Журнал

# СВЕТОТЕХНИКА -

ваш помощник,
друг и
источник знаний!

## Дорогие коллеги — читатели и читательницы журнала!

Приглашаем Вас подписаться на журнал
на 2015 год
либо в подписных агентствах
(на почте),
либо по электронной подписке
(сайт: www.sveto-tekhnika.ru),
либо в редакции журнала.

Ждём вашей подписки, а также
интересных материалов для публикации,
предложений,
критики,
поддержки!

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**Издается с января 1932 г.**

**УЧРЕДИТЕЛЬ:**

**ООО «Редакция журнала «Светотехника»**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Ю.Б. Айзенберг** – главный редактор, доктор технических наук, профессор
**А.Е. Атаев,** доктор технических наук, профессор
**С.Г. Ашурков** – зам. главного редактора, кандидат технических наук
**Г.В. Боос** – председатель редакционной коллегии, кандидат технических наук
**В.П. Будак,** доктор технических наук, профессор
**Л.П. Варфоломеев,** кандидат технических наук
**А.А. Григорьев,** доктор технических наук, профессор
**А.А. Коробко,** кандидат технических наук
**Д.О. Налогин,** инженер
**А.Т. Овчаров,** доктор технических наук, профессор
**Л.Б. Прикупец,** кандидат технических наук
**В.М. Пятигорский,** кандидат технических наук
**А.К. Соловьёв,** доктор технических наук, профессор
**Р.И. Столяревская,** доктор технических наук
**К.А. Томский,** доктор технических наук, профессор
**А.Г. Шахпарунянц,** кандидат технических наук
**Н.И. Щепетков,** доктор архитектуры, профессор

**129626, Москва, проспект Мира, 106, ВНИСИ, оф. 327.**
**Тел. 7(495)682-26-54.**
**Тел./факс: 7(495)682-58-46.**
**E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru**
**Интернет: www.sveto-tekhnika.ru**
**Электронная версия журнала: www.elibrary.ru**

Старший научный редактор
***С.Г. АШУРКОВ***
svetlo-nr@yandex.ru

Научный редактор английской версии
***Р.И. СТОЛЯРЕВСКАЯ***
lights-nr@inbox.ru

Научный редактор-переводчик
***Е.И. РОЗОВСКИЙ***

Зав. редакцией
***М.И. Титаренко, Л.В. Шелатуркина***
**zav.red@list.ru**

Секретарь редакции
***А.В. ЛУКИНА***
**journal.svetotekhnika@mail.ru**

Компьютерная подготовка издания
***А.М. БОГДАНОВ***

Перепечатка статей и материалов из журнала «Светотехника» – только с разрешения редакции
За содержание и редакцию информационных материалов ответственность несет источник информации
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей

Сдано в набор 18.09.2014.
Подписано в печать 13.10.2014.
Формат 60x88 1/8. Печ. л. 10,00.
Заказ 12-255. Тираж 1200.
«Знак», 101000, Москва, Главпочтамт, п/я 648, тел. 361-93-77.

Отпечатано в типографии ООО «Агентство Море»
101898, Москва, Хохловский пер., д. 9.

# СОДЕРЖАНИЕ

## В НОМЕРЕ

**Дорогие** коллеги – читатели и читательницы журнала! 1

**Бизнес и инновации** 8

**Ильина Е.И., Частухина Т.Н.** Новые подходы к оценке освещения рабочих мест 14

**Кнооп М.** Качество освещения светодиодами 20

**Шанда Я.** Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? 23

**Сётер М.** Методика проектирования экологичного освещения 28

**Ошурков И.А., Ошуркова Е.С.** Управление светильниками со светодиодами в уличном освещении 32

**Дарула С., Киттлер Р.** Классификация естественного освещения в условиях облачности 37

**Абалов А.Н., Ключник А.Т., Кондратьев А.В., Лебедев И.С., Смирнов В.А.** Особенности применения новых светодиодных матриц серии «*CXA*» компании *Cree* 46

**Летушко В.Н., Низовцев М.И., Стерлягов А.Н.** Исследование тепловых режимов работы уличного светильника со светодиодами методом ИК термографии 53

***ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ***

**Ауров В.В., Баушева М.Д., Щепетков Н.И.** О световом образе высотного здания 60

**Пааккинен М., Тэтри Э., Халонен Л.** Оценка освещения пешеходных дорожек 65

***ПРЕЗЕНТАЦИЯ ФИРМ***

**ГУП** Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина»: рывок в будущее… Грицай О.Л. 71

***ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ***

**Письмо** в редакцию. Клигман М.В. 57

**Об отклонениях** напряжения и потере напряжения в электроустановках 0,4 кВ (ответ на письмо М.В. Клигмана). Пашковский Р.И. 58

***ХРОНИКА***

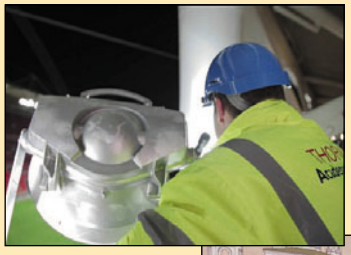
**«Ленсвет»** отметил 80-летний юбилей (интервью) 73

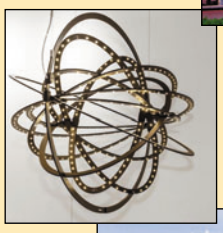
5 • 2014

СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ

# СВЕТОТЕХНИКА

## (LIGHT & ENGINEERING)





**Масштабное** международное сличение светотехнических лабораторий в рамках программы *IEA 4E SSL Annex 2013*. Барцев А.А., Беляев Р.И., Розовский Е.И. 76

**О болгарской** конференции по освещению «*BulLight 2014*». Велинов К. 36

**О выставке** «*Interlight Moscow powered by Light + Building 2014*» 5

**О конференции** МКО в Малайзии. Коробко А.А., Столяревская Р.И. 77

**Приглашаем** новых партнёров журнала 51

**Приложение № 1** к журналу «Светотехника» 70

**Приходите** на читательскую конференцию 19

***«ENES 2014»*** – Третий международный форум по энергоэффективности и энергосбережению 6

***КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ***

**Статьи** из журнала «Светотехника» по проблеме воздействия света на организм человека (2006–2014 гг.) 78

**Подписывайтесь** на журнал «Светотехника» 27

***ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ***

**Крупнейшее** российское объединение на светотехническом рынке (компания *BL Group*) 3 с. обл.

**Лидер** российского светотехнического рынка (компания *BL Group*) 2 с. обл.

**8-й Международный** *LED FORUM* 7

**Поставка** с собственного склада. Комплекты для построения светильников. Инженерные расчёты. Системы управления освещением. Распродажа остатков (компания *Rainbow Electronics*) 52

**Проектор** для торговых помещений «*Space Player*» (компания *Vossloh-Schwabe*) 59

**Сетевые** устройства управления «*Light Controller IP/DALI*» (компания *Vossloh-Schwabe*) 4 с. обл.

**Экономика** света (компания «АтомСвет») 45

***Interlight Moscow*** *powered by Light + Building 2014* 4

# interlight
MOSCOW

powered by light+building

**Международная выставка**

## 11–14 ноября 2014

**ЦВК «Экспоцентр», Москва**

> Декоративное и техническое освещение
> Электротехника
> Автоматизация зданий

www.interlight.messefrankfurt.ru

INTERLIGHT

messe frankfurt

# О выставке «*Interlight Moscow powered by Light + Building 2014*»

*«Interlight Moscow powered by Light+Building»* – единственная выставка в России и странах СНГ, демонстрирующая полный спектр тем по **освещению, электротехнике и системам автоматизации зданий**, представляет комплексные решения на пути к безопасности, комфорту и энергоэффективности. Продуктовые группы выставки насчитывают более 8 направлений: техническое освещение, декоративное освещение, электрические лампы, светодиоды, автоматизация зданий, электротехника, сервис, **NEW!** праздничное освещение.

11–14 ноября «*Interlight Moscow powered by Light + Building*» отпразднует свой двадцатый юбилей. Напомним, что в 1995 г. выставка впервые предоставила возможность зарубежным и молодым российским компаниям презентовать свою продукцию. Экспозиция выставки составила 2000 м$^2$.

В течение последующих 19 лет выставка развивалась, привлекая к участию лидирующие компании со всего мира. Мероприятие «*Interlight Moscow*» стало главным событием для компаний-дистрибьюторов, специалистов розничных продаж, инженеров и инсталляторов, архитекторов и дизайнеров (рис. 1–3).

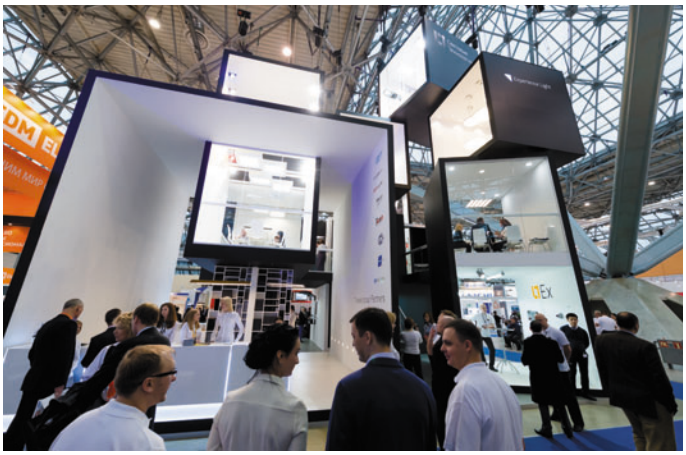


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

На данный момент выставку «*Interlight Moscow*» поддержали крупные международные и российские ассоциации и учреждения: ТПП РФ, МИНПРОМТОРГ, ОАО «Роснано», ИЦ «Сколково», ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», НП ПСС, АЕВ, СТА, *KNX* Россия, *KNX International*, Союз московских архитекторов, Союз дизайнеров России, МГСУ, *EnOcean Alliance*, *CABA*, *LonMark RUS*, Ассоциация *BIG-RU*, ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг». **Впервые в 2014 г.** выставка «*Interlight Moscow powered by Light+Building*» удостоилась поддержки со стороны *LonMark International*, *KOTRA* (Торговый отдел посольства Республики Корея) и *IALD* (Международная ассоциация светодизайнеров).

В связи с интересом посетителей и экспонентов к новым направлениям в этом году выставка «*Interlight Moscow*» расширяет экспозицию двумя новыми павильонами: «Электротехника и электроустановочное оборудование» и «Праздничное освещение». Ознакомиться с новинками электротехнической отрасли вы можете в павильоне 2, зал 2, а осмотреть экспозицию «Праздничное ос-

Рис. 5

Рис. 6

вещение» и посетить конкурс новогодних витрин можно в павильоне 8, зал 1.

В 2014 г. выставка будет интересна большим количеством научных и деловых мероприятий, которые посещают специалисты индустрии светотехники, электротехники и автоматизации зданий. Деловую программу традиционно составят «*LED Forum*» (рис. 4 и 5), форум «Автоматизация зданий и энергоэффективность», круглые столы, открытые дискуссии и мастер-классы на конференц-площадке «*AGORA*», конкурс «Российский светодизайн-2014».

Впервые в рамках выставки состоятся: 1) **интернет-форум «Электротехника и светотехника в интернет-торговле: из офлайна в онлайн»**, на котором будут рассмотрены темы: интернет-торговля, её объёмы и динамика в мире и в России, «как работать с интернет-магазинами»: практические кейсы по продажам светотехнических и электротехнических товаров; 2) **форум «Светотехника: нормы, стандарты, измерительное оборудование»**, на котором будут рассмотрены светотехнические стандарты и аккредитация лабораторий в РФ; 3) **читательская конференция журнала «Светотехника»**.

**Подробная информация о деловой программе** – на сайте www.interlight-moscow.ru.

Открыта онлайн регистрация на выставку, получить электронный билет можно по ссылке reg.messefrankfurt.ru, либо используя *QR*-код (рис. 6).

Благодаря большой экспозиции и обширной деловой программе выставка «*Interlight Moscow powered by Light+Building*» является ведущим профессиональным событием в России и СНГ.

# «*ENES 2014*» – Третий международный форум по энергоэффективности и энергосбережению

Мероприятие пройдёт на территории Гостиного двора с 20 по 22 ноября 2014 года, соберёт более 7000 человек и более 100 российских и зарубежных компаний.

Ключевым событием прошлогоднего международного форума по энергоэффективности и энергосбережению «*ENES 2013*» стало участие в его деловой программе Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева.

В работе деловой программы форума участвовали руководители правительственных и бизнес-структур, главы регионов, представители федеральных органов власти, были представлены 55 регионов России и 107 компаний, из которых 12 зарубежных.

Форум «*ENES 2014*» – это не только главное событие в сфере энергоэффективности, проводимое Министерством энергетики Российской Федерации и Правительством Москвы, но и профессиональная бизнес-площадка, где одновременно собираются представители энергетических компаний и государственной власти. Участники получают возможность обсудить механизмы реализации государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики», наметить пути снижения энергоёмкости различных отраслей промышленности и познакомиться с опытом передовых стран в области энергосбережения. Форум призван популяризовать политику энергосбережения на международном, федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

Основная тема форума – «Энергоэффективность и Энергосбережение в отраслях: ЖКХ, ТЭК, Сельское хозяйство, Промышленность, Транспорт».

На мероприятии будут представлены ключевые разработки и инновационные решения для энергетической отрасли. Иностранные делегации представят наработки и поделятся передовым опытом в области энергосбережения. Планируется участие делегаций Германии, США, КНР, Республики Корея, Франции и других государств.

***Организаторы форума:*** *Министерство энергетики РФ, Правительство Москвы.*

# interlight
MOSCOW

powered by light + building

В рамках международной выставки декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий

LED FORUM

## 8-й Международный LED FORUM

**12 ноября 2014**
ЦВК «Экспоцентр», Москва

www.ledforum.messefrankfurt.ru

**Премиальный партнер:**
OSRAM Opto Semiconductors

**Партнер сессии «Бизнес»:**
RAINBOW ELECTRONICS

**При поддержке:**
РОСНАНО Открытое акционерное общество

INTERLIGHT

messe frankfurt

## Лауреатами Нобелевской премии по физике стали учёные из Японии

Лауреатами Нобелевской премии в области физики в 2014 году стали японские учёные Исаму Акасаки, Хироси Амано и Судзи Накамура. Об этом объявил Нобелевский комитет при Каролинском институте Стокгольма.

Премия присуждена за создание «голубых светодиодов, которые позволили создать яркие и энергосберегающие источники белого света». Церемония награждения пройдёт по традиции 10 декабря в день кончины основателя Нобелевских премий – шведского предпринимателя и изобретателя Альфреда Нобеля.

Лауреатам премии вручат диплом и золотую медаль. Её денежная часть составляет в этом году 8 млн. шведских крон (около $1,1 млн.).

http://izvestia.ru/news
07.10.2014

## Новости от *BL Group*

• В начале сентября 2014 г. холдинг *BL Group* завершил работы по освещению гоночной трассы «Формулы-1» в Сочи. Для специалистов холдинга этот проект стал ещё одним значимым в столице зимних Олимпийских игр 2014.

В рамках проекта были установлены мачты освещения МГФ20–М ТМ *OPORA ENGINEERING*. Мачты такого типа обладают целым рядом конструктивных преимуществ, включая одно из важнейших, – жёсткая фиксация короны в верхней точке с помощью металлических фиксаторов. Это гарантирует безопасность и посетителям, и обслуживающему персоналу данного объекта. Ещё одно важное преимущество – удобство в обслуживании: рама с оборудованием опускается на удобную для обслуживания высоту в 1,5–2 м.

Высота мачт доходит до 20 м, и на каждой из них установлено до 8 прожекторов. Электрооборудование данных мачт позволяет реализовывать до 3-х независимых режимов работы осветительного оборудования.

Гоночная трасса располагается вокруг Олимпийского парка и построена специально для проведения первого в истории российского этапа «Формулы-1», Гран-при которого пройдёт с 10 по 12 октября 2014 года.

• Компания «БЛ ТРЕЙД», входящая в холдинг *BL Group*, осуществила установку мачт с мобильной короной ТМ *OPORA ENGINEERING* на аэродроме «Витязево» под Анапой.

В целом это позволит значительно улучшить качество обслуживания современных самолётов.

• Одна из последних разработок холдинга – светильник *GALAD* «Циклоп *LED*». Его важное отличие, прежде всего, – цена, которая соразмерна стоимости обычного светильника с традиционным источником света. Помимо

ценового преимущества, светильник обладает небольшой массой, компактностью и необычным дизайном. Специальная продуваемая конструкция корпуса с алюминиевым радиатором внутри обеспечивает естественную конвекцию воздуха, тем самым охлаждая рабочую зону светильника. В качестве источника света применяется светодиодный модуль, выполненный по технологии «*chip-on-board*». Для формирования оптимального светораспределения применяется специальная линза из закалённого силикатного стекла, стойкого к царапинам и помутнению.

Ещё одно неоспоримое преимущество светильника – степень защиты *IP67*, обеспечивающая его устойчивость даже к поливу водой из шланга.

• Энергоэффективность, надёжность и гарантия, комфорт! Всё это вместе характеризует новый светильник *GALAD* «ДВО01– эконом», для освещения помещений.

Светильник выполнен на основе светодиодов *Nichia* по инновационной технологии «*ChamP-N*», что позволяет добиваться световой отдачи светильника до 95 лм/Вт. Но главное его преимущество – цена: он специально создан для тех, кому важны высокое качество при низкой стоимости.

По сообщению департамента внешних коммуникаций
и связей с общественностью УК «БЛ ГРУПП»
06.10.2014

## *GE Lighting* выпустила потолочные светильники нового поколения со светодиодами

Компания *GE Lighting* представила светильники «*Evolve LED Canopy ECBA Light*», которые имеют новую конфигурацию, обеспечивающую не создающее блёскость равномерное светораспределение. Световые потоки светильников – 4000, 8000 и 13500 лм и коррелированные цветовые температуры – 4000 и 5000 К, и они предназначены для использования на таких объектах, как предназначенные для автомобилистов окошки обслуживания банков, АЗС, рестораны, аптеки и придорожные кафе.

Поместив СД в глубине светильника и применив отражательную оптическую систему компании *GE*, удалось сделать свет не мозаичным. Скорее, он имеет оптимальное светораспределение, обеспечивающее равномерное освещение.

Фотографии этого светильника вряд ли способны дать представление о его реальной конструкции. Так как светильник накрыт «куполом», то светорассеивающие линзы расположены в самой нижней его части. Расположенные на периферии каналы, которые ясно виды на фотографии, предназначены для движения воздуха и терморегулирования. Они направлены под углом вверх от рассеивателя или от светоизлучающей поверхности. *GE* описывает источник света как заглублённый, однако это справедливо по отношению к рассеивателю, а не к окружающему источник корпусу.

На выставке «*LightFair International 2013*» компания *Cree* представила светильники «*CPY250*», в которых для уменьшения блёскости был применён рассеиватель. (В большинстве светильников для освещения дорог и парковок всё ещё выставляются напоказ установленные в них СД. Однако при малой высоте подвеса потолочных светильников проблема блёскости становится более актуальной, а равномерность освещения приобретает более важное значение.)

Конструкция в целом оптимизирована в части термических нагрузок, и это позволяет *GE* говорить о сроке службы в 60000 ч, соответствующем

5 %-ному спаду светового потока от начального (*L95*). Более того, конструкция содержит доступное углубление, позволяющее при необходимости производить техническое обслуживание ПРА. В качестве опции *GE* предлагает установку датчика присутствия и светорегулятора.

www.ledinside.com
07.08.2014

## На ВДНХ возвращаются уникальные исторические фонари

На ВДНХ устанавливают отреставрированные фонари, дизайн которых был разработан в середине прошлого столетия. Уникальные конструкции, каждая из которых весит около полутора тонн, прибыли в столицу на большегрузном транспорте из Тобольска, где мачты и тумбы литых фонарей мастера восстанавливали по оригинальным чертежам 1930-х годов.

Утраченные фонарные столбы отлиты из чугуна и алюминия, они полностью повторяют оригинальную конструкцию. Как отмечают представители тобольского завода, даже самые мелкие декоративные элементы воссозданы до миллиметра. Подобранная краска идеально повторяет тот цвет, что применялся в середине тридцатых годов, с одной лишь разницей, что современные технологии нанесения позволяют не обновлять покрытие в течение двух десятков лет. Раньше фонарные мачты приходилось перекрашивать почти ежегодно.

В ходе реставрации вместо «светящих трубок» в уникальные светильники были установлены современные энергоэффективные светодиодные ленты, и аллеи крупнейшего национального выставочного комплекса вновь заиграли разными цветами.

www.svetoprom.ru
15.08.2014

## Национальный светодиодный лидер ещё пять лет с опытным руководителем

Полномочия Алексея Мохнаткина, генерального директора компании «Светлана-Оптоэлектроника» – отечественного лидера в сфере разработок и производства светодиодной светотехники – продлены на 5 лет. Такое решение единогласно принял совет директоров компании 5 сентября 2014 г.

В ближайшую пятилетку «Светлана-Оптоэлектроника» под руководством А. Мохнаткина планирует выполнить масштабные проекты по интеллектуальному освещению светодиодами во всех сегментах экономики РФ, обеспечить потребности Северо-Западного региона и России в целом в рамках политики импортозамещения и выйти на международные рынки.

А. Мохнаткин широко известен в бизнес-кругах как опытный и в то же время прогрессивный руководитель. Он пришёл в ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» в 2009 г. на должность зам. директора, а в 2011 г. возглавил компанию. Под его руководством светотехнический холдинг значительно расширил объёмы производства, реализовал крупнейшие в стране проекты по внедрению освещения светодиодами, был отмечен общественными наградами (в т. ч. «Компания года», «Премия по качеству Санкт-Петербурга») и сейчас занимает стабильно лидирующее положение на рынке светодиодной светотехники.

В 2013 г. А. Мохнаткин был награждён премией «Эксперт года» в номинации «Промышленность». Является членом правления Некоммерческого партнёрства производителей светодиодов и систем на их основе (НП ПСС).

www.svetozone.ru
12.09.2014

## Компанией «Световые Технологии» реализован проект: ТРК «Красная Площадь»

«Красная Площадь» является одним из крупнейших на Юге России (в Краснодаре) торгово-развлекательным комплексом европейского формата. На площади 175000 м$^2$ расположено около 500 магазинов одежды, косметики, обуви, детских товаров, мебели и т. п.

В задачу проекта входила поставка светильников собственного производства для торгового освещения под потолок «*Griliato*».

В результате были поставлены светильники типов *OTR/R 236, RING 136* и *OPL/R* торговой марки «Световые Технологии».

www.svetozone.ru
21.08.2014

## Система «*CoeLux*» имитирует солнечный свет в помещениях без окон

Итальянский дизайнер, профессор Паоло Ди Трапани из университета Инсабрии разработал уникальную световую систему «*CoeLux*», которая выглядит как обычный световой люк.

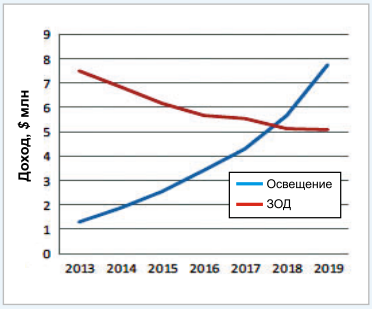
Люди, которые проживают в северных районах, часто подвергаются сезонному аффективному расстройству (САР). И одним из лучших способов избавления от такого состояния является световая терапия, которая включает освещение комнат лампами дневного света. Разработка Паоло Ди Трапани очень хорошо для этого подходит.

На работу над устройством эмуляции (имитации) солнечного света профессор потратил более 10 лет. Полученная концепция устройства предназначена для воссоздания реалистичного «солнечного света» в закрытых пространствах – в комнатах без окон, в метро или музеях. Устройство имеет небольшую толщину и может встраиваться в любой подвесной потолок.

Разработка системы велась благодаря финансовой поддержке Евросоюза, и впервые она была представлена в Венеции (Италия) на выставке «*Biennale Architettura*» в марте 2014 г.

www.lightrussia.ru
16.08.2014

## Исследование рынка светодиодных модулей




Агентство *Strategies Unlimited* опубликовала своё первое исследование рынка светодиодных модулей (СДМ), используемых для заднего освещения в дисплеях (ЗОД) и для освещения светодиодами вообще. Отчёт «Мировой рынок СДМ» уже есть в наличии. В нём отмечается, что до конца этого десятилетия общее освещение будет не-

прерывно растущим рынком для СДМ, но в настоящее время СДМ больше используются для ЗОД.

Новый отчёт определяет СДМ как не содержащие ЭПРА изделия с многочисленными корпусированными СД, смонтированными на печатной плате. Если бы эти изделия включали в себя ПРА, то исследователи классифицировали бы их как генераторы света (в соответствии с определением, данным *Zhaga*). Охваченные этим отчётом СДМ могут иметь установленные на них оптические или терморегулирующие элементы. Однако отчёт рассматривает только те СДМ, которые были проданы их первоначальными производителями производителям осветительного оборудования, а не СДМ, изготовленные самими производителями осветительного оборудования.

Общее освещение до конца этого десятилетия будет всё сильнее смещаться в сторону использования СДМ. Очевидно, что они позволяют светотехническим компаниям быстрее выпускать на рынок новые изделия.

Несмотря на то, что по части доходов общее освещение обогнало ЗОД как крупнейший потребитель корпусированных СД, освещение не станет основным рынком для СДМ вплоть до 2018 г. Тем не менее сегодня общее освещение представляет собой значительный рынок, доход которого, согласно отчёту, в 2013 г. составил $1,3 млрд. По прогнозам *Strategies Unlimited*, эта цифра будет расти со скоростью 32,8 % в год и к 2019 г. достигнет $ 7,8 млрд.

В случае внутреннего освещения наибольшие возможности связаны со встроенными световыми полосами (трофферами), а в случае наружного освещения – с уличными светильниками. Частично рост использования СД в этих областях применения просто повторяет растущий спрос на освещение светодиодами, обусловленный большим количеством трофферов с люминесцентными лампами и тем обстоятельством, что во всём мире модернизируется уличное освещение.

Некоторые области применения будут закрыты из-за применимости СД, и лампы прямой замены (не считая трубчатых) не станут большим рынком для СД. С другой стороны, светильники направленного вниз света (НВС) созрели для СДМ, хотя оцениваемый в 6 % годовой рост на ближайшие пять лет не выглядит очень уж впечатляющим (такой рост обусловлен уже свершившимся использованием СДМ в светильниках НВС).

www.ledsmagazine.com
05.08.2014

## PHILIPS Инновационное освещение *Philips* поддержит продажи нового «Детского мира»

Компанией *Philips* реализован проект освещения флагманского гипермаркета сети «Детский мир», Москва. Магазин на ул. Воздвиженка, 10, полностью оборудован наиболее современными светодиодными решениями, которые обеспечивают комфортный белый свет, а также позволяют менять цветовое оформление пространства, акцентировать внимание посетителей на определённых товарах и обеспечивать удобную навигацию. Новый двухэтажный гипермаркет стал четвёртым проектом в истории сотрудничества *Philips* и торгов ой сети «Детский мир».

В торговых залах, над исторической лестницей б. «Военторга» и в технических помещениях использованы только экологичные светодиодные решения *Philips*, которые к тому же снижают энергопотребление освещения более чем на 40 %. Благодаря новому формату прогулка по магазину в поисках новой любимой игрушки или любых других товаров стала ещё приятнее.

«Световое оформление отвечает самым строгим стандартам качества и экологичности, что особенно важно в детском магазине. При этом освещение органично вписывается в новую концепцию торговой сети «Детский мир», – говорит Марина Тыщенко, вице-президент и глава *Philips* «Световые решения» в России и СНГ. – Я рада, что представители ритейл-бизнеса все большее значение придают качественному освещению, которое может быть эффективным конкурентным преимуществом».

Бюджет проекта на основе светодиодов близок по стоимости к проекту на базе традиционных источников света. Использованные светильники со светодиодами не только энергоэффективны и экологичны, но и удобны в эксплуатации и обслуживании. Они отличаются высоким качеством белого света, высокой световой отдачей и отличным дизайном. В проекте задействованы как решения для акцентного освещения, подчёркивающие наиболее интересные товары и предложения, серия «*EcoStyle Projectors*», так и светильники для функционального освещения, насыщающие магазин естественным светом – серии «*SmartBay LED*», «*GreenSpace Power*», «*GreenPerform Battens*» и «*CoreView Panel*».

www.philips.ru/newscenter
15.09.2014

## Китайские производители наступают на пятки компании *Nichia* на рынке светодиодных сборок

| Место | Компания |
|---|---|
| 1 | Nichia |
| 2 | Everlight |
| 3 | Cree |
| 4 | MLS Lighting |
| 5 | Philips Lumileds |
| 6 | Seoul Semi |
| 7 | Nationstar |
| 8 | Samsung LED |
| 9 | Jufei |
| 10 | Refond |

Source: LEDinside

Согласно отчёту «*China's LED Package Industry Market Report 2014*», опубликованному в 2014 г. компанией *LEDinside* (подразделение международной организации по исследованию рынка *TrendForce*), быстрое расширение светодиодного рынка привело к выходу мировых производителей на китайский рынок светодиодных сборок (СДС). В 2013 г. объём китайского рынка СДС вырос по сравнению с предыдущим годом на 20 % и составил $ 7,2 млрд. 10 ведущих в этой отрасли производителей в совокупности охватывали 43,6 % рынка. Японский производитель светодиодов (СД) *Nichia* уверенно занимал первое место на китайском рынке, а китайский *MLS Lighting* продемонстрировал наиболее быстрое развитие, выйдя на четвёртое место и увеличив свою выручку по сравнению с 2012 г. почти на 70 %.

Китайский рынок СДС можно разбить на три основные категории – международные, тайваньские и китайские. Под давлением конкуренции со стороны международных и местных китайских производителей доля рынка, занимаемого тайваньскими производителями, постепенно уменьшается. В результате, китайский рынок СДС, в основном, превратился в место соревнования между международными и местными китайскими производителями. Международные производители смогут поддерживать высокие темпы роста на китайском рынке благодаря своим патентным и технологическим достижениям, однако в конечном итоге победу, скорее всего, одержат китайские производители.

Основные действующие в КНР международные производители включают в себя такие компании, как *Nichia*, *Cree* и *Philips Lumileds*, являющиеся мировыми лидерами в области патентования и технологии СД. Изделия с СД, изготовляемые ими в КНР, в основном идут в Европу и Северную Америку, где действуют строгие стандарты и патентное право. С этой точки зрения международные поставщики СД более конкурентоспособны. Как и на рынках Европы и США, присутствие международных производителей на китайском рынке растёт экспоненциально. В 2013 г. доход международных производителей на китайском рынке СДС увеличился на 40 % и составил $ 2 млрд., причём в случае *Nichia* и *Seoul Semiconductor* годовая выручка возросла более чем на 80 %.

Даже несмотря на то, что китайская промышленность СД стартовала значительно позже остальных региональных рынков и что местные производители всё ещё отстают от международных игроков в части технологии и патентов, китайские производители обладают преимуществами в виде местных каналов поставок и производств. Сильная государственная поддержка придала толчок росту китайского производства СД-кристаллов, что

подстегнуло развитие промышленности СДС. Более того, растущий рынок освещения светодиодами также предоставил новые возможности для китайской сборочной промышленности. К тому же, быстро развиваются такие китайские производители СДС, как *MLS Lighting, Refond Optoeletronics, Jufei Optoelectronics* и др. Рыночная стоимость китайских производителей СДС в 2013 г. возросла на 15 % по сравнению с предыдущим годом и составила $ 4,5 млрд.

Что касается тайваньского лагеря, то основные игроки – компании *Everlight, Lextar, Unity Opto* и др., которые завоевали хорошие позиции на китайском рынке на ранней стадии развития этой отрасли промышленности. Однако взлёт международных и местных китайских производителей привёл к тому, что доходы тайваньских производителей в 2013 г. снизились на 1 % по сравнению с предыдущим годом и составили $640 млн. Эти производители, включая *Everlight* и *Lextar*, всё же продемонстрировали прекрасные результаты. В настоящее время они приспосабливают свою производственную стратегию к потребностям китайского рынка, чтобы обеспечить себе передовые позиции на китайском рынке СДС.

www.ledinside.com
11.08.2014

## В добрый путь!

В апреле 2014 г. российской компанией «ЛЕДРУ Интернешнл» (ЗАО) и компанией «Эпистар» (Тайвань) учреждено совместное предприятие «ЭС-ЛЕДРУ» (ООО) с уставным капиталом 8 млн. руб. и предметом основной деятельности «создание на территории России предприятий по сборке светодиодов, светодиодных модулей и производству светодиодных кристаллов».

На фото, во время учредительной церемонии, (слева-направо): ген. директор ЗАО «ЛЕДРУ Интернешнл» В.Э. Маслов, председатель совета директоров компании «Эпистар» Ли Бинь-Джай (*Lee Biing-Jye*) и председатель совета директоров ЗАО «ЛЕДРУ Интернешнл» О.И. Лобов.

Пресс-релиз
12.09.2014

## *Seoul Semiconductor* поднялась до 4 места в списке мировых производителей светодиодов

Компания *Seoul Semiconductor Co., Ltd* (Республика Корея, генеральный директор *Chung-Hoon Lee*) продолжает укреплять свои позиции на рынке производителей светодиодов (СД). По результатам исследования маркетинговой исследовательской компании *IHS Technology* (США), этому способствует сильная патентная политика компании, а также постоянные инвестиции в НИР в области производства СД, в том числе СД популярной серии «*Acrich*», работающих непосредственно от сети переменного тока.

По версии *IHS Technology*, по результатам продаж СД в 2013 г., *Seoul Semiconductor* поднялась на 4 место в списке мировых производителей СД. По сравнению с 2012 г. компания поднялась на одну позицию.

Основным фактором, позволяющим компании постоянно показывать активный рост, является обширная патентная палитра, насчитывающая более 11 тыс. патентов. Ежегодно компания инвестирует более 10 % своего оборота в новые разработки и исследования. По результатам 2012–2013 гг. компания так и вовсе – единственный производитель СД, вошедший в десятку мировых производителей полупроводниковых компонентов (по версии Института инженеров по электротехнике и электронике, *IEEE*), уделяющий внимание патентным вопросам.

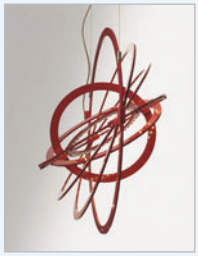
На протяжении всей своей более чем 20-летней истории компания постоянно совершенствует выпускаемую продукцию. Так, разработанная в 2006 г. технология подключения СД непосредственно от сети переменного тока, «*Acrich*», стала поистине революционным решением, позволив избавиться от традиционной концепции светодиодного *AC-DC* ПРА. Следующим заметным шагом была разработка технологии «*nPola*», обеспечивающая 10-кратное повышение светового потока по сравнению с традиционными СД. Наконец, в июле 2014 г. было анонсировано усовершенствование, «*Acrich3*», технологии «*Acrich*» для задач интеллектуального освещения.

*Chung-Hoon Lee* отметил, что «Благодаря тому, что *Seoul Semiconductor* не выпускает законченные светотехнические устройства или лампы, а фокусируется исключительно на СД, абсолютно любой клиент светотехнического рынка – потенциальный клиент нашей компании».

www.svetozone.ru
27.08.2014

## Специальный приз жюри конкурса «*COMPASSO D'ORO 2014*» – светильнику «*COPERNICO*»

Жюри конкурса «*COMPASSO D'ORO 2014*» на торжественном вручении основной премии «Золотой циркуль» (коллекция светильников «*IN-EI ISSEY MIYAKE COLLECTION*») присудило специальный приз дизайнерам *Carlotta de Bevilacqua* и *Paolo Dell'Elce* за инновационную модель подвесного интерьерного светильника «*Copernico*». (Название светильнику дано в честь Николая Коперника (1473–1543) – создателя модели гелиоцентрической системы мира.)

