

Световая среда и воспринимаемая среда¹

Б. МАНАВ

Стамбульский университет Айвансарай, Стамбул, Турция
E-mail: banumanav@ayvansaray.edu.tr; manav.banu@gmail.com

Аннотация

При проектировании освещения главной задачей является обеспечение здоровых условий окружающей среды, что связано с рассмотрением вопросов энергоэффективности, стоимости, технического обслуживания и качества. Применительно к архитектурным объектам и интерьерам следует использовать ориентированные на потребителя осветительные установки. Очень важное значение имеет обеспечение потребителя возможностью управления освещением в части изменения освещённости и цвета освещения, что позволяет изменять атмосферу внутри помещения и влиять на настроение потребителя. Стандарты и нормы освещения следует оценивать с учётом этих обстоятельств. В статье предпринята попытка анализа влияния световой среды на восприятие человеком окружающего пространства. Для этого проведено рассмотрение результатов нескольких экспериментальных исследований применительно к оценке и проектированию световой среды.

Ключевые слова: световая среда, восприятие пространства, стандарты на освещение, внутреннее освещение.

1. Введение

Рассмотрение перехода от световой среды к воспринимаемой среде охватывает много вопросов, связанных с качественными и количественными характеристиками освещения. В [1] процитировано мнение Каттла (*Cuttle*, 2003), что световая среда преобразуется в изображение на сетчатке, которое стимулирует зрительный процесс, обеспечивающий получение информации, позволяющей воспринимать и распознавать объекты и поверхности, формирующие зрительный образ воспринимаемой среды.

Это утверждение подчёркивает важность таких измеряемых величин, как средняя освещённость на горизон-

тальной или вертикальной поверхности или распределение яркости по поверхности стены, которые обеспечивают простейшее восприятие окружающей среды. Однако реакция на непосредственное окружение включает в себя и не визуальное воздействие света², которое можно отнести к восприятию более высокого уровня [1], обусловленное долгосрочными впечатлениями (после длительного нахождения в условиях соответствующей окружающей среды). Этот процесс существенно зависит от наших знаний, предыстории и опыта. При проведении исследований часто используются корреляционные методы, позволяющие оценить влияние световой среды на восприятие светлоты, цветового облика и яркости.

Проектирование освещения, которое основано на использовании европейских стандартов, таких как *EN12464-1* [2], также следует рассмотреть с учётом упомянутого выше не визуального воздействия света. Критичные для зрительного комфорта параметры, такие как освещённость, яркость и спектральный состав излучения источников света, следует рассмотреть с точки зрения их взаимосвязи не только с восприятием, но и со здоровьем людей [3]. В данной работе с точки зрения восприятия проанализированы последние исследования в области проектирования световой среды.

2. Оценка зрительного комфорта и эмоционального восприятия пространства (*Emotional Space*)

Этот метод призван установить связь между субъективными оценками освещения и результатами светотехнических измерений. В соответ-

² Обычно под не визуальным воздействием света (*non-visual effects of lighting*) понимают только процессы, не связанные со зрительным восприятием (например, выработка мелатонина, изменение циркадных ритмов и т.д.), к которым вряд ли можно отнести «впечатления». – Прим. пер.

ствующих исследованиях сомнения в точности моделирования обусловлены использованием масштабированной модели и компьютерных методов проведения исследований, которые называют «абстрактными условиями» (*abstract conditions*). Большой интерес представляют работы [4, 5], т.к. в них использовались реальные интерьеры и участники. Шкалы, которые использовались применительно ко всем отдельным характеристикам (чёткость восприятия, просторность, упорядоченность (*formality*) и пространственная сложность (*spatial complexity*) помещения), обеспечили возможность оценки влияния освещения на восприятие пространства. Кроме того, в [4, 5] с использованием многомерного масштабирования была проведена оценка результатов, полученных применительно к трёхмерному пространству. А в 1979 г. было проведено исследование нескольких осветительных установок, в результате чего была сформирована карта, на которую в двух измерениях (привлекательность (*interest*) и светлота) были нанесены разные типы офисного освещения, идентифицированные посредством факторного анализа [6]. В результате, для осветительных установок были обозначены области равной предпочтительности.

