

Экспериментальное сравнение энергетических характеристик и зрительной комфортности люминесцентных и светодиодных трубчатых ламп

Ё. ГЮЛЕР, Б. МАНАВ¹, С. ОНАЙГИЛ, Е. ЭРКИН

Стамбульский университет культуры, Стамбульский технический университет, Турция

Аннотация

Приведены оценки энергетических характеристик трубчатых светодиодных ламп (СДЛ) и обеспечиваемого ими уровня зрительного комфорта. Измерения и расчёт равномерности распределения и уровня освещённости, потребляемой мощности, полного коэффициента гармонических искажений и коэффициента мощности в случаях трубчатых люминесцентных ламп (ЛЛ) и трубчатых СДЛ позволили провести количественное сравнение двух соответствующих осветительных установок. Качественные характеристики определялись применительно к решению зрительных задач по оценке впечатления, создаваемого помещением, и восприятию изменений системы освещения. Показано, что по качеству освещения СДЛ не отличаются от ЛЛ. Данные об освещённости, блёскости и зрительном облике демонстрируют отсутствие различий зрительного восприятия при использовании ламп двух этих видов. С другой стороны, использовавшиеся в этих полевых испытаниях СДЛ дают 22,8 %-ную экономию электроэнергии, причём неизбежное совершенствование СДЛ может привести к тому, что экономия эта превысит 60%. Так что в плане энергоэффективности трубчатые СДЛ могут использоваться как альтернатива трубчатым ЛЛ.

Ключевые слова: трубчатые люминесцентные лампы, трубчатые светодиодные лампы, энергетические характеристики, энергосбережение, качество освещения, зрительный комфорт.

1. Введение

Повышение энергоэффективности систем освещения при сохранении и/или улучшении удовлетворённости пользователей находится в центре внимания исследователей условий труда. Так как миллионы людей проводят на работе существенную часть своего времени, то искусственное освещение их рабочих мест должно обеспечивать быстрое, качественное и лёгкое выполнение порученной им работы. Так что освещение имеет экономическое измерение [1].

Исследования взаимосвязи между освещением и условиями труда подчёркивают существенное влияние окружающей среды на производительность труда. Эта проблема изучалась многими исследователями, которые концентрировали своё внимание на разных вопросах, таких как свет, цвет и управление потреблением электроэнергии, однако очень мало экспериментальных исследований было посвящено сравнению долгосрочного влияния трубчатых ЛЛ и трубчатых СДЛ на производительность труда офисных работников. На основе рассмотрения серии экспериментальных исследований, начиная с работ Флинна (*Flynn*) и включая кривую Крюитхоффа (*Kruithoff's curve*), работы Кюллера (*Küller*) и его коллег, а также модельные исследования, можно сделать научно обоснованные выводы о влиянии на производительность труда и самочувствие работников характеристик систем искусственного освещения (освещённости, обеспечения пользователя возможностью управления освещением его рабочего места и т. д.) и таких характеристик источника света, как цветовая температура и общий индекс цветопередачи [2–12].

В некоторых исследованиях предлагалось использовать регулировку освещённости как возможность

управления освещением. В том числе отмечалось [13], что метод такой регулировки не подходит для оценивания среднего предпочтительного уровня освещённости. Однако есть свидетельства того, что если пользователи имеют возможность выбора уровня освещённости, это усиливает их удовлетворённость зрительной средой [13]. В то же время оценки качества освещения имеют разную степень достоверности, что говорит о необходимости проведения исследований, направленных на улучшение удовлетворённости окружающей средой, с упором на новые достижения и усовершенствования техники освещения.

С другой стороны, был проведён ряд исследований энергоэффективности и качества освещения при прямой замене в светильниках ЛЛ на трубчатые СДЛ [14, 15]. Эти исследования показали наличие потенциальной возможности экономии энергии, притом, что серьёзное внимание следует обращать и на качество освещения. Учитывая наблюдавшееся в последние годы быстрое развитие светодиодной техники, имеется потребность в проведении соответствующих исследований в области энергоэффективности и зрительного комфорта с учётом новых тенденций и успехов техники освещения.