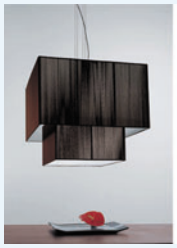


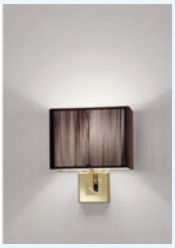
Светильник представляет собой пространственную структуру из 9 концентрических эллипсов («орбит»), отштампованных из одной алюминиевой панели.

Всего на эллипсах закреплено 384 белых светодиода. Специальные шарнирные узлы позволяют варьировать положение в пространстве восьми эллипсов. Изменение их взаимной ориентации меняет распределение светового излучения светодиодов и характер световой среды в интерьере. Конструкция светильника позволяет трансформировать его в плоский объект (для удобства транспортировки).

www.k-to.ru
27.08.2014

## Фирма *Axo Light s.r.l.* (Италия): 10-летие коллекции интерьерных светильников





Серия «*Clavius*» включает в себя подвесные, потолочные, настенные, настольные и напольные светильники. Коллекция является своеобразным «бестселлером» и «визитной карточкой» фирмы, светильники пользуются большим успехом на рынке и применены архитекторами по интерьеру в большом числе проектов.

Авторы относят своё детище к эксклюзивным продуктам класса «*LUX*». Изящество и элегантность светильникам придают воздушно лёгкие «абажуры». Они изготовляются вручную: тонкая шёлковая нить натягивается и закрепляется на остове – тонкой металлической рамке.

В первых моделях светильников использовались ГЛН и обычные ЛН, а также КЛЛ.

В год 10-летнего «юбилея» в коллекцию включены новые исполнения с регулируемыми светодиодными модулями. Расширена также и цветовая гамма «абажуров» – наряду с тёмными оттенками, использованы пастель-

ные и светло-песочные тона окраски нити. В ряде моделей применено золочение видимых металлических деталей.

Название коллекции этих элегантных светильников Лоренцо Труант (арт-директор фирмы) и Мануэль Вивьян (дизайнер) заимствовали из научно-фантастического фильма «2001: Космическая Одиссея», реж. Стэнли Кубрик, 1968.

В фильме именем «*Clavius*» назван загадочный «персонаж» – то появляющийся, то исчезающий кратер на поверхности Луны.

www.k-to.ru
20.08.2014

## Компания «АтомСвет» получила сертификат Таможенного союза на светильники «*Utility*»

ООО «АтомСвет» продолжает работу по сертификации и лицензированию деятельности и продукции. В августе компания получила сертификат соответствия на светильники со светодиодами «*Utility*».

Наличие нового сертификата соответствия позволяет продавать и использовать светильники на территории стран-участниц Таможенного союза – Беларуси, Казахстана и России. Документ подтверждает, что светильники от «АтомСвет» и их производство соответствуют требованиям технических регламентов «О безопасности низковольтного оборудования» и «Электромагнитная совместимость технических средств». «*Utility*» предназначены для освещения вспомогательных производственных помещений и объектов ЖКХ в условиях повышенной запылённости и влажности.

Отличительные черты «*Utility*» – экономичность, надёжность, длительный срок службы. Светильники созданы с учётом всех государственных требований, стандартов и нормативов и могут использоваться при организации систем освещения подъездов, переходов, лестничных площадок, технических и бытовых помещений, подвалов, а также для наружного освещения объектов ЖКХ. Модернизация внутриподъездного освещения с использованием «*Utility*» многократно снижает затраты электроэнергии на освещение мест общего пользования.

Корпус светильников изготовлен из алюминия способом литья под давлением, а также имеет защитное металлопорошковое покрытие. Защитная линза выполнена из ударопрочного поликарбоната химического концерна *Bayer*, и имеет необходимую степень матирования. В светильниках имеется также встроенный корректор мощности.

www.atomsvet.ru
15.08.2014

## Отечественные светодиодные лампы появятся в центрах приёма платежей «ПЕТРОЭЛЕКТРОСБЫТ» во всех районах Санкт-Петербурга

21 августа 2014 г. стартовала продажа светодиодных ламп (СДЛ) компании «Светлана-Оптоэлектроника» в 12 центрах приёма платежей «Петроэлектросбыт». Теперь энергосберегающие СДЛ можно купить в каждом районе города.

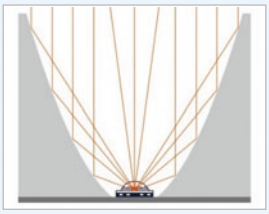
Пилотный проект по продаже отечественных СДЛ стартовал в январе 2014 г. Тогда в некоторых отделениях «Петроэлектросбыта» появились демонстрационные стенды, наглядно показывающие достоинства СДЛ ламп «*SvetaLED*» и «*iRLED*» разной мощности.

Генеральный директор ЗАО «Петроэлектросбыт» Е. Горшкова отметила: «Проект носит в первую очередь просветительский характер – ведь многие горожане, особенно люди старшего возраста, не знают о существовании современных отечественных энергосберегающих технологий. Мы планируем развивать тему внедрения энергосберегающих технологий и надеемся, что в перспективе российские СДЛ появятся в каждом отделении «Петроэлектросбыта».

Генеральный директор ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» Алексей Мохнаткин заявил: «Замена всех традиционных ламп в квартире или доме на СДЛ может сократить расход электроэнергии на освещение до 89 %, поэтому выбор энергоэффективных СДЛ – более чем оправданное решение. Они потребляют до 10 раз меньше электроэнергии, чем обычные лампы накаливания…».

www.led-e.ru
05.09.2014

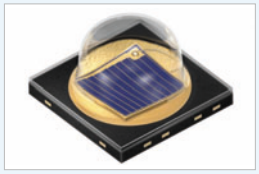
## *Osram* представила ИК диод с углом излучения 150 °



Компания *Osram Opto Semiconductors* запускает в производство *SFH 4726 S* – мощный ИК диод (ИКД) серии «*Oslon Black*» с широким углом излучения: 150 °.

Будучи сопряжён с отражательной оптической системой, ИКД предварительно формирует пучок света, концентрирует его и затем может эффективно фокусировать его дополнительной оптической системой. В результате возможно применение оптической системы повышенной компактности, позволяющей реализовывать более компактные светотехнические изделия. Это предоставляет большую свободу при выборе конструкции ИК осветительных приборов. Другое достоинство нового ИКД – большой поток излучения: 990 мВт при токе 1 А.

Как и родственный ему ИКД *SFH 4725 S*, новая модель серии «*Oslon Black*» излучает на длине волны 940 нм. Это длинноволновое излучение еле видно глазом человека, и потому такие ИКД подходят для систем скрытого наблюдения, например, в главных залах банков или на госграницах.



С запуском *SFH 4726 S* потребители получают ещё одно изделие *Osram*, предназначенное для систем скрытого наблюдения. Другие области применения ИКД «*Oslon Black*» – автомобильные оптические системы безопасности и регистрация телодвижений в компьютерных играх.

Ранее, в начале августа, компания представила излучающий на волне 850 нм ИКД *SFH 4715 A* «*Oslon Black*» (показан на рисунке), с типичным электрооптическим КПД 48 %.

Представляя *SFH 4715 A*, представитель компании сказал: «Нам неизвестны никакие другие оптоэлектронные изделия, способные по своей оптической эффективности конкурировать с этим. Благодаря повышению потока излучения до 800 мВт (раньше было 630 мВт), новый ИКД *Osram* может освещать объекты, удалённые от него на расстояние более 100 м (оно зависит от области применения и внешней оптики). При этом генерируется больше излучения, что улучшает изображение».

www.compoundsemiconductors.net
15.08.2014

## Волков поставил перед АСТЗ задачу увеличить объёмы производства

Развитие Ардатовского светотехнического завода стало темой встречи Главы Мордовии Владимира Волкова с председателем Совета директоров предприятия Владимиром Кудашкиным.

Кудашкин проинформировал Главу республики, что завод работает стабильно, продолжается масштабное техническое переоснащение. За

последние два года на эти цели направлено около 200 млн. рублей. Благодаря этому удалось обеспечить стабильный рост объёмов производства. Ожидаемое увеличение в этом году – не менее 30 %. На сегодняшний день в ассортименте выпускаемой продукции – свыше двух тысяч наименований осветительных приборов, в том числе на основе светодиодов. Этот сегмент рынка постоянно растёт, поэтому светодиодное направление является для завода приоритетным.

В ходе беседы обсуждены перспективы дальнейшей работы Ардатовского светотехнического завода. Глава республики Владимир Волков поставил задачу расширения ассортимента выпускаемой продукции и дальнейшего увеличения объёмов производства.

www.lightrussia.ru
02.09.2014

## Компания *IKEA* вкладывает средства в компанию *Design LED Products*

Специализирующаяся на венчурных инвестициях компания *IKEA GreenTech*, входящая в состав группы компаний *IKEA Group*, вложила средства в шотландскую компанию *Design LED Products*, разрабатывающую «светящиеся изразцы» (*light tiles*) – светодиоды (СД), внедрённые в прозрачную смолу или плёнку. Они тонки, очень гибки, дёшевы и могут бесшовно соединяться друг с другом для формирования новых композиций.

«Эта технология предоставляет фантастические возможности для создания современных проектов на основе энергоэффективных СД. Это сотрудничество лежит в рамках стратегии компании *IKEA*, и наша цель состоит в том, чтобы сделать хорошие жизненные условия доступными и привлекательными для миллионов людей», – отметил исполнительный директор компании *IKEA GreenTech.*

*IKEA* планирует перевести на СД к сентябрю 2015 г. все свои светотехнические изделия. Это позволит компании *Design LED* расширить свой бизнес и увеличить ассортимент продукции, которая может использоваться для освещения жилых помещений.

Помимо *IKEA GreenTech*, дополнительные инвестиции произвели также и старые держатели акций компании *Design LED Products*, в том числе и госагентство *Scottish Enterprise*, действующее через своё инвестиционное подразделение *Scottish Investment Bank*. В этих инвестициях участвуют и несколько шотландских инвестиционных «бизнес-ангелов», в том числе *Strathtay Ventures*, *Tricap Ventures* и *Highland Ventures*.

*IKEA* сообщила, что эта инвестиция поддержит результативность её стратегии коллективного устойчивого развития, «*People & Planet Positive», одной из целей которой является экономия энергии и улучшение бытовых условий людей.*

www.lighting.co.uk
27.08.2014

## КНР отрицает планы повышения импортных пошлин на светодиоды

В последнее время в сети начали появляться слухи о том, что министерство торговли Китайской Народной Республики может поднять пошлины на импорт светодиодов с 4 до 10 %.

Если верить китайским газетам, эта мера направлена на развитие собственной светодиодной индустрии и защиту от монополизации международными производителями.

Средства массовой информации, располагающие источниками информации в полупроводниковой индустрии, полагают, что вероятность такого шага со стороны правительства КНР достаточно высока. В последнее время Китайская Народная Республика достаточно агрессивно развивает свою «домашнюю» высокотехнологичную индустрию и старается укреплять внутренние логистические связи, однако в результате могут пострадать внешние, что негативно отразится как на поставщиках с производителями, так и на конечных потребителях.

Тем не менее, само министерство торговли КНР эти слухи активно отрицает. В официальном заявлении указано, что повышение пошлин на светодиоды не просто не планируется – такие действия вообще не входят в круг обязанностей министерства. Законопроекты такого масштаба разрабатываются государственным советом КНР, а воплощаются в жизнь главной таможенной администрацией. На текущий момент китайские производители светодиодного освещения, мониторов и любых других устройств, использующих LED-технологии, могут не опасаться повышения пошлин. А покупателям, соответственно, не грозит существенное повышение цен на эти товары.

www.ledinside.com
27.08.2014

## Прожекторы *Thorn* для спортивных сооружений

Телетрансляция спортивных соревнований и наличие камеры почти в каждом мобильном устройстве требуют хорошего освещения. «*Slo-mo*» камеры часто снимают спортсменов крупным планом, что требует особенного освещения качественно нового уровня. Компания *Thorn* готова удовлетворить эти требования, предлагая широкий ассортимент интеллектуальных устройств освещения с инновационной оптикой, широким функционалом и технологией адаптивного управления. Опыт компании в области дизайна устройств освещения для спортивных объектов позволяет ей реализовывать наиболее конкурентоспособное и эффективное вещательное пространство в соответствии с актуальными требованиями СМИ.

Для международного спортивного телевещания высокой чёткости *Thorn Lighting* разработан новый прожектор «*Altis*» с разрядной лампой СВД. Он поставляется теперь с устройством предотвращения пульсации, совместимым с электронным ПРА. Запатентованная высокоэффективная оптика «*Altis*» отвечает всем требованиям спортивного телевещания и вещания в формате *HDTV* со сверхмедленной съёмкой. Уникальная оптика «*Altis*» используется совместно с запатентованным поворотным отражателем, состоящим из четырёх боковых лепестков, перегородки и заднего отражателя. Данная конструкция обеспечивает уникальные фотометрические характеристики, позволяющие достигать высоких уровней вертикальной освещённости.

«*Altis*» использует новейшие короткодуговые двуцокольные лампы, которые обеспечивают улучшенную световую отдачу, высокий индекс цветопередачи и цветовую температуру, необходимые для высококачественного вещания. Эффективное управление тепловым режимом и продуманная механическая конструкция гарантируют согласованную и стабильную работу прожектора долгое время. Элегантный и лёгкий дизайн «*Altis*» упрощает его интеграцию в новые и реконструированные сооружения. Кроме того, обеспечиваются возможность замены лампы без инструментов, задний доступ к ЭПРА и наличие нацеливающего устройства.

Специально для площадок, где важнейшее значение имеет ограничение слепящего света, *Thorn* разработан спортивный прожектор «*Champion*». Схемы освещения на основе «*Champion*» соответствуют актуальным техническим требованиям, а также снабжены лучшим в своём классе светорегулированием вне поля. Прибор предназначен для установки без наклона, что позволяет снизить уровни искусственного свечения неба, бликов и навязчивого света.

www.thornlighting.ru
15.08.2014

# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

*Е.И. ИЛЬИНА* [1], *Т.Н. ЧАСТУХИНА*

ООО «НИИОТ в г. Иваново», Иваново

**Аннотация**

Указаны основные проблемы, связанные с оценкой освещения рабочих мест и обеспечением нормативных требований к нему, а также пути решения этих проблем.

**Ключевые слова:** условия труда, аттестация рабочих мест, освещение, оценка условий освещения, проблемы, СП, ГОСТ, СанПиН.

С 1998 по 2013 г. включительно в РФ проводилась аттестация рабочих мест по условиям труда. В этой работе были задействованы более 850 аккредитованных испытательных лабораторий. В ходе аттестации оценивались на соответствие нормативным требованиям все факторы, имеющиеся на конкретных рабочих местах.

Гигиеническая оценка условий труда проводилась в соответствии с документом Р 2.2.2006–05 [1], по которому, исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделялись на 4 класса: оптимальные (класс 1), допустимые (класс 2), вредные (класс 3) и опасные (класс 4). Вредные условия труда в зависимости от уровня превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно подразделялись на 4 степени вредности: 3.1–3.4.

Согласно этому же документу, при оценке освещения контролировались коэффициент естественной освещённости, уровень искусственной освещённости, коэффициент пульсации освещённости, слепящее действие и, при необходимости, дополнительно, в соответствии с требованиями ведомственных нормативных документов и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [2], яркость и неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователей ПЭВМ.

Аттестация рабочих мест по условиям труда уже в начале её проведения высветила целый ряд проблем с освещением в РФ, о которых мы неоднократно писали [3–6]. Но больше всего удручало абсолютное непонимание важности данного факта, неграмотные проектирование, эксплуатация и контроль за осветительными установками (ОУ).

По мере проведения аттестации рабочих мест по условиям труда отношение к их освещению постепенно менялось. На специализированных семинарах по вопросам измерения и оценки освещения, проводимых на базе ООО «НИИ охраны труда в г. Иваново», за период с 1998 по 2013 г. прошли обучение более 1,5 тыс. специалистов, а на семинарах по оценкам всех факторов, характеризующих условия труда (где освещению уделялось значительное внимание), – более 11 тыс. Это позволило подготовить квалифицированные кадры, способные грамотно оценивать освещение по всем показателям. Для выполнения требуемых измерений (освещённости, коэффициента пульсации освещённости (КПО), яркости) лаборатории были укомплектованы всем необходимым оборудованием, и контроль за перечисленными выше показателями не представлял трудностей.

Результаты аттестации каждого рабочего места отражались в карте аттестации, составной частью которой были протоколы измерений. Согласно документу [7], карта подписывалась не только представителями работодателя, но и самим работником, что давало возможность последнему подробно изучить состояние условий труда на своём рабочем месте. Наконец-то и работодатели, и работники стали понимать, что кроме уровня освещённости есть такие показатели качества освещения, как пульсация освещённости, яркость, неравномерность её распределения, прямая и отражённая блёскости. По результатам проведённых обследований разрабатывался план мероприятий по улучшению условий труда и обеспечению нормативных требований, в том числе и к показателям световой среды.

За 15 лет проведения аттестации только испытательной лабораторией нашего института были проверены условия освещения более 100 тыс. рабочих мест в организациях самого разного профиля. Анализ материалов по оценке освещения рабочих мест показал, что наиболее распространённой причиной отнесения условий труда к вредным (класса 3.1) являлась пульсация освещённости на рабочих местах с ПЭВМ. Причём ОУ офисных помещений организаций в самых разных городах РФ (от Калининграда до Южно-Сахалинска и от Краснодара до Архангельска) поражали своей однотипностью: практически все они были выполнены с использованием зеркальных растровых 4-ламповых светильников с ЭмПРА, КПО для которых составлял, как правило, 40–50 % при норме в 5 %. Создавалось впечатление, что во всём мире производятся только такие светильники и никакие другие (а ЛЛ *Т5* вообще обошли РФ стороной).

Для обеспечения нормативных требований к пульсации освещённости на рабочих местах с ПЭВМ появилась необходимость переоборудования действующих ОУ с заменой ЭмПРА на ЭПРА. Такие работы начали проводиться, и встал резко вопрос о качестве ЭПРА [8]. Отдельные заводы-изготовители светильников стали предоставлять информацию об используемых в светильниках ПРА или о соответствующих КПО. «Глыба» недопонимания важности обеспечения нормативных требований к показателям световой среды на рабочих местах сдвинулась с места, что свидетельствовало об эффективности процедуры аттестации рабочих мест как в плане улучшения условий труда в части освещения, так и – развития отечественной светотехники.

Однако в 2014 г. ситуация резко изменилась: «аттестация» была признана неэффективной и заменена на «специальную оценку условий труда». Проект федерального закона об этой оценке обсуждался весь 2013 г. В связи с разработкой этого законопроекта, в частности, регламентирующего перечень факторов, подлежащих контролю на рабочих местах, о ситуации с освещением заговорили с высоких трибун. Высказывались мне-

[1] E-mail: niiotsvet@mail.ru

ния о том, что нормативные требования к показателям световой среды на рабочих местах избыточны и что перечень контролируемых показателей освещения необходимо сократить. Неоднократные обращения нашего института и редакции журнала «Светотехника» в самые разные инстанции о недопустимости принятия такого решения были проигнорированы. В результате с 1 января 2014 г. вступил в силу Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ [9], согласно которому для проведения специальной оценки условий труда исследованию (испытанию) и измерению среди прочих факторов подлежит искусственное освещение (освещённость) рабочей поверхности. По аналогии с ранее проводимой аттестацией, условия труда оцениваются классами, и, согласно ТК РФ [10], за вредные условия труда (в том числе и по освещению) работнику полагаются компенсации: за класс 3.1 – повышенный размер оплаты труда (не менее 4 % от тарифной ставки или должностного оклада), за класс 3.2 – повышенный размер оплаты труда и дополнительный отпуск – не менее 7 календарных дней.

В январе 2014 г. приказом Минтруда РФ [11] утверждена «Методика проведения специальной оценки условий труда» (далее – Методика), которая, несмотря на множество критических замечаний, после регистрации в Минюсте РФ в марте 2014 г. введена в действие. Этим же приказом был утверждён и «Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов» (далее – Классификатор). Справедливости ради надо отметить, что в Методику некоторые коррективы в части освещения (также вызывающие вопросы) были внесены. Согласно Методике, при проведении специальной оценки условий труда оценке и измерению на рабочих местах подлежат только те факторы и их показатели, которые указаны в Классификаторе (табл. 1).

*Таблица 1*

**Выдержка из Классификатора в части освещения**

| N п/п | Наименование вредного и (или) опасного фактора производственной среды и трудового процесса |
|---|---|
| 1 | Физические факторы |
| 1.4 | Световая среда |
| 1.4.1 | Освещённость на рабочей поверхности при искусственном освещении |
| 1.4.2 | Прямая блёскость * |
| 1.4.3 | Отражённая блёскость * |

* Идентифицируются как вредные и (или) опасные факторы только при выполнении прецизионных работ с величиной объектов различения менее 0,5 мм, при наличии слепящих источников света, при проведении работ с объектами различения и рабочими поверхностями, обладающими направленно-рассеянным и смешанным отражением.

*Таблица 2*

**Отнесение условий труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии световой среды**

| Наименование показателя | Класс (подкласс) условий труда | | |
|---|---|---|---|
| | допустимый | вредный | |
| | 2 | 3.1 | 3.2 |
| Искусственное освещение | | | |
| Освещённость на рабочей поверхности $E$, лк | $E_н$ * | 0,5 $E_н$ | < 0,5 $E_н$ |

* Нормативное значение освещённости на рабочей поверхности $E_н$ устанавливается в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [29] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585–10 [30].

В Классификаторе кроме освещённости к вредным производственным факторам отнесены прямая и отражённая блёскости. Однако, если обратить внимание на сноску, эти показатели можно рассматривать как вредные только при выполнении работ с объектом различения менее 0,5 мм. На каком основании создателями Методики принято это ограничение – непонятно. Следует отметить, что оценка степени вредности прямой и отражённой блескостей, как ни странно, Методикой не предусмотрена, и в таблицу оценки освещения включена лишь освещённость на рабочей поверхности (табл. 2). Хотелось бы считать это просто технической ошибкой разработчиков.

Таким образом, оценка освещения при специальной оценке условий труда, несмотря на действующие в РФ и за рубежом нормативные требования к показателям качества световой среды, свелась к оценке уровня освещённости. Принятые решения вступили в противоречие с гигиеническим нормированием, и критика документов по специальной оценке условий труда продолжается до сих пор. Однако, судя по всему, такой вариант вполне устраивает работодателей и вряд ли стоит ожидать коренных изменений в законодательстве. При этом авторы закона, возможно, из-за недостаточности знаний и информации, обманываются сами и обманывают других, говоря, что так принято во всём мире. И к тому же федеральным законом о специальной оценке [9] введена процедура декларирования соответствия условий труда нормативным требованиям на основании субъективного мнения эксперта без проведения измерений. Причём срок действия декларации – 5 лет, и если за этот период на рабочем месте не произошло несчастного случая и (или) профзаболевания, то срок действия декларации продлевается ещё на 5 лет. То есть целых 10 лет условия освещения на рабочем месте бесконтрольны. И такая ситуация не может не беспокоить.

К чему может вести такой подход к оценке освещения? Вряд ли к добру: ограничение контролируемых нормативных требований к освещению неизбежно ведёт к ухудшению состояния ОУ и, как следствие, к росту травматизма, снижению производительности труда, отрицательному воздействию на здоровье работников, превращению РФ в «свалку» некачественных, технически и морально устаревших светотехнических изделий, и отбросит страну на десятилетия назад.

Одним из аргументов противников оценки условий освещения в соответствии с гигиеническими нормативами служит ошибочное мнение об отсутствии научных данных о влиянии условий освещения на здоровье и производственные показатели работающих. Вместе с тем влияние света на жизнедеятельность человека столь очевидно, что не требует доказательств. К тому же исследования в области воздействия света на здоровье и работоспособность человека при работе и отдыхе весьма многочисленны как в отечественной научной деятельности, так и в зарубежной [12–14], и имеют многолетний стаж. Остановимся лишь на нескольких моментах, характеризующих роль света в жизни человека. –

Необходимо отметить, что практически всеми исследователями изучалось влияние уровня освещённости и, в обязательном порядке, качества освещения (прямой и отражённой блескостей, неравномерности распределения яркости, пульсации освещённости, спектрального состава излучения ламп и др.) на производственные показатели и здоровье работников. Причём нередко исследования по поиску оптимального для зрительной работоспособности уровня освещённости проводились во взаимосвязи с качеством освещения. Показателен эксперимент по отысканию оптимального уровня освещённости (с точки зрения производительности и качества работы), поставленный Ф.М. Черниловской и Э.Л. Котовой [15]. При этом не только исследовались показатели состояния зрительных функций, но и учитывалось функциональное состояние центральной нервной системы и общая работоспособность человека. Авторами установлено, что в экспериментах по изучению влияния количественной характеристики освещения (освещённости) неизбежно возникает связь с показателями качества освещения (в данном случае с неравномерностью распределения яркости в поле зрения работающего). В эксперименте было показано, что, если при благоприятном соотношении яркостей в поле зрения работающего ($L_{пер}/L_{раб}$=0,6, где $L_{пер}$ – яркость периферии, $L_{раб}$ – яркость рабочей поверхности) оптимальный уровень освещённости для разрешения предлагаемого типа зрительных задач составил 1350–1500 лк, то при неблагоприятном распределении яркостей ($L_{пер}/L_{раб}$=0,2) оптимум освещённости сместился к 2000–2300 лк.

Изучению влияния отдельных показателей качества освещения на жизнедеятельность человека также посвящены многочисленные работы исследователей разных стран. Большой опыт в этом направлении был накоплен во ВНИСИ, где параллельно с внимательным изучением зарубежного опыта квалифицированными наблюдателями проводились лабораторные исследования, результаты которых затем проверялись в условиях производства. При рассмотрении вопросов качества освещения приходится постоянно обращаться к его количественной стороне. Разными исследователями изучались такие показатели качества освещения, как слепящее действие источников света, отражённая блёскость, неравномерность распределения яркости в поле зрения, пульсация светового потока и динамичность (монотонность) освещения.

Интересный производственный эксперимент по влиянию динамичности освещения на работоспособность человека был проведён в 1980-х в Иванове на реконструированном тогда предприятии – Ивановской прядильной фабрике-автомате им. С.И. Балашова. Установки динамичного освещения, спроектированные ГПИ-6 Минлегпрома СССР по схемам, предложенным ВНИИ охраны труда ВЦСПС в г. Иваново, позволяли изменять интенсивность освещения в течение рабочего дня от 500 до 1200 лк. Благодаря рациональному освещению зрительное утомление работниц было уменьшено на 7–10%, производительность труда возросла на 1–1,5% [16].

Во многих исследованиях [17, 18] отмечен тот факт, что для работ малой точности и грубых количество и качество освещения также весьма важны, притом особо отмечается снижение травматизма при благоприятном освещении. При низких уровнях освещённости травма может возникать как из-за ухудшения видимости, так и – снижения внимания. Роль качества освещения в снижении травматизма здесь прослеживается во всех его аспектах: прямая блёскость может приводить к травме как из-за слепящего действия, так и в результате воздействия неравномерности распределения яркости в поле зрения; повышенные же пульсации освещённости при наличии движущихся и, особенно, вращающихся деталей могут быть опасны из-за возникновения стробоскопического эффекта.

Взаимосвязь освещения с работоспособностью и здоровьем человека продолжает волновать и сегодня, причём на первое место выходят факторы, влияющие на здоровье и самочувствие человека [19], и лишь опосредованно – на качество и производительность труда. Показано, что элементы сетчатки, обладающие свойствами фоторецепции, но не участвующие в формировании зрительного восприятия, передают энергию света в основном в незрительные отделы головного мозга, которые регулируют нейроэндокринную систему организма, определяют циркадные биоритмы жизнедеятельности, сбой которых приводит к серьёзным нарушениям здоровья, и влияют на общее ощущение бодрости, трудоспособности и жизнестойкости, определяющее психологическое состояние человека, – одно из основных составляющих понятия «здоровье».

Выполнение зрительной работы в условиях прямой блёскости источников света приводит к значительному зрительному утомлению. Зрительное утомление в условиях блёскости усиливается с повышением точности выполняемой зрительной работы. Чем дольше действует блёскость на орган

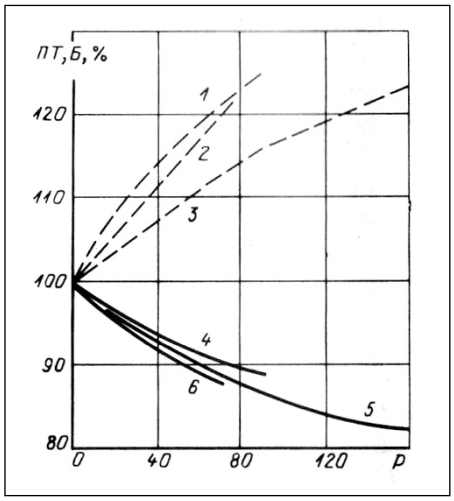



*Рисунок. Зависимость производительности труда (ПТ) и брака (Б) от показателя ослеплённости при работе с комплексной моделью: 1, 4 – I и II разряды зрительных работ по данным [20]; 2 и 6 – то же по данным ВНИСИ [21]; 3 и 5 – III и IV разряды по данным ВНИСИ;*
*---- – брак; — – производительность труда*

зрения, тем больше его утомление. Работа в условиях блёскости приводит к ухудшению производственных показателей – снижению производительности труда и увеличению брака (рисунок). Ослеплённость отрицательно сказывается на состоянии центральной нервной системы даже при неутомлённом органе зрения: снижает активность работы мозга.

В реальных условиях работы глаза обнаружение и различение объектов осуществляются, как правило, на фоне неравномерной яркости. Отрицательное воздействие неравномерности яркости на орган зрения объясняется индуктивным действием периферии поля зрения, имеющей яркость, отличную от яркости центра. Исследования показали, что при выполнении зрительных работ, связанных с переводом линии зрения, производительность снижается, если яркости фиксируемых поверхностей существенно разны. Кроме того, постоянная переадаптация сопровождается повышенным утомлением органа зрения [22, 23]. Именно это обстоятельство является одной из причин жалоб пользователей ПЭВМ на утомление, так как при освещённости, часто не превышающей 300 лк (яркость светлой клавиатуры составляет 60 кд/м$^2$, а наиболее употребительной чёрной – (1–10) кд/м$^2$), и яркости экрана 100–250 кд/м$^2$ неравномерность распределения яркости в поле зрения достигает уровней, намного превышающих допустимые отношения $L_{макс}/L_{мин}$=3–5 (для центрального поля зрения) и 10 (как соотношение яркостей центрального поля и периферии) [2].

Влияние пульсации освещённости на работоспособность и состояние здоровья человека при оценке условий освещения вызывает, пожалуй, наибольшие сомнения у потребителей, что очень естественно и объяснимо. Исторически на этот показатель внимание было обращено лишь тогда, когда появились разрядные источники света, причём первоначально отрицательное влияние пульсации освещённости связывали с её «видимым» проявлением – стробоскопическим эффектом – и лишь затем, по мере изучения, – с воздействием пульсаций на зрительную и общую работоспособность.

Многолетние исследования влияния пульсации освещённости на работоспособность человека, проведённые рядом исследователей (Ф.И. Черниловская, 1958 и 1968 гг.; И.М. Великсон, В.А. Ильянок, В.Г. Самсонова, Ц.И. Кроль, 1963 г.) показали, что пульсации светового потока приводят к ухудшению функционального состояния центральной нервной системы, связанному с нарушением взаимодействия между процессами возбуждения и торможения в сторону развития тормозных процессов и снижением лабильности нервных процессов; они оказывают неблагоприятное влияние непосредственно на нервные элементы коры головного мозга, которые вынуждены функционировать в несвойственном им ритме нервной активности, и на фоторецепторные элементы сетчатки, вызывая их демобилизацию, выключение вследствие перераздражения. Они ухудшают не только функциональное состояние зрительного анализатора, но и общую работоспособность человека. Так, в одном из экспериментов было показано, что в результате снижения пульсации освещённости с 55 до 5% утомление зрения снизилось вдвое, а производительность труда возросла на 30% [15].

В результате этих исследований появилась доказательная база необходимости нормирования этого показателя качества освещения, что и было сделано в июне 1971 г., когда Госстрой СССР утвердил главу II-А.9–71 СНиП [24], в которой впервые были изложены требования к ограничению пульсаций освещённости. Именно тогда появилась фраза «При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты (50 Гц), следует ограничивать глубину пульсации освещённости». Как оказалось впоследствии, пульсациями обладает и освещённость, создаваемая лампами накаливания, и даже самый современный световой прибор – светильник со светодиодами – при определённых условиях может создавать пульсации освещённости, иногда весьма значительные. Но фраза эта переходила из одного нормативного документа в другой и осталась без изменений и в СНиП 23–05–95* [25] (в разделе «Термины и определения»). И только в последних документах неточность устранена: СП [26] и ГОСТ [27] содержат вполне корректные определения.

Ещё один момент: в очередных СНиП [28], в п. 4.15, говорится «При питании газоразрядных ламп переменным током с частотой 400 Гц и выше выполнение требований табл. 12 [2] необязательно». Это замечание оставалось и в нормативной документации до 2011 г, когда был введён в действие СП 52.13330.2011. Следует пояснить, что замечание, вполне обоснованное научно, имело смысл при проектировании ОУ и теоретической оценке КПО при отсутствии приборов для измерения этого показателя. С появлением люсметров-пульсметров процесс измерения и оценки пульсации освещённости стал простым и доступным для рядовых инженеров по охране труда, и здесь обнаружилась необходимость такого измерения, так как оказалось, что декларируемое промышленниками-работодателями наличие мероприятий по ограничению пульсации освещённости не всегда означает их наличие и эффективность на практике. Причины такого несоответствия могут быть разными. Среди наиболее часто встречающихся отметим следующие:

– при использовании в светильниках с ЛЛ индуктивно-ёмкостного ЭмПРА при выходе из строя конденсатора он, чаще всего, заменяется дросселем, то есть ЭмПРА становится индуктивным;

– используются ЭПРА низкого качества, в характеристиках которых даже при указании на работу на частоте 20–50 кГц присутствуют гармоники низкой частоты;

– используются лампы, не предусмотренные проектными решениями (вместо ЛЛ «ЛБ» устанавливаются ЛЛ «ЛД» или «ЛДЦ»), что нередко приводит к превышению КПО как при использовании индуктивно-ёмкостных ЭмПРА, так и ЭПРА низкого качества;

– используются настольные светильники с КЛЛ и ЭмПРА;

– при использовании ламп «ДРЛ» и «ДНаТ» не предусматривается включение светильников в разные фазы сети.

Все эти недостатки легко обнаруживаются при инструментальном контроле за КПО, предлагаются мероприятия по их устранению, а ответственные и заинтересованные ра-

[2] Содержит допустимые значения коэффициента пульсации.

ботодатели, как правило, проводят технические мероприятия по устранению пульсации освещённости.

Однако именно этот показатель качества освещения у ряда работодателей вызывает наибольшее раздражение, так как нарушение требований к нему встречается наиболее часто, и, что обидно, на вновь монтируемых или реконструируемых ОУ. То есть, к примеру, директор завода с наилучшими намерениями устанавливает массу светильников, обеспечивая вполне соответствующие нормам уровни освещённости, и вдруг при очередной проверке условий освещения узнаёт, что ОУ не соответствует нормам по КОП, и, возможно, за это несоответствие работникам завода нужна та или иная компенсация. Реакция вполне естественна – отменить «неудобный» показатель, тем более что глазом он не фиксируется, а то, что массовые жалобы на утомление и ухудшение самочувствия при работе с ПЭВМ в ряде случаев обусловлены повышенной пульсацией освещённости, представляется недоказанным. Между тем исследования влияния пульсации освещённости, как было показано выше, весьма многочисленны и убедительны.