Все эти односторонние исследования были направлены на оценку влияния «световой среды» на восприятие пространства. В [7] 174 студента старших курсов давали оценку чёткости восприятия, просторности, расслабляющего действия, приватности, приятности и упорядоченности (эти термины относятся к восприятию, для которого определяющим является освещение). Помещение без естественного освещения, в котором общее освещение трубчатыми люминесцентными лампами (ТЛЛ) (5400 К) обеспечивало среднюю освещённость $E_{av} = 270$ лк, было признано просторным и чётко воспринимаемым. Подсветка лампами накаливания, обеспечивавшими $E_{av} = 110$ лк, было признано предпочтительным с точки зрения приятности, приватности и расслабляющего действия. Освещение стен, которое осуществлялось ТЛЛ (5400 К), обеспечивавшими $E_{av} = 300$ лк, улучшало чёткость восприятия и ощущение упорядоченности. Участники лучше себя чувствовали при освещении тёплым светом. Однако в этом исследовании не задавались вопросы, непосредственно

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

связанные с оценкой цветового облика окружающих объектов/предметов.

Описанные в [8] исследования, проводившиеся применительно к освещению офисов, были направлены получение субъективных сравнительных оценок коррелированной цветовой температуры (КЦТ) (2700 и 4000 К) и освещённости (500, 750 и 1000 лк). Полученные результаты говорят о том, что изменения КЦТ и освещённости влияют на зрительную привлекательность пространства. На рис. 1 проведено сравнение этих результатов с графиком Круитхофа (*Kruithof*) 1941-го года (рис. 1а) и модифицированным графиком Круитхофа [9] (рис. 1б). В обоих случаях оказалось, что при всех трёх уровнях освещённости (500, 750 и 1000 лк) 4000 К оказались предпочтительнее, чем 2700 К. Что касается работы [8], то в ней 4000 К были признаны предпочтительными по сравнению с 2700 К применительно к комфортабельности и просторности, тогда как применительно к расслаблению, светлоте и насыщенности предпочтительными были признаны 2700 К.

При рассмотрении привлекательности пространства следует учитывать как энергоэффективность и мощность осветительной установки, так и эмоциональную составляющую и общее впечатление от пространства. Соответствующее исследование описано в [10, 11], где проведено сравнение энергетических характеристик (количественные данные) и зрительного комфорта (качественные данные) при освещении трубчатыми светодиодными лампами (ТСДЛ) (мощность = 36 Вт, световой поток = 3300 лм, световая отдача = 92 лм/Вт, КЦТ = 3800

К, освещённость на рабочей поверхности = 570 лк) и ТЛЛ (мощность = 20 Вт, световой поток = 1600 лм, световая отдача = 80 лм/Вт, КЦТ = 4100 К, освещённость на рабочей поверхности = 577 лк). Восприятие пространства оценивалось с использованием следующих прилагательных: просторный, широкий, воздушный, способствующий отдыху (расслабляющий). Анализ количественных и качественных данных, проведённый с использованием пакета программ обработки статистических данных *SPSS17*, не выявил никаких существенных отличий между рассмотренными вариантами освещения.

В [12], где было проведено сравнение графика Круитхофа с экспериментальными данными других авторов, отмечается, что хотя график Круитхофа широко используется при проектировании, результаты исследований, проводившихся после 1990-го г. в связи с внедрением новой техники, противоречат данным Круитхофа, и если избегать низких уровней освещённости, то приятные условия реализуются при любой КЦТ.

В данной работе рассмотрены два варианта графика Круитхофа, на которые нанесены результаты, полученные автором и её коллегами (рис. 1). На рисунках видно, что эти варианты отличаются друг от друга. Например, комбинация «3800 К, 570 лк», которая в вышеупомянутом исследовании была признана производящей положительное субъективное впечатление, на модифицированном графике Круитхофа также лежит в области «приятное освещение», тогда как на графике Круитхофа 1941-го года она лежит

в области «цвета выглядят неестественными».

