

УДК 004.9

*Багутдинов Р.А.,
соискатель ученой степени кандидата технических наук
преподаватель высшей категории, заведующий лабораторией «Научно-
учебной лаборатории информационных технологий»
ПОО ЧУ «Автомобильно-дорожный колледж»*

Россия, г. Сочи

Какоев А.А.,

студент

2 курс, специальность

«Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов»

ПОО ЧУ «Автомобильно-дорожный колледж»

Россия, г. Сочи

**ФИТОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ
И ОПРЕДЕЛЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ОСВЕЩЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ДОПУСКА АРХИТЕКТУРНОГО И
ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Аннотация: В данной работе произведен анализ существующих исследований, посвященных изучению возможных светобиологических воздействий осветительных приборов со светодиодным источником света. Приведен сравнительный анализ солнечного и светодиодного освещения и его фитобиологического влияния, а также факторов, вызванных негативное фитобиологическое влияние белого светодиодного освещения в ночное время.

Ключевые слова: автоматизированные системы, информационные системы, фитобиологическое влияние, освещение, дорожное строительство.

Annotation: In this work, an analysis of existing studies devoted to the study of possible photobiological effects of lighting devices with an LED light source is

carried out. A comparative analysis of solar and LED lighting and its phytobiological influence, as well as factors caused by the negative phytobiological influence of white LED lighting at night, is presented.

Key words: *automated systems, information systems, phytobiological influence, lighting, road construction.*

Существует распространенная гипотеза, что воздействие белого света ночью вызывает уменьшение выработки гормона мелатонина, что может приводить к нарушению циркадных ритмов человека. Несмотря на существующую гипотезу, ни Инженерное общество светотехники (Illuminating Engineering Society), ни Международная комиссия по освещению (International Commission on Illumination) не определяют данный факт как какой-либо термин или марку безопасности. Российскими государственными стандартами предусмотрено понятие «опасности для сетчатки глаза, вызванной в результате фотохимической реакции вследствие облучения лучистой энергией в диапазоне длин волн от 400 до 500 нм. Этот механизм повреждения доминирует над механизмом теплового повреждения при времени воздействия более 10 секунд». Также в указанном стандарте рассмотрена возможность возникновения эритемы – эффекта, который вызывает покраснение кожи вследствие воздействия не только солнечных лучей, но и искусственного света и другие влияния различных длин волн света различного спектра на человеческий организм и в частности, известные заболевания глаз. При этом показатель светобиологической безопасности определяют по предельному значению площади расширения зрачка, при этом наиболее опасное воздействие, согласно исследованиями, возникает при высоком излучении в диапазоне от 435 до 440 нм [1].

Источники теплого белого света (<3000K) часто рекламируются как решение для уличного освещения. Несмотря на то, что светодиодные технологии позволили широко использовать дешевый свет с экономией

энергии, эксплуатационных расходов и затрат на техническое обслуживание, привлекательный для муниципалитетов во всем мире, такой свет оказывается более ярким, чем тот который он обычно заменяет, что вызывает много проблем [2,3]. Светодиодное освещение, применяемое в настоящее время не всегда может считаться улучшением, в силу возможности вызывать раздражение ткани глаза, ухудшать качество сна, может вызывать сухость глаза и дискомфорт, а также негативно влияет на флору и фауну и, наконец, увеличивает световое загрязнение.

Также в некоторых работах было отмечено, что «доля белого света (460 нм) в спектре солнечного света для цветовой температуры 4000 К намного меньше, чем доза белого света 460 нм в спектре солнечного света при цветовой температуре 6500 К. А избыточная доля белого света в спектре светодиодного спектра по отношению к доле белого света в спектре лампы накаливания превышает более 55%»[4,5,6].

Ниже проводится диаграмма сравнения спектров солнечного света и света белых светодиодов.