В описываемых ниже исследованиях была предпринята попытка сравнить технические и качественные характеристики двух объектов: трубчатых ЛЛ и трубчатых СДЛ. Были проведены полевые исследования, являющиеся частью сравнительных исследований энергетических характеристик трубчатых ЛЛ и трубчатых СДЛ. Соответствующим образом была выбрана методика проведения исследований, включающих анализ как качественных (субъективное восприятие, оцениваемое при помощи вопросников и интервью), так и количественных (равномерность распределения и уровень освещённости, потребляемая мощность, полный коэффициент гармонических искажений и коэффициент мощности) данных. Описанные в статье исследования расширяют наши знания в этой области, позволяя анализировать и оценивать особенности трубчатых СДЛ по их энергетическим характеристикам и обеспечиваемому ими зрительному комфорту.

¹ E-mail: b.manav@iku.edu.tr
Перевод с англ. Е.И. Розовского.

2. Методика проведения экспериментов

2.1. Компонировка офиса и внешние условия

Сравнительные полевые исследования проводились в помещении без естественного освещения (шириной 3,5, длиной 7,0 и высотой 2,8 м). Оно располагалось в подвале Энергетического института Стамбульского технического университета. Измерялась мощность, потребляемая светильниками с трубчатыми лампами двух указанных видов. Трубчатые ЛЛ соответствуют типичному офисному освещению, тогда как трубчатые СДЛ – новой технике освещения. Подвесной потолок помещения – это белые акустические панели, стены выкрашены в светло-серый цвет, а пол – из светлокорицевого ламината; коэффициенты отражения потолка, стен и пола равны, соответственно, 0,86; 0,78 и 0,54.

2.2. Осветительная установка

Осветительная установка состоит из 12-ти светильников *TBS 300/2 36 M5* компании *Philips*, имеющих размеры 30×120 см (рис. 1). Шесть из них содержат трубчатые ЛЛ (общий индекс цветопередачи $R_a = 80$, $T_c = 3800$ К), а в остальных шести светильниках установлены трубчатые СДЛ ($R_a = 72$, $T_c = 4100$ К). Каждый из светильников с ЛЛ присоединён к электронному ПРА и регулируется системой управления *Philips «Lightmaster 100 Lighting Control System»*.

Технические характеристики ламп и светильников (мощность, световой поток, световая отдача, T_c , тип ПРА и полная потребляемая светильником мощность) приведены в табл. 1.

Система управления освещением предоставляет возможность регулировать освещённости от обеих осветительных установок, обеспечивая их равные значения. Электрические параметры, такие как потребляемая мощность, полный коэффициент гармонических искажений и коэффициент мощности, измерялись при помощи сетевого анализатора *ENTES MPR-63*. Интерьер офиса и осветительная установка показаны на рис. 2.

Экономия энергии определялась применительно к двум вариантам:

- Осветительная установка с трубчатыми ЛЛ мощностью 36 Вт, име-

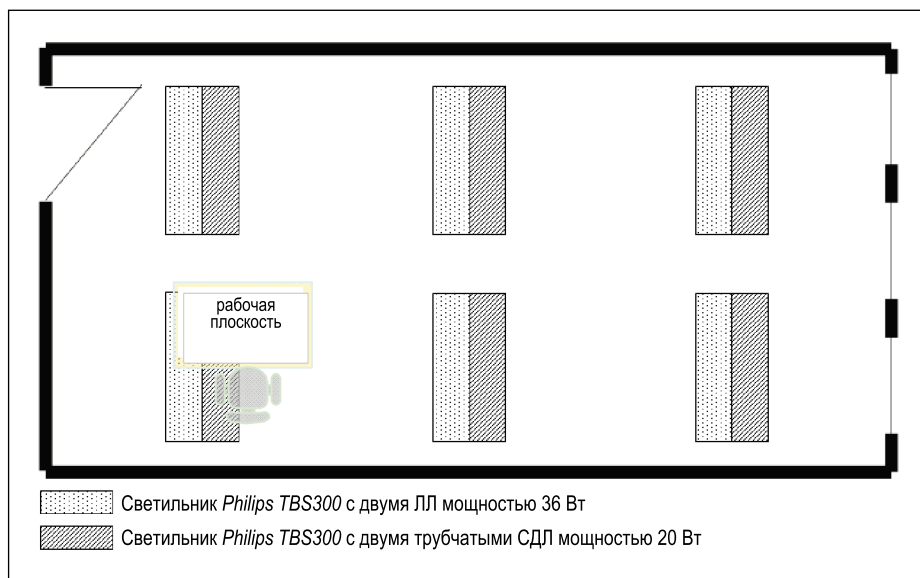


Рис. 1. Испытательная комната и осветительная установка



Рис. 2. Осветительная установка с трубчатыми ЛЛ и трубчатыми СДЛ

Таблица 1

Технические характеристики источников света и светильников

Параметр	Трубчатая ЛЛ	Трубчатая СДЛ
Мощность, Вт	36	20
Световой поток, лм	3300	1600
Световая отдача, лм/Вт	92	80
Цветовая температура, К	3800	4100
Тип ПРА	Электронный, типа <i>A1</i>	Электронный
Полная потребляемая светильником мощность, Вт	72	40

ющими световую отдачу 92 лм/Вт. Мощность осветительной установки была уменьшена до 80% и составила 342 Вт, при этом освещённость была равна 570 лк.

- Осветительная установка с трубчатыми СДЛ мощностью 20 Вт, имеющими световую отдачу 80 лм/Вт.

Измеренная освещённость была при этом равна 577 лк.

Для измерения освещённости и T_c использовался прибор *Konica Minolta CL-200 A Chroma Meter*. Осветительная установка позволяла мгновенно включать как светильники с ЛЛ, так и – с СДЛ.

Результаты измерений характеристик двух установок при напряжении сети 225 В

Параметр	Трубчатые ЛЛ	Трубчатые СДЛ
Освещённость на поверхности стола, лк	570	577
Равномерность освещённости на поверхности стола*	0,96	0,97
Освещённость в помещении, лк	533	506
Равномерность освещённости в помещении*	0,77	0,82
Мощность, Вт	342	264
Удельная установленная мощность, Вт/(м ² ·100 лк)	2,65	2,15
Коэффициент мощности	0,98	0,99
Полный коэффициент гармонических искажений, %	11,0	8,6

* $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$

2.3. Участники

В опросе участвовали 30 сотрудников-добровольцев в возрасте от 23 до 58 лет. Мы поддерживали равное количество мужчин и женщин и изменяли порядок следования участников при зрительном восприятии осветительной установки. Другими словами, первые 15 сотрудников сначала проводили зрительную оценку комнаты, освещённой трубчатыми СДЛ, а затем – трубчатыми ЛЛ. Вторая же группа сначала оценивала комнату, освещённую трубчатыми ЛЛ, а затем – трубчатыми СДЛ.

2.4. Порядок проведения экспериментов

Участники входили в комнату по одному. Каждому предоставлялось 10 мин на адаптацию перед выполнением зрительной задачи. Последняя состояла из следующих пунктов:

- Субъективное впечатление (просторное/динамичное/воздушное и т. д. помещению).
- Восприятие изменений осветительной установки.
- Приемлемость текущего способа освещения офиса (хорошо спланировано/упорядоченно и т. д.).

Анализ энергетических характеристик двух рассматриваемых вариантов (трубчатые ЛЛ и трубчатые СДЛ) осуществлялся путём измерения равномерности распределения освещённости, потребляемой мощности, полного коэффициента гармонических искажений и коэффициента мощности.