Следует отметить сложившуюся на сегодня крайне неблагоприятную ситуацию с нормированием освещения. То, что проблемы с нормами освещения существуют, мы писали ещё в 2011 г. [8]. На сегодня вопрос с нормированием освещения стоит особо остро. Методикой проведения специальной оценки условий труда предписано при оценке освещения пользоваться одним документом – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 (с изменениями и дополнением № 1) [29, 30]. Этот документ содержит нормы только для жилых и общественных зданий. И сегодня многие испытательные лаборатории, проводя специальную оценку условий труда, не следят за освещением рабочих мест на производстве, ссылаясь на то, что для токаря, слесаря, сварщика и т. д. якобы норм не существует. Действительно, формально для производственных помещений норм нет, так как СП 52.13330.2011, согласно положению [31], исключён из перечня соответствующих нормативно-правовых актов. Не решают проблему и введённые с 1 июля 2014 г. национальные стандарты по освещению рабочих мест внутри и вне зданий [27, 32], так как они носят рекомендательный характер. Прерогатива разработки гигиенических нормативов, обязательных к применению, принадлежит с недавних пор только Роспотребнадзору [33]. В начале 2014 г. Роспотребнадзор представил на рассмотрение проект СанПиН по физическим факторам, куда вошли требования к освещению производственных помещений. Этот документ требует серьёзной доработки, так как на сегодня он представляет собой таблицу, аналогичную таблице 1 из СП 52.13330.2011, на базе которой НИИ раньше разрабатывались отраслевые или ведомственные нормативные документы по освещению. Сегодня по этой таблице нормируют освещение специалисты испытательных лабораторий, и, поскольку субъективизм в этом случае неминуем, в скором времени мы столкнёмся с ситуацией, когда требования к освещению одного и того же рабочего места в разных городах или в разных организациях одного города будут разными. А поскольку специалисты Роспотребнадзора в основном пользуются устаревшими (и недействующими) отраслевыми или ведомственными нормами (что вполне разумно, так как в этих документах имеются научно обоснованные разряды и подразряды зрительных работ), то споры и разногласия по вопросам нормирования неизбежны. Разногласия в нормах есть и сейчас, даже в нормах одного ведомства. Например, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [29] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [2] содержат разные требования к одному и тому же рабочему месту с ПЭВМ. При работе с ПЭВМ, согласно СанПиН [2], норма освещённости рабочей поверхности в горизонтальной плоскости при общем освещении – (300–500) лк, то есть допускается минимальная освещённость 300 лк; норма освещённости в вертикальной плоскости экрана видеодисплейных терминалов не должна превышать 300 лк, чтобы не было засветки экрана, а КПО не должен превышать 5%. Согласно же СанПиН [29] на таком же рабочем месте норма освещённости: в горизонтальной плоскости – не менее 400 лк; при комбинированном освещении – 500 лк, в том числе 300 лк от общего освещения; в вертикальной плоскости экрана – не менее 200 лк, а КПО – не более 10%. И как быть в такой ситуации проверяющим, если за вредные условия труда работнику положены компенсации? Такое разногласие в нормировании уже сейчас вызывает споры и судебные разбирательства. И это только начало.

**Заключение**

1. Переход на специальную оценку условий труда в её настоящем виде, как нам представляется, неизбежно ухудшит состояние освещения рабочих мест, что может повлечь за собой рост травматизма, снижение производительности и качества работы, ухудшение здоровья работников. К тому же выполнение одного федерального закона, [9], ведёт к нарушению другого федерального закона, [34], так как действующие СанПиНы и их требования к освещению никто не отменял.

2. В настоящее время действует СП 1.1.1058–01 [35] (действие документа продлено письмом Роспотребнадзора от 15.02.2012 № 01/1350–12–32), согласно которому условия освещения при производственном контроле проверяются в полном объёме, так, как это делалось при аттестации рабочих мест. Однако эта процедура применяется очень слабо, и если в крупных организациях производственный контроль проводится, то в средних и мелких – нет. В сложившейся ситуации светотехнической общественности необходимо поднять вопрос об ужесточении требований по проведению производственного контроля во всех без исключения организациях с установлением периодичности контроля условий освещения – не реже 1 раза в год.

3. На базе Роспотребнадзора необходимо: создать единый центр по нормированию освещения, включив в него квалифицированных специалистов в области нормирования освещения; возобновить практику отраслевого нормирования на базе СанПиН; принять меры по устранению разногласий в действующей и проектируемой нормативной базе по освещению.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Р.2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным элек-

тронно-вычислительным машинам и организации работы».

3. *Ильина Е.И., Частухина Т.Н.* Разумное, доброе… светлое // Безопасность и охрана труда. – 2008. – № 3. – С. 59–61.

4. *Ильина Е.И., Частухина Т.Н.* О новых гигиенических критериях оценки освещения // Безопасность и охрана труда. – 2006. – № 3. – С. 30–31.

5. *Ильина Е.И., Частухина Т.Н.* Освещение рабочих мест с компьютерами // Безопасность и охрана труда – 2006. – № 4. – С. 35–38.

6. *Ильина Е.И., Частухина Т.Н.* Световая завеса. Проблемы освещения рабочих мест // Безопасность и охрана труда. – 2012. – № 1. – С. 40–43.

7. Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утв. приказом Минздравсоцразвития РФ от 26.04.2011 № 342 н.

8. *Ильина Е.И., Частухина Т.Н.* Проблемы аттестации рабочих мест в части освещения // Светотехника. – 2011. – № 4. – С. 56–61.

9. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 23.12.2013 № 426-ФЗ.

10. Трудовой кодекс РФ по состоянию на 25.01.2014.

11. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.01.2014 № 33 н. «Об утверждении методики проведения специальной оценки условий труда, классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчёта о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по её заполнению».

12. *Weston H.* The relation between illumination and visual efficiency the effect of brightness contrast // Hed. Res. Concie.-London. – 1945. – № 87.

13. *Зильбер Д.А., Трумпайц Я.И.* Влияние работы на глаз.-Л.: 1938.

14. *Райцельский Л.А.* Роль качества освещения в повышении производительности труда и снижении себестоимости промышленной продукции // Светотехника. –1971. – № 10. – С. 5–8.

15. *Черниловская Ф.М.* Овещение промышленных предприятий и его гигиеническое значение. – Л.: Медицина, 1971. – 288 с.

16. Освещение производственных помещений фабрик-автоматов им. С.И. Балашова и им. 8 Марта в г. Иванове. – Иваново: РИО упрполиграфиздата, 1981. – 4 с.

17. *Ван ден Бельд г.* Свет и здоровье // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 4–12.

18. *Ван Боммель В., Ван ден Бельд Г., Ван Ооймен М.* Промышленное освещение и производительность труда // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 8 –11.

19. *Ронки Л.Р.* Зрение и освещение. Начало XXI века // Светотехника. – 2001. –№ 6. – С. 6–10.

20. *Иванова В.П., Мурашова М.А.* Оценка совместного влияния пульсации светового потока и блескости на производительность и зрительное утомление // Вопросы техники безопасности (ВНИИОТ ВЦСПС). – М.: Профиздат, 1982. – С. 78–85.

21. *Кроль Ц.Е., Мясоедова Е.И., Терешкевич С.Г.* Качество промышленного освещения. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 225 с.

22. *Кроль Ц.И., Тищенко Г.А.* Распределение яркости в поле зрения и зрительная работоспособность // Светотехника. – 1964. – № 10. – С. 1–7.

23. *Кравков С.В.* Глаз и его работа. – М.–Л.: Изд. АН СССР, 1950.

24. СНиП II-А.9–71 «Искусственное освещение. Нормы проектирования».

25. СНиП 23–05–95* «Естественное и искусственное освещение».

26. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*» (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 27.12.2010 г. № 783).

27. ГОСТ Р 55710–2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».

28. СНиП II-4–79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

29. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».

30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585–10 «Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».

31. Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 г. № 1160 «Положение о разработке, утверждении и изменении нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда».

32. ГОСТ Р 55709–2013.0949–2001 «Освещение рабочих мест вне зданий. Нормы и методы измерений».

33. Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 г. № 428 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ».

34. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

35. СП 1.1.1058–01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

***Ильина Елена Ивановна,***
*кандидат техн. наук. Окончила в 1972 г. Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина. Зав. лабораторией промышленного освещения ООО «НИИОТ в г. Иваново»*

***Частухина Татьяна Николаевна,***
*инженер-электрик. Окончила в 1968 г. Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина. Ведущий научный сотрудник лаборатории промышленного освещения ООО «НИИОТ в г. Иваново»*

## ПРИХОДИТЕ НА ЧИТАТЕЛЬСКУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ

**Глубокоуважаемые читательницы и читатели журналов «Светотехника» и «*Light & Engineering*»!**

Нам приятно сообщить, что во время выставки «*Interlight Moscow powered by Light + Building 2014*» состоится читательская конференция наших журналов. Приглашаем вас и ваших сотрудников принять участие в этом мероприятии.

Доклад о работе журналов сделает главный редактор, профессор Ю.Б. Айзенберг.

Конференция состоится 11 ноября с 16.30 по 18.00 на конференц-площадке «*AGORA*» (в павильоне 8.1).

Приглашаем принять участие в работе читательской конференции, высказать свои предложения по дальнейшему улучшению работы журнала.

До и после конференции присутствующие смогут получить очередной 5-й номер журнала и приложение к нему № 1 на тему «Освещение городов».

Надеемся на ваше и ваших сотрудников активное участие в конференции.

***Редакция журналов***

# Качество освещения светодиодами

*М. КНООП* [1]

Берлинский технический университет, Берлин, Германия

**Аннотация**

Технический комитет (ТК) 3–50 МКО «Показатели качества внутреннего освещения светодиодами» рассмотрел имеющиеся результаты исследований, подтверждающие или отрицающие применимость существующих показателей для оценки качества внутреннего освещения светодиодами. Результаты работы были изложены в отчёте МКО 205:2013 «Анализ показателей качества освещения касательно внутреннего освещения светодиодами». Отчёт содержит рекомендации по приложению показателей качества к освещению светодиодами и историю вопроса, результаты исследований и библиографию, а также перечень существенных параметров, которые нужно исследовать. Кроме того, в нём указано, какие исследования ещё нужны, чтобы обеспечивалось высокое качество освещения светодиодами.

Статья посвящена двум показателям качества. Представлены выводы, сделанные ТК 3–50, и результаты новейших исследований по этим показателям качества.

**Ключевые слова:** светодиоды, качество освещения, внутреннее освещение, анализ.

**Введение**

В последние годы наблюдались быстрое развитие светодиодов (СД) и замена ими традиционных источников света (ИС) в светильниках для общего и местного внутреннего освещения. Даже несмотря на то, что применение СД-ламп прямой замены и светильников с СД, скорее всего, приведёт к увеличению энергоэффективности, реализующиеся при использовании СД условия освещения не всегда получают положительную оценку потребителей. Причина этого может заключаться в использовании показателей качества, полученных на основе исследований люминесцентных ламп и относящихся именно к этим ИС. Так как СД имеют другие характеристики (например, малые размеры, относительно высокую яркость и другой спектр излучения), то представлялось необходимым подтвердить применимость существующих показателей качества к освещению светодиодами (ОССД). ТК 3–50 МКО «Показатели качества внутреннего освещения светодиодами» рассмотрел имеющиеся результаты исследований, подтверждающих пригодность или отрицающих применимость существующих показателей для оценки качества внутреннего ОССД. Результаты работы были изложены в отчёте МКО 205:2013 «Анализ показателей качества освещения касательно внутреннего освещения светодиодами» [1].

**Анализ показателей качества**

Показатели качества, которые были включены в отчёт ТК 3–50 МКО, были получены на основе результатов, содержащихся в материалах конференций и отчётах МКО, европейских и американских справочниках, руководствах и стандартах (напр., [2–9]).

Было проведено разграничение между показателями качества и рекомендациями. Показатели качества отражают возможность выполнения зрительной работы и степень отсутствия зрительного дискомфорта и предназначены для обеспечения необходимых условий работы и безопасности осветительных установок. Рекомендации же выходят за рамки необходимых характеристик и требований безопасности и обычно направлены на достижение более высокого качества освещения.

Были рассмотрены следующие показатели качества:

- Видимость объекта (*task visibility*): равномерность освещения объекта, отражённая блёскость, вуалирующие отражения и тени.
- Зрительный комфорт: дискомфортная блёскость, верхняя блёскость (*overhead glare*), отношения яркостей, зрительное утомление и напряжение зрения.
- Пульсации и стробоскопический эффект.
- При этом были рассмотрены следующие рекомендованные показатели качества внутреннего освещения:
- Выделение (*modelling*) лиц и объектов.
- Цветопередача, предпочтительные цветности света, цветовое видение объекта.
- Зрительное восприятие пространства: яркости поверхностей помещения, распределение света по поверхностям.
- Постоянство цвета и светового потока во времени и пространстве.

Для выявления пробелов и слабых мест существующих показателей качества применительно к оценке качества внутреннего ОССД были изучены имеющиеся литературные данные об исследованиях по этим показателям качества. Ниже рассматриваются два показателя качества: дискомфортная яркость и пульсации, важные в плане обеспечения зрительной работоспособности и исключения зрительного дискомфорта. Полный анализ этого см. в отчёте ТК 3–50 МКО [1].

**Качество освещения: дискомфортная блёскость**

ТК 3–50 установил, что восприятие ОССД – один из главных критериев применимости существующих показателей качества. Поскольку стиль, размеры, согласованность с архитектурным решением и адекватность внешнего облика в случае ОССД столь же важны, как и в традиционном освещении, то неравномерное распределение яркости или наличие ярких пятен в выходном отверстии светильника могут вызывать ощущение беспокойства, которое способно влиять на самочувствие, зрительное утомление и работоспособность. Автору пока не

---

[1] E-mail: martine.knoop@tu-berlin.de.
По материалам доклада на конференции МКО «*Lighting Quality and Energy Efficiency*». 23-26.04.14, Куала-Лумпур, Малайзия.
Перевод с англ. Е.И. Розовского

известны исследования этого вопроса. В то же время множество исследований касалось влияния неоднородности стимулов на восприятие дискомфортной блёскости [1].

Анализ исследований [2] по дискомфортной блёскости, создаваемой неоднородными стимулами, показал, что имеющие неравномерное распределение яркости осветительные приборы с СД нельзя оценивать с помощью объединённого показателя дискомфорта *UGR* [10] или показателя вероятности зрительного комфорта *VCP* (*Visual Comfort Probability*) [6], обычно применяемых для оценки дискомфортной блёскости, создаваемой традиционными системами внутреннего освещения. В общем случае неоднородные стимулы дают большую блёскость, чем современные светильники с люминесцентными лампами, при тех же размерах и средней яркости. Исходя из результатов исследований по оценке дискомфортной блёскости, создаваемой установками с СД, ТК 3–50 пришёл к выводу, что *UGR* и *VCP* не следует применять в случае яркостно неоднородных ИС.

Недавно было отмечено [11, 12], что *UGR* можно модифицировать так, чтобы он «охватывал» и дискомфортную блёскость, создаваемую неоднородными ИС. И, по-видимому, это реально при яркостных контрастах в пределах выходного отверстия светильника не более 1:10 [13], но при этом *UGR* не очень согласуется с субъективными оценками светильников с более неоднородным распределением яркости. При оценке блёскости важны пиковая яркость, яркостный контраст и пространственное распределение яркости, и при разработке нового показателя блёскости их необходимо учитывать [13]. При этом важными представляются расстояние между СД и их расположение [1].

Отделение 3 МКО образовало новый ТК – по исследованиям по дискомфортной блёскости, создаваемой светильниками с неоднородным распределением яркости. Он призван идентифицировать те параметры неоднородности, которые влияют на градацию блёскости, установить пределы применимости *UGR* и разработать предварительные предложения по изменению *UGR*, которые позволили бы учитывать яркостную неоднородность ИС.

### Качество освещения: пульсации и стробоскопический эффект

Если говорить о качестве внутреннего ОССД, то важным показателем качества являются пульсации фотометрических параметров: у изделий с СД наблюдался большой разброс этих пульсаций [14, 15], а они влияют на работоспособность и самочувствие людей [16]. В данном случае пульсации – это «быстрые изменения интенсивности излучения источника света» [6], проявляющиеся в виде модуляции светового потока и наличия стробоскопического эффекта.

ПРА для СД могут вызывать пульсации фотометрических параметров, а темнение СД может увеличивать глубину модуляции света. Ограничение частоты на выходе ПРА значением, не меньшим 100 или 120 Гц, представляется недостаточным для обеспечения качественного освещения [15]. На основе достигнутых результатов исследований по пульсации в случае ОССД ТК 3–50 МКО пришёл к заключению, что существующие показатели качества, такие как частота и коэффициент пульсации, не позволяют должным образом оценивать пульсации и стробоскопический эффект.

В работах [17, 18] предложена зависимая от частоты и коэффициента пульсации функция, полученная в наихудших условиях и позволяющая прогнозировать проявление и приемлемость стробоскопических эффектов. Для оценки эффективности этого подхода для типичных областей применения требуются дополнительные исследования. Минимальные рекомендации по оценке пульсаций, равно как и руководства для тех областей применения, в которых пульсации – важный критерий качества, можно найти в публикации [15]. Исследования по стробоскопическим эффектам также проводят ТК 1–83 МКО «Визуальные аспекты работы модулированных во времени осветительных систем» и комитет *PAR1789* Института инженеров по электротехнике и электронике (*IEEE*).

### Перспективы и дальнейшие исследования

Небольшие размеры СД предоставляют свободу выбора проектных решений. Следует ожидать, что, помимо использования в привычных светильниках, СД, например, будут встраиваться в мебель или в строительные элементы помещений. Это приведёт к нетипичному расположению ИС, и, соответственно, повлияет на зрительный комфорт в помещении. Дискомфортная блёскость, создаваемая ИС, расположенным на линии зрения, обычно превышает создаваемую тем же самым ИС, расположенным над линией зрения, особенно в случае неоднородных стимулов. Были проведены исследования по дискомфортной блёскости, создаваемой неоднородными (см., напр., [19, 20]) или большими (см., напр., [21, 22]) вертикальными искусственными ИС, однако их результаты не позволяют прийти к окончательному выводу. Необходимы дополнительные исследования.

СД имеют направленный свет, малые размеры и высокую яркость, и это нехарактерное для внутреннего освещения сочетание характеристик привело к необходимости пересмотра ТК 3–50 существующих показателей качества. С учётом разработки более крупногабаритных серийных органических СД (ОСД) представляется разумным пересмотреть показатели качества и применительно к освещению с использованием ОСД. Светоизлучающие поверхности ОСД относительно однородны по яркости и создают весьма рассеянное внутреннее освещение, которое отличается и от привычного освещения люминесцентными лампами. Применение ОСД повлияет на вид помещений. Исследования показали, что повышение яркости поверхностей помещений положительно влияет на внешний вид последних (см., напр., [23–25]). В то же время слишком рассеянное освещение может приводить к слабому выделению формы предметов, в результате чего зрительная среда становится монотонной (см., напр., [26, 27]). Направление света, выделение формы пред-

2 Опубликованных до осени 2012 г.

метов и тени – важные составляющие качества освещения, и все они требуют дополнительных исследований по выявлению подходящих параметров качества и выработке как минимальных, так и максимальных требований [1, 28].

**Заключение**

Результаты работы ТК 3–50 отражены в отчёте [1]. В нём содержатся рекомендации по применению показателей качества к ОССД и история вопроса, результаты исследований и библиография, а также перечень существенных параметров, требующих внимания исследователей. Кроме того, в нём указано, какие исследования ещё нужны, чтобы обеспечить высокое качество любого ОССД. В данной статье внимание уделялось двум показателям качества – дискомфортной блёскости и пульсациям. Соответствующие исследования продолжаются и, как ожидается, вскоре приведут к выбору подходящих методов оценки качества этих показателей. При рассмотрении вопросов качества следует также учитывать возможное в будущем применение СД и ОСД. Должны быть проанализированы результаты исследований, и необходимо инициировать дополнительные исследования, которые обогатят светотехническое сообщество новыми рекомендациями по применению критериев оценки качества внутреннего освещения с использованием новой техники.

Автор хотела бы поблагодарить всех членов и советников ТК 3–50 «Показатели качества внутреннего освещения светодиодами» за их вклад в подготовку технического отчёта [1].

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. CIE 205–2013 Review of Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2013.

2. CIE 15–1998 Proceedings of the First CIE Symposium on Lighting Quality. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 1998.

3. CIE 147–2002 Glare from small, large and complex sources. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2002.

4. IES 008/ISO 8995–1:2002 Lighting of Work Places Part 1: Indoor. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2002.

5. EN 12464–1:2011 Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places.

6. The IESNA lighting handbook. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

7. American National Standard Practice for Office Lighting. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America, 2004.

8. IES DG-18: Light + Design A Guide to Designing Quality Lighting for People and Buildings. New York, NY, 2008

9. *McGowan, T.* R3–24 Overhead Glare. Report to CIE Division 3. – 2009.

10. CIE 17–1995 Discomfort glare in interior lighting. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 1995.

11. *Xia, L., Tu, Y., Liu, L., Wang, Y., Peng, S., Knoop, M., Heynderickx, I.* A study on overhead glare in office lighting conditions // J. of the Society for Information Display. – 2011. – Vol. 19. – P. 888.

12. *Hara, N., Hasegawa,* S. Study on discomfort glare rating of the luminaire with LED array // J. of the Illuminating Engineering Institute of Japan. – 2012. – Vol. 96. – P. 81–88.

13. *Geerdinck, L. M., van Gheluwe, J. R., Vissenberg, M. C. J. M.* Discomfort glare perception of non-uniform light sources in an office setting // Manuscript submitted for publication. – 2013.

14. *Paget, M.* CALIPER Round 11 Testing. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ns/caliper-round-11-webcast.pdf. – 2011

15. *Poplawski, M. E., Miller, N. M.* Flicker in Solid-State Lighting: Measurement Techniques, and Proposed Reporting and Application Criteria / Proc. of CIE Centenary Conference «Towards a New Century of Light». Paris, France, 15–16.04.2013.

16. PAR 1789 – Recommended Practices of Modulating Current in High Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers. IEEE, 2010.

17. *Bullough, J., Hickcox, K. S., Klein, T., Lok, A., Narendran, N.* Detection and acceptability of stroboscopic effects from flicker // Lighting Research and Technology. – 2012. – Vol. 44. – P. 477–483.

18. ASSIST (Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies) recommends … Flicker Parameters for Reducing Stroboscopic Effects from Solid-State Lighting Systems. Troy, NY, 2012.

19. *Takahashi, H., Irikura, T., Mariyama, T., Toda, M., Iwamoto, M.* Discomfort glare and annoyance caused by LED lamp (D1–80) / Proc. of the 26 th Session of the CIE. Beijing, China, 4–11.07.2007.

20. *Kasahara, T., Aizawa, D., Irikura, T., Moriyama, T., Toda, M., Iwamoto, M.* Discomfort Glare Caused by White LED Light Sources //J. of Light & Visual Environment. – 2006. – Vol. 30. – P. 95–103.

21. *Osterhaus, W.* Discomfort glare from large area glare sources at computer workstations / Proc. of the 1996 International Daylight Workshop: Building with Daylight: Energy Efficient Design. – 1996. – P. 103–110.

22. *Sendrup, P.* Generalization of the unified glare rating method: a proposal and laboratory test // Lighting Research and Technology. – 2001. – Vol. 33. – P. 243–257.

23. *Loe, L., Mansfield, K. P., Rowlands, E.* Appearance of lit environment and its relevance in lighting design: Experimental study // Lighting Research and Technology. – 1994. – Vol. 26. – P. 119–133.

24. *Houser, K. W., Tiller, D. K., Bernecker, C. A., Mistrick, R. G.* The subjective response to linear fluorescent direct/indirect lighting systems // Lighting Research and Technology. – 2002. – Vol. 34. – P. 243–260.

25. *Veitch, J. A., Newsham, G. R.* Quantifying Lighting Quality Based on Experimental Investigations of End User Performance and Preference. Report: NRCC-38940, National Research Council Canada, [Online]. Available: http://www. nrc-cnrc. gc. ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc38940. php. – 2006.

26. *Newsham, G. R., Marchand, R. G., Veitch, J. A.* Preferred surface luminances in offices, by evolution // J. of the IES. – 2004. – Vol. 33. – P. 14–29.

27. *Fostervold, K. I., Nersveen, J.* Proportions of direct and indirect indoor lighting – The effect on health, well-being and cognitive performance of office workers // Lighting Research and Technology. – 2008. – Vol. 40. – P. 175–200.

28. *Knoop, M.* Lighting quality measures for interior lighting with LEDs: A review and outlook// Proc. of the 14 th International Symposium on the Science and Technology of Lighting (to be published). Como, Italy, 22–27.06.2014.

***Мартин Кнооп (Martine Knoop),***
*Ph.D. Научный сотрудник факультета электротехники и информатики Берлинского технического университета. Секретарь Отделения 3 МКО*

# Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении?

*Я. ШАНДА* [1]

Университет Паннонии, Веспрем, Венгрия

**Аннотация**

Наилучшей точности воспроизведения цвета можно добиться, если спектральный состав падающего на картину света совпадает с тем, при котором художник создавал своё произведение. Для картин возрастом более ста лет это естественный свет.

Так что может показаться, что освещение, обеспечивающее наилучшую точность воспроизведения цвета, – это искусственный естественный свет. Однако известно, что естественный свет содержит очень большое количество вредного излучения (коротковолновое видимое и УФ излучения), и хранители музеев обычно возражают против источников света с цветовой температурой под 6500 К.

Исходя из требования хранителей музеев применять свет с коррелированной цветовой температурой не более 3500 К, был разработан метод выявления спектрального состава света, который бы при заданном сочетании светодиодных источников света обеспечивал наименьшее различие между цветами, воспринимаемыми при естественном свете и при создаваемом в музее освещении. И это не тот свет, который характеризуется наибольшим индексом цветопередачи.

**Ключевые слова:** цветопередача, точность воспроизведения цвета, цветовое предпочтение.

## 1. Введение

В освещении музеев происходят революционные изменения. С появлением освещения светодиодами (ОССД) светотехники обрели свободу выбора ИС (ИС), имеющих практически любые спектры излучения. Здесь этот вопрос обсуждается на примере картинных галерей, так как, скорее всего, цвет и цветопередача ИС наиболее важны именно для этой области освещения музеев, где наиболее велика опасность повреждения художественных произведений оптическим излучением. МКО опубликовала два отчёта по вопросу предотвращения повреждения светом выставочных экспонатов [1, 2]. Однако они были опубликованы до начала широкого применения светодиодов (СД) во внутреннем освещении, так что в них нет подробного рассмотрения ОССД. Этот вопрос обсуждался в докладе [3], где, однако, отсутствовало детальное рассмотрение того, какой спектр излучения ИС наилучшим образом подходит для освещения картинных галерей. Более подробно выбор ОССД для музеев обсуждался в недавно опубликованной работе [4].

Ряд появившихся в последнее время публикаций был посвящён модернизации освещения музеев. Если попытаться перечислить требования, предъявляемые к музейному освещению, то придётся учитывать предназначение музеев. Существуют небольшие музеи с небольшим числом экспонатов, например музеи, демонстрирующие наследие художника или традиционное крестьянское искусство. В этих случаях наиболее существенным является образовательный аспект, и важными элементами служат хорошая видимость и приятная зрительная среда. Существуют и многочисленные музеи средних размеров, играющие роль образовательных учреждений, где экспонаты должны привлекать внимание и где важно, чтобы посетитель, направляемый светом от экспоната к экспонату, чувствовал себя как дома. Задачу проектировщика освещения и хранителя музея можно сравнить с работой дирижёра оркестра, когда требуется заново интерпретировать шедевр прошлого, с тем чтобы он был интересен современной публике. Конечно, во всех этих случаях первостепенное значение имеет сохранность произведений искусства.

Однако существует и третья категория музеев, в которых хранятся наиболее ценные достижения человеческой культуры и где, по мнению автора, произведения искусства необходимо демонстрировать в том первозданном виде, в котором авторы хотели представить их публике. Ниже будут приведены некоторые примеры музеев этого типа, а также – являющееся предметом данной статьи и попадающее в эту категорию – освещение Сикстинской капеллы.

Если не вдаваться в подробности, то лишь некоторые из сообщений европейских музеев говорят о наличии в них современного освещения. В парижском Лувре, Мона Лиза Леонардо да Винчи была впервые освещена семью разными СД в 2005 г. Хотя тогда эта схема освещения была вполне современной, в 2013 г. проектировщики освещения решили её модернизировать, применив 34 СД [5]. Окончательный выбор спектра излучения СД был основан на мнении хранителей музея.

В лондонской Национальной галерее в 2013 г. был осуществлён проект «Улучшение окружающей среды», в рамках которого была проведена модернизация освещения её части [6]. Имеющие цветовую температуру 2800 К лампы накаливания мощностью 100 Вт были заменены на СД-лампы мощностью 14 Вт с коррелированной цветовой температурой ($T_ц$) 3200 К. Интересно, что это сравнительно небольшое увеличение было сочтено хранителями «лучше соответствующим отфильтрованному естественному свету», и, также, по их мнению, «новое освещение заметное усилило восприятие пространства во многих картинах». В то же время, освещённость была снижена со 150 до 130 лк.

Освещение Амстердамского национального музея (Рейксмюзеум) было модернизировано с использованием светильников с СД компании *Philips*, тогда как модернизация освещения Музея Ленбаха в Мюнхене и, совсем недавно, Сикстинской капеллы в Ватикане была осуществлена с использованием новых светильников с СД компании *OSRAM*. Вплоть до этого последнего примера во всех случаях проектировщики освещения могли разработать лишь предложения по освещению, тогда как последнее слово оставалось за хранителями музе-

[1] E-mail: Schanda@vision.vein.hu
По материалам доклада на конференции МКО «*Lighting Quality and Energy Efficiency*». 23-26.04.14, Куала-Лампур, Малайзия.
Перевод с англ. Е.И. Розовского.

Рис. 1. *Верхнее освещение в Амстердамском национальном музее: имевшееся естественное освещение было «продлено» посредством автоматического экранирующего устройства и освещения люминесцентными лампами*

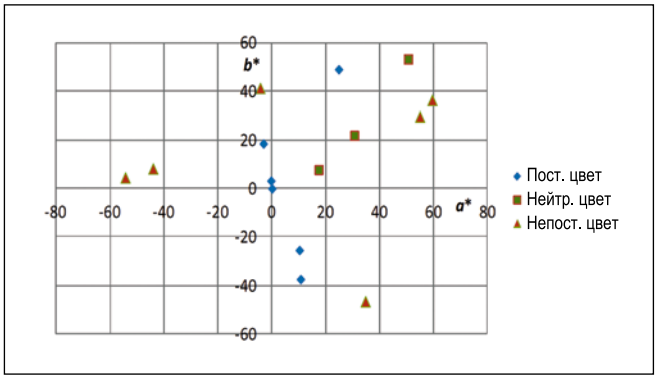



Рис. 2. *Цветные образцы, отобранные применительно к Сикстинской капелле*

ев. И только для Сикстинской капеллы мы попытались разработать схему освещения на основе нового подхода: искусственное освещение с относительно низкой $T_ц$ (как этого требовали хранители) должно демонстрировать фрески, по возможности, в тех цветах, в которых их впервые увидели современники.

## 2. Требования к освещению музеев

Двумя, возможно что и противоречивыми, требованиями являются сохранность произведения искусства и его демонстрация посетителям. Мы не будем подробно останавливаться на вопросе сохранности произведений искусства, которому посвящено много публикаций (например, [1, 2, 7, 8]), показывающих, что следует избегать УФ и ИК излучений и что уровень освещения должен быть наименьшим из всё ещё обеспечивающих хорошее цветное зрение.

При модернизации освещения музеев, расположенных в зданиях, построенных в то время, когда искусственного освещения не было вообще или оно имело низкое качество, инженеры-светотехники пытались сохранять естественное верхнее освещение, при этом встраивая сложные автоматические экранирующие устройства и организуя некоторое дополнительное освещение (рис. 1).

Требование отсутствия УФ и ИК излучений легче всего выполняется в случае ОССД, однако хранители обычно требуют ещё и минимизации количества синего света, так как энергия фотонов этого света ненамного меньше энергии фотонов соседнего УФ излучения. Это означает потребность в сравнительно низких $T_ц$. Во времена освещения лампами накаливания это не вызывало проблем, а в случае СД ситуация другая, и необходим компромисс между двумя требованиями: цвета картин, написанных на открытом воздухе или в освещённой дневным светом студии, будут, конечно, выглядеть естественными при большой $T_ц$ и интенсивном освещении, однако освещение разных частей здания музея должно быть гармонизировано, иначе, если другие отделы освещаются ИС с меньшими $T_ц$, создающими освещённость 200–300 лк, резкое изменение $T_ц$ создаёт проблемы с переадаптацией. Наш опыт, согласующийся с результатами других исследователей, показывает, что хранители музеев предпочитают $T_ц$, не превышающую 3500 К.

Исследование макета картинной галереи с реальными картинами маслом и акварелями, проведённое с использованием разных ИС, показало, что приемлемый уровень освещённости – 200 лк [9]. Исследование зрительной среды музеев путём имитации картин их репродукциями на почтовых открытках показало, что 3600 К являются оптимальной $T_ц$ при 200 лк [10].

## 3. Выбор спектра излучения СД

### 3.1. Выбор цветных образцов

При разработке метода количественной оценки цветопередачи МКО провела многочисленные эксперименты по выбору используемых в настоящее время цветных образцов [11]. Эти эксперименты показали, что применительно к имевшимся в середине 1950-х гг. ИС для описания цветопередачи ИС было достаточно восьми цветных образцов.

Однако с появлением люминесцентных ламп с 3-полосным люминофором «пошли» расхождения между расчётной и зрительно воспринимаемой цветопередачей. Ещё заметнее это стало при сравнении полноцветных (*RGB*) и люминофорных СД с синим кристаллом (*p-LED*). Были рассчитаны и введены в разные метрики качества цвета излучения ИС несколько наборов данных о коэффициенте отражения [12, 13 и др.], и проф. Кхан с сотрудниками показали, что при замене цветных образцов МКО на образцы, выполненные художественными красками, наблюдаются значительные расхождения в значениях индексов цветопередачи [14].

Что касается проекта освещения Сикстинской капеллы, то для выбора спектров излучения СД, освещающих фрески, в первую очередь были определены спектры отражения разных красок, использовавшихся при создании этих шедевров [15]. Были измерены спектры отражения более 200 образцов, из которых были набраны не дублирующие друг друга (рис. 2).

### 3.2. Сортировка цветных образцов

Колориметрические характеристики цветных образцов изменяются от образца к образцу. Важными характеристиками красок являются их светостойкость, укрывистость и др. Если

мы хотим рассматривать изображение при свете ИС, спектр излучения которого отличен от спектра излучения ИС, при котором это изображение было создано, то важной характеристикой краски является постоянство её цвета (*colour constancy*), т. е. то, как восприятие цвета краски при освещении вторым ИС будет отличаться от его восприятия при освещении первым ИС с учётом хроматической адаптации. Если использовавшиеся при создании изображения краски сохраняют постоянство цвета, то зрительное впечатление от картины будет одинаковым при освещении её этими двумя ИС. Конечно, при определении постоянства цвета решающее значение имеют спектры этих двух ИС. По практическим соображениям, в большинстве расчётов, касающихся постоянства цвета, в качестве одного из ИС используется естественный свет, а в качестве другого ИС выступает или стандартный источник *A* МКО, или часто используемый спектр излучения люминесцентной лампы (при более широком распространении ОССД это может измениться).