Если на график Круитхофа нанести и другие результаты, полученные в [7, 8, 10, 11], то также можно увидеть их отличия от данных Круитхофа. Так, в [8] комбинации «4000 К, 500 лк», «4000 К, 750 лк» и «4000 К, 1000 лк» воспринимались как комфортные и просторные, т.е. при краткосрочном восприятии окружающей среды они оценивались положительно. И хотя на графиках Круитхофа точно такие же субъективные оценки отсутствуют, эти результаты всё же можно сопоставить с данными Круитхофа. Как видно на рис. 1, на графике Круитхофа 1941-го года комбинация «4000 К, 500 лк» лежит в области комфортного освещения, тогда как комбинации «4000 К, 750 лк» и «4000 К, 1000 лк» лежат в области «цвета выглядят неестественными». При этом на модифицированном графике Круитхофа в области «приятное освещение» лежат все три упомянутые комбинации, что согласуется с [8].

График Круитхофа служит инструментом для оценки комбинаций КЦТ и освещённости, давая общее представление об обеспечиваемом ими впечатлении. Он полезен, т.к. говорит о существовании связи между КЦТ и освещённостью при оценке эмоционального восприятия пространства. Соответствующие субъективные оценки не ограничиваются только категориями «приятный» и «цвета выглядят тусклыми или холодными», которые рассмотрены в [4–8, 10, 11, 17, 19]. Даже сегодня новые направления в области проектирования освещения вынуждают нас учитывать и иные моменты, такие как использование регулируемых СД источников белого света, освещённость на сетчатке глаза и её влияние на циркадные ритмы, а также влияние длины волны излучения на функционирование организма человека.

3. Современное освещение

Сегодня, независимо от предназначения здания, мы всегда стараемся обеспечить хорошо спроектированное и должным образом освещённое внутреннее пространство, которое было бы «приятным» и в котором мы бы чувствовали себя «комфортно». Прийти к единому мнению относительно таких параметров, как чёткость вос-

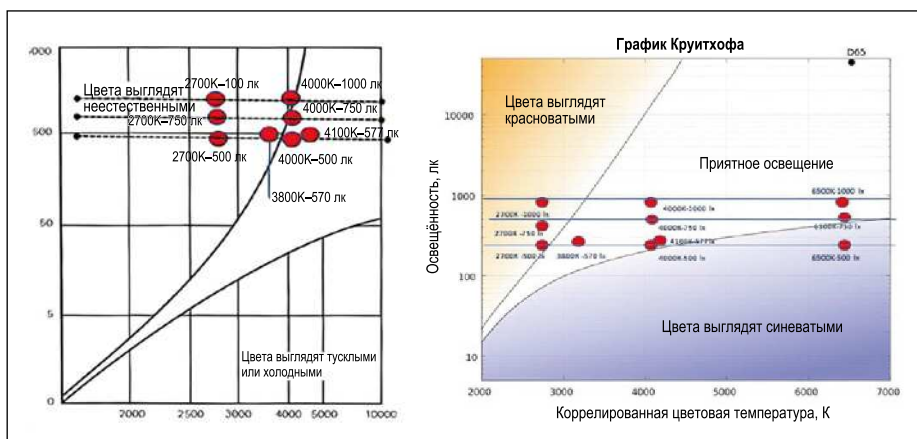


Рис. 1. Оценка условий обеспечения зрительного комфорта на основе графика Круитхофа (*Kruithof*) 1941-го года (а) и модифицированного графика Круитхофа [9] (б)

приятия, расслабляющее действие, просторность, приватность, которые относятся к субъективным оценкам, довольно трудно, но при этом существуют статистические методы обработки результатов исследований и проведения оценок.

С начала 21-го века к субъективным оценкам добавились новые факторы, такие как связь между освещением и здоровьем, ориентированное на людей освещение и циркадные ритмы. Попадающие в наши глаза лучи света не только обеспечивают возможность видеть, но и влияют на протекающие в организме человека гормональные процессы и физиологические ритмы.

Хорошо известное определение циркадного ритма (установление внутреннего копирования чередования дня и ночи) и влияние циркадного механизма на передачу информации о «внутреннем» времени ко всем частям тела подтверждают наличие не визуального воздействия света [13]. В темноте, то есть при отсутствии света, внутренние сигналы организма продолжают поступать, но их периодичность превышает 24 ч [14–16]. Для приведения внутренних часов к 24-часовому периоду необходимо внешнее воздействие. Однако его нелегко обеспечить незамедлительно. Освещённость может и не обеспечить поступление к внутренним часам сигнала о необходимости регулировки спектральной чувствительности фоторецепторов сетчатки. А это может привести к нарушениям метаболизма человека. Воздействию подвергаются и циклы сна-бодрствования, и гормональная активность, и дневная активность, и иммунная система, что может привести к серьёзным заболеваниям. При формировании зрительно комфортного и здорового пространства проектировщик освещения должен учитывать все эти факторы.