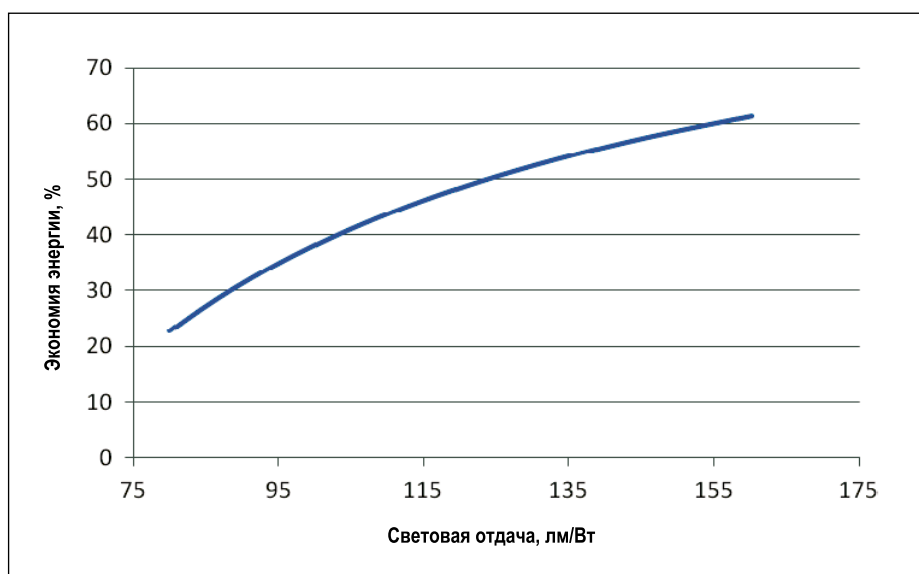


Рис. 3. Расчётная зависимость экономии энергии от световой отдачи трубчатых СДЛ

3. Результаты

Результаты измерений для двух рассматриваемых установок при напряжении сети 225 В приведены в табл. 2 и на рис. 3.

3.1. Характеристики осветительной установки

В данном исследовании сравнивались энергоэффективности трубчатых ЛЛ мощностью 36 Вт и трубчатых СДЛ мощностью 20 Вт. Рабочая поверхность считалась расположенной на высоте 0,75 м над уровнем пола. Уровень освещённости на рабочей поверхности измерялся в 6-ти разных точках, и его усреднённое значение оказалось равным 570 лк в случае трубчатых ЛЛ и 577 лк – трубчатых СДЛ. Уровень освещённости

в помещении измерялся в 15-ти точках, и его усреднённое значение оказалось равным 533 лк в случае трубчатых ЛЛ и 506 лк – трубчатых СДЛ. В табл. 2 приведено сравнение видов ламп, уровней и равномерности распределения освещённости и значений потребляемой мощности, коэффициента мощности и полного коэффициента гармонических искажений для соответствующих осветительных установок. В ней же для показа эффективности осветительных установок приведены значения удельной установленной мощности, которая исходно предназначена для оценки потребления энергии в офисах.

Как следует из табл. 2, гибкость осветительной установки позволяет устанавливать примерно равные уровни освещённости. Измеренный уровень освещённости на рабочей по-

верхности оказался равным 577 лк в случае трубчатых СДЛ и 570 лк – трубчатых ЛЛ. Была рассчитана и общая равномерность распределения освещённости на рабочей поверхности, определяемая отношением минимальной освещённости к средней. Она оказалась равной 0,96 в случае трубчатых ЛЛ и 0,97 – трубчатых СДЛ. При этом измеренное значение полной потребляемой установками мощности оказалось равным 342 Вт в случае трубчатых ЛЛ и 264 Вт – трубчатых СДЛ. То есть экономия энергии составила 22,8%.