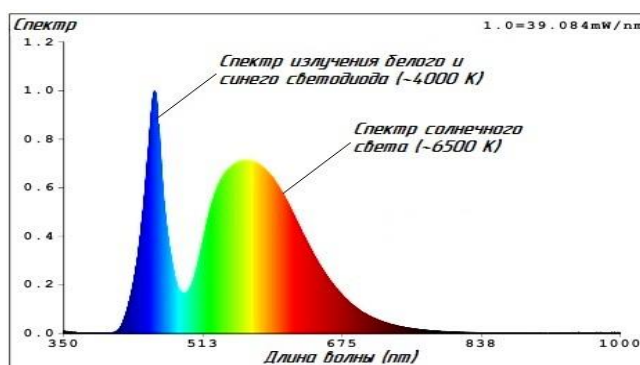


Рисунок 1. Сравнение спектра солнечного света ($T_k=6500 \text{ К}$) с спектров белого светодиодного источника света ($T_k=4000\text{К}$)

Реакция органов зрения на яркий свет формировалась у человека в течение огромного периода времени человеческой эволюции в условиях солнечного света. Поэтому, при реакции на солнечный свет происходит адекватное управление процессом сужения зрачка. Данный процесс

представляет собой естественный механизм защиты клеток сетчатки глаза. Управление сужением диаметра зрачка позволяет обеспечивать снижение интенсивного попадающего на сетчатку света до 30 раз. Однако данный процесс защиты не срабатывает также как в случае с солнечным светом при попадании спектра света белых светодиодов на сетчатку глаза. При светодиодном свете сужение зрачка происходит с меньшей скоростью и на меньший диаметр, что может привести к переизбытку попадания света на органы зрения. Данные факты подтверждены исследованиями ВГБУН Института биомеханической физики им. Н. М. Эмануэля РАН [7].

В ходе экспериментов и измерения, проведенных НИИ НЦЗД РАМН было установлено, что «с уменьшением корреляции цветовой температуры искусственных источников света увеличивается диаметр зрачка глаза, что создает предпосылки для негативного воздействия белого света на клетки и сосуды сетчатки. С увеличением коррелированной цветовой температуры искусственных источников света уменьшается диаметр зрачка глаза. Избыточная доза УФ-синего света приводит к ускорению деградиационных процессов, которые увеличивают риски раннего ухудшения зрения по сравнению с солнечным светом при прочих равных условиях» [6].

Дешевые и плохо сконструированные СОП могут создавать неравномерное распределение света, нежелательные светодиодные нарушения, мерцание и электромагнитные помехи [8]. Кроме того, из-за интенсивности излучаемого света чипы в светодиодной матрице должны быть скрыты от невооруженного глаза [9,10]. И хотя рассеивание света направленно вверх, короткие волны синего света, направленные на землю, легко возвращаются в атмосферу, усиливая световое загрязнение. В результате идеальный уличный искусственный свет должен быть экранированный, неяркой, мягкой для глаз, равномерно распределенный и настолько тусклый, насколько это практически возможно.

Светодиодные лампы должны быть не ярче, чем свет, который они заменяют, с аналогичным или улучшенным отношением скотопическое /фототопическое (S/P) от 0,4 до 0,6 (отношение S/P характеризует, сколько света, излучаемого источником света, полезно для человеческого глаза и сколько светового загрязнения можно ожидать) [11, 12]. Исходя из этого, верным решением будет учесть и принять долгосрочную производственную стратегию с учетом биологических особенностей человека для производства дисплеев и освещения. Эта стратегия помимо прочего должна учитывать возможность автоматизации и стимулировала разработку и производство необходимого роботизированного оборудования для автоматизированных систем освещения в пределах допуска архитектурного и дорожного строительства.

На рисунке 2 показано относительная меланопическая чувствительность из отчета международной комиссии по освещению (CIE 2015). Глядя на кривую видно, что спектральная чувствительность внутренних светочувствительных ганглиозных клеток сетчатки, также называемых светочувствительными ганглиозными клетками сетчатки или меланопсиносодержащими ганглиозные клетки сетчатки (представляют собой тип нейрона в сетчатке глаза млекопитающего) достигает максимума при 490 нм, а также простирается до ультрафиолетового края видимого спектра при 380 нм. Самое важное, что полностью половина спектральной чувствительности меланопсина также чувствительная и к зеленому свету.