Проектирование внутреннего освещения с учётом требований зрительного комфорта обычно осуществляется на основе стандарта *EN12464-1* [2], область применения которого охватывает искусственное освещение. Этот стандарт содержит полезную информацию по выбору размеров и конфигурации установок искусственного освещения. Он позволяет задать средние освещённости на горизонтальных и вертикальных поверхностях и значения объединённого показателя дис-

комфорта и спроектировать расположение светильников.

Результаты проведённых исследований говорят о том, что при проектировании освещения следует учитывать его качество, зависящее от цветовых характеристик источников света и психологии человека, а также от эстетических, социальных и культурных факторов. Но проектирование освещения – это нечто большее, так как освещение влияет на гормональную активность, самочувствие, иммунную систему и работоспособность человека [3, 13–15, 17, 19].

В 2002 г. Дэвид Берсон (*David Berson*) открыл новый фоторецептор сетчатки глаз млекопитающих, и мы узнали, что качество освещение включает в себя не только зрительное воздействие. Попадающий на сетчатку свет служит основным синхронизатором циркадных ритмов. Как показали исследования последних лет, существуют нервные связи между колбочками и палочками глаза и зрительной зоной коры головного мозга. Чувствительности колбочек и палочек зависят как от длины волны, так и от цвета света. Согласно кривым спектральной чувствительности глаза, глаз человека не воспринимает длинноволновое красное и коротковолновое синее излучение. Максимальная чувствительность глаза лежит в зелёно-жёлтой области спектра. Исследования показали, что чувствительность глаза не совпадает с биологическим спектром действия. Чувствительность нового фотоприёмника зависит от длины волны (т.е. от цвета света).

Если рассмотреть связь между спектром излучения и физиологией человека, то видно, что чувствительность зрительного аппарата имеет максимум в зелёно-жёлтой области спектра, тогда как максимум биологической чувствительности лежит в синей области спектра. Это отличие следует учитывать при проектировании освещения, т.к. оно непосредственно связано с не визуальным воздействием света.

Высококачественные осветительные установки должны не только обеспечивать видимость, но и формировать зрительный облик пространства [16–18]. Продолжаются исследования в области объединённого показателя дискомфорта (*UGR*) и вероятности зрительного комфорта (*Visual Comfort Probability (VCP)*). СД

и/или иным источникам света с высокой КЦТ (с большим содержанием коротковолнового излучения) присуща относительно большая блёскость. Новейшие исследования показали, что спектральная чувствительность к блёскости отличается от функции относительной спектральной световой эффективности зрительной системы человека ([16] со ссылками на работы *Fekete et al* (2009) и *Wördenweber et al* (2007)). Это обстоятельство вынуждает ввести понятие «циркадный стимул» (*Circadian Stimulus (CS)*), который эквивалентен относительному подавлению выработки мелатонина после 1-часового воздействия излучения источника света.

При проектировании освещения важно учитывать зависимость требований к освещённости как от зрительной задачи, так и от спектра света и экспозиции при воздействии конкретного иллиуминанта. В последние годы было достигнуто согласие относительно оценки света, попадающего на роговую оболочку глаза. Два источника света могут иметь одну и ту же КЦТ и при этом обеспечивать разные значения циркадного стимула. Это расхождение обусловлено несовпадением их спектров излучения. Согласно [20], можно считать, что источникам света с высокими значениями КЦТ, такими как 5000–6500 К, обычно будут соответствовать высокие значения циркадного стимула, хотя иногда источник света с КЦТ, равной 3500 К, будет обеспечивать более высокий циркадный стимул, чем источник света с КЦТ, равной 3000 К.