Если по качеству энергии ориентироваться на стандарт МЭК IEC 61000-3-2 «*Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-2: Limits for harmonic current emissions*» [16], то обе установки продемонстрировали приемлемые результаты. Измеренные значения коэффициента мощности составили 0,98 и 0,99, тогда как полный коэффициент гармонических искажений оказался равным 11% в случае трубчатых ЛЛ и 8,6% – трубчатых СДЛ.

Как известно, в настоящее время наблюдается быстрое развитие СДЛ. Это в особенности относится к их световой отдаче, в том числе к световой отдаче трубчатых СДЛ. На сегодня световая отдача трубчатых СДЛ составляет примерно 80 лм/Вт и в ближайшем будущем может возрасти до 150 лм/Вт. Исходя из этих тенденции и предположения, можно оценить установленную мощность трубчатых СДЛ при разных значениях световой отдачи, начиная с 80 лм/Вт. Считается, что световые потоки трубчатых СДЛ останутся неизменными, тогда как вследствие технического прогресса их мощности упадут. В результате для различных значений световой отдачи можно получить возможную экономию энергии (рис. 3).

3.2. Зрительная работоспособность и качество освещения

Сравнение двух осветительных установок с точки зрения зрительной работоспособности и качества освещения производилось при помощи зрительной задачи. Для оценки эмоционального состояния, обусловленного каждым из источников света, был подготовлен вопросник, в котором при помощи пятибалльной шкалы оценивался целый ряд настроений

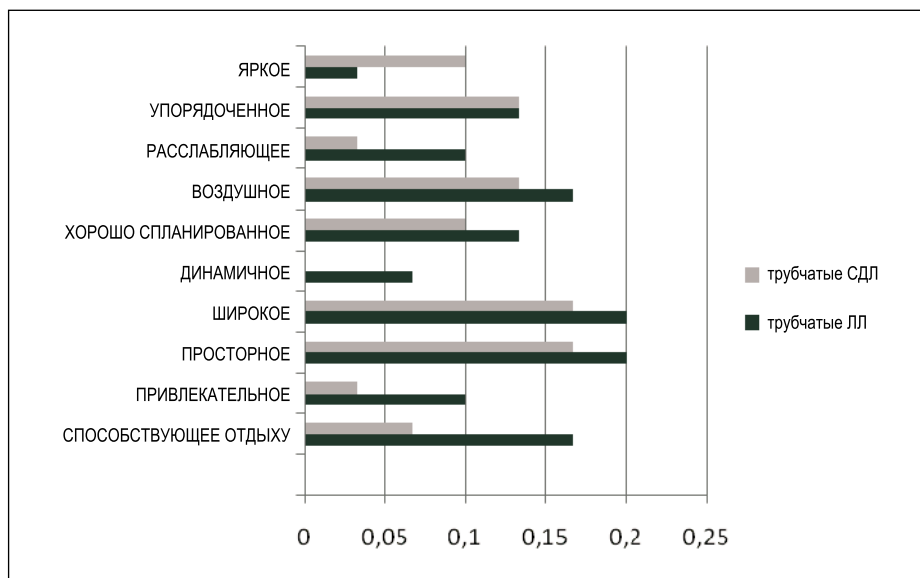


Рис. 4. Распределение наивысших оценок субъективного впечатления

и впечатлений от помещения: способствующее отдыху, привлекательное, просторное, широкое, пробуждающее, хорошо спланированное, воздушное, расслабляющее, упорядоченное, яркое [12, 13, 17, 18]. Кроме того, измерялось время, затрачиваемое на обнаружение ошибок в написании слов в печатном тексте.