При последующих расчётах в качестве исследуемого и стандартного спектров излучения использовались спектры стандартных источников *A* и *D65* МКО. Это согласовывалось с общим предположением, что фрески писались при естественном свете и должны экспонироваться при общем освещении ИС с низкой $T_ц$, не сильно отличающимся от применяемого освещения лампами накаливания. Слуху о том, что Микеланджело писал части Страшного суда при свете свечей, поверить трудно: при слабом освещении, даваемом этим светом очень трудно выбирать подходящие цветовой тон и оттенок, и ведь фрески предназначались для восприятия именно при естественном свете.

Был использован метод расчёта индекса непостоянства цвета (*colour inconsistency index*) с выступающими в роли ИС стандартными источниками *A* и *D65* МКО [16]. Для преобразования координат цвета исследуемого образца использовалась модель цветового восприятия *CIECAM02* МКО с функцией учёта хроматической адаптации [17], а для расчёта цветового различия использовалось равноконтрастное цветовое пространство *UCS* МКО [18].

Пятнадцать спектров отражения образцов красок, выбранных после проведённых в Сикстинской капелле измерений, были разделены на три группы, у одной из которых индекс непостоянства цвета (цветовое различие *CIECAM02-UCS*) был меньше 3 (эти образцы мы назвали образцами с постоянным цветом (*colour constant*)), у второй – от 3 до 6 (их мы назвали образцами с нейтральным цветом (*colour neutral*)), а у третьей группы – более 6 (образцы с непостоянным цветом (*colour inconstant*)).

Как видно из рис. 3–5, у образцов с постоянным цветом спектральные коэффициенты отражения меняются плавно, у образцов с нейтральным цветом – несколько резче, а спектры отражения образцов с непостоянным цветом имеют сравнительно узкие пики и (или) круто поднимающиеся участки. Если последние совпадают с сильно различающимися частями двух спектров излучения, то это проявляется в виде большого непостоянства цвета.

При проведении этих исследований было обнаружено, что искусственные образцы модели *CRI2012* [19] по форме своего спектра отражения весьма напоминают образцы с непостоянным цветом (теоретические спектры отражения в модели *CRI2012* приведены на рис. 6). Так что в качестве первого приближения для оптимизации спектров излучения СД, предназначенных для освещения Сикстинской капеллы, были выбраны теоретические образцы модели *CRI2012*.

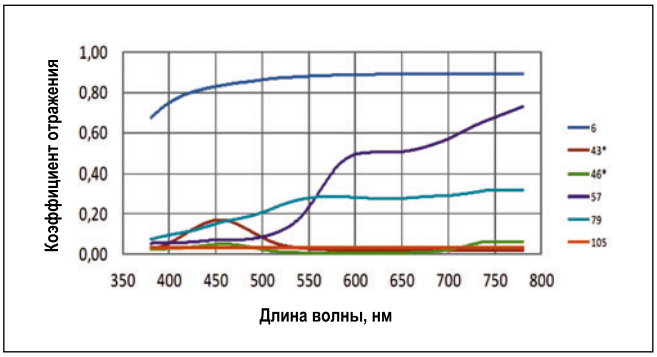



Рис. 3. *Спектры шести образцов с постоянным цветом*

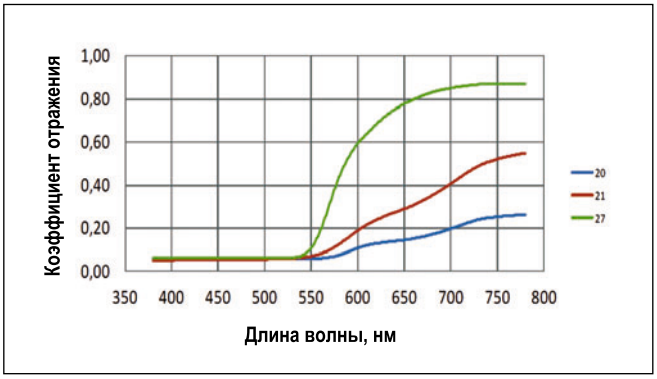



Рис. 4. *Спектры трёх образцов с нейтральным цветом*

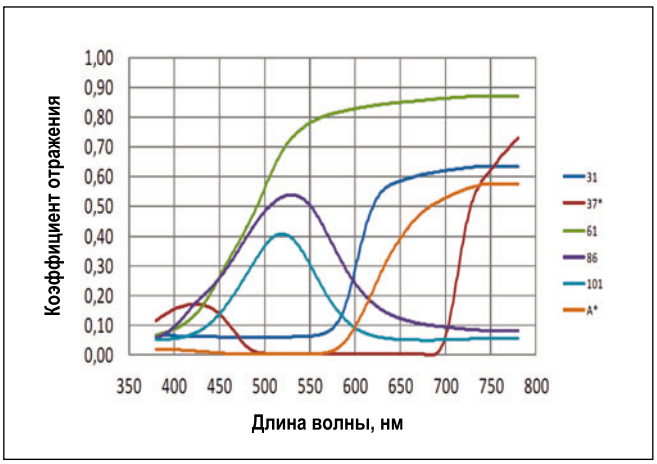



Рис. 5. *Спектры шести образцов с непостоянным цветом*

### 3.3. Выбор и оптимизация спектров излучения светодиодов, предназначенных для освещения Сикстинской капеллы

Для освещения отдельных картин можно воспользоваться специально разработанными многоканальными прожекторами с СД, как, например, это сделано в Лувре при освещении Моны Лизы [5]. Вся Сикстинская капелла должна освещаться СД с одинаковым спектром излучения. Поэтому следовало строить освещение с небольшим числом разноспектраль-

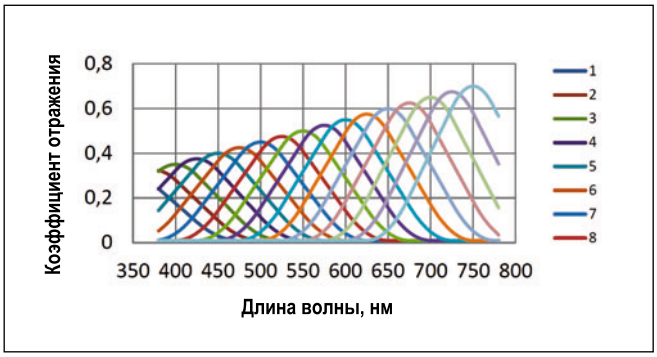



Рис. 6. *Теоретические цветные образцы модели цветопередачи CRI2012*

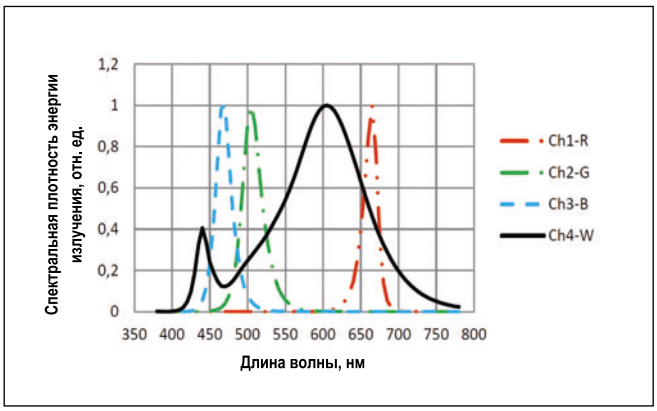



Рис. 7. *Спектральные распределения энергии излучения четырёх выбранных светодиодов*

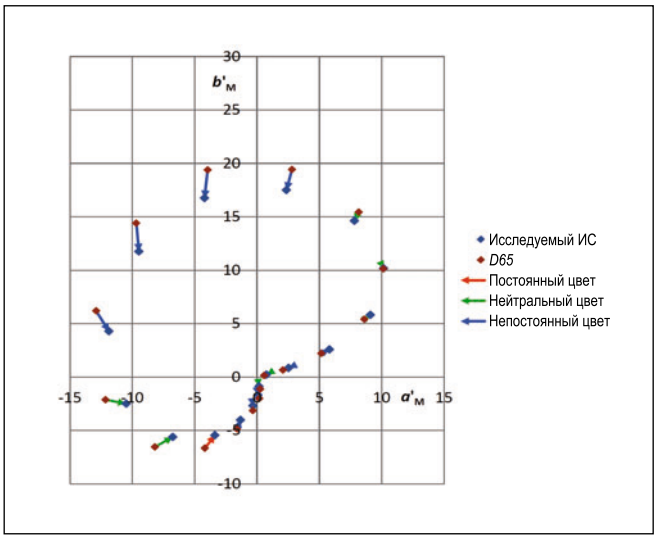



Рис. 8. *Координаты $a'_M$ и $b'_M$ для цветных образцов, освещаемых источником D65, и для этих же образцов, освещаемых излучением чёрного тела с цветовой температурой 3500 К*

ных СД. Были выбраны белый, красный, зелёный и синий СД, что позволило легко настраивать $T_ц$ и давало достаточную свободу в оптимизации освещения для получения наилучшего восприятия цвета, то есть обеспечения наименьших цветовых различий между цветами выбранных красок при освещении дневным светом и выбранным тёплобелым светом искусственного освещения музея.

Спектры излучения четырёх выбранных СД приведены на рис. 7.

Произведённая оптимизация касалась аддитивной смеси излучений этих четырёх СД и семнадцати теоретических спектров отражения. Результаты приведены на рис. 8 и 9, где выполнено сравнение цветового искажения в случаях чёрного тела с $T_ц$ = 3500 К (слегка отфильтрованное излучение лампы накаливания) и оптимизированного сочетания четырёх СД. При этом образцы модели *CRI2012* были объединены в три группы в соответствии с непостоянством их цвета.

## 4. Заключение и выводы

Освещение музейных экспонатов претерпевает значительные изменения. Из-за требований по экономии энергии многие музеи рассматривают возможность применения ОССД. В США можно наблюдать тенденцию к замене светильников направленного света с галогенными лампами накаливания на светильники с СД-лампами прямой замены [20, 21]. В Европе можно наблюдать тенденцию к переходу светотехнических компаний на выпуск новых светильников с СД, специально предназначенных для освещения выставок [6].

Хотя некоторые исследования последнего времени показали, что наиболее подходящее для картин освещение дают ИС с $T_ц$ = 5500–5700 К [22], большинство хранителей музеев предпочитают тёпло-белый свет ИС с $T_ц$ не более 3500 К.

Так как большинство картин, созданных до конца 19 века, писались при естественном свете, то был предложен новый подход: свет должен обеспечивать такие цвета картин, которые, по возможности, совпадают с первоначальными. Это означает, что спектр излучения ИС с $T_ц$ = 3500 К следует оптимизировать так, чтобы цвета освещаемых этим ИС красок, по возможности, совпадали с цветами этих красок при освещении их ИС с $T_ц$ = 6500 К (конечно, возможны и другие значения $T_ц$, при которых создавалась и демонстрируется картина). Если выявлять связь между цветами по модели *CIECAM02*, то можно удовлетворить ещё одному требованию: учитывать и более низкий уровень освещённости.

На примере красок, использовавшихся Микеланджело и другими художниками эпохи Возрождения в Сикстинской капелле, было показано, что, применяя описанный подход, можно с помощью ОССД при $T_ц$ = 3500 К обеспечивать вполне хорошее воспроизведение первоначального облика произведений живописи.

Данное исследование финансировалось Евросоюзом в рамках проекта *EU ICT-PSP-2010–5* «Высококачественное и энергоэффективное освещение светодиодами произведений искусства» (*LED4 ART*), грант № 297262.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. CIE 89–1991. On the deterioration of exhibited museum objects by optical radiation //CIE Technical Collection 1990. Vienna: CIE, 1991.

2. CIE 157:2004. Control of damage to museum objects by optical radiation. – Vienna: CIE, 2004.

3. *Szabó, F., Schanda, J.* Solid State Light Sources in Museum Lighting – Lighting Reconstruction of the Sistine Chapel in the Vatican // *CIE 2012 Lighting Quality and Energy Efficiency conference,* Hangzhou. CIE x037:2012, p. 256–263.

4. *Druzik, J. R., Michalski, W.* Guidelines for Selecting Solid-State Lighting for Museums. Canadian Conservation Institute, www.cci-ge.ca; The Getty Conservation Institute, www.getty.edu/conservation. – 2012.

5. *Fontoynont, M., Miras, J.P., Angelini, M., Chanussot, J., Marty, C., Dunchêne, G., Novakovski, L., Makita, K., Moriyama, T.* Lighting Mona

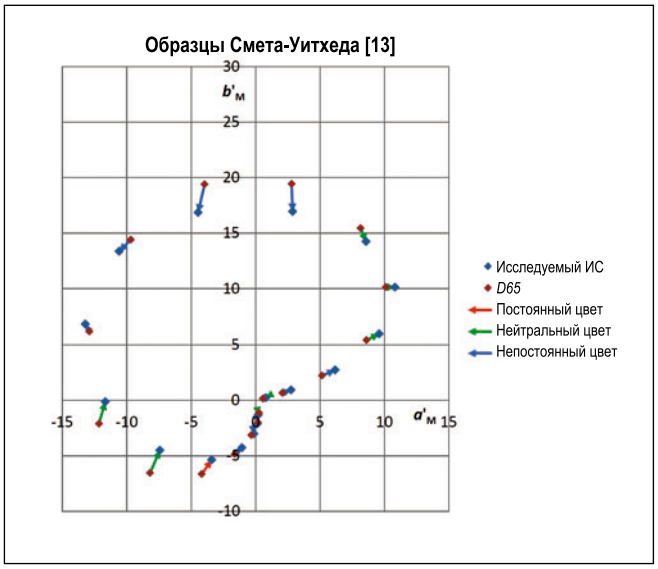



Рис. 9. *Координаты $a'_M$ и $b'_M$ для цветных образцов, освещаемых источником D65, и для этих же образцов, освещаемых оптимизированным излучением светодиодов с коррелированной цветовой температурой 3500 К*


Lisa with LEDs: details concerning innovating techniques (TOSHIBA Lamp – 2013). http://www.fraensrl.com/monalisa.html. – 2013.

6. *Padfield, J., Vandyke, S., Carr, D.* Improving our Environment// http://www.nationalgallery.org.uk/paintings/research/improving-our-environment. – 2013.

7. *Feller, R. L.* Control of deteriorating effects of light upon museum objects// Museum. – 1964. – Vol. 17, No. 2, 1964.

8. *Aydinli, S., Becker, B., Hilbert, G., Krochmann, E., Krochmann, J.* Museumsbeleuchtung, Farbänderungen von museumstypischen Materialien durch optische Strahlung// Licht. – 1990. – No. 11. – P. 861–866.

9. *Loe, D. L., Rowlands, E., Watson, N.F.* Preferred lighting conditions for the display of oil and watercolour paintings// Lighting Res. & Technol. – 1982. – Vol. 14 – P. 173–192.

10. *Scuello, M., Abramov, I., Gordon, J., Weintraub, S.* Museum lighting: Optimizing the illuminant//COLOR Res. & Appl. – 2004. – Vol. 29. – P. 21–127.

11. *Nickerson, D., Kelley, E.F.* Interim method of measuring and specifying color rendering of light sources. Report, 27 p.// Illum. Eng. – 1962. – July. – P. 471–495.

12. *Davis, W., Ohno, Y.* Toward an improved color rendering metric// *Proc. SPIE 5941* 59411 G1-G8. – 2005.

13. *Smet, K., Whiethead, L.* Meta-Standards for Color Rendering Metrics and Implications for Sample Spectral Sets// *CIC Conf.* – 2011.

14. *Pepler, W, Khanh, T.Q.* Museumsbeleuchtung – Lichtquellen, reflexionsspektren, optische Objektschädigung, Teil1// Licht. – 2013. – P. 1–21.

15. *Szabó, F., Csuti, P., Schanda, J.* Museum lighting with LEDs: LED lighting for the Sistine Chapel// Proc. Int. Conf. «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.2014, Kuala Lumpur, Malaysia. – P. 629–637.

16. *Luo, M.R., Li, C.J., Hunt, R.W.G, Rigg, B., Smith, K.J.* CMC 2002 colour inconsistency index: CMCCON02// Color. Technol. – 2003. – Vol. 119. – P. 280–285.

17. CIE 159:2004. A Colour Appearance Model for Colour Management Systems: CIECAM02. – Vienna: CIE, 2004.

18. *Luo, M. R., Li, C.* Colour Appearance Models and Associated Colour Spaces//In Colorimetry: Understanding the CIE system, ed. J. Schanda. – Wiley-Interscience, 2007.

19. *Smet, K.A.G., Schanda, J., Whithead, L., Luo, R. M.* 2013. CRI2012: A proposal for updating the CIE colour rendering index// Lighting Res. & Technol. – 2013. – Vol. 45. – P. 689–709.

20. *Miller, N. J.* Demonstration of LED retrofit lamps at the Smithonian American Art Museum, Washington, DC// US Department of Energy Report PNNL-21476. – 2012.

21. *Miller, N. J., Druzik, J. R.* Demonstration of LED retrofit lamps at an exhibit of 19 th Century photography at the Gety Museum// Final report in support of the DOE Solid-State Lighting Technology Demonstration GATEWAY Program. PNNL-21225. – 2012.

22. *Nascimento, S. M., Masuda, O.* Best lighting for visual appreciation of artistic paintings – experiments with real paintings and real illumination// JOSA. – 2014. – Vol. A 31. – P. A214–219.

***Янош Шанда (Janos Schanda),***
*Dr. Tech. Sc.*
*Заслуженный профессор Университета Паннонии (г. Веспрем, Венгрия). Окончил Университет им. Лорана Этвуша, в Будапеште, по специальности «Физика». Занимал ряд должностей в МКО. Вице-президент МКО (на период 2007–2011 гг.). Президент Венгерского национального комитета МКО (до середины 2009 г.). Председатель Технического комитета МКО по обновлению спектральных данных источников естественного света*



*Подписывайтесь на журнал*

СВЕТО ТЕХНИКА

*На 1-е полугодие 2015 года*

Индекс журнала 70808
в каталоге «Пресса России»,
отдел «АРЗИ».
Редакция также оформляет
подписку на журнал

Адрес: 129626, г. Москва,
проспект Мира, 106,
ВНИСИ, оф. 327, 334
Тел/факс: 8(495) 682-58-46
E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru

# Методика проектирования экологичного освещения

*М. СЁТЕР* [1]

Шведский институт исследований по светотехнике, Халставик, Швеция

**Аннотация**

О неблагоприятном воздействии наружного освещения на природу написано много. Можно заметить изменения в поведении животных, оказывающие большое влияние на размножение и нарушение дневного ритма. Часто сообщалось о захваченных в «световые пещеры» животных, о столкновениях с освещёнными фасадами зданий и разными освещёнными конструкциями, а также о нежелательном росте растений (водорослей). Некоторые неблагоприятные последствия применения наружного освещения бросаются в глаза, а другие хуже поддаются наблюдению, но могут оказываться более значительными и тревожными [1]. Однако о том, как решать эту проблему, написано очень мало.

**Ключевые слова:** методика проектирования, экологичное освещение.

## 1. Введение

Одна из проблем наружного освещения состоит в том, что оно оказывает значительное влияние на биологию и экологию: *«Экологи давно изучают критическое влияние естественного освещения на регуляцию взаимодействия биологических особей, однако, за некоторыми исключениями, они не исследовали влияние искусственного ночного освещения. В прошлом веке распространённость и интенсивность искусственного ночного освещения возросли в такой степени, что это освещение стало существенно влиять на биологию и экологию дикой природы»* [2].

Отмечалось [3], что амфибии гораздо более уязвимы и демонстрируют более быструю деградацию, чем птицы и млекопитающие: *«Первое глобальное исследование амфибий добавило новые доводы в пользу хорошо описанного явления их деградации. Амфибии более уязвимы и деградируют быстрее, чем птицы или млекопитающие»*.

Указывалось [1], что световое загрязнение представляет опасность для разнообразия форм жизни: *«Как и многие другие вызванные деятельностью человека изменения окружающей среды, световое загрязнение представляет опасность для разнообразия форм жизни»*.

В целом, многие учёные утверждают, что наружное освещение может вести к возникновению проблем. Отмечалось [1], что в настоящее время экосистемам угрожают урбанизация, химикаты и разные загрязнения и что наружное освещение может быть добавлено к прочим существующим неблагоприятным факторам, причём если эти факторы в совокупности преодолеть не удастся, то можно ожидать коллапса всей экосистемы.

### 1.1. О разработке методики проектирования экологичного освещения

Методика проектирования экологичного освещения (*ECO-LDP*) является обобщённой, позволяющей систематически применять современную теорию чувствительности животных и растений к излучению на определённых длинах волн. Одна из целей создания этой методики состоит в том, чтобы использовать наружное освещение для продления светлого времени суток без замены ночи на день, сводя при этом к минимуму опасность неблагоприятного воздействия наружного освещения на окружающую среду или указанных столкновений. Она предназначена для самых урбанизированных территорий.

*ECO-LDP* разработана в целях предохранения животных и растений как от прямого, так и от косвенного неблагоприятного воздействия наружного освещения. В качестве примеров прямого неблагоприятного воздействия можно привести изменения поведения, влияние на суточный ритм, столкновения и нарушения ориентации. К косвенным неблагоприятным воздействиям относится влияние производства электроэнергии на природу.

### 1.2. Основы для разработки *ECO-LDP*

В основе разработки методики проектирования освещения лежат исследования по взаимосвязи между человеком, светом, цветом и пространством (*MLCS*) [4], между животными, светом, цветом и пространством (*ALCS*), а также между растениями, светом, цветом и пространством (*PLCS*). При выборе данной методики эти исследования позволят сравнивать разные варианты друг с другом. Хотелось бы также исследовать то, как обучать проектированию освещения. Применение современной теории и систематического процесса проектирования и сравнение разных методов полезны при проектировании наиболее подходящих энергоэффективных и экологически безопасных систем. Системный подход позволяет оптимизировать взаимосвязь между *MLCS, ALCS* и *PLCS* и, конечно, полезен при обучении проектированию освещения. На данный момент автором были описаны (теоретически и приближённо) четыре типа методики проектирования освещения:

*UCLDP* – ориентированная на потребителя методика проектирования освещения;

*CCLDP* – компьютерная методика проектирования освещения;

*E-LDP* – энергосберегающая методика проектирования освещения;

*ECO-LDP* – методика проектирования экологичного освещения.

*E-LDP* проверялась автором в течение 2013 г., после чего освещение, спроектированное по *E-LDP*, использовалось в офисе 23 дня (с 8.00 до 19.00) [4]. Это освещение было благоприятным для пользователей и снизило потребление энергии. Когда другие методы проектирования освещения были применены к тем же самым, фигурировавшим весь 2013 г., условиям освещения, то оказалось, что *E-LDP* наиболее благоприятна для пользователей и самая энергосберегающая [5]. Базовые данные о расходе энергии на освещение офисов были взяты из Шведской энергетической статистики (в среднем 12 Вт·ч/м$^2$ в течение года). Освещение, спроектированное по *E-LDP*, потребляло 0,55 Вт·ч/м$^2$

---

[1] E-mail: *monica.sater@telia.com*.
Перевод с англ. Е.И. Розовского

в условиях освещения, зарегистрированных в течение 23 контрольных дней 2013 г. К этим же условиям освещения были применены и другие методы проектирования освещения, и было показано, что они приводят к большему среднему расходу энергии, чем по *E-LDP*. В основе этой работы лежит базовая методика проектирования освещения (*LDP*), состоящая из четырёх этапов. После введения в методику теоретических данных и проведения систематических оценок она делается полезной для повседневного практического применения. *LDP* можно конкретизировать под разные цели. В результате исследований, проведённых в ходе проектирования, можно выявлять обязательные рабочие моменты для достижения намеченной цели. Конкретизированную *LDP* можно использовать для наилучшего достижения намеченных обществом целей. Экологичное освещение – одна из них.

Общеизвестно, что исследователи научно образованны, но при проектировании освещения им недостаёт знаний массы мелких деталей. Проектировщик же может знать, как проектировать, но бывает редко обучен проведению исследований и разработке теории того, как проектировать освещение. Однако если проектировщик и научно подкован, и искушён в проектировании, то, вполне вероятно, этот сложный вопрос разрешаем подобающим образом. В результате интенсивного обучения проектированию освещения мы сегодня видим исследователей, обладающих глубокими знаниями в области проектирования освещения и способных развивать теоретические основы этого проектирования.

*LDP* может являться полезным инструментом применительно к:

- Слабовидящим (*UCLDP*).
- Энергоэффективному освещению (*E-LDP*).
- Экологически приемлемому освещению (*ECO-LDP*)

### 1.3. Об *ECO-LDP*

Характерная особенность *ECO-LDP* состоит в том, что проектируемое освещение не несёт вреда людям, животным, растениям и природе не только по причине ограниченного потребления расходуемой на освещение энергии, но и благодаря правильным выборам светильников, светораспределения, светофильтров и др. Проектируемое освещение не несёт вреда ещё и благодаря выбору источников света с подходящим спектром излучения. Кроме того, проектируемое освещение безвредно из-за отсутствия проблем с включением светильников, ограниченности времени их работы и использования низких уровней освещения.

### 1.4. Противоречивые потребности

Несмотря на всевозрастающее число статей о неблагоприятном воздействии наружного освещения на природу [6, 7], нет никаких сомнений в том, что люди нуждаются в наружном освещении для получения удовольствия от жизни и обеспечения возможности эффективно функционировать и чувствовать себя в безопасности на открытом воздухе. В то же время ясно, что животные, растения и экосистемы нуждаются в ночной темноте. Животные и растения развиваются в соответствии с тем, как естественный свет проявляется в местах их обитания. Для соответствия разнообразным условиям освещения у них развивается нечувствительность или сверхчувствительность к воздействию света. И, конечно, есть различия между приспособленной к условиям освещения жизнью глубоко в море, в пустыне или в джунглях [8–11].

### 1.5. Уравновешивание противоречивых потребностей

Противоречивые потребности в наружном освещении и темноте должны уравновешиваться, причём особого внимания требует безопасное применение наружного освещения. Проблема в том, что это освещение не повторяет уровни естественного освещения в течение всего года, отличается от него по спектру и светораспределению. Чем больше рукотворное наружное освещение отличается от естественного, тем большую угрозу оно несёт природе и, следовательно, нам. Если же благодаря хорошим системам освещения, при проектировании которых опасность неблагоприятного воздействия сведена к минимуму, одновременно удовлетворяются потребности в ночном освещении и в темноте, то в итоге это повышает связанный с освещением уровень жизни людей.

### 1.6. Прямое и косвенное неблагоприятные воздействия

Проблема прямого и косвенного неблагоприятных воздействий наружного освещения – критическая. Наружное освещение в сельской местности следует окончательно и бесповоротно проектировать так, чтобы оно приносило минимальный вред людям, животным, растениям и природе. К проектированию освещения в более урбанизированных местах также следует относиться внимательней [12, 13].

## 2. Цель работы

Цель работы заключается в описании этапов проектирования освещения, подлежащих выполнению согласно систематизированной методике проектирования освещения и обеспечивающих низкий уровень неблагоприятного воздействия освещения на людей, животных, растения и экосистемы в сельской местности.

## 3. Метод

Анализ литературных данных, связанных с экологическими последствиями применения наружного освещения, был совмещён с базовой методикой проектирования освещения, разработанной в Йёнчёпингском университете, Швеция, [13–16]. Эта методика была доработана автором применительно к внутреннему освещению общественных зданий с целью сделать проектируемое освещение энергоэффективным и благоприятным для пользователей и природы (*E-LDP*) [5]. На основе *LDP* и *E-LDP* была разработана методика *ECO-LDP* [17], предназначенная для сельской местности.

## 4. Результаты

Итак, на основе литературных данных и описания *LDP* и *E-LDP* была разработана методика *ECO-LDP*.

*ECO-LDP, последовательность действий:* Начните с постановки задач, затем воспользуйтесь современными теоретическими данными при реализации методики. Выполните этапы проектирования 1–4, а затем оцените результаты в соответствии с этими этапами.

ТЕОРИЯ, *ECO-LDP* – задачи, связанные с прямым воздействием:

• Ограниченное неблагоприятное воздействие на людей, живущих в рассматриваемой местности.

• Ограниченное неблагоприятное воздействие на животных, живущих в рассматриваемой местности.

• Малое воздействие на рост растений в рассматриваемой местности.

• Ограниченное привлечение животных светом источников света и светильников.

*ТЕОРИЯ, ECO-LDP – задачи, связанные с косвенным воздействием:*

• Ограниченное использование энергии и, как следствие, ограниченное неблагоприятное воздействие на природу.

• Контроль за тем, угрожает ли освещение на прилегающей местности животным, растениям и экосистемам, и наблюдается ли уменьшение или несбалансированное увеличение количества животных и растений.

• Использование списков, составляемых такими организациями, как Программа ООН по окружающей среде (*UNEP*) и Всемирная федерация дикой природы (*WWF*), и национальными государственными органами, для контроля за тем, существует ли в рассматриваемой местности угроза животным и растениям и наблюдается ли уменьшение или несбалансированное увеличение количества животных и растений.

*ECO-LDP – этап 1, пространство:*

• Определение того, как на протяжении всего года в рассматриваемом пространстве проявляется светлое и тёмное время суток.

• Изучение людей, животных, растений и экосистем, присутствующих в рассматриваемой местности.

*ECO-LDP – этап 2, пользователи:*

• Каковы потребности людей, проживающих в рассматриваемой местности, в части создаваемых наружным освещением уровней освещённости, а также времени включения и продолжительности работы освещения?

• Каковы потребности животных, растений и экосистем в темноте?

• Какого рода чувствительность или сверхчувствительность развиваются у животных и растений в рассматриваемой местности?

• Как можно спроектировать наружное освещение, чтобы уменьшить привлечение животных светом?

• Как можно предотвратить нежелательный рост водорослей?

• Как можно уравновесить в рассматриваемой местности потребности в наружном освещении и темноте, с тем чтобы обеспечить безопасную зрительную ориентацию для людей и, по возможности, наиболее тёмную ночь для животных и растений?

*ECO-LDP – этап 3, проектирование синхронизации естественного и наружного освещения:*

• Проектируйте наружное освещения так, чтобы оно походило на естественное в части спектрального состава излучения в течение той части дня, когда оно включено.

• Проектируйте наружное освещения так, чтобы оно менялось во времени так, как и естественное.

• Проектируйте наружное освещения так, чтобы оно в рассматриваемой местности вечером и ночью выглядело так, как и естественное.

• Проектируйте уровень освещения так, чтобы он был возможно ближе к создаваемому Луной и повышайте его по мере необходимости.

• Ограничивайте светораспределение так, чтобы как можно меньше привлекать животных.

• Обеспечивайте минимальное привлечение животных источниками света и светильниками, используя соответствующие светофильтры и светильники.

*ECO-LDP – этап 4, проектирование осветительной установки:*

• Проектируйте наружное освещение в соответствии с результатами, полученными на этапах 1, 2 и 3.

• Планируйте практическое применение освещения на основе информации, собранной на этапах 1, 2 и 3.

• Используйте источники света, которые не излучают на длинах волн, способных неблагоприятно воздействовать на животных и растения в рассматриваемой местности, исходя при этом из теоретических основ проекта и информации, полученной в результате исследований, проведённых на этапе 2.

• Используйте систему управления, способную снижать световой поток осветительной установки до уровня лунного, медленно увеличивая его по мере необходимости, а затем вновь возвращая его к уровню лунного. Эта система должна уметь адаптироваться к происходящим на протяжении года изменениям условий освещения.

• Используйте светильники, ограниченно привлекательные для животных.

• Используйте по возможности минимум энергии.

*ECO-LDP – оценка, прямые воздействия:*

• Безопасная зрительная ориентация, если люди в ней нуждаются.

• Минимально неблагоприятное воздействие на людей в рассматриваемой местности.

• Минимально неблагоприятное воздействие на животных в рассматриваемой местности.

• Незначительное воздействие на рост растений в рассматриваемой местности.

• Ограниченное привлечение животных источниками света и светильниками.

*ECO-LDP – оценка, косвенные воздействия:*

• Ограниченное потребление энергии и, как следствие, ограниченно неблагоприятное воздействие на природу.

*ECO-LDP – оценка, этап 1:*

• На этапе 1 работы используется осовремененная теория.

• Искусственное освещение с наименьшими возмущениями вписывается в дневные и ночные условия освещения рассматриваемого пространства.

*ECO-LDP – оценка, этап 2:*

• На этапе 2 работы используется осовремененная теория.

• Люди в рассматриваемой местности обеспечены возможностью безопасной (меньшей, чем приятной) зрительной ориентации.

• Нарушения темноты оказывают ограниченное воздействие на животных и растения.

*ECO-LDP – оценка, этап 3:*

• На этапе 3 работы используется осовремененная теория.

• Проект наружного освещения позволяет обеспечивать зрительную ориентации, оказывая притом ограниченное отрицательное воздействие на животных и растения в рассматриваемой местности.

*ECO-LDP – оценка, этап 4:*

• На этапе 4 работы используется осовремененная теория.

• Источники света и дополнительное оборудование используют так, чтобы получать свет, похожий на естественный по спектральному составу в то время суток, ког-

да используется искусственное освещение.

• Источники света и дополнительное оборудование используют так, чтобы получать свет, похожий на естественный по временной динамике в то время суток, когда используется искусственное освещение.

• Источники света и дополнительное оборудование используют так, чтобы получать свет, вечером и ночью выглядящий так, как и естественный.

• Источники света и дополнительное оборудование используют так, чтобы уровень освещения был бы по возможности наиболее близок к создаваемому Луной и мог бы повышаться по мере необходимости.

• Источники света и дополнительное оборудование используют так, чтобы создавать ограниченное светораспределение, обладающее минимальной привлекательностью для животных.

• Светильники выбирают так, чтобы их свет был наименее привлекателен для животных.

• Система является энергоэффективной и оказывает как слабое прямое неблагоприятное воздействие на людей, животных и растения, так и слабое косвенное неблагоприятное воздействие на природу.

## 5. Обсуждение

Защита экосистем имеет огромное значение. Следует проанализировать неблагоприятное воздействие на экосистемы со стороны использования наружного освещения и выработать практические меры, позволяющие решать возникающие проблемы. Именно для этого и предназначена *ECO-LDP*.

Объединив проектирование освещения с теорией экосистем, можно создать систематическую методику проектирования и обеспечить систематическую оценку разработанных проектов, тем самым получая возможность уменьшения прямого и косвенного неблагоприятных воздействий, обусловленных использованием наружного освещения.

## 6. Заключение

Тщательно разработанный проект, смягчающий неблагоприятные последствия использования наружного освещения, – дело очень важное. *ECO-LDP* – это новая методика, необходимая для уменьшения прямого и косвенного неблагоприятных воздействий, обусловленных использованием наружного освещения.

## 7. Предстоящая работа

Следует перейти от фрагментарного подхода к использованию наружного освещения к целостному. Если расширить фрагментарный подход к проектированию освещения, основанный на обеспечении возможности зрительной работы, и включить в него моменты, связанные с нефизиологическим неблагоприятным воздействием освещения, то освещение станет лучше. Если в качестве потребителей рассматривать не только людей, но и животных, растения и экосистемы, то освещение станет экологичнее.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. *Holmstrand, L.* Ecological effects of light pollution// Department of biology, Uppsala University. – 2012.

2. *Longcore, T., Rich, C.* Ecological light pollution/ Frontiers in Ecology and the Environment 2. – 2004. – P. 191–198

3. *Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fishman, D.L., Waller, R.W.* Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide// Science. – 2004. – No. 306. – P. 1783–1786.

4. *Säter, M.* Equilibrium. User Centred Lighting Design. Towards the development of a lighting design that is individually psychologically, physiologically and visually supportive/ Department of Architecture. Chalmers University of Technology. – 2012.

5. *Säter, M.* Model to an optimized energy efficiency in lighting applications offices and open-plan offices/ Post doc project. Chalmers Publication Library (in Swedish). – 2014.

6. *Pauley, S.M.* Lighting for the circadian clock: resent research indicates that lighting has become a public health issue/ Medical Hypotheses. – 2004. – Vol. 63, No. 4.