Другой важной особенностью проектирования освещения с учётом циркадных стимулов является расчёт освещённости на роговице глаза E_v . Эта вертикальная освещённость так же важна, как и горизонтальная освещённость. Значения освещённости рассчитывают применительно к используемым светильникам, что позволяет выбрать наиболее подходящий тип светильника. На рабочих местах предпочтительно использовать совокупность светильников прямого и отражённого света [21]. Любое решение, позволяющее улучшить зрительные возможности в части обеспечения субъективного ощущения бодрости, следует развивать и применить на практике. Используемые в проекте освещения изделия могут представлять собой прикрепленные к мебели осветитель-

ные приборы (светящиеся офисные перегородки) или устанавливаемые на полу осветительные приборы, такие как световые короба, или подвесные потолки с покрытиями компании *Barrisol* с автоматической системой управления.

Другой важный момент связан с освещением, учитывающим возрастные особенности человеческого организма и отвечающим потребностям соответствующих пользователей. При проектировании освещения следует принимать во внимание как нарушения зрения, так и циркадные стимулы. Посвящённые этому вопросу отчёты Светотехнического исследовательского центра (*Lighting Research Center*³) говорят о важности освещённости и спектра излучения как в дневное, так и в ночное время. Согласно [21], в дневное время обеспечение на глазе в течение 2-х часов сочетания 400 лк и 6500 К или 550 лк и 2700 К достаточно для того, чтобы циркадный стимул достиг уровня 0,3–0,4, тогда как в ночное время обеспечение на глазе в течение 2-х часов сочетания 50 лк и 2700 К приводит к доведению циркадного стимула до уровня 0,1.

Эксперименты, проводившиеся в период с 1970-х годов до настоящего времени, и их научно обоснованные результаты демонстрируют влияние искусственного освещения на работоспособность и самочувствие людей [23–26]. Однако никогда не следует забывать о важности естественного освещения, которое должно быть включено в общую систему освещения. Применительно к связанным с освещением психологическим и физиологическим моментам, наилучшим является естественный свет. Следует всегда помнить о спектре естественного излучения и его влиянии на людей и необходимости учитывать их при проектировании.

4. Обсуждение

В [26] приведены спектральные чувствительности фоторецепторов сетчатки, позволяющие оценить условия освещения применительно к их способности обеспечить невизуальное воздействие на людей. Хотя измерение не связанного с формированием изо-

бражения невизуального воздействия света на людей представляется затруднительным, в последнее время в этой области были достигнуты некоторые успехи. Так, в [26] отмечалось, что так как СД с фиолетовыми кристаллами (*vLED*) способны имитировать естественный свет, то они подходят для пространств и объектов, для которых приоритетным является цвет. При этом СД с фиолетовыми кристаллами придают цветам синеватый оттенок. Кроме того, в [27] предлагают использовать СД с фиолетовыми кристаллами при решении проблем энергоэффективности в условиях дневного зрения. При одинаковом значении КЦТ СД с фиолетовыми кристаллами обеспечивают большее, чем СД с синими кристаллами (*bLED*), значения отношения *S/P*.

Успехи в области техники приводят к новым решениям в области освещения. Ориентированное на потребности людей освещение, включающее в себя осветительные установки с автоматическим управлением, настраиваемое освещение и ориентированные на потребителей проектные решения, реализуется и в архитектуре, и в интерьерах.

В [10, 11] проведено сравнение энергетических характеристик (количественные данные) и зрительного комфорта (качественные данные) при освещении ТЛЛ и ТСДЛ. Измерение и расчёт уровня и равномерности распределения освещённости, потребляемой мощности, полного коэффициента гармонических искажений и коэффициента мощности в случаях ТЛЛ и ТСДЛ позволили провести количественное сравнение двух осветительных установок. Качественные характеристики определялись применительно к выполнению зрительных задач, связанных с оценкой создаваемого помещением впечатления и восприятием изменений системы освещения. Полученные результаты говорят о том, что с точки зрения качества освещения ТСДЛ не отличаются от ТЛЛ. Данные об освещённости, блёскости и зрительном облике демонстрируют отсутствие отличий зрительного восприятия при использовании ламп этих двух типов. С другой стороны, использовавшиеся в этих полевых испытаниях ТСДЛ позволяют экономить 22,8 % электроэнергии, причём неизбежное совершенствование СД может привести к тому, что эта экономия

превысит 60 %. Влияние СД на циркадные стимулы следует исследовать в аналогичных условиях с последующим анализом полученных результатов с точки зрения здоровья людей.