3.2.1. Субъективные впечатления

Субъективная оценка восприятия производилась по пятибалльной шкале (1 – наихудшее, 5 – наилучшее). На рис. 4 показано распределение наивысших оценок (5/5) субъективного впечатления от каждой из осветительных установок. Как видно на рис. 4, в случае трубчатых ЛЛ 10% участников считали помещение расслабляющим и привлекательным, у 10% было ощущение привлекательности, 13,3% оценили помещение как хорошо спланированное, 20% сочли помещение просторным и широким, 6,7% оценили его как динамичное и 16,7% сочли освещённое трубчатыми ЛЛ помещение воздушным и способствующим отдыху. В среднем 13,3% участников сочли помещение упорядоченным при использовании ламп обоих видов, а 10% отметили яркость освещаемого ЛЛ помещения.

Полученные результаты были проанализированы при помощи пакета программ для обработки статистических данных в области общественных наук «SPSS 17» [19]. Для анали-

за того, насколько существенно вид лампы влияет на субъективное восприятие, были использованы критерии Колмогорова-Смирнова и U -критерий Манна-Уитни. Зависящее от размера группы участников значение уровня значимости p бралось не большим 0,05.

Исследования показали, что вид лампы (трубчатые ЛЛ или трубчатые СДЛ) не важен с точки зрения отдыха ($p = 0,458$), привлекательности ($p = 0,770$), просторности ($p = 0,557$), ширины ($p = 0,451$), динамичности ($p = 0,370$), хорошей планировки ($p = 0,994$), воздушности ($p = 0,902$), расслабляющего действия ($p = 0,736$), упорядоченности ($p = 0,237$) и яркости ($p = 0,617$) при $p < 0,05$ (табл. 3). Этот анализ показал, что вид лампы не оказывает никакого влияния на субъективную оценку интерьера (в рамках данного исследования представляющего собой офис).

3.2.2. Приемлемость освещения для офиса

Исследования показали, что при $p < 0,05$ вид лампы (трубчатые ЛЛ или трубчатые СДЛ) не важен при оценке освещённости ($p = 0,519$), блёскости ($p = 0,925$) и внешнего вида помещения и объектов ($p = 0,616$) (табл. 4). Этот анализ показал, что вид лампы не оказывает никакого влияния на субъективную оценку изменений осветительной установки в части освещённости, блёскости и внешнего вида помещения и объектов.

Средние оценки помещения, освещаемого трубчатыми ЛЛ или трубчатыми СДЛ

Впечатление	Трубчатые ЛЛ (n = 30)		Трубчатые СДЛ (n = 30)		MW	p
	Среднее	Среднеквадратическая погрешность	Среднее	Среднеквадратическая погрешность		
Способствующее отдыху	3,533	1,167	3,467	0,819	403	0,458
Привлекательное	3,300	1,055	3,300	0,702	431	0,770
Просторное	3,633	1,033	3,500	1,009	412	0,557
Широкое	3,400	1,163	3,633	0,928	401	0,451
Динамичное	2,967	0,928	3,100	0,759	394	0,370
Хорошо спланированное	3,233	1,251	3,333	0,922	449	0,994
Воздушное	3,400	1,102	3,467	0,900	442	0,902
Расслабляющее	3,200	0,997	3,100	0,885	429	0,736
Упорядоченное	3,400	1,003	3,700	0,794	374	0,237
Яркое	2,933	0,868	3,033	1,189	418	0,617

Таблица 4

Анализ восприятия изменений освещённости, яркости и внешнего вида помещения и объектов

Впечатление	Трубчатые ЛЛ (n = 30)		Трубчатые СДЛ (n = 30)		MW	p
	Среднее	Среднеквадратическая погрешность	Среднее	Среднеквадратическая погрешность		
Освещённость	3,600	1,192	3,400	1,163	408	0,519
Блёскость	3,933	1,202	4,067	0,907	444	0,925
Внешний вид помещения и объектов	3,333	1,124	3,467	1,008	417	0,616

4. Заключение

В связи с потребностью в снижении потребления энергии без ущерба для безопасности, качества и комфорта в последнее время проектировщикам в качестве энергоэффективного решения при создании осветительных установок предлагаются СД-источники света, причём упор делается на их эффективность и долговечность. Для выявления реалистичных и оптимальных светотехнических решений необходимо исследовать изделия с СД на предмет энергетических характеристик, качества освещения и зрительного комфорта. Кроме того, при выборе подходящей осветительной установки следует учитывать и результаты стоимостного анализа [20].