7. *Van Langevelde, F., Ettea, J., Donners, M., Wallis de Vries, M.F., Groenendijk, D.* Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths/ Biological Conservation. – 2011. – No. 144. – P. 2274–2281.

8. *Perry, G., Bushanan, B.W., Fisher, R.N., Salmon, M.* Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. In: Mitchell JC, Jung Brown RE., 2008.

9. *Ogden, L.E.* Collision course: the hazards of lighted structures and windows to migrating birds/ WWW-document 1996–09–01: http://digitalcommons.unl.edu/flap/3/. – 1996.

10. *Moore, M.V., Pierce, S.M., Walsh, H.M., Kvalvik, S.K., Lim, J.D.* Urban light pollution alters the dielvertical migration of Daphnia/ Verh Internat Verein Limnol. – 2000. – Vol. 27. – P. 779–782.

11. *Aubrecht, C., Elvidg, C.D., Ziskin, D., Rodriques, P., Gil. A.* Observing stress of artificial night lighting on marine ecosystems – a remote sensing application study/ ISPRS TC VII Symposium 38, 2010, P. 41–46.

12. *Kriska, G., Malik, P.* Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution/ Frontiers in Ecology and the Environment. – 2009. – Vol. 7. – P. 317–325.

13. *Bushanan, B.W.* Observed and potential effects of artificial night lighting on anuran amphibians. In: Rich C, Longcore T (red). Ecological consequences of artificial night lighting. Washington: Island Press, 2006. – P. 192–220.

14. *Säter, M.* Knowledge from photobiology transformed into the lighting design process/ LUX EUROPA 2013, 16–19.09.2013, Krakow, Poland.

15. *Säter, M.* About the interaction of man, light, colour and space and the lighting design process/15 th Congress of the European Society for Photobiology, 2–6.09.2013, Liège, Belgium.

16. *Säter, M.* Lighting design based on human principles/CIE Centenary Conference 'Towards a New Century of Light', 15–16.04.2013, Paris, France.

17. *Säter, M.* The user centred lighting design process/ LUX PACIFICA, 6–8.03.2013, Bangkok.

18. *Säter, M.* Eco lighting design process/ CIE 2014 Lighting Quality & Energy Efficiency, 23–26.04.2014, Kuala Lumpur, Malaysia.

***Моника Сётер (Monica Säter),*** *Dr. of Technol. Более 10 лет читала лекции по проектированию осветительных установок в Йёнчёпингском университете, Швеция. Занимается исследованиями по повышению энергоэффективности и экологичности освещения в Шведском институте исследований по светотехнике. Член Шведского национального комитета МКО и Инструкторской группы Международной ассоциации светодизайнеров (IALD)*

# Управление светильниками со светодиодами в уличном освещении

*И.А. ОШУРКОВ* [1], *Е.С. ОШУРКОВА*

ООО «БЛ ТРЕЙД», Москва

**Аннотация**

Представлен обзор наиболее распространённых вариантов организации управления уличным освещением: управление с диспетчерского пункта; управление автоматическим устройством с подстанции; индивидуальное самоуправление светильников. Рассмотрены возможности реализации канала управления светильниками со светодиодами (СД) без прокладки дополнительных линий – беспроводная сеть «*ZigBee*», передача сигнала по силовым линиям «*PLC*» – и указаны основные преимущества и недостатки этих решений.

**Ключевые слова:** освещение улиц, освещение дорог, управление освещением, источники питания, энергоэффективное решение, светильники с СД.

По данным ПРООН/ГЭФ, на освещение в нашей стране расходуется до 13 % вырабатываемой электроэнергии. При этом расход энергии в сетях уличного освещения (УО) в населённых пунктах оценивается в 30 % от всех энергозатрат на освещение. Если учесть ещё и дополнительные затраты на обслуживание сетей освещения, то доля УО в структуре затрат муниципальных бюджетов оказывается весьма значительной. Существует несколько подходов к снижению этих затрат: 1) применение более энергоэффективных источников света; 2) создание и применение систем управления уличным освещением [1].

Для столицы оба эти подхода в полной мере озвучены в разработанной Правительством Москвы «Программе энергосбережения в городе Москве на 2012–2016 годы и на перспективу до 2020 года». Реализация этой программы привела к тому, что морально устаревшие светильники с ртутными лампами «ДРЛ», там, где они ещё оставались, были заменены на современные – с натриевыми лампами «ДНаТ», а также на улицах и во дворах стали появляться светильники с СД [2]. Таким образом, за счёт большей энергоэффективности достигается непосредственная экономия потребляемой электроэнергии при сохранении требуемого уровня освещённости. Управление освещением, а именно снижение потребляемой мощности и, соответственно, светового потока в часы наименьшей загрузки, позволило бы ещё больше экономить средства.

Из рис. 1 видно, что с 23:00 и до 7:00 интенсивность движения минимальна. Пункт 7.43 документа СП 52.13330.2011 гласит: «допускается в ночное время снижать уровень наружного освещения городских улиц, дорог и площадей при нормируемой средней яркости более 0,8 кд/м$^2$ или средней освещённости более 15 лк на 30 % при уменьшении интенсивности движения до 1/3 максимальной величины и на 50 % при уменьшении интенсивности движения до 1/5 максимальной величины». То есть для категорий дорог «А», «Б», и для подкатегории «В1» возможно регулирование светового потока светильников.

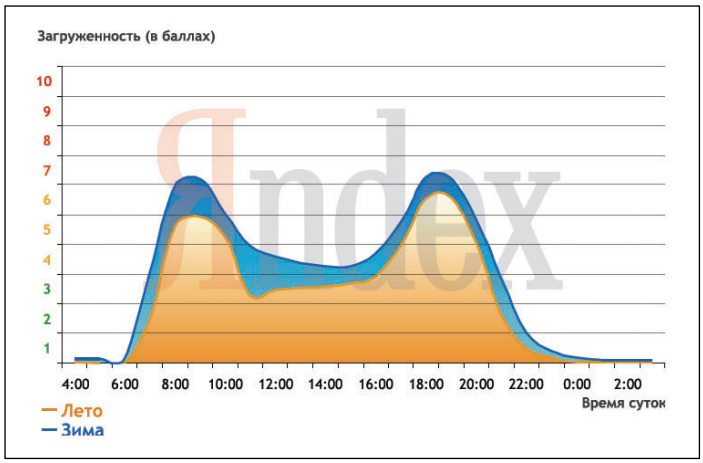



Рис. 1. *График загруженности дорог в зависимости от времени суток по данным сервиса «Яндекс-пробки»*

СД как источники света помимо высокой световой отдачи и большого срока службы имеют несколько значительных преимуществ по сравнению с разрядными лампами. С точки зрения управления освещением главным из этих преимуществ является возможность глубокого регулирования светового потока – от 0 до 100 % – и лёгкость реализации этой возможности. Причём световой поток можно менять плавно, не теряя стабильности работы. Темнение (диммирование) разрядных ламп более чем на 15 % приводит, как правило, к нарушению стабильности горения разряда, что вызывает мерцания и негативно сказывается на сроке службы ламп (ускоренная деградация электродов, акустический резонанс). А в светильниках с СД используются электронные импульсные источники питания (ИП), которые не только могут управлять световым потоком светильника за счёт изменения силы прямого тока СД, но и (в зависимости от конфигурации) обладать интеллектуальными свойствами. Интеллектуальный ИП обладает встроенным микроконтроллером и позволяет реализовывать функции самодиагностики, мониторинга состояния СД и питающей электросети, отсчитывать времена работы и включения/выключения по предустановленному расписанию. Вся информация о работе ИП и состоянии СД при наличии канала связи может передаваться на диспетчерский пункт для обнаружения вышедших из строя светильников. При этом вступает в игру дополнительная экономия от установки системы управления освещением: снижаются эксплуатационные расходы – ремонтная бригада высылается сразу на известную точку, вместо того, чтобы искать неисправность по всей линии, и есть возможность заранее оценивать место и причину возникновения неисправности в светильнике.

В настоящее время, по данным ГУП «Моссвет», городские установки наружного освещения оборудова-

[1] E-mail: oshurkin@gmail.ru

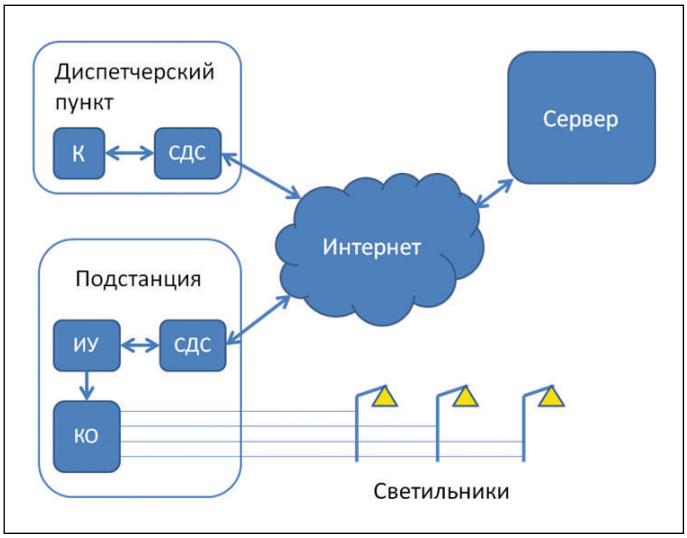



Рис. 2. *Структурная схема системы централизованного дистанционного управления*

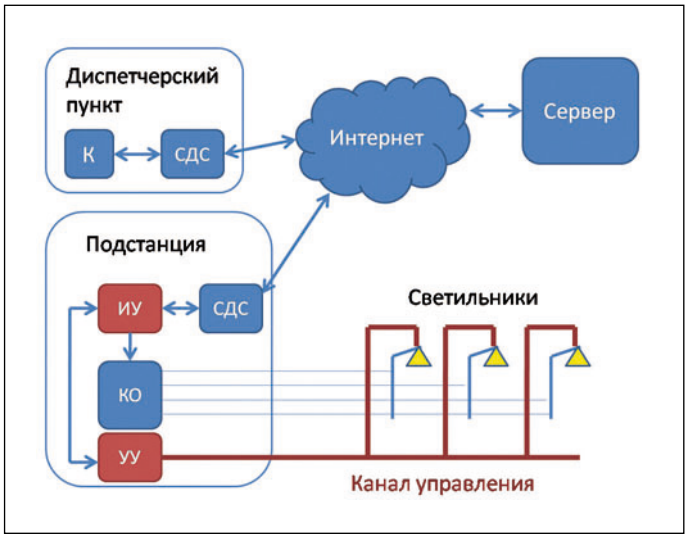



Рис. 3. *Структурная схема системы централизованного управления*

ны централизованным дистанционным управлением – так называемым «телеуправлением». Система управления содержит 19 диспетчерских пунктов и свыше тысячи км управляющих кабелей. Централизованное дистанционное управление призвано обеспечивать удалённое включение/выключение линий освещения на городских автомагистралях и в местах общественного пользования. Упрощённо его можно представить в виде связанных воедино диспетчерского пункта, сервера, подстанции и светильников (рис. 2).

Диспетчерский пункт представляет собой автоматизированное рабочее место диспетчера с компьютером (К), подключённым к сети Интернет, на котором установлена программа, отражающая состояние всех линий освещения и позволяющая посредством графического интерфейса управлять работой городских светильников. Средство доступа к серверу (СДС) обеспечивает доступ компьютеру диспетчера к сети Интернет и может быть реализовано по-разному. (Как правило, это *GSM*-модем.) Установив соединение с сервером, диспетчер получает доступ к исполнительному (ИУ) и коммутационному (КО) устройствам конкретной интересующей его подстанции. На подстанции, для связи с сервером, также установлено СДС. Получив информацию от сервера, исполнительное устройство включает или выключает силовые контакторы (КО) внутри подстанции, обеспечивая тем самым подачу/снятие напряжения на линии освещения и светильники, подключённые к данной подстанции. Тем самым достигается дистанционное включение и выключение городского освещения в соответствии с программой, запущенной на компьютере диспетчера. Когда же помимо простого включения/выключения возникает вопрос регулирования светового потока светильников, описанная система требует наращивания, либо может быть заменена на принципиально другую. Спектр существующих сегодня решений по управлению уличным освещением очень широк.

Далее рассмотрим три основных подхода к построению системы управления уличным освещением, которые можно считать наиболее распространёнными в настоящее время.

### Первый вариант – централизованное управление светильниками

Данный подход аналогичен описанному ранее, с тем лишь исключением, что в систему добавляется устройство управления светильниками (УУ). Следует также отметить, что исполнительное устройство, анализирующее данные, полученные от сервера в данном случае должно обладать возможностью обмена информацией с УУ (рис. 3). Программное обеспечение, установленное на компьютере диспетчера, разумеется, должно обладать расширенным функционалом, позволяя как управлять группами светильников, так и давать команды отдельным световым точкам.

В соответствии с заданным расписанием изменения уровня освещённости программное обеспечение посылает команду о снижении или увеличении светового потока конкретных светильников. Исполнительное устройство, установленное на подстанции, главная функция которого заключается в управлении коммутационным оборудованием, передаёт поступившую команду далее, на УУ. Последнее вместе с подключёнными к нему по каналу управления светильниками формирует локальную сеть управления освещением. Интерпретировав полученную команду, УУ определяет, какие именно светильники из всей сети управления должны изменить свой световой поток, и посылает сообщение для них по каналу управления, который может реализовываться по-разному. Физически он может представлять собой дополнительный кабель с проводами управления, может быть беспроводным и использовать для передачи данных радиоэфир или же исключать прокладку дополнительного кабеля, используя для передачи информации уже существующие линии электропитания, подведённые к светильникам.

### Второй вариант – децентрализованное управление

На рис. 4 представлен наиболее простой вариант модернизации существующей системы управления освещением (рис. 2). Отличается он в основном наличием автоматического управляющего устройства (АУУ), ко-

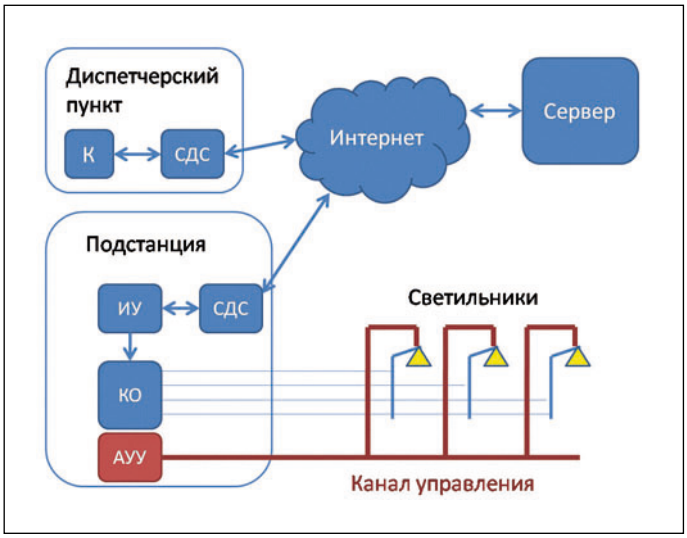



Рис. 4. *Структурная схема системы децентрализованного управления*

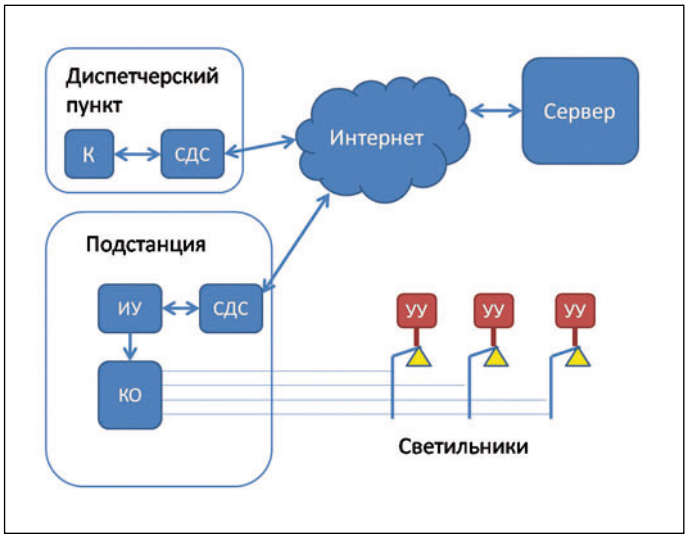



Рис. 5. *Структурная схема системы автономного управления*

торое обладает энергонезависимыми часами реального времени и способно всегда достоверно определять текущую дату и время. В соответствии с заранее предустановленным в АУУ графиком изменения светового потока по дням года (в котором учтена динамика светового дня в конкретной географической точке), формируются команды управления светильниками, передающиеся по каналу управления. Канал управления также может реализовываться разным образом.

К очевидным недостаткам данного способа организации управления освещением относятся: невозможность управления в реальном времени; отсутствие обратной связи с диспетчером; необходимость выезда специалиста на подстанцию при внесении изменений в график управления светильниками для перепрограммирования АУУ.

Из плюсов можно выделить простоту и скорость организации сети управления освещением и отсутствие необходимости модернизации диспетчерского пункта и сервера. Стоит также отметить, что вполне возможен вариант управления, при котором на АУУ тоже будут возложены функции управления коммутационным оборудованием в соответствии с календарным графиком управления светильниками. При этом можно избавиться от диспетчерского пункта, сервера и необходимости связывать всё через Интернет. (Что, очевидно, несёт снижение расходов как на развёртывание сети управления, так и на её эксплуатацию.) Строго говоря, именно отсутствие диспетчерского пункта делает этот вариант «децентрализованным».

### Третий вариант – автономная система управления освещением

Радикальное отличие данной системы от предыдущих – отсутствие канала управления (рис. 5).

В каждом светильнике имеется интегрированное в ИП, либо дополнительно к нему установленное УУ. Оно работает автоматически, аналогично предыдущему варианту, в соответствии с предустановленным графиком. Основное преимущество данного подхода – гарантированная работа каждого светильника в соответствии с заданным режимом, чего не наблюдается в случае выхода из строя канала связи в централизованной или децентрализованной системах управления. Недостаток очевиден: значительно удорожается ИП и, как следствие, светильник. В целом данный вариант используется крайне редко.

### Реализация канала управления

Среди всех доступных на сегодня решений на первый план выходят те, которые исключают прокладку дополнительного кабеля с проводами управления. Канал управления формируется или с помощью радиосвязи, или – связи по линиям питания (*Power Line Communication – PLC*). Причин минимизации количества проводов несколько. С одной стороны, прокладка дополнительного кабеля несёт дополнительные затраты и не всегда возможна. С другой – существующие варианты управления по дополнительной проводной линии рассчитаны большей частью на работу внутри зданий, а не на управление уличными светильниками. При построении сети уличного освещения на их основе общая длина управляющих проводов оказывается чрезвычайно большой, что приводит к проблемам с распространением по ним сигнала и, как следствие, к нарушению стабильности связи.

Среди технологий беспроводной связи стоит выделить «*ZigBee*» [3]. Предназначавшаяся изначально для управления устройствами «умного дома», сегодня эта технология позволяет успешно реализовывать управление уличным освещением. Работа приёмопередающих устройств, поддерживающих протокол управления «*ZigBee*», ведётся на частоте 2,4 ГГц, попадающей в диапазон разрешённых для гражданского применения и не подлежащих сертификации. Ключевыми особенностями «*ZigBee*» являются защищённость и надёжность связи, передача данных на расстояние порядка 100 м в условиях городской застройки, низкое энергопотребление. Низкая скорость передачи данных (до 250 кбит/с), характерная для этой технологии, не является препятствием для её применения в управлении уличным освещением. В реальной системе управляющая информация для светильника передаётся не более 20 раз в сутки. Топология сети в уличном освещении может быть различ-

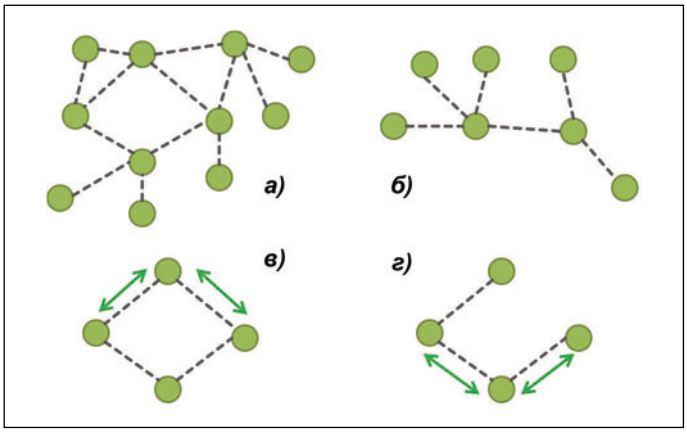



Рис. 6. *Топологии сети «ZigBee»:*
*а – многоячейковая; б – дерево; в – маршрут связи между двумя удалёнными друг от друга узлами сети; г – самовосстановление связи в результате её потери по существовавшему маршруту*

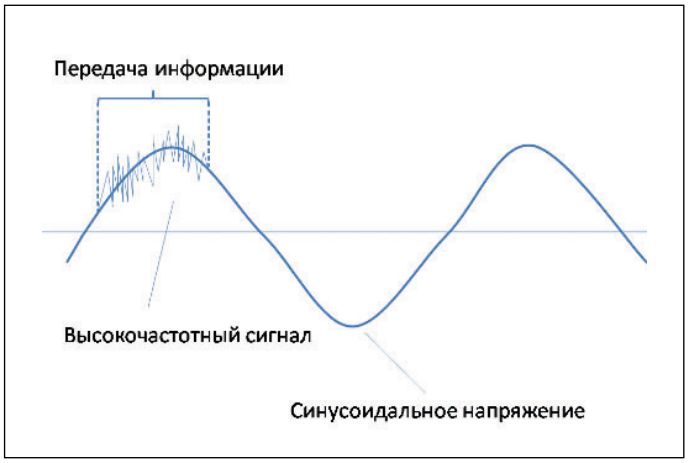



Рис. 7. *Передача информационного сообщения в технологии PLC*

ной. Как правило, это – кластерное дерево (рис. 6), поскольку эта топология хорошо соответствует реальному расположению светильников на местности. Кластерное дерево подразумевает, что обмен информацией между узлами сети происходит по заранее установленному маршруту по цепочке. И в случае потери связи между двумя соседними узлами в этой цепочке управление светильниками теряется. Однако существует ещё и другая, более сложная, многоячейковая, топология (рис. 6), ключевыми особенностями которой являются самоорганизация (не нужно заранее устанавливать, как будет распространяться информация между узлами сети) и самовосстановление (при потере связи по старому маршруту изменяется маршрут передачи). Естественно ожидать, что повышение «интеллектуальности» сети неизбежно влечёт удорожание канала управления и подключённых к нему устройств.

Стоит отметить, что технология «*ZigBee*» – не единственная в своём классе. Могут применяться её аналоги, позволяющие формировать многоячейковую сеть или кластерное дерево. Такие беспроводные технологии связи как «*WiFi*» и «*Bluetooth*» не применяются для управления светильниками, главным образом, из-за своей дороговизны и избыточности. Эти технологии в основном нацелены на обмен большими объёмами информации (потоковое видео, передача звука), и применение их (для того, чтобы пару раз в сутки переслать пару байтов) выглядит неразумным.

Для реализации канала управления на основе «*ZigBee*» приёмопередатчики, поддерживающие эту технологию, должны устанавливаться в УУ на подстанции и в каждом из светильников. При этом приёмопередатчик светильника может располагаться в ИП для СД (такие ИП встречаются достаточно редко) или, в виде отдельного устройства, в корпусе светильника; он принимает по радиоканалу информацию от УУ и формирует управляющее воздействие для ИП (например, ШИМ-сигнал амплитудой 10 В; и ИП с управлением по ШИМ-сигналу встречаются гораздо чаще).

Что же касается технологии передачи данных по силовым линиям «*PLC*», то она включает в себя несколько разных вариантов, общим для которых является использование питающих проводов в качестве среды распространения сигнала и схожий принцип (рис. 7): передающее устройство преобразует информацию в ВЧ-напряжение (единицы и даже десятки МГц), которое затем «накладывается» на напряжение питания; принимающее устройство выделяет ВЧ-составляющую, декодирует её и собирает переданное информационное сообщение.

На сегодня существуют технические решения, позволяющие передавать информацию по силовым линиям на скоростях до 100 Мбит/с, но, очевидно, что такие скорости применительно к управлению освещением избыточны. Помимо этого, ВЧ-сигнал, обеспечивающий подобные скорости обмена, сильно «затухает» при распространении по протяжённой линии освещения. Чтобы снизить влияние физических параметров линии освещения (паразитные ёмкости и индуктивности проводов и монтажных соединений), несущую частоту снижают с десятков МГц до единиц кГц. Однако такое снижение начинает влиять на работу ИП для СД, подключённых к этим же силовым линиям питания. Может понадобиться установка дополнительных фильтров, нивелирующих это влияние.

К минусам технологии «*PLC*» стоит отнести: 1) влияние на связь топологии электрической сети, качества её монтажа и электрических соединений; 2) влияние на связь электрооборудования, подключённого к линии питания; 3) создание помех в коротковолновом диапазоне; 4) деление пропускной способности сети между всеми её участниками; 5) возможность возникновения отражённых волн, поскольку длина волны информационного сигнала оказывается сравнимой с длиной линии освещения.

Возможность применения светильника с СД в конкретной системе управления освещением определяется тем, каким ИП он укомплектован. Это может быть ИП с индивидуальным УУ, интеллектуальный ИП с функцией обратной связи, ИП с беспроводным приёмопередатчиком или способный расшифровывать *PLC*-сигналы.

*BL group* представляет светильники с СД, под брендом «*GALAD*», разработанные специально для освещения дорог и магистралей, а также прочих городских пространств (рис. 8). Светильники под заказ могут выпускаться с любым из указанных выше вариантов ИП и, соответственно, интегрироваться в любой тип системы управления городским освещением.

Рис. 8. *Светильники GALAD ДКУ04 «Волна 2» и ДКУ05 «Волна 1»*

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. Тематическое сообщество «Энергоэффективность и энергосбережение». Консолидированный обзор «Приоритеты технологического развития светотехники». Составители: А.С. Мартынов, В.В. Семикашев. URL: http://solex-un.ru (дата обращения: 20.03.2014).

2. *Федорищев А.Ю.* Опыт реализации программы энергосбережения ГУП «Моссвет» г. Москва // Энергосовет. – 2011. – № 2 (15). – С. 31–32.

3. *Shanin Farahani* (Ph.D.) Zigbee Wireless Networking and Transcievers. – Newnes press, 2008.

***Ошурков Илья Анатольевич,***
*магистр по направлению «Промышленная электроника». Окончил в 2010 г. МЭИ (ТУ). Специалист по источникам питания ООО «БЛ ТРЕЙД»*

***Ошуркова Елена Сергеевна,***
*магистр по направлению «Светотехника и источники света». Окончила в 2008 г. МЭИ (ТУ). Технический консультант ООО «БЛ ТРЕЙД».*


# О болгарской конференции по освещению «*BulLight 2014*»

С 10 по 13 июня 2014 г. в Созополе прошла XV-я Болгарская национальная конференция по освещению «*BulLight 2014*». В ней участвовало около 170 специалистов по светотехнике из Болгарии, Германии, России, Румынии и Турции. Данная конференция проводится раз в три года и служит местом для обмена новейшими идеями и достижениями в области освещения. Конференция в этом году отметила 50-летие Болгарского национального комитета по освещению.

В рамках конференции проведены выставка светильников и два круглых стола – «Уличное освещение светодиодами. Состояние, проблемы и перспективы» и «Освещение светодиодами квартир и офисов».

На выставке свои изделия представили компании «Солар ЛЕД», «Самел 90», «ИКИС СЛ», *S.C.Electromagnetica S.A.*, *Rommtech 3 S*, *Kovas*, *Neosvet*, «Призма», *New Energy Projects* и др.

Главной темой конференции были инновации и развитие освещения светодиодами. В настоящее время происходит революция в области источников света. Светодиоды за каждые несколько месяцов улучшают свои параметры и уже имеют наибольшую энегоэффективность. Чтобы создать эффективный светильник нужны совместные усилия как инженеров-светотехников, так и инженеров с богатым опытом в области электронного оборудования. В Болгарии имеются хорошие условия для такого сотрудничества, и на выставке были представлены светильники со световой отдачей порядка 140 лм/Вт, что значительно выше соответствующих достижений ведущих компаний-производителей светильников. Поэтому не случайно, что некоторые болгарские компании-спонсоры конференции успешно экспортируют свою продукцию во Францию, Германию и Великобританию. Кроме лучших технических параметров они имеют и более конкурентоспособные цены.

За вклад в развитие осветительной техники и в связи с 50-летием Болгарского национального комитета по освещению были вручены знаки почёта и юбилейные грамоты. При этом за значительный вклад в развитие светотехники в Болгарии журнала «Светотехника», возглавляемого Ю.Б. Айзенбергом, последнему на конференции был вручён знак почёта «50 години НКО».

***Красимир Велинов, доктор, доцент, председатель Болгарского национального комитета по освещению***

# Классификация естественного освещения в условиях облачности

*С. ДАРУЛА, Р. КИТТЛЕР* [1]

Строительно-архитектурный институт Словацкой академии наук, Братислава, Словакия

**Аннотация**

Естественный свет широко используется для освещения рабочих мест и жилых помещений на протяжении всего года. Измерение наружной диффузной освещённости на станциях наблюдения по Международной программе измерений естественного освещения МКО (далее – станции *IDMP*) демонстрируют высокую изменчивость естественного освещения в период от восхода до заката. Изменения высоты солнца, типа облачности, плотности облачного покрова и замутнённости атмосферы влияют на уровень доступного естественного света и изменения освещённости на протяжении суток. Для проектирования и имитации естественного освещения в зданиях требуются знание типичных внешних условий. Тип облачности, плотность облачного покрова и продолжительность солнечного света удовлетворительно описывают разные ясные, облачные и пасмурные дни. Проведённые на основе измерений исследования изменчивости освещения показали, что для расчётов естественного и искусственного освещения можно ввести шесть классов изменения естественной освещённости.

В статье обсуждается влияние облачности на дневные изменения освещённости.

**Ключевые слова:** естественное освещение, условия облачности, дневные изменения освещённости.

## 1. Введение

Тело человека, и особенно его органы зрения, за время своего многовекового развития приспособились к динамичным естественным условиям. Однако люди проводят более 80% своего времени внутри зданий, где они работают, отдыхают или занимаются разнообразной деятельностью. Более 90% информации человек получает посредством зрения. Поэтому светотехники обязаны проектировать и реализовывать внутреннее освещение таким образом, чтобы оно обеспечивало комфортное выполнение зрительных задач и удовлетворяло требованиям сохранения здоровья и обеспечения безопасности людей. Интерьеры могут освещаться естественным и (или) искусственным светом. Если искусственное освещение обеспечивает стабильные условия освещения на протяжении всего времени своей работы, то естественный свет ежедневно непрерывно меняется от восхода до заката весь год, что можно отнести к его достоинствам.

Существует ряд стран, таких как Словакия, Чехия, Россия, Великобритания и Германия, в которых приняты и применяются стандарты на проектирование естественного освещения и нормы естественного освещения зданий. В настоящее время в основе правил проектирования лежат рекомендации МКО [1], содержащие заимствованные из статьи [2] наихудшие условия наружного освещения, соответствующие распределению яркости пасмурного неба. В докладе [3] была предложена модель неба, описывающая совокупность равномерных распределений яркости неба, которая была принята Международной организацией по стандартизации в виде стандарта *ISO 15469:2004* [4]. Некоторые авторы [5–12] отмечали, что большое количество разновидностей облачного и солнечного неба с разными типами облачности и плотностями облачного покрова может наблюдаться во всех климатических зонах земного шара и влияет на облучённость и освещённость.

Классификация типов облачности применительно к метеорологии была разработана давно: см., напр., [13–15]. Из-за отсутствия компьютеров влияние разных типов облачности на естественную освещённость изучалось на основе «неупорядоченных» измерений [16–19]. Подробная информация о естественном освещении при разных условиях облачности была недавно получена путём регулярных измерений на станциях *IDMP*.

Результаты измерений на станции *IDMP* в Братиславе продемонстрировали неодинаковость результатов дневных изменений полной и диффузной освещённостей. Если говорить о проектировании естественного и искусственного освещения, то никакая конкретная дневная последовательность изменения освещённости не реализуется сколь-нибудь часто на протяжении срока эксплуатации здания и, тем самым, не является типичной. Это может быть обусловлено непрерывным изменением высоты солнца, меняющимся содержанием аэрозолей и твёрдых частиц в атмосфере, а также движением облаков разных типов, имеющих разную толщину и плотность покрова. Классификация происходящих на протяжении дня изменений может послужить основой для проведения исследований и разработок, например, при проектировании естественного освещения и систем управления освещением. В публикациях [2, 22] были предложены четыре типа дневного изменения освещённости, предназначенные для определения базовых изменений естественного освещения в рассматриваемой местности. Впоследствии было замечено, что облака могут существенным образом влиять на дневное изменение освещённости [23] и наличие естественного света в местах, ориентированных на разные стороны света [7, 24].

## 2. Определение однородности и неоднородности неба в плане распределения яркости

Однородность обычно определяют как постоянство структуры, характеризующей массовые или пространственные свойства одного и того же типа или происхождения. Применительно к распределению яркости атмосферы и неба существует, похоже, только один вариант, при котором имеют место истинно однородные атмосферные условия, приводящие к абсолютной равномерности яркости неба в пределах всего небосвода. Это наличие плотных слоистых облаков или плотного тумана, в которых происходят диффузия, рассеяние и внутреннее отражение солнечных лучей. Такая

[1] E-mail: usarsdar@savba.sk, usarkit@savba.sk

Перевод с англ. Е.И. Розовского

равномерно распределённая по всему небосводу постоянная яркость соответствует ламбертовскому светораспределению, используемому в теоретической фотометрии с 18-го века, и такое небо иногда называют ламбертовским [25]. В природе подобные условия реализуются, когда расположенный близко к поверхности земли плотный туман в сочетании со слоистыми облаками формирует просвечивающую и полностью рассеивающую свет среду. Чаще при полностью покрытом слоистыми облаками небе реализуются квазиоднородные условия, так как облачный покров неодинаков по оптической толщине относительно горизонтальной плоскости, и постепенное увеличение коэффициента пропускания облачного покрова понижает яркость неба от зенита к горизонту. Однако, за исключением этой вертикальной градации, в пределах находящихся на равных высотах кругов существуют горизонтальная однородность и равномерность яркости неба, которая почти не меняется в разных азимутальных направлениях. Такое облачное небо было принято МКО в качестве стандартного [1].

Другой крайний случай – абсолютно ясное небо лишь с небольшим замутнением, распределённым равномерно по всей атмосфере и симметричным относительно зенита. Однако на распределение яркости по небосводу влияет наличие прямого солнечного света, рассеивающегося и отражающегося в атмосфере, и на это накладываются последствия параллельного изменения относительной оптической плотности воздушной массы. Так что, несмотря на довольно однородную атмосферу, распределение яркости ясного неба представляется квазиоднородным, симметричным только относительно положения солнца.

Конечно, все частично облачные или более ли менее облачные небеса образуют большое семейство неоднородных небес, характеризующихся многочисленными неупорядоченными распределениями яркости неба, связанными с: разным расположением облаков в разных местах небосвода; разным типом облаков в суперпозициях их слоёв; случайным или постоянным затенением солнца разными облаками; разным замутнением атмосферы парами воды, дымом, пылью или другими загрязнениями.

Все эти обстоятельства приводят к формированию неоднородного неба, которое часто нестабильно во времени, будучи подвержено воздействию воздушных потоков и ветра, имеющих разные скорости и направления. Поэтому следует пытаться идентифицировать наиболее типичные ситуации или исключительные местные случаи, которые по разным причинам имеют определённую практическую ценность, например, влияя на выбор размеров окон и вариантов экранирования, конструкций фасадов и условий технического обслуживания зданий.