5. Заключение

Связь между стимулами (световая энергия) и восприятием рассматривали многие учёные. Так как восприятие световой среды зависит от адаптации зрительной системы человека к непосредственно окружающей его среде и различиями между наблюдателями, то эти факторы необходимо учитывать при проектировании освещения. Простейшее восприятие (непосредственная реакция), например, освещённости, светлоты, цветового облика, связано со световой средой, тогда как восприятие более высокого порядка (просторность, пространственная сложность, чёткость восприятия и др.) является более комплексным и предполагает наличие более тонких связей.

Применительно к реакции людей на условия освещения можно сформулировать следующие рекомендации:

- При проектировании освещения следует рассматривать не только горизонтальную (E_h), но и вертикальную (E_v) освещённость и проектировать освещённость не только на горизонтальных, но и на вертикальных поверхностях. При этом необходимо проектировать и контролировать распределение света в пространстве.

- Следует принимать во внимание яркость и яркостный контраст (должно быть обеспечено не только общее, но и рабочее освещение), контролировать зеркальные отражения и учитывать тени, и при этом следует избегать появления отвлекающих внимание глубоких теней.

- Одной только КЦТ источника света недостаточно – следует учитывать ещё и спектральное распределение энергии излучения источника света. Следует планировать цветовые характеристики поверхностей, так как применительно к остроте зрения важное значение имеет цветовой контраст.

- Следует контролировать мелькания, которые влияют на зрительное восприятие и остроту зрения.

Главной задачей должно быть обеспечение здоровых условий окружающей среды, что связано с рассмотрением вопросов энергоэффективности,

³ Одно из подразделений Ренсселерского политехнического института, г. Трой, США. – Прим. пер.

стоимости, технического обслуживания и качества. Применительно к архитектурным объектам и интерьерам следует использовать ориентированные на потребителя осветительные установки. Для обеспечения как зрительно комфорта, так и функционирования циркадной системы, важное значение имеет предоставление потребителям возможности управления освещением. Уменьшая или увеличивая световой поток, можно настраивать атмосферу внутри помещения. Изменяя цвет и/или распределения света, можно влиять на настроение потребителей или, другими словами, на восприятие пространства. При проектировании освещения следует учитывать и его влияние на циркадные процессы.

Помимо прочего, необходимо учитывать и стоимостные соображения, останавливаясь на дешёвых и эффективных решениях. Другим важным фактором, который следует учитывать при проектировании, является включение цвета света в цветовую концепцию интерьера. Например, в офисах перегородки и/или рабочие места можно сделать самосветящимися и проектировать при этом цвет освещения. Красные перегородки могут не вызывать подавление выработки мелатонина, так как для этого требуется 6500 К.