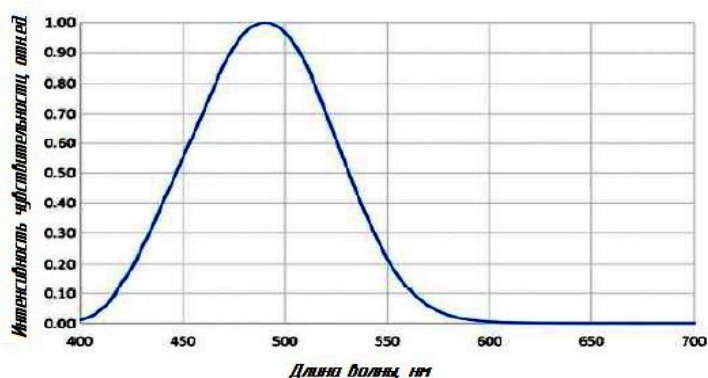


Рисунок 2. Относительная меланопическая чувствительность

На рисунке 3 показаны относительные спектральные распределения мощности (SPD) типичных светодиодов белого света с коррелированными цветовыми температурами (CCT) 3000 К и 4000 К, масштабированные таким образом, что оба светодиода производят одинаковое количество светового потока.

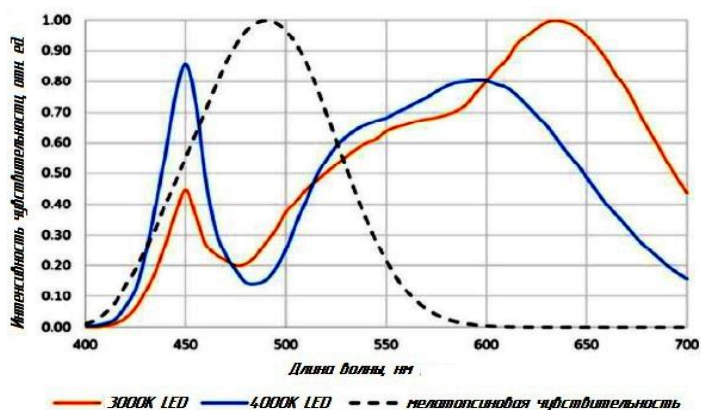


Рисунок 3. Относительные спектральные распределения мощности (SPD) типичных светодиодов белого света с коррелированными цветовыми температурами (CCT) 3000К и 4000К.

Из рисунка видно, что светодиоды 3000 К производят меньше меланопического потока, чем светодиоды 4000 К, когда они дают одинаковый световой поток. Однако разница составляет всего 10%, что находится в пределах допуска архитектурного и дорожного освещения. Таким образом, нельзя однозначно утверждать, что для того, чтобы минимизировать нарушение циркадного ритма, необходимо в ночное время придерживаться освещения с цветовой температурой на 3000 К. Разница в меланопическом потоке не является здесь существенной. Скорее, это просто один из нескольких факторов, которые необходимо учитывать при разработке и определении автоматизированных систем освещения в пределах допуска архитектурного и дорожного строительства.

На рисунке 4 показано спектральное распределение мощности экрана компьютерного планшета и результирующий меланопический поток, когда дисплей настроен на полный белый цвет (ССТ 6700К), что несколько выше, чем белая точка 6500К для большинства компьютерных мониторов.

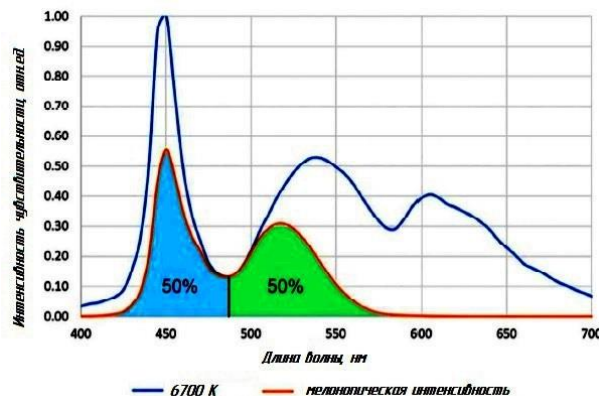


Рисунок 4. Спектральное распределение мощности экрана и результирующий меланопический поток