Другой возможный подход к решению довольно сложной проблемы неоднородного неба состоит в допущении наличия более простых ходов. Например, можно:

– допустить, для простоты, равномерное распределение по небу отдельных облаков, что соответствует примерно стабильным условиям, обеспечивающим более ли менее постоянные горизонтальную освещённость и освещённости на вертикальных плоскостях разной ориентации;

– смоделировать нестабильное перемещение облачной массы в определённом направлении, что, например, часто наблюдается в Европе, где движущиеся с северо-запада воздушные потоки несут облака, влажность и дождь с Атлантики. Кроме того, в дни с меняющейся погодой, такие связанные с направлением изменения можно периодически регистрировать по соответствующим значительным колебаниям освещённости на вертикальных поверхностях разной ориентации;

– исследовать набор снятых с объективом «рыбий глаз» фотографий облачного неба, чтобы выявить наиболее частые распределения яркости и облачные образования в конкретной местности.

### 3. Влияние облачности и мутности атмосферы на распределение яркости неба

Два основных фактора, от которых зависит распределение яркости неба, – это мутность атмосферы и условия облачности, определяемые местными погодными условиями. Хотя температура воздуха и влияет на наружную оболочку здания в целом и на расположенные на нём коллекторы солнечного света, все поверхности подвержены воздействию прямого солнечного света и света неба в соответствии со своей ориентацией и наклоном. Так что, например, вертикальным фасадам, обращённым на разные стороны света, отвечают (в пределах телесных углов их «поля зрения») яркости солнца и неба, могущие меняться в течение дня.

В пределах области высокого давления на преобладающее содержание по большей части незагрязнённых молекул воздуха обычно влияет мутность, вызванная парами воды, концентрация которых определяется их общей температурой. Чем последняя ниже, тем меньше содержание паров воды в атмосфере. Так что в зимнее время, особенно в сельской местности и в горах, в безоблачные дни имеет место наименьшая мутность атмосферы, и фактор мутности $T_V$ = 1,5–3. Летом же, особенно в полуденное время в субтропических и экваториальных зонах, мутность довольно высока: например, $T_V$ = 3–5. Такое квазиоднородное небо моделируется стандартными типами неба (от 11-го до 15-го), причём тип 12 соответствует полностью безоблачно ясному небу с наименьшей ($T_V \approx 2{,}5$) мутностью.

На соответствующей более низкому атмосферному давлению границе движущейся воздушной массы формируются типичные разновидности облаков, например: струйки похожих на дорожки белёсых облаков, которые называют перистыми (облачность *Ci 1/10–3/10*); перистые облака (при переменном направлении ветра), иногда принимающие вид неупорядоченных параллельных лент; переносимые ветром небольшие тучки, похожие на курчавые комки хлопка, неравномерно распределённые по небу и имеющие разную плотность.

При дальнейшем продвижении в область низкого давления пары воды охлаждаются и переносятся вверх, где ещё сильнее охлаждаются и конденсируются. Крошечные кусочки льда на больших высотах (например, около 6 км) формируют белые слоистые облака или более плотные кучевые облака. Даже в летнее время такие кучевые облака в достаточно ясную погоду могут быть снежно белыми, иногда окаймлёнными похожими на перистые облака прядями.

Типы неоднородного неба описываются многочисленными типами облачности и облачного покрова. На

основе результатов проводившегося в Братиславе круглогодичного наблюдения повторяемости разных типов облачности [26] была опубликована сокращённая сводка полученных данных [27]. В исходном исследовании из ежедневных отчётов за четыре года (1970–1974) были извлечены данные об облачном покрове в диапазоне от 0/10 до 10/10, которые были соотнесены с продолжительностью солнечного света в моменты времени, отстоящие друг от друга на три часа (в 7, 10, 13, 16 и 19 ч). Эти результаты были сопоставлены с усреднёнными за 30 лет (1930–1960) среднемесячными данными, после чего были выбраны те месяцы 1970–1974 годов, данные для которых были сочтены значимыми и типичными. Эти месяцы сформировали типичную годовую облачность, объединив 1825 изученных типов облаков и условий облачности в пределах одного базового года. Результаты этого раннего исследования просуммированы [27, рис. IV.2 и IV.3]. Некоторые данные о повторяемости могут помочь охарактеризовать также распределение яркости неоднородного неба, например:

– В ясную погоду, особенно летом, преобладают, во-первых, безоблачное небо произвольной мутности, а во-вторых и в-третьих, редкие облака *Ci 1/10* и *Cu 1/10*.

– Похоже, что в Центральной Европе довольно часты как перисто-слоистые (*Cs*) и перисто-кучевые (*Cc*), так и кучево-дождевые (*Cb*) облака, изредка при наличии солнечного света.

– Кучевые (*Cu*) и высококучевые (*Ac*) облака довольно часто встречаются при практически всех разновидностях облачного покрова, причём чем обширнее этот покров, тем реже при такой облачности наличествует солнечный свет, что справедливо и в случае слоисто-кучевых облаков (*Sc*).

– Весьма многочисленна группа пасмурного неба с отсутствием солнечного света, очень часто встречающаяся зимой, когда почти с равной вероятностью наблюдаются высококучевые (*Ac 9/10*) и слоистые (*St 10/10*) облака, за которыми следуют высокослоистые облака *As 10/10*.

– Если облачная масса насыщается и её температура падает, то избыточные пары конденсируются в жидкость, формируя дождь, который ассоциируется с некоторыми кучевыми и расположенными ближе к земле слоисто-дождевыми облаками (*Ns*).

– Слоисто-кучевые облака в отсутствие солнечного света (*Sc 2/10–10/10*) и иногда с туманом часто образуют особую категорию условий облачности, обеспечивающих идеально диффузное однородное освещение с равномерным ламбертовским распределением яркости.

В стабильно пасмурные дни вертикальная освещённость на всех четырёх плоскостях, ориентированных на основные стороны света, оказывается почти одинаковой и составляет примерно половину от уровня диффузной горизонтальной освещённости, если не учитывать небольшой вклад отражаемого от земли света. В качестве классического примера можно привести день 11.11.1995 [7].

Станция *IDMP* на крыше здания Строительно-архитектурного института (САИ) Словацкой академии наук, к сожалению, не производит одновременную регистрацию облачного покрова и типа облаков. Однако участвующий в проекте Факультет естественных наук (ФЕН) Братиславского коммерческого университета расположен на расстоянии примерно 2 км и имеет данные об облачности в тот период, когда САИ измерял освещённость [28]. Так что полученные САИ данные об освещённости могут безоговорочно сопоставляться с полученной ФЕН информацией об облачном покрове. Так как измерения САИ мгновенных значений освещённости велись долго, с 1994 г., то соответствующие точной дате или времени суток данные о типе облаков и облачном покрове могут браться из базы данных и сравниваться с полученными по теоретической модели расчётными данными. Для простоты выбор может ограничиваться четырьмя типами облаков, которые в базовый год реализуются примерно в 1351 случае из 1825, то есть с вероятностью 74%. А именно из 1351 случаев: облака типа *Ac* наблюдались в 43,5% из них; облака типа *Ci* – в 20,5%; облака типа *Cu* – в 19,6%; облака типа *St* – в 16,4%.

Конечно, эти типы облаков представляют все варианты облачного покрова и могут реализовываться как с солнечным светом, так и без него. Однако, к примеру, облачность *St 10/10* реализуется без солнечного света с потрясающей вероятностью 79%, а *Ac 9/10* и *10/10* – с вероятностью 40%. Если рассматривать противоположный крайний случай, то абсолютно безоблачное небо наблюдалось в течение года только в 108 случаях из 1825 (6%), однако солнечный свет часто присутствовал при слабой облачности типа *Ci* и *Cu* (с вероятностью 50%) [27]. Так как в соответствии с временем проведения наблюдений метеорологические данные об облачности собирались ежедневно только в 7, 10, 13 и 16 ч, то только эти моменты могут использоваться для проведения сравнения, но их редко можно рассматривать как характеризующие облачность в течение всего дня, не опасаясь возможного влияния мгновенных изменений и движения облаков.

И несомненно, что благодаря многим возможным вариантам облачного покрова, типа облаков и их расположения в разных частях небосвода могут возникать многочисленные промежуточные ситуации, отличающиеся друг от друга как временем и местом своего проявления, так и своей конфигурацией. Так что обычно частично облачное небо считается редким и ненадёжным и не представляющим интереса для проектирования и оценки естественного освещения.

### 4. Классификация дневных изменений освещённости в случае облачного неба

Естественную освещённость на протяжении дня можно исследовать и подвергать статистическому анализу посредством расчётов, или можно оценивать представленные в виде графиков изменения измеренного уровня освещённости. Первый метод был использован для того, чтобы на основе продолжительности солнечного света на протяжении половины дня определить особенности четырёх характерных дневных изменений освещённости [21, 29]. Второй метод использовался для определения характерных особенностей изменения освещённости, на которые влияли конкретные типы облаков. Были построены графики дневных изменений освещённости, измеренной на братиславской станции *IDMP*, и с ними сопоставлены сведения об облачном покрове и типах облаков, полученные от ФЕН и Словацкого гидрометеорологического института. Харак-

*Таблица 1*

**Параметризация характерных условий естественного освещения на основе облачности [32] и солнечного света**

| Дата | Уровень облаков | Время наблюдения | | | | | | Относительная продолжительность солнечного света |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 | 10 | 13 | 14 | 19 | 20 | |
| 04.02.1994 | Высокий | | | | | | | 0,000 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | *StFs 10* | *St 10* | *St 10* | | *ScFs 8* | *Sc 6* | |
| 22.02.1994 | Высокий | | | | | *Cs 10* | *Cs 10* | 0,174 |
| | Средний | *Ac 6* | *Ac 6* | *As 10* | *As 10* | | | |
| | Низкий | *Sc 4* | *Sc 4* | | *Cu 1* | | | |
| 02.03.1994 | Высокий | | | *Ci 1* | *Ci 1* | | | 0,108 |
| | Средний | *As 10* | *As 10* | *Ac 5* | *Ac 2* | *Sc 3* | *Sc 4* | |
| | Низкий | *Sc 2* | *ScCu 5* | *CuSc 6* | *CuSc 6* | | | |
| 28.03.1994 | Высокий | | | *Cs 1* | *Cs 3* | *Ci 3* | *Ci 3* | 0,784 |
| | Средний | | | | | *Ac 2* | *Ac 2* | |
| | Низкий | *Cu 1* | *Cu 1* | *Cu 2* | | | | |
| 29.04.1994 | Высокий | | | | | *Ci 4* | *Ci 2* | 0,536 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | | *CuFc 3* | *CuFc 5* | *CuFc 5* | | | |
| 07.05.1994 | Высокий | | | | | | | 0,469 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | *Sc 9* | *ScCu 3* | *Cu7* | *CuFc 6* | | *Sc 2* | |
| 08.05.1994 | Высокий | *Ci 2* | | *Cs 1* | | | | 0,922 |
| | Средний | | | | | *Ac 4* | *Ac 3* | |
| | Низкий | *Cu 1* | *Cu 3* | *Cu 3* | *Cu 3* | *Cu 1* | *Cu 1* | |
| 21.12.1994 | Высокий | | | | | | | 0,000 |
| | Средний | *As 10* | *As 10* | *Ns 10* | *Ns 8* | *Ns 10* | *Ns 10* | |
| | Низкий | *Sc 8* | *Sc 8* | *ScSt 8* | *ScSt 8* | *St 4* | *St 4* | |
| 11.02.1995 | Высокий | *Ci 9* | | *Cs 10* | *CiCs 9* | | | 0,166 |
| | Средний | *Ac 4* | *AcAs 10* | *Ac 4* | *Ac 5* | *Ac 8* | *Ac 4* | |
| | Низкий | *Sc 3* | *Sc 3* | *Cu 1* | | | | |
| 02.03.1995 | Высокий | | | | | | | 0,000 |
| | Средний | *AcAs 7* | *Ac 10* | *Ns 10* | *Ns 10* | *Ns 10* | *Ns 10* | |
| | Низкий | *Sc 1* | *Sc 8* | *Sc 5* | *Sc 7* | *Sc 6* | *Sc 5* | |
| 12.03.1995 | Высокий | | | | | | | 0,932 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | | | | | | | |
| 02.05.1995 | Высокий | | | | | | | 0,939 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | | | | | | | |

| Дата | Уровень облаков | Время наблюдения | | | | | | Относительная продолжительность солнечного света |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 | 10 | 13 | 14 | 19 | 20 | |
| 14.05.1995 | Высокий | | | | | *Ci 3* | *Ci 3* | 0,004 |
| | Средний | *Ns 10* | *Ns 10* | *AcAs 10* | *AcAs 10* | *Ac5* | *Ac 4* | |
| | Низкий | *FsFc 10* | *FcFc 8* | *ScFc 8* | *ScFc 8* | *Sc 8* | *Sc 7* | |
| 18.11.1995 | Высокий | | | | *Ci 7* | | | 0,138 |
| | Средний | *AcAs 9* | *AcAs 9* | *AcAs 9* | | *Ac 3* | | |
| | Низкий | | *Cu3* | *CuSc 3* | *Cu 2* | | *Sc 1* | |
| 21.04.1996 | Высокий | | | | | | | 0,940 |
| | Средний | | | | | | | |
| | Низкий | | | | | | | |
| 04.07.1996 | Высокий | *Ci 1* | *Ci 1* | *Ci 1* | *Ci 1* | | | 0,946 |
| | Средний | | | *Ac 1* | | | *Ac 1* | |
| | Низкий | *St 3* | *Cu 1* | *Cu 1* | *Cu 1* | | | |
| 12.07.1996 | Высокий | | | | | | | 0,008 |
| | Средний | | *As 8* | *As 8* | *AcAs 7* | *Ac 2* | *Ac 1* | |
| | Низкий | *St 8* | *St 6* | *St 7* | *StSc 5* | *Sc 2* | *Sc 3* | |
| 16.07.1996 | Высокий | | | | | | | 0,696 |
| | Средний | *Ac 3* | *Ac 3* | | | | | |
| | Низкий | *CuSc ¼* | *Cu 6* | *Cu 4* | *Cu 2* | *Sc 1* | *Sc 1* | |

теристики некоторых из выбранных дней приведены в табл. 1. Данные из последнего столбца таблицы отражают относительную продолжительность солнечного света на протяжении дня. Эта величина может быть равной 0 % в пасмурные дни (04.02.1994, 21.12.1994, 02.03.1995), а может достигать и 94,6 % в идеально ясный день (04.07.1996). Рассчитывались значения относительной продолжительности солнечного света на основе значений (≤ 120 Вт/м$^2$) прямой солнечной облучённости $E_{es}$, одновременно измерявшихся на братиславской станции *IDMP*, при выполнении условия 2.4.4 из руководств [30, 31].

Сравнение последовательно измеренных значений полной ($E_{vg}$) и диффузной ($E_{vd}$) освещённостей продемонстрировало одинаковость уровней освещённости и форм кривых их изменения. Было выявлено влияние на дневные изменения освещённости положения солнца, типа облаков, облачного покрова и продолжительности воздействия солнца, определяемого относительной продолжительностью солнечного света *S*. Были выделены шесть характерных разновидностей дневного изменения освещённости с соответствующими формами кривых изменения $E_{vg}$ и $E_{vd}$ (табл. 2). Кривые изменения $E_{vg}$ и $E_{vd}$, соответственно, изображены как сплошные и пунктирные, по оси *X* отсчитывается выраженное в часах время, по оси *Y* – уровень освещённости в клк.

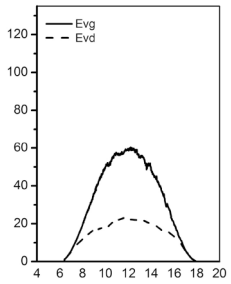
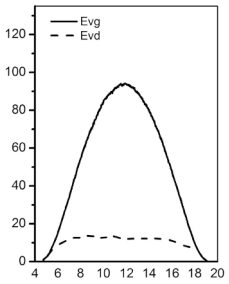
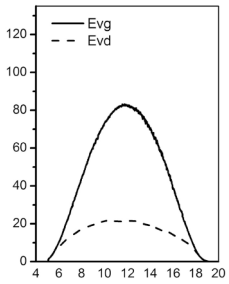
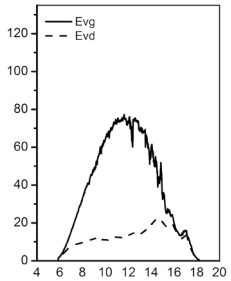
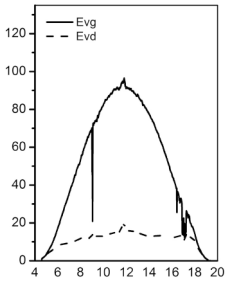
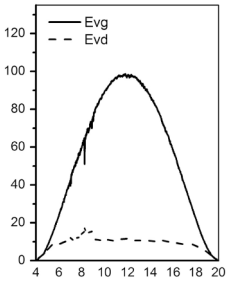
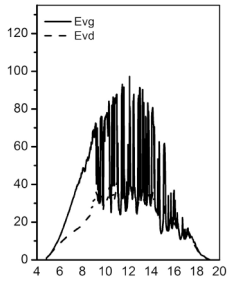
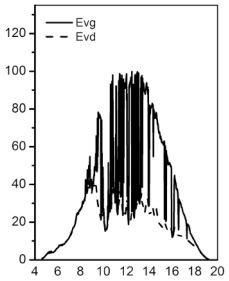
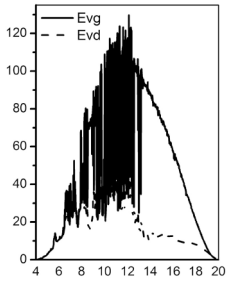
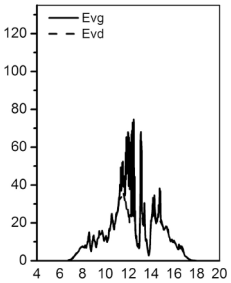
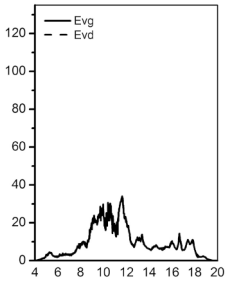
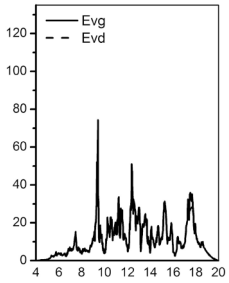
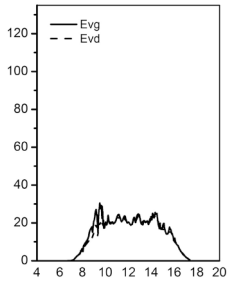
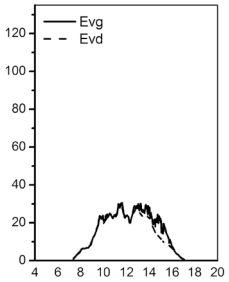
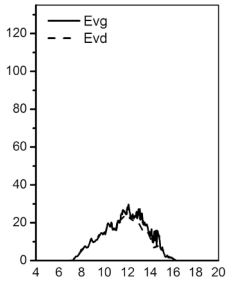
Тип ***CC*** (**ясное безоблачное небо**) соответствует идеально ясному безоблачному дню. На протяжении такого дня на изменения $E_{vg}$ и $E_{vd}$ влияют только изменение положения солнца и ослабление солнечного излучения из-за мутности атмосферы соответственно. Продолжительность солнечного света регистрируется непрерывно от восхода до заката. В Центральной Европе тип *CC* довольно редок.

Тип ***QC*** (**квазиясное неоднородное небо**) очень похож на тип *CC*. Кривая изменения $E_{vg}$ может слегка опускаться ниже соответствующей идеальной кривой из-за ослабления солнечного света тонким слоем перистых или перисто-слоистых облаков, покрывающих 1/10–3/10 небосвода, а иногда и падать до уровня $E_{vd}$ (пунктирная линия) или даже ниже из-за кучевых или высококучевых облаков, затеняющих солнечный диск. Вследствие этих спадов кривая $E_{vg}$ не является гладкой. Локальные повышения $E_{vd}$ говорят о наличии большого облачного покрова. Если местоположение облаков отличается от местоположения солнца, то продолжительность солнечного света может быть сравнима с существующей в ясные безоблачные дни, а если солнце изредка затеняется облаками *Cu* или *Ac*, она может оказываться ниже.

Тип ***CD*** (**облачное динамичное небо**) весьма характерен для Центральной Европы летом и в переходные, весенне-осенние, периоды [22]. $E_{vg}$ быстро и часто меняется, причём её верхняя граница соответствует наличию, а нижняя граница – отсутствию солнечного света, то есть во втором случае $E_{vg} = E_{vd}$. Благодаря тому, что небо покрыто множеством рассредоточенных быстро движущихся облаков *Cu*, *Ac* и *Sc*, солнечный диск закрывается довольно часто. Реальная граничная кривая изменения $E_{vg}$ при наличии солнечного света имеет ту же форму, что и соответствующая солнечному свету, на ко-

*Таблица 2*

**Классификация суточных изменений наружной освещённости**

| Код/Описание неба | | Примеры | | |
|---|---|---|---|---|
| ***CC*** | **Ясное безоблачное** |   12.03.1995 |   02.05.1995 |   21.04.1996 |
| Сильная зависимость от высоты солнца. Продолжительность солнечного света – весь день. | | | | |
| $S$ = 0,932–0,940 | | | | |
| ***QC*** | **Квазиясное неоднородное** |   28.03.1994 |   08.05.1994 |   04.07.1996 |
| Прямой солнечный свет<br>– ослаблен *Ci, Cs* или<br>– затенён движущимися облаками *Cu, Ac*.<br>Очень большая дневная продолжительность солнечного света. | | | | |
| $S$ = 0,784–0,946 | | | | |
| ***CD*** | **Облачное динамичное** |   29.04.1994 |   07.05.1994 |   16.07.1996 |
| Частые изменения затенения солнечного диска и уровня прямого солнечного освещения.<br>Зависимость $E_{vg}$ от высоты солнца.<br>Повышенная дневная продолжительность солнечного света. | | | | |
| $S$ = 0,469–0,696 | | | | |
| ***CN*** | **Облачное неоднородное** |   02.03.1994 |   14.05.1995 |   12.07.1996 |
| Независимость от высоты солнца.<br>Низкая дневная продолжительность солнечного света. | | | | |
| $S$ = 0,004–0,108 | | | | |
| ***OQ*** | **Пасмурное квазиоднородное** |   22.02.1994 |   11.02.1995 |   18.11.1995 |
| Зависимость от высоты солнца.<br>Повышенная диффузная освещённость.<br>Очень низкая дневная продолжительность солнечного света. | | | | |
| $S$ = 0,138–0,176 | | | | |

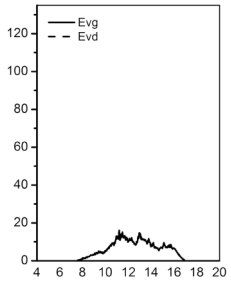
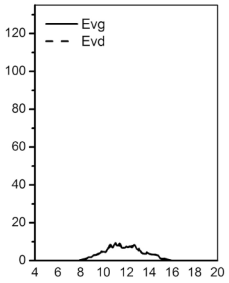
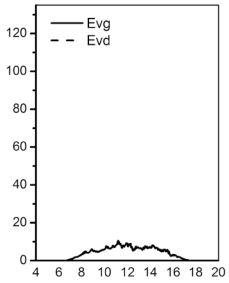
| Код/Описание неба | | Примеры | | |
|---|---|---|---|---|
| ***OH*** | **Пасмурное однородное** |  |  |  |
| Сильная зависимость от высоты солнца.<br>Низкая диффузная освещённость.<br>Нулевая дневная продолжительность солнечного света. | | | | |
| $S$ = 0,000 | | 04.02.1994 | 21.12.1994 | 02.03.1995 |

*Таблица 3*

**Сводка количественных оценок облачности и продолжительности солнечного света, соответствующих типичным суточным изменениям освещённости**

| Код | Описание неба | Уровень облаков | Тип облаков | Облачный покров | Относительная продолжительность солнечного света |
|---|---|---|---|---|---|
| *CC* | Ясное безоблачное | Высокий | - | - | 0,93–0,95 |
| | | Средний | - | - | |
| | | Низкий | - | - | |
| *QC* | Квазиясное неоднородное | Высокий | *Ci, Cs* | 1–3 | 0,70–0,95 |
| | | Средний | *Ac* | 1–4 | |
| | | Низкий | *Cu* | 1–2 | |
| *CD* | Облачное динамичное | Высокий | *Ci* | 2–4 | 0,40–0,75 |
| | | Средний | *Ac* | 3 | |
| | | Низкий | *Sc, Cu, Ac, ScCu, CuFc* | 1–9 | |
| *CN* | Облачное неоднородное | Высокий | *Ci* | 1–3 | 0,00–0,45 |
| | | Средний | *As, Sc, Ns, Ac* | 1–10 | |
| | | Низкий | *Sc, ScCu, St* | 2–7 | |
| *OQ* | Пасмурное квазиоднородное | Высокий | *Cs, Ci, CiCs* | 3–10 | 0,00–0,20 |
| | | Средний | *Ac, As, AcAs* | 3–10 | |
| | | Низкий | *Sc, Cu, CuSc* | 4–10 | |
| *OH* | Пасмурное однородное | Высокий | - | | 0,00 |
| | | Средний | *AcAs, Ac, Ns, As* | 7–10 | |
| | | Низкий | *St, Sc, ScSt* | 4–10 | |

торый влияют только изменения высоты солнца. Относительная продолжительность солнечного света в «динамичные» дни достаточно велика и изменяется в широких пределах (0,40–0,75).

Тип ***CN*** (**облачное неоднородное небо**) реализуется при увеличении облачного покрова, приводящего к уменьшению периодов наличия солнечного света. Облачный покров типа *CN* состоит из облаков *Ci, As, Sc, Ns, Ac, Sc, ScCu, St, Sc*, которые обычно движутся на всех трёх уровнях. Из-за различий по толщине, плотности и форме облаков и их случайного расположения одновременно на всех уровнях кривые изменения освещённости оказались очень нестабильны. $E_{vg}$ и $E_{vd}$ не зависят от изменений высоты солнца. $E_{vg}$ может достигать очень высоких значений в солнечные периоды, такие как наблюдавшиеся 02.03.1994, а может оказываться очень низкой и относительно постоянной, как 14.05.1995. Проведённые 12.07.1996 наблюдения облачности показали влияние на изменения освещённости совокупности плотных облаков *As, St Ac, Sc*, движущихся в нижних слоях атмосферы. Зарегистрированная продолжительность солнечного света оказалась более низкой, часто в интервале 0–0,45.

Тип ***OQ*** (**пасмурное квазиоднородное небо**) соответствует длящему-

ся весь день освещению светом неба, почти полностью покрытого облаками *Ac, As, Sc, Cu*, расположенными в нижних слоях атмосферы при плотности облачного покрова, достигающей 10/10. Это приводит к увеличению $E_{vd}$ и её зависимости от высоты солнца, как это видно из кривых, полученных 22.02.1994, 11.02.1995 и 18.11.1995. Продолжительности солнечного света очень невелики, находясь в интервале 0–0,2 и очень часто падая до нуля.

Тип ***OH*** (**пасмурное однородное небо**) соответствует дням, в которые свет неба даёт наиболее низкую освещённость при полном отсутствии солнечного света, как это было 04.02.1994, 21.12.1994 и 02.03.1995. При этом $E_{vg} = E_{vd}$, что обусловлено отсутствием солнечного света. Всё небо покрыто плотными облаками одного или нескольких типов (*Ac, Ns, As, St, Sc*), расположенными на низких уровнях и отсутствующими на высоких. Результирующий облачный покров составляет 10/10 без каких-либо участков синего неба. Относительная продолжительность солнечного света в дни с пасмурным однородным небом равна нулю.

## 5. Заключение

В представленном исследовании продемонстрировано наличие корреляции между дневным изменением освещённости и типом облачности. При рассмотрении изменений освещённости в ясные дни были получены другие результаты. Анализ документированных наблюдений разных типов облачности показал, что облака *Ci*, *Cs* и *Cu* хоть и могут нарушать симметрию распределения яркости по небу, типичную для безоблачного неба, на дневные изменения освещённости не влияют. Облака *Ci* и *Cs* приводят только к ослаблению, но отнюдь не к полному устранению прямого солнечного света. Движущиеся облака *Cu, Sc* и *Ac* оказывают разное воздействие. Из-за изменений случайного расположения этих облаков на небе, их формы и размеров прямой солнечный свет часто устраняется, в результате чего освещение становится «динамичным». Если облачный покров оказывается большим и появление облаков *As* и *Ns* сочетается с появлением облаков *Cu, Sc, Ac*, то дневное изменение освещённости теряет свой динамичный характер и преобразуется в непрерывное, не зависящее от высоты солнца. Изменения освещённости в пасмурные дни могут быть разделены на два типа: с очень слабым или с отсутствующим солнечным светом. Первый реализуется при движении облаков на всех уровнях атмосферы и характеризуется повышенным уровнем освещения, а второй отражает влияние плотных облаков *St, Sc, Ns* и *As*, движущихся на нижних уровнях атмосферы. В эти дни освещённость оказывается наименьшей, а условия естественного освещения зданий – наихудшими.

Классификация дневных изменений наружного освещения, характеризующая зависимый от облачности и продолжительности солнечного света уровень естественного освещения, может быть сведена к шести разновидностям (табл. 3).

Данная классификация может быть полезна для светотехников, как практиков, так и исследователей, в качестве инструмента прогнозирования и моделирования типичных дневных изменений освещения и определения дневных и сезонных условий при проектировании естественного освещения и энергосбережения в зданиях.

Настоящая статья написана при финансовой поддержке словацкого гранта *APVV-0177–10* благодаря данным, полученным по проекту *VEGA 2/0117/14*.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. CIE 016–1970: Daylight. Vienna: CIE Burreau.

2. *Moon, P., Spencer, D.E.* Illumination from a non-uniform sky // Illum. Eng. – 1942. – Vol. 37, No. 10. – P. 707–726.

3. *Kittler, R., Perez, R., Darula, S.* A new generation of sky standards / The 8 th European Lighting Conf. «Lux Europa 1997». Amsterdam: Conf. Arnhem: Office NSVV, 1997, pp. 359–373.

4. ISO 15469:2004 (E)/CIE S 011/E:2003. Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky / ISO Geneva 2004/ CIE Cental Bureau, Vienna 2003.

5. *Atwater, M.A., Ball, J.T.* Effects of clouds on insolation models // Solar Energy – 1981. – Vol. 27. – P. 37–44.

6. *Kittler, R., Darula, S.* Parametrization problems of the very bright cloudy sky conditions // Solar Energy. – 1998. – Vol. 62, No. 2 – P. 93–100.

7. *Darula, S., Kittler, R., Kómar, L.* Parametrisation of vertical illuminances / Proc. Lumen V4, Bratislava, 2012. – P. 74–75.

8. *Markou, M.T., Bartzokas, A., Kambezidis, H.D.* Daylight climatology in Athens, Greece: types of diurnal variation of illuminance levels // Int. J. Climat. – 2009. – Vol. 29, No. 14. – P. 2137–2145.

9. *Perez, R., Kivalov, S., Schlemmer, J., Hemker, K., Thomas Hoff, T.E.* Short-term irradiance variability: Preliminary estimation of station pair correlation as a function of distance // Solar Energy. – 2012. – Vol. 86. – P. 2170–2176.

10. *He, J. Z., Ng, E.* Predicting sky types and zenith luminance from the cloud index derived from geostationary satellite data // Lighting Research & Technology. – 2012. – Vol.44, No. 2. – P. 139–148.

11. *Wittkopf, S.K.* Daylight performance of anidolic ceiling under different sky conditions // Solar Energy. – 2007. – Vol. 81. – P. 151–161.

12. *Walkenhorst, O., Luther, J., Reinhart, Ch. Timmer, J.* Dynamic annual daylight simulations based on one-hour and one- minute means of irradiance data // Solar Energy. – 2004. – Vol. 72, No. 5. – P. 385–395.

13. The International Meteorological Committee. International Cloud Atlas, published by order of the Committee by H. Hildebrandsson, A. Riggenbach, L. Teisserenc de Bort, members of the Clouds Commission (in French, English, and German). Gauthier-Villars, 1896. – 31 pp.; 14 sheets of colored maps.

14. URL: http://www.clouds-online.com.

15. *Häckel, H.* Wolken. – Stuttgart: Ulmer Eugen, 2004.

16. *Ogisso, S.* Study on daylight sources // J. of the Fac. Eng. Univ. of Tokyo (B). – 1965. – Vol. 28, No. 2. – P. 103–118.

17. *Barteneva O.K., Poljakova E.A., Rusin N.P.* Regime of daylighting on the Soviet Union territory. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971.

18. *Nakamura, H., Oki, M.* Study on the statistic estimation of the horizontal illuminance from unobstructed sky // J. Light and Vis. Envir.. – 1979. – Vol. 3, No. 1. – P. 23–31.

19. *Gillette, G., Pierpont, W., Treado, S.* A general illuminance model for daylight availability // J. of the IES. – 1984. – Vol. 13, No. 4. – P. 330–340.

20. IEA-SHCO-17-E-2. Broad-band visible radiation data acquisition and analysis.

Measuring and moeling spectral radiation affecting solar systems and buildings. World network of dalighting measuring stations (IDMP) – Technical Report of Task 17, V. 2, Albany: ASRC, August 1994.

21. *Darula, S., Kittler, R.* Sunshine duration and daily courses of illuminances in Bratislava // Int. J. Climatol. – 2004. – Vol. 24, No. 14. – P. 1777–1783.

22. *Darula, S., Kittler, R.* Contribution to the modelling of illuminance and irradiance daily courses // Electrical Review. – 2008. – Vol. 84, No. 8. – P. 11–14.

23. *Kittler, R., Kocifaj, M., Darula, S.* Daylight Science and Daylighting Technology. – New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer Science+Business Media, LLC, 2012.

24. *Alshaibani. K.* Finding frequency distributions of CIE Standard General Skies from sky illuminance or irradiance // Lighting Research & Technology. – 2011. – Vol. 43. – P. 487–495.

25. *Lambert, J.H.* Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Augsburg, 1760. English translation by DiLaura DL. Publ. IESNA, N.Y. 2001.

26. *Kittler, R. et al.* Výskum nestacionárnych svetelných pomerov v stavebných súboroch. (Research of unstable light conditions in building ensembles)/ Final Res. Rep. ICA SAS, 1978.

27. *Kittler, R., Pulpitlová, J.* Základy využívania prírodného svetla. (Basis of the utilization of daylight). – Bratislava: VEDA Publ., 1988.

28. *Klačka, J., Hrvol, J.* Oblaky (Clouds)/ FMPhI Comenius University, Bratislava, May 13, 2013. Private communication.

29. *Darula, R. Kittler, R.* Parameterisation of the Four Half-Day Daylight Situations. Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources. Croatia: InTech – Open Access Publisher, 2011, pp. 147–180.

30. CIE 108:1994. Guide to recommended practice of daylight measurement. Vienna: CIE Central Bureau, 1994.

31. WMO No. Guide to meteorological instruments and methods of observation, 5 th edition, World Meteorological Organization, Geneva, 1983, pp. 21.1–21.5.

32. SHMI (Slovak Hydrometeorological Institute). Cloud cover and cloud type observations. Private communication, 1998.

***Станислав Дарула (Stanislav Darula),*** *Dr. Руководитель отдела строительной физики Строительно-архитектурного института Словацкой академии наук. Область научных интересов: естественное освещение с упором на проектирование и оценку естественного освещения зданий, а также использование солнечной энергии и энергосбережение в зданиях*

***Рихард Киттлер (Richard Kittler),*** *D.Sc. Главный научный сотрудник Строительно-архитектурного института Словацкой академии наук. Область научных интересов: естественное освещение с упором на распределение света неба и экспериментальные методы исследования, а также нормирование естественного освещения*

# Особенности применения новых светодиодных матриц серии «*CXA*» компании *Cree*

*А.Н. АБАЛОВ* [1], *А.Т. КЛЮЧНИК, А.В. КОНДРАТЬЕВ, И.С. ЛЕБЕДЕВ, В.А. СМИРНОВ*

Компания *Rainbow Electronics*, Москва

**Аннотация**

Применение светодиодных матриц позволяет создавать сравнительно дешёвые, компактные и высокоэффективные светильники. Однако оно может иметь некоторые особенности, с которыми ранее не сталкивались производители светодиодной продукции, о чём и говорится в статье.