Данные исследования проводились применительно к пространству с конкретными геометрией и организацией освещения, которые мож-

но считать типичными для обычных офисов. Предполагалось исследовать и сравнить энергетические характеристики, качество освещения и зрительный комфорт при использовании двух видов ламп. Несмотря на особенности этих полевых исследований, мы считаем, что перечисленные ниже результаты окажутся полезными при проектировании любого офисного освещения:

- Если говорить об энергетических характеристиках, то светильники с трубчатыми СДЛ обеспечивают 22,8%-ную экономию энергии, причём благодаря успехам в развитии светодиодной техники эта цифра может возрасти до 60%. Так как питание СДЛ осуществляется при помощи электронных ПРА, то коэффициент мощности можно улучшить по сравнению с установками с ЛЛ, которые обычно содержат электромагнитные ПРА. Кроме того, хорошо сконструированные электронные ПРА для СДЛ

могут обеспечивать низкие значения полного коэффициента гармонических искажений.

- Исследования потребностей работников показали, что с точки зрения качества освещения привлекательность трубчатых СДЛ не уступает привлекательности ЛЛ, однако 30% работников не предпочли ни одну из этих альтернатив. Это может объясняться тем, что трубчатые СДЛ аналогичны ЛЛ в части размеров, формы и цвета, которые влияют на мнение людей.

- В рамках этих исследований работники просили оценить интерьер по уровням освещённости, блёскости и внешнему виду помещения и объектов. Полученные результаты говорят о том, что вид ламп не оказывает никакого влияния на зрительное восприятие. Проведённый анализ продемонстрировал отсутствие влияния вида ламп (трубчатые ЛЛ или трубчатые СДЛ) на субъективное восприя-

тие внутреннего пространства помещения (которое в рассматриваемом случае представляло собой офис).