Никогда не следует забывать о важности естественного освещения, которое всегда должно быть главной задачей при проектировании. Однако в определённых случаях, особенно при отсутствии естественного света, всегда следует принимать во внимание человеческие факторы, зрительный комфорт и качество освещения. Качественные характеристики освещения должны быть обозначены и включены в стандарты на освещение, такие как [22–24]. В освещение следует внедрять обусловленные техническим прогрессом достижения в таких областях, как системы автоматического управления, ориентированное на людей освещение, настраиваемое освещение и управление циркадными ритмами. Проектировщик освещения должен выдавать решения, обеспечивающие удовлетворительную светлоту в рабочей зоне, подчёркивая при этом архитектурных детали и особенности интерьера для выделения зрительно привлекательных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Boyce, P.* Human factors in lighting, 2nd Ed. Lighting Research Center, London: Taylor and Francis, 2003.
2. European Committee for Standardization. Light and lighting, lighting of work places. Part 1. EN12464-1. Brussels: Indoor Work Places; 2004
3. *van den Beld, G.J., van Bommel, W.* Lighting for work: visual and biological effects // *Lighting Research and Technology*.– 2004. DOI:10.1191/1365782804li122oa
4. *Flynn, J.E., Hendrick, C., Spencer, T., Martyniuk, O.* Interim Study of Procedures for Investigating the effect of Light on Impression and Behavior // *Journal of Illuminating Engineering Society*.– 1973. – No. 3. – P. 87–94.
5. *Flynn, J.E., Hendrick, C., Spencer, T., Martyniuk, O.* A Guide to Methodology Procedures for Measuring Subjective Impressions in Lighting // *Journal of Illuminating Engineering Society*.– 1979. – No. 8. – P. 95–110.
6. *Hawkes, R., Loe, D., Rowlands, E.* A Note Towards the Understanding of Lighting Quality // *Journal of Illuminating Engineering Society*.– 1979. – No. 8. – P. 111–120.
7. *Manav, B., Yener, C.* Effects of Different Lighting Arrangements on Space Perception // *Architectural Science Review*.– 1999. – Vol. 42, No. 1. – P. 43–47.
8. *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, No. 2. – P. 979–983.
9. *Ashdown, I.* The Kruithof Curve: A Pleasing Solution, Research Gate, www.agi32.com/blog-2015/01/12.
10. *Manav, B., Erkin, E., Güler, Ö., Onaygil, S.* An experimental study on tubular fluorescent and LED lamps with respect to energy performance and visual comfort // *Light and Engineering*.– 2013. – Vol. 21, No. 4. – P. 50–57.
11. *Гюлер Э., Манав Б., Онайил С., Эркин Е.* Экспериментальное сравнение энергетических характеристик и зрительной комфортности люминесцентных и светодиодных трубчатых ламп // *Светотехника*.– 2014. – № 3. – С. 18–23.
12. *Fotios, S.* A Revised Kruithof Graph Based on Empirical Data // *Leukos*.– 2017. – Vol. 13, No. 1. – P. 3–17. Doi:10.1080/15502724.2016.1159137.
13. *Huiberts, L.M., Smolders, K.C., de Kort, Y.A.* Shining light on memory: effects of bright light on working memory performance // *Behavioural Brain Research*.– 2015. – Vol. 294, No. 11. – P. 234–245.
14. *Dai, Q., Cai, W., Shi, W., Hao, L., Wei, M.* A proposed lighting-design space: Circadian effect versus illuminance // *Building and Environment*.– 2017. – Vol. 122, No. 9. – P. 287–293.
15. *Bellia, L., Bisegna, F., Spada, G.* Lighting in indoor environments: visual and non-visual effects of light sources with different spectral

power distributions // *Building and Environment*.– 2011. – Vol. 46, No. 10. – P. 1984–1992.

16. CIE205:2013 Review of lighting quality measures for interior lighting with LED lighting systems

17. *Knez, I.* Effects of Colour of Light on nonvisual psychological processes // *Journal of Environmental Psychology*.– 2001. – Vol. 21, No. 2. – P. 201–208.

18. *Brainard, G.C.* Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans // 5th Int. LRO lighting research symp. Orlando, 2002.

19. *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.

20. *Figueiro, M., Gonzales, K., Pedler, D.* Designing with circadian stimulus, //LD+A.– 2016. – No. 10. – P. 31–34.

21. *Figuro, M. et al.* Lighting for visual performance, circadian health and safety in older adults, webinar, Philips Lighting University, 25.01.2018.

22. American National Standard Practice for Office Lighting, Office Lighting Committee of the ESNA, ANSI / IESNA RP-1, 1993.

23. CIBSE, Code for interior lighting, The Chartered Engineers, London, 1984.

24. CIE Standard, Lighting of indoor work places, CIE S008/E-2001, 2001.

25. *Fleischer, S., Krueger, H., Schierz, C.* Effect of brightness distribution and light colours on office staff // The 9th European Lighting Conf. Proceeding Book of Lux Europa 2001, Reykjavik, 2001, pp.77–80.

26. CEN/TR16791:2017/E Quantifying Irradiance for Eye-Mediated Non-Image-Forming Effects of Light in Humans.

27. *Koga, Y., Yamakawa, M.* Potential Non-Image-Forming Visual Effects of Violet-LED and Blue-LED White Light Sources // Proceeding Book of BalkanLight, 2018, pp:17–21.



Бану Манав (Banu Manav), Ph. D., профессор. Окончила Билкентский университет, Турция. Декан и руководитель отделения архитектуры интерьеров и проектирования вну-

тренних пространств факультета искусства, дизайна и архитектуры Стамбульского университета Айвансарай. Член правления Турецкой национальной комиссии по освещению. Научные интересы: внутреннее освещение, восприятие пространства, зрительный комфорт и восприятие цвета