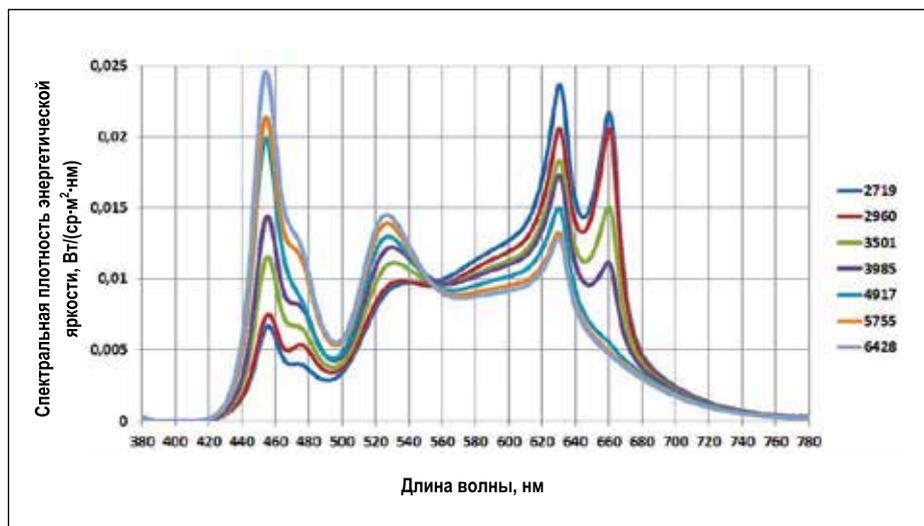


Рис. 3. Спектры излучения семи использовавшихся СД-источников света, измеренные при уровне яркости в $(743 \pm 9) \text{ кд/м}^2$. Значения КЦТ (в K) этих источников света приведены справа

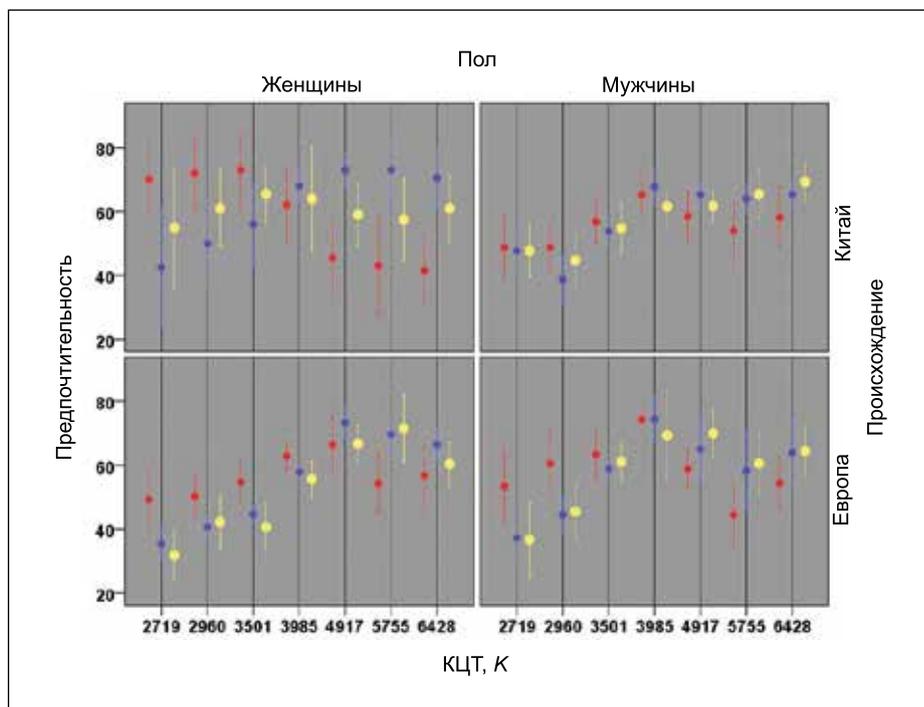


Рис. 4. Зависимость усреднённых оценок предпочтительности (P), выставленных наблюдателями, и их 95%-ных доверительных интервалов от КЦТ для всех комбинаций цветных объектов (первая точка – красный цвет, вторая точка – синий цвет, третья точка – несколько цветов, см. рис. 1) и разных происхождений (Китай или Европа) и полов (женщины или мужчины) наблюдателей

не значимости 5%. Для объяснения этих результатов и выявления применимых на практике тенденций изменения предпочтительности, усреднённые масштабированные оценки предпочтительности P и их 95%-ные доверительные интервалы были отображены по отдельности в функции КЦТ для всех сочетаний объектов (3), культур (2) и пола (2) (рис. 4).

Из 12 графиков на рис. 4 – $(3 \text{ сочетания цветных объектов}) \times (2 \text{ пола}) \times (2 \text{ места происхождения})$ – следует, что:

1. Китайки предпочитают белый свет с КЦТ 2700–3500 K при освещении красноватых объектов, 4900–6400 K при освещении синеватых объектов и 3500–4000 K при освещении многоцветных комбинаций объектов.