**Ключевые слова:** светодиодная матрица, радиатор, теплопроводный материал, отвод тепла, температура, вторичная оптика, линзы, светильник.

Светодиодные матрицы (СДМ) серии «*CXA*» компании *Cree* представляют собой многокристальную сборку с нанесённым сверху слоем люминофора, установленную на высокотеплопроводную керамическую подложку.

Благодаря такой конструкции достигается большой световой поток с небольшой поверхности. При этом отпадает необходимость в использовании печатных плат и минимизируется наличие вторичной оптики, что повышает технологичность производства и удешевляет выпускаемую продукцию.

## 1. Новинки светодиодных матриц компании *Cree*

За последний год линейка СДМ *Cree* «*CXA*» [2] пополнилась несколькими новыми моделями, на которые хотелось бы обратить особое внимание.

### *CXA 1830 (SD)*

Новая модель *CXA 1830* (рис. 1) отличается компактным форм-фактором и небольшим диаметром светящей поверхности, всего 14 мм. Это позволяет применять её весьма широко: например, в торговом освещении, в светодиодных лампах прямой замены (СДЛПЗ) и дизайнерских светильниках.

Следует отметить, что новинка аналогична модели *CXA 2530* по характеристикам, но при этом она дешевле в связи с меньшими размерами корпуса и количеством люминофора. По мнению *Cree*, обе модели имеют право на жизнь, поскольку для американского и европейского рынков их основное назначение – применение в СДЛПЗ. Однако в России пока что потенциальный объём рынка СДЛПЗ (типа *MR16*) не настолько велик, и новая модель *CXA 1830* в подавляющем большинстве случаев будет предпочтительнее *CXA 2530* из-за меньшей стоимости, большей компактности и, соответственно, меньших размеров вторичной оптики.

### *CXA 3590 (SD)*

Ещё одна новинка *Cree* – модель *CXA 3590* (рис. 2), обладая самой высокой мощностью во всей линейке матриц *Cree* – 90 Вт в номинальном режиме, существенно расширяет диапазон возможных применений серии. В первую очередь, в сторону промышленных и уличных светильников мощностью 100–150 Вт, с использованием всего лишь одной матрицы.

### *CXA 1310 (HD)*

Модель *CXA 1310* (рис. 3), с малым диаметром светящей поверхности (6 мм) и световым потоком до 2700 лм, позиционируется *Cree* как заменитель 20-ваттных МГЛ с экономией мощности до 50%. Данный продукт может использоваться как источник света в малогабаритных вниз светящих светильниках («даунлайтах»).

Рис. 1. *Модель CXA 1830*

Рис. 2. *Модель CXA 3590*

Рис. 3. *Модель CXA 1310*

Рис. 4. *Модель CXA 1850*

---

[1] E-mail: ana@rtcs.ru

[2] Данные СДМ делятся на две группы: «*SD*» (*Standard Density*) и, отличающиеся более высоким значением светового потока с единицы площади светящей поверхности, «*HD*» (*High Density*). Для уменьшения светящей поверхности *Cree* применяет специальные кристаллы, количество которых меньше, а размер – больше, чем у моделей «*SD*» аналогичной мощности.

*Таблица 1*

| | *SD* | | *HD* | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Модель | *CXA 1830* | *CXA 3590* | *CXA 1310* | *CXA 1850* | *CXA 2590* |
| Размер, мм | 17,85×17,85 | 34,85×34,85 | 13,35×13,35 | 17,85×17,85 | 23,85×23,85 |
| Субмодели | высокий $R_a$ | 36 В, 77 В, высокий $R_a$ | 18 В, 36 В, высокий $R_a$ | высокий $R_a$ | |
| Максимальный ток, мА | 1400 | 1800 | 900 (18 В), 450 (36 В) | 2100 | 1800 |
| Максимальная мощность, Вт | 57 | 150 | 20 | 78 | 130 |
| Световой поток, лм | 4 500–6 500 | 10 000–18 000 | 1 400–2 700 | 6 000–9 400 | 8 000–15 600 |
| Диаметр светящей поверхности, мм | 14 | 30 | 6 | 12 | 19 |
| Типовое напряжение, при 85 °С, В | 37 | 77 | - | 35 | 69 |
| Угол излучения, град. | 115 | | | | |
| Бинирование | 85 °С, *ANSI White*, *2-nd 4-Step EasyWhite*® | | | | |

***CXA 1850 (HD)***

Модель *CXA 1850* (рис. 4) – старшая в линейке «*CXA 18*». При диаметре светящей поверхности 12 мм, что на 2 мм меньше, чем у *CXA 1830*, новинка имеет вдвое больший световой поток. Решения с этой матрицей позволяют полноценно заменять 70-ваттные МГЛ, с сохранением светотехнических параметров и экономией энергопотребления до 50 %.

***CXA 2590 (HD)***

Модель *CXA 2590* (рис. 5) способна заменять уже 150-ваттные МГЛ, предлагая при этом существенную экономию мощности и повышенный срок службы. Если сравнивать непосредственно *CXA 2590* и *CXA 3590*, то первая проигрывает по максимальному световому потоку, мощности и даже по стоимости. Но в ряде решений, где требуется минимизировать размер оптики и самого светильника, преимущества более компактного варианта *CXA 2590* будут неоспоримы.

Спецификация СДМ *Cree* серии «*CXA*» («*SD*» и «*HD*») приведена в табл. 1.

Рис. 5. *Модель CXA 2590*

## 2. Особенности теплоотвода

Реализованное в современных СДМ сочетание компактности и мощности при всех видимых преимуществах имеет и оборотную сторону.

При работе СДМ с малой светящей поверхностью происходит выделение большого количества тепла, что создаёт ощутимые сложности в проектировании теплоотвода светильников. Поскольку данные изделия рассчитаны на работу в режимах большой мощности, эта проблема приобретает серьёзное значение, требующее комплексного подхода к реализации теплоотвода.

Одной из особенностей отвода тепла от мощных СДМ является *обязательное* применение специализированных теплопроводных материалов (ТМ) [1] при монтаже СДМ на радиатор.

## 3. Теплопроводные материалы

Радиатор для светильника со светодиодами, зачастую являющийся его корпусом, обычно изготовляется из алюминиевого сплава. Поверхность для установки светодиодов бывает разной шероховатости, в зависимости от способа изготовления радиатора и его последующей обработки.

Керамическое основание СДМ, напротив, отличается высоким качеством обработки поверхности. К чему ведёт эта разница наглядно демонстрирует рис. 6.

Большая мощность, уходящая в тепловой нагрев через высокотеплопроводную керамическую подложку

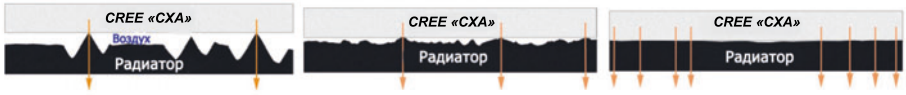



Рис. 6. *Отвод тепла от светодиодной матрицы на радиатор без использования теплопроводного материала*

*Рис. 7. Отвод тепла от светодиодной матрицы на радиатор с использованием теплопроводного материала*

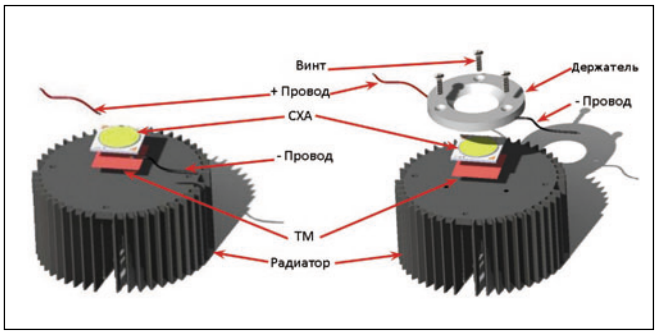



Рис. 8. *Крепление светодиодных матриц к радиатору*

Рис. 9. *Держатели производства компании IDEAL Industries*

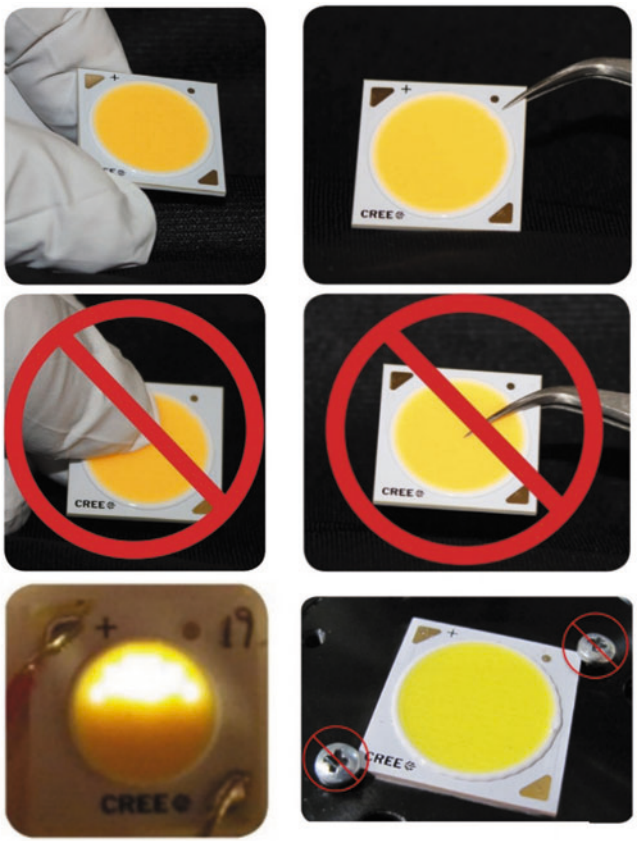



Рис. 10. *Меры предосторожности при монтаже светодиодных матриц*

СДМ, отводится на радиатор только в местах контакта двух поверхностей. При недостаточной площади контакта СДМ перегревается, что ведёт к её выходу из строя.

Задействовать всю площадь основания матрицы для отвода тепла позволяют специализированные ТМ (рис. 7).

Существует несколько разновидностей ТМ: термопасты, термоклеи, теплопроводные прокладки разной толщины и разной теплопроводности и даже специальный материал, меняющий своё фазовое состояние при некоторой температуре.

Подбор оптимального ТМ под конкретное решение требует оценки множества факторов, таких как режим работы и мощность СДМ, теплопроводность ТМ, технология и толщина его нанесения, температурный диапазон работы с сохранением всех физических свойств, а также вопросы хранения и перевозки.

### 4. Крепление светодиодных матриц

Существуют два способа крепления СДМ *Cree* «СХА»: с помощью теплопроводного клея или специализированного держателя совместно с ТМ (рис. 8).

#### Крепление с помощью теплопроводного клея

Теплопроводный клей обладает большой адгезивной способностью, что избавляет от необходимости использования специальных держателей. Этот способ крепления СДМ используют крайне редко, при невозможности применения держателей, так как изменения физических характеристик термоклея со временем слабо изучены.

#### Крепление с помощью держателя и теплопроводного материала

При этом способе крепления используется специализированный держатель, обеспечивающий необходимый прижим СДМ к радиатору. Согласно требованиям *Cree*, использование ТМ в этом случае обязательно!

Некоторые модели держателей позволяют обходиться без пайки проводов. Таковы, например, держатели

*Таблица 2*

| Артикул *IDEAL Industries* | *50–2000 CR* | *50–2001 CR* | *50–2101 CR* | *50–2102 CR* | *50–2234 C* | *50–2303 CR* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Модель *Cree «CXA»* | *CXA 13 xx* | *CXA 15 xx* | *CXA 18 xx* | *CXA 25 xx* | *CXA 30 xx* | *CXA 35 xx* |
| Диаметр, мм | 35 | | 50 | | | 65 |
| Макс. высота, мм | 3,5 | | 7,2 | | | 7,2 |
| Температура, °C | 110 | | | | | |
| Адаптеры отражателей *LEDiL* | | | | | | |
| 50–2100 *AN* «*Angela*» | | | • | • | • | |
| 50–2100 *LN* «*Lena*» | | | • | • | • | |
| 50–2100 *MR* «*Mirella*»-*PF* | | | • | • | | |

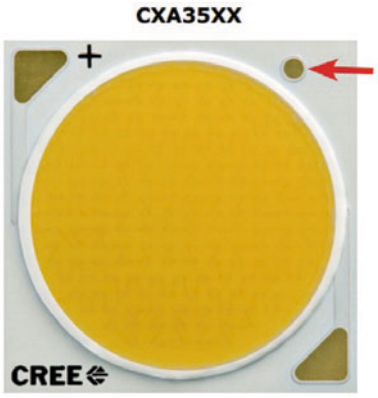



Рис. 11. *Контрольная точка «Tc» для измерения температуры*

компании *IDEAL Industries* (рис. 9), выпускаемые под все модели СДМ *Cree* «CXA» и обладающие рядом больших достоинств:

- обеспечивают плотный прижим и точное позиционирование основания СДМ;
- изготовляются из нержавеющей стали, что обеспечивает надёжность и долговечность крепления, а также формирует дополнительные возможности по рассеиванию тепла;
- оснащены самозажимными клеммами, что избавляет от необходимости пайки проводов и значительно экономит время и трудозатраты при финальной сборке;
- выдерживают напряжение до 250 В, ток до 4 А и нагрев до 110 °C.

Также держатели *IDEAL Industries* позволяют устанавливать через специальные адаптеры широко распространённые отражатели компании *LEDiL*.

Совместимость держателей *IDEAL Industries* и СДМ *Cree* «*CXA*» характеризует табл. 2.

## 5. Меры предосторожности при ручной сборке светильников

Переход на использование СДМ в светильниках требует высокой культуры производства. Сборку светильников необходимо производить в чистом помещении с соблюдением всех рекомендаций *Cree* и производителей ТМ.

Ненадлежащее обращение с СДМ может приводить к проблемам, которые на начальном этапе не проявляются. К примеру, механическое повреждение СДМ *Cree* «*CXA*» может приводить к выходу из строя части кристаллов и, впоследствии, самой СДМ (рис. 10).

## 6. Режимы использования светодиодных матриц *Cree*

Сохранение высоких светотехнических параметров и долгий срок службы СДМ возможны только при соблюдении тепловых режимов её использования.

На каждой матрице *Cree «CXA»* имеется специальная контрольная точка «*Tc*» (*temperature case)*, в которой производится измерение температуры (рис. 11), на которую и нужно ориентироваться в своих предварительных расчётах, так как от неё зависят такие светотехнические параметры как световой поток, световая отдача и коррелированная цветовая температура.

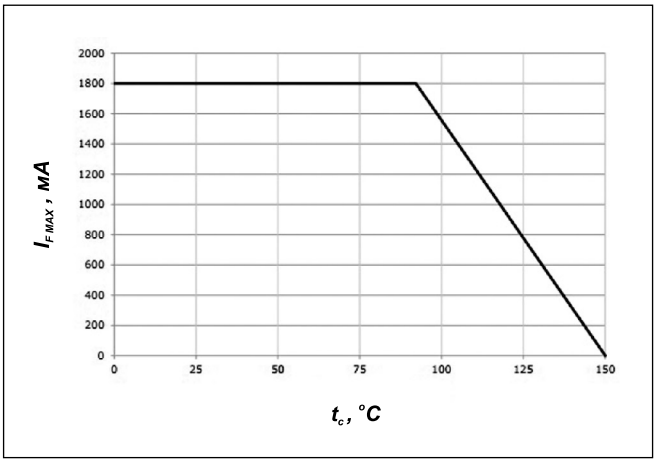



Рис. 12. *Пример зависимости предельно допустимого прямого тока $I_{F\,MAX}$ от наибольшей нормируемой температуры $t_c$ светодиодной матрицы*

Рис. 13. *Стеклянная оптика RLight*

*Таблица 3*

| Параметр / Материал | PMMA | PC | Силикон | Стекло |
|---|---|---|---|---|
| Температура (макс.), °C | 90 | 125 | 150 | 510 |
| Стойкость к УФ излучению | хорошо | плохо | отлично | отлично |
| Химическая инертность | плохо | хорошо | | |
| Формирование КСС (технологичность) | хорошо | плохо | | плохо |
| Показатель преломления | 1,49 | 1,58 | 1,41 | 1,47 |
| Вес | отлично | | | плохо |

В технической информации, предоставляемой производителем на каждый тип матрицы, присутствует график зависимости предельно допустимого прямого тока $I_{F\ MAX}$ [3] от наибольшей нормируемой температуры $t_c$ [3] (в точке «*Tc*») СДМ (рис. 12). При этом $t_c$ не должна превышаться во всём рабочем диапазоне температур окружающей среды светильника.

Исходя из режима работы СДМ и измеренной температуры в контрольной точке, компания *Cree* предоставляет данные о сроке службы своей продукции, который, при правильно разработанном теплоотводе, составляет десятки тысяч часов [2].

### 7. Оптика для светодиодных матриц *Cree*

Основные материалы, применяемые в производстве вторичной оптики для светодиодов – полиметилметакрилат (*PMMA*) и поликарбонат (*PC*), оказались непригодны для работы с мощными СДМ *Cree* «*CXA*». «Ахиллесовой пятой» стало изменение физических свойств этих материалов под действием высоких температур современных СДМ.

Решением может быть применение отражателей, но такой вид вторичной оптики обладает рядом недостатков: сложность, а иногда и невозможность формирования требуемых КСС; большие габариты; необходимость защитного стекла для оптического отсека.

Но наметившиеся было проблемы с подбором соответствующей вторичной оптики постепенно сходят на нет. На рынке уже начали появляться совместимые изделия как азиатских, так и более известных брендов. Подавляющую часть их ассортимента составляют линзы из боросиликатного стекла (рис. 13), технология изготовления которых уже давно известна и отработана. Но не так давно в портфолио производителей вторичной оптики добавился совершенно новый материал – оптический силикон (рис. 14). Последний имеет целый ряд преимуществ, которые делают его перспективным материалом в области освещения светодиодами: может применяться при нагреве до 150 °C, т. е. использоваться с мощными СДМ *Cree «CXA»*; очень эластичен, и линзы из него не боятся ударов и не нуждаются в дополнительных герметизирующих «прокладках»; технология литья из силикона позволяет быстро создавать оптику на любую КСС с поверхностью, не требующей дополнительной полировки.

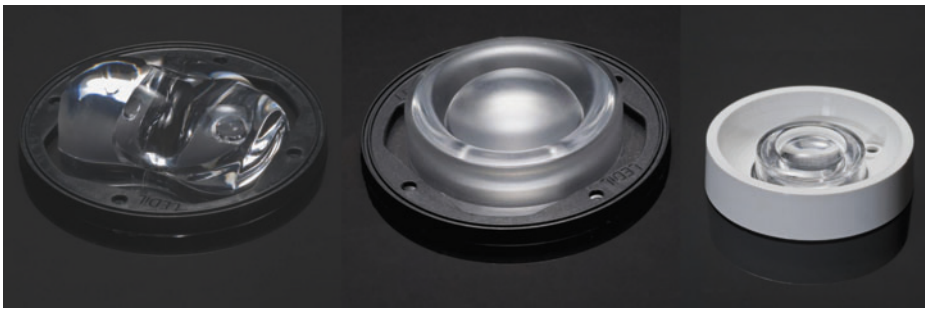


Рис. 14. *Силиконовая оптика LEDiL*

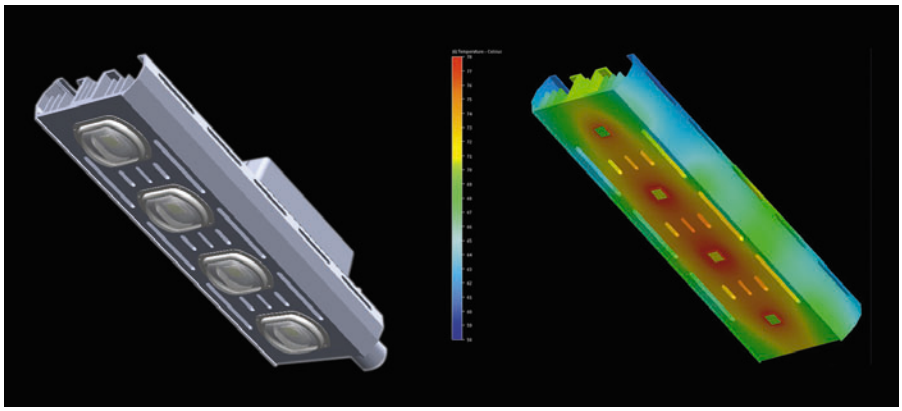


Рис. 15 *Внешний вид и тепловая модель уличного светильника*

Сравнение материалов вторичной оптики приведено в табл. 2.

### 8. Пример использования светодиодных матриц

*Rainbow Electronics* был разработан корпус-радиатор, отвечающий всем особенностям крепления и отведения тепла от мощных СДМ *Cree* «*CXA*». Данное решение оптимально подходит для создания уличных и промышленных светильников мощ-

[3] Термин и обозначение – по ГОСТ Р 54814–2011 / IEC/TS 62504:2011. – Прим. ред.

ностью до 300 Вт (рис. 15). СДМ *CXA 3070* крепятся к радиатору с применением высокоэффективного ТМ и фиксируются с помощью металлического держателя *IDEAL industries*. В месте крепления СДМ радиатор имеет утолщение, предназначенное для быстрого и равномерного распределения тепла по всему корпусу. Сквозные отверстия в основании и боковых стенках корпуса способствуют лучшему конвективному охлаждению и значительно снижают общий вес светильника. Количество и расположение этих отверстий тщательно просчитывались с помощью компьютерного моделирования.

Благодаря этому была решена ещё одна задача – максимальная теплоизоляция источника света от ПРА, что при высоких мощностях современных СДМ весьма существенно. Крепление отсека ПРА к радиатору предусмотрено в местах минимального нагрева корпуса.

В качестве вторичной оптики применяются линзы из боросиликатного стекла или оптического силикона.

Высокая технологичность сборки светильника обеспечивается минимальным количеством составных деталей и простейшими сборочными операциями с помощью винтовых соединений.

**В заключение** хотелось бы ещё раз отметить, что появление высокоэффективных СДМ *Cree* «*CXA*», при грамотной проработке и с соблюдением всех особенностей применения, позволяет создавать технологически простые, компактные и конкурентоспособные изделия.

Наша компания располагает квалифицированными специалистами, способными проводить профессиональные расчёты по светотехнике, оптике, теплотехнике, конструированию и всегда готовыми помочь расчётами в разных областях и советами по применению компонентов и комплектующих в светотехническом оборудовании.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. Cree® XLamp® «CXA» LED Design Guide. URL: http://www.Cree.com/xlamp (дата обращения: 21.08.2014)

2. URL: http://www.Cree.com/LED-Components-and-Modules/Products/XLamp/Arrays-NonDirectional/XLamp-«CXA»3590 (дата обращения: 21.08.2014)

***Абалов Александр Николаевич,*** *инженер по информационным системам и технологиям. Окончил в 2005 г. Обнинский государственный университет атомной энергетики. Контент-менеджер направления «Светотехника» компании Rainbow Electronics*

***Ключник Андрей Теодорович,*** *инженер по оптико-эёлектронным приборам и системам. Окончил в 2009 г. Тульский Государственный университет. Инженер-конструктор направления «Светотехника» компании Rainbow Electronics*

***Кондратьев Артём Викторович,*** *инженер по системам автоматического управления. Окончил в 2004 г. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Менеджер по развитию бизнеса направления «Светотехника» компании Rainbow Electronics*

***Лебедев Илья Сергеевич,*** *магистр (светотехника). Окончил в 2012 г. НИУ « Московский энергетический институт». Инженер-светотехник направления «Светотехника» компании Rainbow Electronics. Аспирант НИУ «Московский энергетический институт»*

***Смирнов Вадим Александрович,*** *инженер по электронной технике. Окончил в 1985 г. Одесский государственный политехнический университет. Директор направления «Светотехника» компании Rainbow Electronics*



## ПРИГЛАШАЕМ НОВЫХ ПАРТНЁРОВ ЖУРНАЛА

**Положение о партнёрах журнала «Светотехника»**

1. Партнёрами журнала «Светотехника» являются ведущие фирмы, действующие на российском светотехническом рынке и заинтересованные в его расширении на базе новейших технологий и техники, которым посвящены публикации авторитетного и влиятельного научно-технического журнала «Светотехника».

2. Группа партнёров журнала представляет сообщество, отражающее интересы ведущих игроков рынка, которые должны учитываться руководством журнала в его практической деятельности.

3. Приоритетной задачей партнёрства является его взаимодействие с государственными организациями по важнейшим вопросам светотехнического рынка и обмен соответствующей информацией.

4. Группе партнёров журнала предоставляется возможность выносить на обсуждение с последующей публикацией на страницах журнала вопросы и проблемы, связанные с трансформацией российского светотехнического рынка на основе последних достижений науки и техники, а также организационно-технические дискуссионные вопросы, препятствующие развитию этого рынка.

5. Партнёры журнала (первых трёх категорий – генеральный, платиновые и золотые) получают возможность бесплатной публикации в каждом номере журнала (в объёме одной страницы журнала) научно-технической информации о деятельности фирмы, её достижениях, новых разработках и реализациях.

6. Партнёры журнала будут:

– получать каждый номер журнала бесплатно;

– публиковать рекламу срочно и со значительной скидкой;

– получать приглашения на все мероприятия, проводимые журналом (в том числе участвовать в дискуссиях).

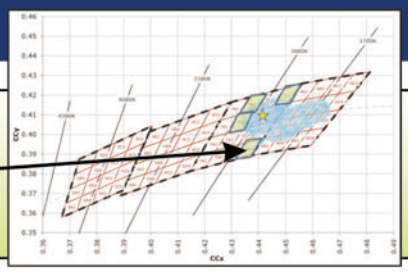
О партнёрах будет сообщаться в каждом номере журнала.

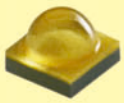
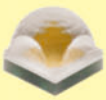
7. Партнёры журнала могут вносить предложения по содержанию последующих номеров и, что весьма желательно, представлять для публикации как научно-технические статьи и информацию о деятельности фирмы, новых разработках и реализациях, так и рекламу своей продукции.

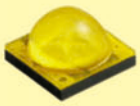
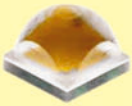
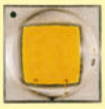
# RAINBOW ELECTRONICS CREE®

Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск, Минск, Киев

**Поставка с собственного склада с точностью до БИНА!**

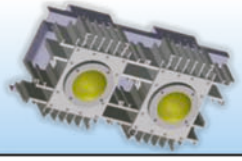


| Серия | ML-E | XQ-E New | XB-D | XB-H New | XB-G HV New | XP-E2 | XP-G2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер, мм | 3,45 x 3,5 | 1,6 x 1,6 | 2,45 x 2,45 | 2,45 x 2,45 | 2,45 x 2,45 | 3,45 x 3,45 | 3,45 x 3,45 |
| Цветность | W, Color | W, Color | W, Color | W | W | W, Color | W |
| Мощность максим., Ватт | 1,6 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4,9 |
| | | |  |  | | | |

| Серия | XT-E | MC-E | XP-L New | XM-L2 | MK-R | CXA New |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер, мм | 3,45 x 3,45 | 7 x 9 | 3,45 x 3,45 | 5 x 5 | 7 x 7 | от 13,35 x 13,35 до 34,85 x 34,85 |
| Цветность | W | W, Color | W | W, Color | W | W |
| Мощность максим., Ватт | 5 | 9,5 | 10 | 10 | 15 | от 11 до 150 |
| |  | |  |  | | |

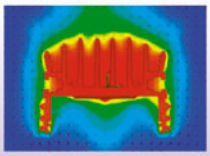
**Комплекты** для построения светильников

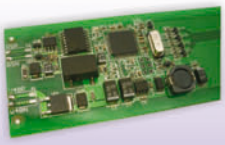
Более **400** собственных дизайнов светодиодных модулей



| Печатные платы | Вторичная оптика | Источники питания | Теплопроводящие материалы | Разъёмы |
|---|---|---|---|---|
| **MCPCB AL FR4** | | | | |

**Инженерные** расчёты для конструирования светильников. Системы **управления** освещением





SALE

**Распродажа остатков по сниженным ценам !!!** **www.light.rtcs.ru/catalog/**


**МОСКВА**
Тел.: +7 (495) 665-1001
E-mail: info@rtcs.ru

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**
Тел.: +7 (812) 324-0902
E-mail: spb@rtcs.ru

**ЕКАТЕРИНБУРГ**
Тел.: +7 (343) 272-0020
E-mail: eburg@rainbow.ur.ru

**НОВОСИБИРСК**
Тел.: +7 (383) 211-9087
E-mail: nsk@rtcs.ru

**МИНСК**
Тел.: +375 (17) 220-7692
E-mail: chip@rainbow.by

**КИЕВ**
Тел.: +380(44) 520-0478
E-mail: chip@rainbow.com.ua

# Исследование тепловых режимов работы уличного светильника со светодиодами методом ИК термографии

*В.Н. ЛЕТУШКО, М.И. НИЗОВЦЕВ, А.Н. СТЕРЛЯГОВ* [1]

Институт теплофизики им.С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск

**Аннотация**

Статья посвящена экспериментальному исследованию теплового режима уличного светильника со светодиодами (СД). Методом ИК термографии получены данные о временной зависимости температуры на поверхности светодиодной матрицы (СДМ). На основе анализа термограмм определены темп разогрева и максимальные температуры на поверхности СДМ. Приведены также данные по исследованию теплового режима работы уличного светильника с СД с помощью контактных измерений температуры и плотности теплового потока.

**Ключевые слова:** СДМ, ИК термография, температура поверхности, плотность теплового потока, тепловой режим.

Известно, что одной из основных причин преждевременного снижения срока службы СД является их перегрев из-за несоблюдения должного теплового режима. Поэтому актуальна задача определения теплового режима СД в осветительных приборах с ними в процессе работы.

В настоящее время широкое распространение получили косвенные методы определения тепловых параметров СД по электрическим характеристикам [1], однако, они позволяют получать лишь осреднённые значения. В то же время для СДМ важно иметь распределение температуры по их поверхности для выявления локальных мест перегрева. Пространственный анализ температурных полей СД возможен при обработке спектральных характеристик, получаемых при сканировании по площади [2], но данный метод отличается аппаратурной сложностью и предполагает длительные измерения. Для экспериментального исследования температурных полей на поверхности СДМ широкие возможности открывает использование метода ИК термографии [3, 4]. Достоинством его является то, что он позволяет оперативно регистрировать распределение температуры на поверхности и проводить в динамике исследование соответствующего теплового процесса.

В данной работе представлен ряд результатов экспериментального исследования по тепловому режиму уличного светильника с СД (точнее, с СДМ) и результатов измерения температуры на поверхности СДМ.

## Краткая характеристика объектов исследования

Экспериментальные исследования проводились на уличном светильнике типа ЖКУ 51–250–002-У1, в котором стандартная лампа (НЛВД мощностью 250 Вт) была заменена на две СДМ *3 F50* (изготовлены по технологии «*COB*») белого свечения, мощностью по 50 Вт. СДМ были закреплены на дюралевой монтажной пластине толщиной 5 мм и закрыты оптическими линзами (рис. 1). Между СДМ и пластиной, пластиной и корпусом хороший тепловой контакт обеспечивался применением кремнийорганической теплопроводящей пасты КПТ-8.

СДМ *3 F50* белого свечения представляла собой группу из 50 светоизлучающих 1-ваттных кристаллов производства *Epistar* со световой отдачей порядка 90–100 лм/Вт, расположенных в 5 рядов по 10 кристаллов в каждом. Кристаллы были соединены последовательно-параллельно, размещены на массивной металлической подложке и сверху покрыты слоем люминофора. Размер части поверхности СДМ, покрытой люминофором, составлял 22×22 мм. На фотографии СДМ (рис. 2) обозначены ряды кристаллов по горизонтали – A, B, C D, E – и колонки кристаллов по вертикали: 1, 2, … 10.

## Исследование теплового режима светильника

Тепловой режим светильника исследовался при практически постоянных температуре, 23,7 $^0$ С, и относительной влажности, 30 %, окружающей среды. Использовался измеритель плотности тепловых потоков ИТП-МГ4 «Поток» с набором датчиков, который позволял проводить измерения температуры и плотности теплового потока на поверхности монтажной пластины и температуры окружающей среды через опре-

[1] E-mail: sterlyagov@itp.nsc.ru

Рис. 1. *Светильник с 2-мя СДМ 3 F50*

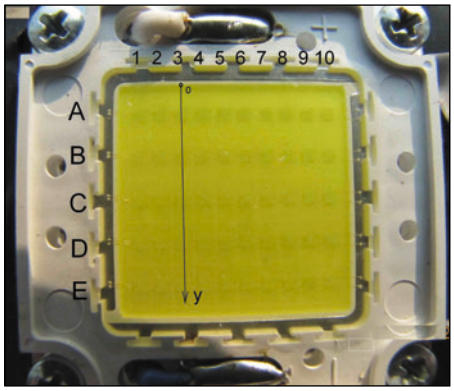



Рис. 2. *Внешний вид СДМ 3 F50*

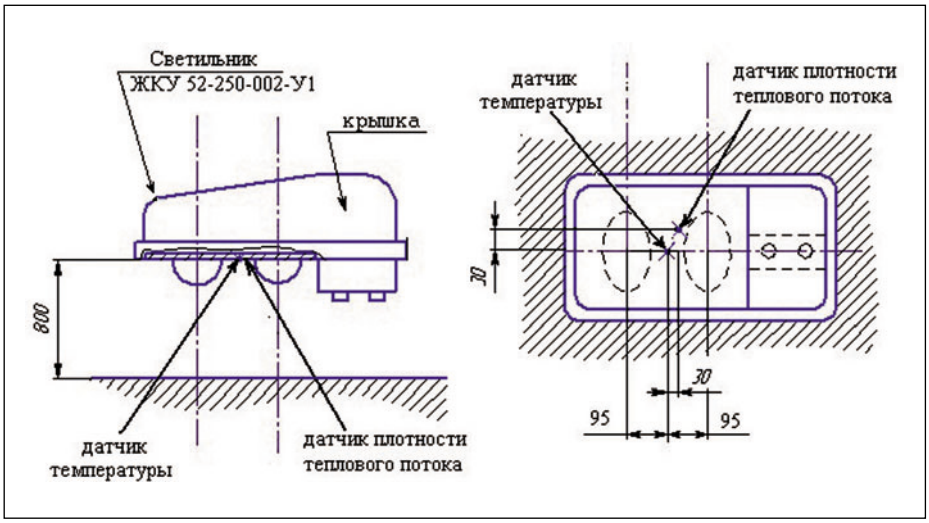



Рис. 3. *Схема проведения эксперимента*

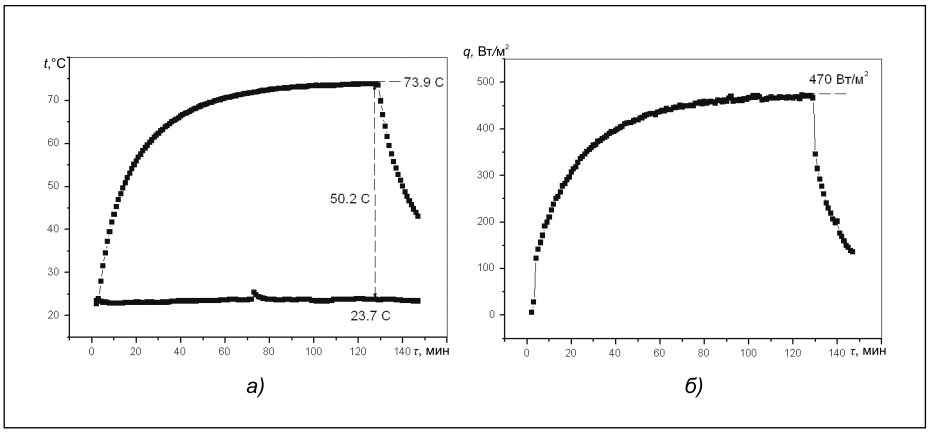



Рис. 4. *Временные изменения на поверхности монтажной пластины светильника температуры t (а) и плотности теплового потока q (б)*

делённые промежутки времени. Места расположения датчиков показаны на рис. 3.