Здесь яркость экрана планшета составляет примерно 400 кд/м² (нит). Это примерно в 50-100 раз больше уровней света, рекомендуемых для уличного освещения жилых помещений. Если рассматривать жалобы, что из-за уличного освещения в спальнях нарушается свет, вызывающий недосыпание, то нельзя игнорировать влияние телевизоров, компьютерных мониторов и планшетов, на которые человек часто смотрит часами, прежде чем лечь спать.

В целом из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что светодиодное освещение с высоким содержанием белого цвета (примерно до 450 нм) может оказывать негативное влияние на структурно-функциональную составляющую фоторецепторных клеток сетчатки и сосудистой оболочки глаза, а также на содержащийся в данном слое клеток пигмент меланин, отвечающий за поглощение попадающих в глаз лучей света. При этом замена светодиодов 4000 К на 3000 К не даст должного эффекта, так как разница составляет всего 10%, что находится в пределах допуска архитектурного и

дорожного освещения. Однозначно верным решением здесь будет изменения интенсивности белого света, экранирование, рассеивание светового потока.

Использованные источники:

1. ГОСТ Р МЭК 62471-2013 «Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность».
2. Багутдинов Р.А., Степанов М.Ф. Методы интеграции, уменьшение размеров и нормализация обработки разнородных и разномасштабных данных / *International Journal of Open Information Technologies*. 2021. Т. 9. №2. С. 39-44.
3. Багутдинов Р.А. Принцип разработки алгоритмического обеспечения системы технического зрения роботов / *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2017. Т. 9. № 5. С. 66-71.
4. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема // *Анализ риска здоровью*. 2016 №1(13). [Электронный ресурс]. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sinity-svet-svetodiodov-novaya-gigienicheskaya-problma> (дата обращения: 27.10.2021).
5. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Транспортная светотехника: риски здоровью персонала и пассажиров // *Анализ риска здоровью*. 2016 №3(15). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-svetotehnika-riski-zdorovyu-personala-i-passaazhirov> (дата обращения: 27.10.2021).
6. Дейнего В.Н. Влияние света и физических полей на риск дисгармонизации синтеза мелатонина в шишковидной железе / В.Н. Дейнего, В.А. Капцов, А.И. Сорока // *Анализ риска здоровью*. – 2014. - №2 – С. 30-41.
7. Age-related adaptive responses of mitochondria of retinal pigment epithelium to the everyday blue LED lighting. Sereznikova N.N., Pogodina L.S., Lipina T.V., Trofimova N.N., Gurieva T.S., Zak P.P. / *Doklady Biological Science*. Pleiades Publishing Ltd (Road Town, United Kingdom), T.475, №1, P.141-143.

8. Багутдинов Р.А. Разработка мультисенсорной системы для задач мониторинга и интерпретации разнородных данных / Системный администратор. 2019. № 3 (196). С. 82-85.
9. Островский О.А. Вопросы развития компьютерно-технической экспертизы и их взаимосвязь с телекоммуникациями / Право и государство: теория и практика. 2020. № 1 (181). С. 312-314.
10. Островский О.А., Гармаев Ю.П. Меры уголовного правосудия в отношении киберпреступности согласно модели общего права через призму профессиональных компетенций следователя и его навыков интеллектуального анализа криминалистической цифровой информации / Транспортное право и безопасность. 2020. № 4 (36). С. 84-92.
11. Багутдинов Р.А. Идея многокурсной системы технического зрения для формирования 3D-моделей поверхности объекта в задачах разработки мобильных роботов / Программные системы и вычислительные методы. 2017. № 4. С. 1-6.
12. Островский О.А. Извлечение информационных следов с мобильных устройств при расследовании преступлений в сфере компьютерной информации / Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. 2018. № 7. С. 237-241.