2. Китайские мужчины отдают предпочтение белому свету с КЦТ порядка 4000 K при освещении красноватых и синеватых объектов и КЦТ 4000–6400 K при освещении многоцветных комбинаций объектов.

3. Европейки отдают предпочтение белому свету с КЦТ 4000–4900 K при освещении красноватых объектов, 4900–6400 K при освещении синеватых объектов и 4900–5800 K при освещении многоцветных комбинаций объектов.

4. Европейцы-мужчины отдают предпочтение белому свету с КЦТ порядка 4000 K при освещении красноватых объектов и 4000–5000 K в случае синеватых объектов и многоцветных комбинаций объектов.

4. Заключение

В данном исследовании живущие в Германии китайские и европейские наблюдатели выразили свои предпочтения в восприятии красноватых и синеватых объектов и комбинации многочисленных объектов разного цвета при освещении их белыми СД с $R_a > 97$ и $R_g > 97$ и КЦТ 2700–6400 K. В случае красноватых объектов китайки, в отличие от европейцев и китайцев-мужчин, предпочли свет тёпло-белый (2700–3500 K). Если не считать эту тенденцию (китайки, красноватые объекты), предпочтительными оказались КЦТ порядка 4000 K (в некоторых случаях до 5000 K), что для синеватых и многоцветных объектов проявилось сильнее, чем для красноватых. Очевидно, случае синеватых и многоцветных объектов европейцы не отдают предпочтения тёпло-белому свету (2700–3500 K). Последняя тенденция не так однозначно проявилась в случае китайцев-мужчин и была не столь явно выражена для китайок. Эти результаты способствуют более осознанному применению светотехнических изделий с СД с разными значениями КЦТ для освещения разных объектов и лучшему принятию этих изделий на мировом рынке.

Авторы хотели бы выразить свою признательность проекту № 13N12725 («KnowLEDge») Федерального министерства культуры и исследований Германии и китайской

Программе международного научно-технического сотрудничества (№ 2014DFG62280).



Петер Бодроги (Peter Bodrogi),

Ph. D (информационные технологии) и Dr. Sc (оптимизация современных методов визуализации,

2010 г.). Окончил Университет им. Лорана Этвуша (Будапешт). Старший научный сотрудник Светотехнической лаборатории Дармштадтского технического университета (СЛ ДТУ). Автор многочисленных научных работ и патентов в области самосветящихся дисплеев и светотехники



Яньдань Линь (Yandan Lin), Ph.

D, профессор. Директор по научной работе Института электрических источников света Фуданьского

университета. Зам. директора Отделения 4 МКО («Освещение и сигнализация для транспорта») и директор Технического комитета ТС 1–91 МКО. Руководитель ряда важных научных программ. Область научных интересов: зрительный комфорт, интеллектуальное управление освещением



Тран Куок Хань (Tran Quoc Khanh), Ph. D

(светотехника) и Dr. Sc (колориметрия и обработка цветных изображений),

профессор. Окончил Технический университет Ильменау. Руководитель СЛ ДТУ. Организатор проводимых в Дармштадте широко известных международных симпозиумов по автомобильному освещению (ISAL). Член ряда технических комитетов МКО

Исследователи из МГУ вырастили кристаллы для гибких электронных устройств

Учёные с физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с российскими и зарубежными коллегами вырастили органические полупроводниковые кристаллы с рекордно высокой светоизлучательной способностью. Более того, они применили для выращивания кристаллов простые и дешёвые технологии, которые до того считались бесперспективными. Об этом говорится в пресс-релизе университета, а сами результаты работы опубликованы в журнале «Applied Materials and Interfaces».

В качестве основного полимера для исследований были выбраны тиофен-фениленовые олигомеры. Нужные молекулы были синтезированы химиками – коллегами из МГУ и Института синтетических полимерных материалов РАН. Из этих молекул из раствора были выращены кристаллы и измерены их излучательные («люминесцентные») и электрические свойства.

До сих пор считалось, что органические полупроводниковые кристаллы, выращиваемые путём кристаллизации из паровой фазы, намного предпочтительнее выращиваемых из растворов, поскольку из пара можно получить более чистые, свободные от примесей структуры.

Главный результат исследования опроверг эту гипотезу: «растворные» кристаллы светили сильнее, чем «паровые» аналоги. Их квантовый выход (количество испущенных фотонов по отношению к поглощённым) достигал 60%, тогда как у тех же кристаллов «из пара» не превышал 38%.

Такое различие физики объясняют, в частности, тем, что, возможно, при растворном выращивании в кристаллах подавляются некие внутренние, безызлучательные каналы релаксации, забирающие на себя часть поглощённой энергии. Но это не единственная причина. «Мы уже нашли причины такого высокого квантового выхода, но ещё не готовы их обнародовать. Это дело нашего будущего исследования», – сказал руководитель исследовательской группы профессор Дмитрий Парашук.

Повышенная светоизлучательность – не единственный плюс «растворных» методик. В одном из своих прошлых исследований группа обнаружила, что можно выращивать кристаллы на поверхности раствора вместо твёрдой подложки – за счёт сил поверхностного натяжения. И эти кристаллы тоже не уступают по качеству кристаллам «из пара».

<http://scientificrussia.ru/>
03.02.2016