• Результаты этих исследований подтверждают, что в случае общего освещения трубчатые СДЛ благодаря лучшим энергетическим характеристикам могут использоваться в качестве альтернативы трубчатым ЛЛ. Кроме того, они удовлетворяют требованиям к зрительному комфорту, который важен для хорошего самочувствия, производительности труда и работоспособности работников. Однако при выборе приемлемого решения необходимо учитывать и капитальные затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Boyce, P.R.* Human Factors in Lighting, Lighting Research Center. – London: Taylor and Francis, 2003.
2. American National Standard Practice for Office Lighting// Office Lighting Committee of the ESNA, ANSI/IESNA RP-1. – 1993.
3. Code for Interior Lighting, The Chartered Engineers. – London: CIBSE, 1984.
4. ISO 8995-1: 2002 (E)/ CIE S 008/ E-2001 «Lighting of Work Places Part 1: Indoor».
5. *Fleischer, S., Krueger, H., Schierz, C.* Effect of Brightness Distribution and Light Colours on Office Staff// The 9th European Lighting Conference Proceeding Book of Lux Europa 2001, Reykjavik, 2001. – P. 77–80.
6. *Sawada, H.* Effects of Spatial Dimensions, Illuminance and Color Temperature on Openness and Pleasantness// UMI Dissertation Services, Ph.D Thesis, 1999.
7. *Shikakura, T., Morikawa, H., Nakamura, Y.* Perception of Lighting Fluctuations in Office Lighting Environments// Journal of Light and Visual Environment. – 2003. – Vol. 27, No. 2. – P. 75–82.
8. *Veitch, J.A., Newsham, G.R.* Lighting Quality and Energy-Efficient Effects on Task Performance, Mood, Health, Satisfaction and Comfort// Journal of the Illuminating Engineering Society. – 1998. – Vol. 27, No. 1. – P. 107–130.
9. *Manav, B.* An Experimental Study on the Appraisal of the Visual Environment at Offices in Relation to Colour Temperature and Illuminance// Building and Environment. – 2007. – Vol. 42, issue 2. – P. 979–983.
10. *Manav, B., Küçükdoğu, M.Ş.* The Effects of Color Temperature and Illuminance on Pleasantness: A Case Study for Office Settings// Ingineria Illuminatului (Lighting Engineering). – 2005. – Vol. 7. – P. 16, 17–23.
11. Building Design and Human Performance/ Ed. by N. Ruck. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
12. *Küller, R.* Perception of An Interior As A Function of Its Interior// Proc. of the Architectural Psychology Conference At Kigston Polytechnic, ed. by Honikman B., 1970.
13. *Fotios, S.A., Logadóttir, Á., Cheal, C., Christoffersen, J.* Using Adjustment to Define Preferred Illuminances: Do the Results Have Any Value?// Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 46–55.
14. *Ryckaerta, W.R., Smeta, K.A.G., Roelandts, I.A.A., Van Gils, M., Hanselaera, P.* Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation// Energy and Buildings. – 2012. – Vol. 49. – P. 429–436.
15. *Ryckaert, W. R., Roelandts, I.A.A., Van Gils, M., Durinck, G., Forment, S., Audenaert, J., Hanselaer, P.* Performance Of Led Linear Replacement Lamps// Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 1. – P. 129–139.
16. IEC 61000-3-2 «Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-2: Limits for harmonic current emissions», ed. 2.1, 2001. – P. 10.
17. *Ödemiş, K., Yener, C., Camgöz, N.* Effects of Different Lighting Types on Visual Performance// Architectural Science Review. – 2004. – Vol. 47. – P. 295–301.
18. Neuman, W.L. Social Research Methods Qualitative and Quantitative Approaches. – 6th ed. – Boston: Pearson, 2006.
19. Statistical Package for Social Sciences 17 (SPSS 17) Computer Program.
20. *Onaygil, S., Güler, Ö., Erkin, E.* Cost Analysis of LED Luminaires in Road Lighting// Light & Engineering – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 39–45.



Ёндер Гюлер (Önder Güler), Ph.D. (2001 г.)
Доцент Энергетического института Стамбульского технического университета (с 2010 г.). Член Турецкой национальной комиссии по освещению и Общества инженеров-электриков. Научные интересы – дорожное освещение, энергосбережение, управление потреблением энергии в промышленности и зданиях, энергия ветра, качество электроэнергии



Сермин Онайгил (Sermin Onaygil), Ph. D., профессор. Научный сотрудник Энергетического института Стамбульского технического университета, руководитель отделения по планированию и регулированию потребления энергии. Принимает активное участие в осуществляемых совместно с Министерством энергетики и природных ресурсов проектах по энергоэффективности освещения. Член-учредитель Турецкой национальной комиссии по освещению, в настоящее время являясь её председателем. Представитель Турции в Отделении 4 МКО. Научные интересы – общее освещение, а также дорожное освещение и освещение тоннелей, автоматизация и обеспечение энергоэффективности освещения



Бану Манав (Banu Manav), Ph.D. Доцент и заместитель декана (с 2011 г.) факультета искусства и дизайна Стамбульского университета культуры. Член правления Турецкой национальной комиссии по освещению. Научные интересы – проектирование внутреннего освещения, восприятие пространства, зрительный комфорт и цветовосприятие



Эмре Эркин (Emre Erkin), Ph. D. (2012 г.)
Лаборант Энергетического института Стамбульского технического университета (с 2003 г.). Член Турецкой национальной комиссии по освещению (с 2001 г.). Научные интересы – энергоэффективное освещение, автоматизированное управление осветительными установками, освещение тоннелей и дорожное освещение, моделирование освещения