Светильник располагался горизонтально на расстоянии 0,8 м от пола, освещение было направлено вниз. После подачи напряжения на светильник, и, соответственно, включения освещения, датчики измерителя ИТП-МГ4 «Поток» фиксировали изменение температуры и плотности теплового потока во времени. Получаемая информация накапливалась в памяти прибора и впоследствии обрабатывалась на персональном компьютере.

Как видно из рис. 4, *а*, температура на поверхности монтажной пластины после включения светильника вначале быстро росла, затем темп роста постепенно падал и через два часа температура принимала значение, близкое к равновесному, 73,9 °С, после чего светильник выключали. На этом же рисунке показано значение температуры окружающей (воздушной) среды. Видно, что в течение эксперимента она практически не менялась. Таким образом, через 120 мин после включения светильника разность температур на поверхности пластины и окружающей среды составила 50,2 °С.

Как видно из рис. 4, *б*, плотность теплового потока, от пластины в окружающую среду, менялась во времени подобно температуре на пластине и через 120 мин достаточно стабилизировалась на уровне 470 Вт/м$^2$.

Причина значительного повышения указанных температуры и плотности теплового потока – тепловыделение СДМ. Интенсифицируя процесс охлаждения монтажной пластины, можно снизить и нагрев СДМ. Результаты экспериментов с рядом вариантов дополнительного охлаждения монтажной пластины приведены в таблице:

• вариант 1, без дополнительного охлаждения пластины (площадь пластины – 0,047 м$^2$), был принят в качестве базового для сравнения с ним по эффективности других вариантов;

• в варианте 2 на монтажную пластину устанавливались 2 дополнительных дюралевых уголка (площадь каждого – 0,012 м$^2$) для увеличения поверхности рассеивания тепла. При этом наблюдалось повышение температуры пластины $t_п$ по сравнению с температурой воздуха $t_в$ ($\Delta t$) на 48 °С за 2 ч (фиксированное время для всех вариантов). Таким образом, по сравнению с базовым вариантом повышение эффективности охлаждения $\Delta t_{эф}$, где $\Delta t_{эф} = \Delta t_б - \Delta t$ и $\Delta t_б$ есть $\Delta t$ для базового варианта, составило 2,2 °С, а рост относительной эффективности охлаждения $\theta$, где $\theta = (\Delta t_б - \Delta t)\cdot 100/\Delta t_б, \geq 4\%$;

• в варианте 3 на монтажную пластину с наружной стороны наклеивалась плёнка для повышения коэффициента излучения поверхности и усиления лучистого теплообмена. При этом $\Delta t_{эф}$ и $\theta$ составили 5 °С и 10 % соответственно;

• в варианте 4 уголки и монтажная пластина были оклеены плёнкой для повышения коэффициента излучения поверхности. При этом $\Delta t_{эф}$ и $\theta$ составили 7,5 °С или 15 %;

• вариант 5 отличался наличием дополнительной дюралевой пластины толщиной 3 мм и площадью 0,028 м$^2$, на которую устанавливались СДМ с оптическими линзами. Дополнительная пластина крепилась к основной пластине через два радиатора площадью 0,092 м$^2$. Значение $\Delta t$ для дополнительной пластины составило 42,7 °С, а значения $\Delta t_{эф}$ и $\theta$ – 9 °С и 18 %;

• вариант 6 был близок к варианту 4, отличаясь от него тем, что была снята крышка светильника. При этом $\Delta t_{эф}$ и $\theta$ составили 14,7 °С и 29 %;

• вариант 7 был близок к варианту 3, отличаясь добавлением 2-х боковых дюралевых пластин толщиной 2 мм и площадью 0,1 м$^2$. При этом $\Delta t_{эф}$ и $\theta$ составили 15 °С и 30 %.

Таким образом, данные эксперименты позволили определить влияние ряда дополнительных технических решений на охлаждение монтажной пластины, которое способствует охлаждению СДМ. Рост температуры и теплового потока на поверхности монтажной пластины светильника с СД только косвенно свидетельствовали о повышении температуры СДМ. Для количественного опреде-

ления температуры на поверхности СДМ требовалось провести её прямые измерения, причём для определения положения областей с локальным перегревом было целесообразно фиксировать временные температурные изменения на всей поверхности СДМ.

### Измерение температурного поля на поверхности СДМ

Эксперименты по измерению поверхностной температуры СДМ проводились по методу ИК термографии. Использовался тепловизор *Termo Tracer TH 7102 WX* производства *NEC* (с неохлаждаемой микроболометрической матрицей (*uFPA microbolometer*) размером 320×240), работающий в спектральном диапазоне 8–14 мкм. Измерения проводились с применением макроскопической линзы *TH71–377*, что позволяло фиксировать объекты с пространственным разрешением 100 мкм. При этом поле зрения тепловизора составляло 32×24 мм, и, следовательно, на термограмме отображалась вся светоизлучающая поверхность СДМ.

Началом измерений считался момент подачи напряжения на СДМ. С интервалом в несколько секунд тепловизором фиксировалось распределение температуры на поверхности в виде термограммы. Для более точной калибровки термограмм температура поверхности СДМ в отдельных точках при этом измерялась контактным способом с помощью термопар. Путём сравнения результатов контактных и бесконтактных измерений температуры был определён коэффициент излучения поверхности СДМ – 0,96. Эксперименты проводились при $t_в$ = 25,8 °С. На рис. 5 представлены характерные термограммы поверхности СДМ в разные моменты времени после включения. На термограммах отмечены: температура на корпусе – точка «А»; температура на поверхности над центральным кристаллом С4 (в соответствии с рис. 2) – точка «В»; температура поверхности над крайним кристаллом А10 – точка «С».

В начальный момент после включения светильника (рис. 5, *а*) распределение температуры на поверхности СДМ было равномерным и соответствовало температуре воздуха, при этом перепад температуры по поверхности не превышал 0,1 °С. Спустя 10 с (рис. 5, *б*) наибольшая температу-

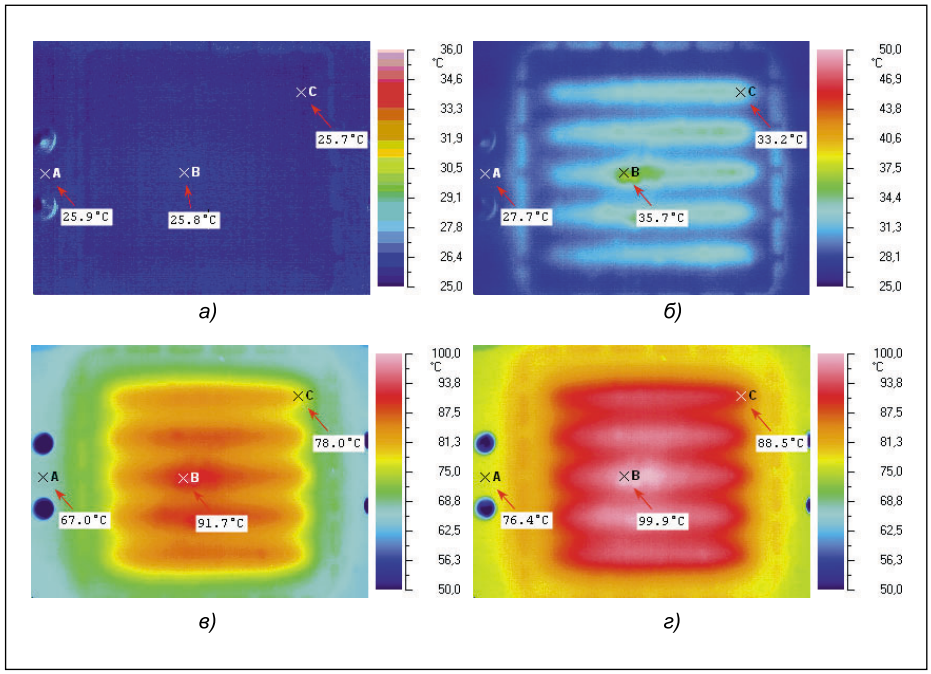



Рис. 5. *Термограммы поверхности СДМ в разные моменты времени после включения: а – в начальный момент времени; б – через 10 с; в – через 10 мин; г – через 1 ч*

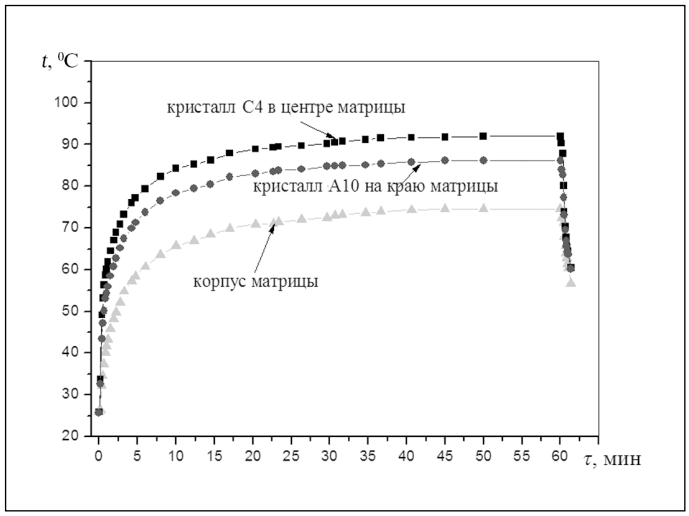



Рис. 6. *Временное изменение температуры в разных точках на поверхности СДМ*

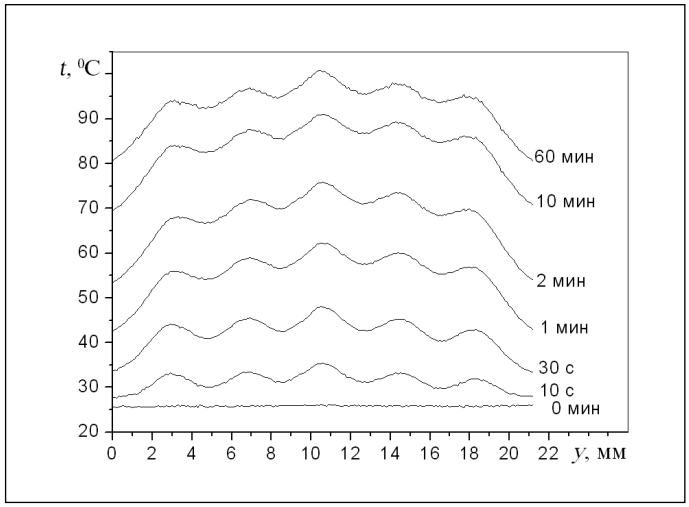



Рис. 7. *Профили температуры на поверхности СДМ в разные моменты времени*

*Таблица*

**Эффективность разных вариантов охлаждения монтажной пластины светильника**

| № | Вариант | $t_п$,°C | $t_в$,°C | $\Delta t = t_п - t_в$, °C | $\Delta t_{эф}$,°C | $\theta$,% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Монтажная пластина с 2-мя СДМ – базовый вариант (рис. 1). | 73,9 | 23,7 | 50,2 (=$\Delta t_б$) | 0 | 0 |
| 2 | Базовый вариант + 2 уголка | 72,1 | 24,1 | 48,0 | 2,2 | 4 |
| 3 | Базовый вариант + плёнка | 69,2 | 24,0 | 45,2 | 5,0 | 10 |
| 4 | Базовый вариант + плёнка+2 уголка | 67,0 | 24,3 | 42,7 | 7,5 | 15 |
| 5 | Базовый вариант + доп. пластина на 2-х радиаторах и плёнка | 67,1 | 25,9 | 41,2 | 9,0 | 18 |
| 6 | Базовый вариант + плёнка + 2 уголка + снятая крышка светильника | 59,1 | 23,6 | 35,5 | 14,7 | 29 |
| 7 | Базовый вариант + плёнка + 2 доп. боковые поверхности | 59,9 | 24,7 | 35,2 | 15,0 | 30 |

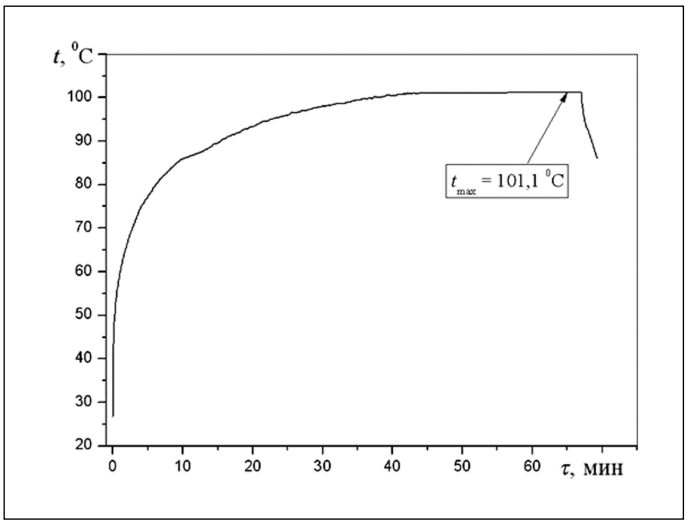



Рис. 8. *Временное изменение температуры СДМ над поверхностью кристалла С4*

ра поверхности была над кристаллами в центре СДМ (например, над кристаллом С4 – 35,7 °С), а температура поверхности над крайними кристаллами, по периметру, была несколько ниже (над кристаллом А10 – 33,3 °С), температура корпуса СДМ составляла 27,7 °С. Через 10 мин после включения (рис. 5, *в*) температура поверхности над кристаллом в центре СДМ – 91,7 °С, а над крайним кристаллом – 78,0 °С. Температура корпуса СДМ достигала значения 67,0 °С. В течение последующего времени температуры на поверхности СДМ плавно повышались, и через 1 ч после включения (рис. 5, *г*) достигали максимумов, которые практически дальше не менялись. Назовём это состояние выходом СДМ на рабочий тепловой режим, при этом температура на поверхности над кристаллом С4, в центре СДМ, была 99,9 °С, над крайним кристаллом А10 – 88,5 °С, а температура корпуса СДМ – 76,4 °С. Таким образом, данные измерения показали, что СДМ выходит на рабочий тепловой режим раньше элементов корпуса светильника. При этом максимальная температура СДМ (99,9 °С) даже без оптической линзы была существенно выше температурного максимума на монтажной пластине светильника (73,9$^0$ С).

На основании полученных в эксперименте термограмм были построены графики изменения температуры поверхности СДМ в характерных точках (на корпусе – точка «А»; в центре над кристаллом С4 – точка «В»; над кристаллом А10 – точка «С») с течением времени (рис. 6).

Как видно из представленных данных, основной нагрев происходил в первые 10 мин после включения, а затем в течение часа шёл плавный рост температуры на поверхности СДМ. В течение всего нагрева температура на поверхности над кристаллами в центре СДМ была на 5 °С выше, чем над крайними кристаллами, и на 20 °С выше, чем на корпусе СДМ. После выключения светильника температура на поверхности СДМ резко спадала, и через 1 мин на всей поверхности СДМ температура уже была ниже 60 °С, затем шло её дальнейшее плавное снижение.

По полученным термограммам было также определено распределение температуры на поверхности СДМ по оси «*y*» (см. рис. 2) в разные моменты времени (рис. 7): где каждому максимуму соответствовало положение ряда кристаллов, а минимуму – середина расстояния между этими рядами. И постепенно наблюдалось повышение температуры поверхности СДМ. Из рис. 7 следует, что при наибольшем разогреве светильника имелись отдельные зоны локального нагрева на поверхности СДМ до температуры около 100 °С.

### Измерение температуры на поверхности СДМ над отдельными кристаллами

При измерении температуры на поверхности СДМ над отдельными кристаллами использовался ИК тепловизионный микроскоп «Тирм-02 С» с охлаждаемой *InAs*- матрицей размером 128×128, работающей в спектральном диапазоне 2,65–3,05 мкм. Измерения проводились с применением объектива ТМ 8 с пространственным разрешением 8 мкм. Поле зрения при этом составляло 1×1 мм, что соответствовало размеру отдельных светоилучающих кристаллов в СДМ. Эксперименты проводились при температуре окружающей среды 27,0 °С.

При этом в течение 1 ч после включения светильника с помощью ИК микроскопа фиксировалось изменение температуры на поверхности над кристаллом С4 (рис. 2) СДМ. На основании полученных термограмм был построен график изменения температуры над поверхностью этого кристалла (рис. 8), который, как видим, соответствует аналогичным данным по динамике температуры, полученным с помощью тепловизора *Termo Tracer TH 7102 WX* (рис. 6). Измерения температуры, выполненные с использованием ИК микроскопа, подтвердили, что при работе СДМ *3 F50* при комнатной температуре окружающей среды температура на поверхности СДМ над отдельными кристаллами была около 100 $^0$ С.

**Заключение**

Выполненные экспериментальные исследования теплового режима уличного светильника с СДМ позволили получить значения температуры и плотности теплового потока на поверхности монтажной пластины светильника, а также определить время выхода температуры на поверхности светильника в рабочий тепловой режим (около 2 ч). Экспериментально определено влияние разных технических решений на эффективность охлаждения монтажной пластины. Наилучшие результаты были получены при использовании дополнительных боковых пластин (из-за существенного увеличения площади теплорассеивающей поверхности).

С помощью метода ИК термографии были получены характерные термограммы поверхности СДМ уличного светильника в разные моменты времени после его включения. Анализ полученных результатов показал, что основной нагрев поверхности СДМ происходил в первые 10 мин после включения, а затем в течение часа температура росла с постепенным замедлением. Кроме того, в экспериментах была выявлена существенная неравномерность в распределении температуры на поверхности СДМ.

Проведённые эксперименты показали, что на поверхности СДМ уличного светильника наблюдались участки с повышенными температурами, существенно большими температуры на поверхности монтажной пластины.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. *Мышонков А.Б., Ашрятов А.А.* Измерение температуры кристалла маломощных светодиодов // Автоматизация и современные технологии. – 2011. – № 03. – С. 10–13.

2. *Сергеев В.А., Ходаков А.М.* Расчёт и анализ распределений плотности тока и температуры по площади структуры InGaN/GaN мощных светодиодов // Физика и техника полупроводников. – 2010. – Т. 44, Вып. 2. – С. 230–234.

3. *Вавилов В.П.* Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: Спектр, 2009. – 544 с.

4. *Закгейм А.Л.* Исследование температурных полей в мощных InGaN/GaN светодиодах с помощью ИК тепловизионного микроскопа / Тезисы докладов 6-й конференции «Нитриды галлия, индия и алюминия – Структуры и приборы, 2008», Санкт – Петербург, 2008. – С. 132–133.

***Летушко Владимир Николаевич,*** *инженер. Окончил в 1993 г. Новосибирский электротехнический институт. Ведущий инженер лаборатории проблем энергосбережения Института теплофизики СО РАН*

***Низовцев Михаил Иванович,*** *доктор техн. наук. Окончил в 1979 г. Уральский политехнический институт. Заведующий лабораторией проблем энергосбережения Института теплофизики СО РАН*

***Стерлягов Алексей Николаевич,*** *кандидат техн. наук. Окончил в 2001 г. Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). Старший научный сотрудник лаборатории проблем энергосбережения Института теплофизики СО РАН*


## ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

**Уважаемая редакция, прошу помочь найти ответ на одну проблему, возникающую при проектировании систем электроснабжения внутреннего и наружного освещения.**

Итак, известно, что:

- согласно п. 3.102 СН 357–77 «Инструкции по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий» (документ отменён постановлением Госстроя СССР от 29.11.1989 № 153), при расчёте потери напряжения в осветительной сети надлежит руководствоваться требованиями ПУЭ, при этом… снижение напряжения у наиболее удалённых ламп внутреннего рабочего освещения … должно быть не более 2,5 % от напряжения на лампах, а для таких же ламп аварийного освещения – не более 5 %;
- согласно п. 6.1.10 ПУЭ 6 изд., при расчёте потерь напряжения в осветительных сетях … отклонение напряжения в них следует принимать в соответствии с требованиями ГОСТ 13109, а согласно п. 6.1.11, для обеспечения надёжной работы газоразрядных ламп напряжение на них даже в послеаварийных режимах не должно быть ниже 90 % от номинального. В ПУЭ 7 изд. данные требования повторены;
- переход на использование энергоэкономичных источников света, включая светодиоды, соответствует требованиям пункта 6.1.11. ПУЭ;
- согласно п. 5.3.2 ГОСТ 13109–97 «Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения $\delta Uy$ и размаха изменения напряжения $\delta Ut$ **в точках присоединения к электрическим сетям**[1] напря-

[1] Точка передачи электрической энергии (ГОСТ 32144–2013, п.3.1.6.) – точка электрической сети, находящаяся на линии раздела объектов электроэнергетики между владельцами по признаку собственности или владения на ином предусмотренном законами основании, определённая в процессе технологического присоединения (граница балансовой принадлежности).

жением 0,38 кВ равно ± 10 % от номинального напряжения.

• с 01.07.2014 ГОСТ 13109–97 заменился на ГОСТ 32144–2013 «Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Согласно п. 4.2.2 ГОСТ 32144–2013, в электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания $U_{nom}$ равно 220 В … и 380 В … И для указанных выше показателей качества электроэнергии установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в **точке передачи электрической энергии** не должны превышать ± 10 % от номинального напряжения.

Таким образом, выходит, при проектировании систем электроснабжения точка передачи электрической энергии может находиться на значительном расстоянии от точки подключения светильника к электрической сети. При отсутствии в настоящее время норм на допустимую потерю напряжения на этом участке отрицательное отклонение напряжения в точке подключения светильника может быть значительно больше допустимых 10 %. А такое сочетание нормативов уровней напряжения в электроснабжении систем внутреннего и наружного освещения может давать значительное снижение качества освещения объектов. Не правда ли?

***М.В. Клигман, инженер, ОАО «Мосгипротранс»***

**Об отклонениях напряжения и потере напряжения в электроустановках 0,4 кВ**
**(*ответ на письмо М.В. Клигмана*)**

**1.** С 01.07.2014 введён в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

В соответствии с п. 4.2.2 указанного ГОСТ:

– положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения;

– допустимые значения положительного и отрицательного отклонений напряжения в точках общего присоединения должны быть установлены сетевой организацией с учётом необходимости выполнения норм настоящего стандарта в точках передачи электрической энергии;

– в электрической сети потребителя должны быть обеспечены условия, при которых отклонения напряжения питания на зажимах электроприёмников не превышают установленных для них допустимых значений при выполнении требований настоящего стандарта к качеству электрической энергии в точке передачи электрической энергии.

Точка передачи электрической энергии, находящаяся на линии раздела объектов электроэнергетики, должна определяться:

– владельцами по признаку собственности или владения на ином предусмотренном законами основании;

– в дополнение к п. 4.2.2, согласовываться с проектной организацией.

**2.** Целесообразное расположение точек передачи электрической энергии:

– для общественных зданий – на вводе в главный распределительный щит здания;

– для жилых зданий – на вводе в квартирный щит от этажного щита;

– для наружного освещения – в шкафу (щите) наружного освещения.

**3.** Потери (падения) напряжения:

– в соответствии с пунктом 7.23 СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий», суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ трансформаторной подстанции (ТП) до наиболее удалённой лампы общего освещения в жилых и общественных зданиях не должны, как правило, превышать 7,5 %;

– в соответствии с приложением G ГОСТ Р 50571.5.52–2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки», падение напряжения **между источником питания** и наиболее удалённой лампой не должна превышать 3 % в установках низкого напряжения, питающихся от общей сети электроснабжения низкого напряжения.

Следует заметить, что из-за неточности перевода текстов п. 525 и первого абзаца приложения G «базового» стандарта (IEC 60364–5-52: 2009) в ГОСТ Р 50571.5.52–2011 вкрались соответствующие ошибки. Тексты эти были бы точнее в следующей редакции:

«525 Падение напряжения в установках потребителей

В отсутствие других соображений падение напряжения между вводом в электроустановку и оборудованием не должно быть более приведённого в таблице G52.1…».

Первый абзац приложения G: «Падение напряжения между вводом в электроустановку и любой точкой нагрузки не должно быть больше, чем значения в таблице G52.1, выраженные относительно значения номинального напряжения установки».

Следует также заметить, что, согласно п. 525 ГОСТ Р 50571.15–97, заменённого на ГОСТ Р 50571.5.52–2011, потеря напряжения в электроустановках зданий не должна превышать 4 % от номинального напряжения установки.

**4.** При согласованном владельцем в договоре с сетевой организацией напряжении на шинах 0,4 кВ ТП, равным 105 % от номинального значения (+5 %), и указанной выше суммарной потери напряжения в 7,5 % отклонение напряжения у последней лампы составляет –3 %, т. е. находится в пределах нормы.

При напряжении на шинах 0,4 кВ ТП, равном 102,5 % от номинального значения (+2,5 %), и суммарной потери напряжения 7,5 %, отклонение напряжения у последней лампы составляет –5 %, т. е. также находится в пределах нормы.

**5.** В пояснительной записке проекта электроустановки целесообразно указывать:

– расположение точки передачи электрической энергии;

– согласованные владельцем (заказчиком) с сетевой организацией размер повышения напряжения на шинах 0,4 кВ ТП и допустимые отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии;

– выполнение нормативных требований по допустимым отклонениям напряжения и потере (падению) напряжения от щита 0,4 кВ ТП до последнего электроприёмника.

***Р.И. Пашковский, инженер, корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге***

LIGHTING SOLUTIONS

# SPACE PLAYER

## ПРОЕКТОР ДЛЯ ТОРГОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Доступен в корпусе черного или белого цвета**

**Гибкая установка и мобильность**

- Автоматическое воспроизведение изображений, анимаций и фильмов с карты памяти SD
- Простая установка на шинопровод, демонтаж и изменение положения
- Настраиваемое направление проекции

### НОВЫЕ, НЕЗАБЫВАЕМЫЕ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ОТ ПОКУПОК БЛАГОДАРЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ПРОЕКЦИИ

Оформляйте свои торговые павильоны по-новому – креативно и оригинально. С помощью нового Space Player вы можете с недоступной ранее чёткостью и детализацией проецировать изображения и видео на объекты или на окружающую их обстановку. Вы можете проецировать меню своего ресторана на стену или одевать свои манекены в виртуальную одежду, которая постоянно изменяется – Space Player позволит вам эффективно привлекать внимание своих клиентов. Возможность установки Space Player на уже существующий шинопровод обеспечивает максимальную гибкость монтажа. Простая установка позволяет полностью избавляться от трудоёмких работ по монтажу.

| **Характеристики** | |
|---|---|
| Световой поток | 1000 лм |
| Источник питания | 100–240 В (100–240 В кабельный канал) |
| Источник света | Лазерный диод |
| Срок службы источника света | 20000 ч (пока световой поток не снизится до половины от начального) |
| Технология дисплея | Цифровой светопроцессор (DLP™) x 1 |
| Пиксели | 1039680 пикселей (соответствует WXGA) |
| Рекомендуемое | 1280 x 800 пикселей |
| Оптика | Механиз. увел. (1.0x–2.2x), механиз. фокус |
| Проекционное отношение | 1,5–3,3 : 1 (отношение примерного проекционного расстояния к большей стороне экрана) |
| Излучающая площадь | Ниже горизонта |
| Интерфейсы | HDMI IN:<br>HDMI на 19 ножек x 1 (совместим с HDCP)<br>Локальная сеть:<br>RJ-45 x 1 для соединения с сетью, 100Base-TX, 10Base-T, совместимые с PJLink™ (Класс 1)<br>Аудио-выход:<br>3,5-мм стереомиништекер |
| Гнездо для карты памяти | Гнездо для карты памяти SD x 1 (совместимо с SDHC до 32 Гб), поддерживаемые форматы файлов: JPG, BMP, WMV, MPEG4 |
| Беспроводная локальная сеть | IEEE802,11 a/b/g/n, совместима с Miracast™ |
| Вес | 3,0 кг |

# О световом образе высотного здания

*В.В. АУРОВ, М.Д. БАУШЕВА, Н.И. ЩЕПЕТКОВ* [1]
МАрхИ (ГА), Москва

**Аннотация**

Световой образ архитектурного объекта в городе, существующий днём, радикально изменяется ночью при искусственном освещении. Создание выразительного светового образа – творческая задача светодизайнера, особенно важная в случае высотных зданий и сооружений, которые обычно служат световыми доминантами в светопанорамах и перспективах ночного города. Рассматриваются принципиальные способы и приёмы светоцветовой композиции фасадов при разных интерпретациях поставленной задачи на примере одной из московских высоток. Приводится краткий обзор мирового опыта архитектурного освещения высотных зданий.

**Ключевые слова**: световой образ, высотное здание, небоскрёб, архитектурное освещение, световой силуэт, светотехнические параметры.

Образ – одно из самых сильных проявлений и свойств восприятия произведений искусства, в т.ч. архитектурных объектов. При их создании в первую очередь решаются задачи художественной интерпретации содержательных форм и материалов (в архитектуре – объёмно-пространственных, в других жанрах – изобразительных, музыкальных, литературных и т. п.) и их прогнозируемого воздействия на человека, которое характеризуется первым, более или менее сильным впечатлением и сохраняется в памяти, обретая с участием воображения, опыта, ассоциаций обобщённые черты, а иногда и символический смысл. Исторически архитектурные стили во многом носили определённые, присущие только данному стилю, образные решения, отражавшие дух эпохи. При восприятии архитектурных сооружений базовой основой художественного образа служит световая информация, попадающая в глаз и рождающая зрительные образы. Эту информацию «излучают» архитектурные формы в природном окружении при тех или иных условиях естественного или искусственного освещения.

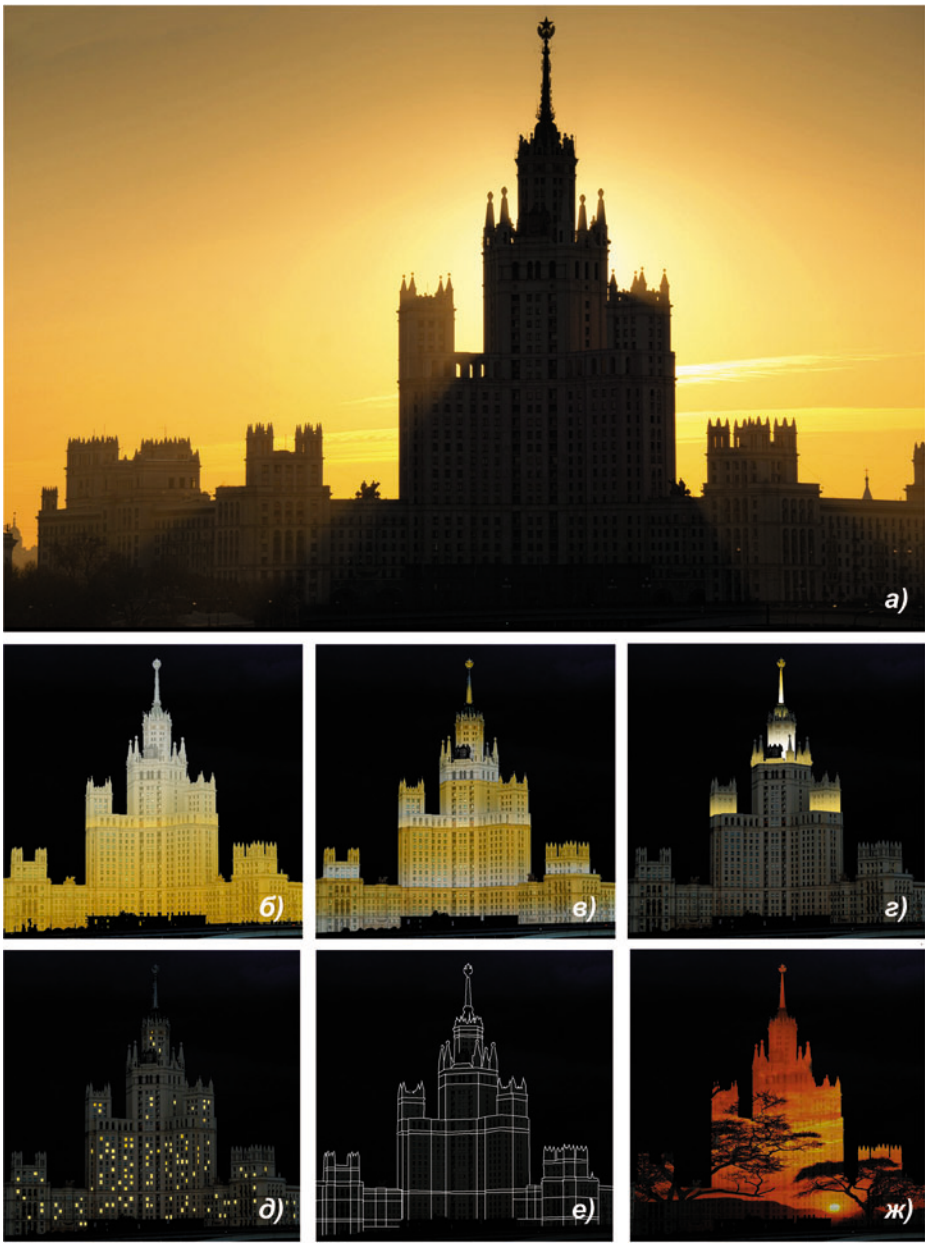



Рис. 1. *Схематические варианты освещения ярусных высотных зданий:*
*а – световой (негативный по яркостному контрасту) образ «высотки» при дневном (закатном) освещении; б – заливающее освещение (яркостной позитив, «выворотка»), имитирующее дневной прообраз, с градиентным увеличением яркости и изменением цветности света снизу вверх на всю высоту здания для иллюзорного облегчения его массы; в –локально-заливающее освещение с градиентным изменением яркости и цветности в пределах каждого яруса, но с сохранением присущего дневному освещению постоянства средней яркости на всех ярусах; г – локальное освещение венчающей силуэтной части; д – стихийная «перфорация» светящихся окон; е – «световая графика» линий, прорисовывающих контуры основных объёмно-пластических элементов здания; ж –проекционная «световая живопись» на фасадах, никак не связанная с архитектурой здания*

1 Данная публикация выполнена в рамках НИР базовой части государственного задания Минобрнауки РФ № 655 «Высотные здания. Особенности проектирования и реализации в России». В НИР и подготовке материалов для статьи принимала участие Е.В. Ульянова, МАрхИ (ГА).
E-mail: n_shchepetkov@inbox.ru

Без света эти формы эмоционально мертвы: свет делает архитектуру образным искусством.

Высотные здания и сооружения, количество которых увеличивается в наше время в городах всего мира и архитектурный образ которых заложен прежде всего в восприятии вертикали, всегда обладали замечательной способностью привлекать первоочередное внимание зрителя со времён древних менгиров и египетских обелисков, поэтому в градостроительных, архитектурных и средовых композициях они обычно выполняют роль доминант разного масштаба. Согласно теории испанского социолога М. Кастельса, высотные здания и сооружения обозначают архитектурное пространство как «пространство места». Наверное, потому, что «вертикаль – основная ось человеческого тела» [1], а высотное сооружение через архитектурно-художественный образ в гипермасштабе символически выражает величие человека. Днём это очевидно, когда вертикаль такой постройки возвышается над окружением на фоне светлого неба как, например, небоскрёб в районе Монпарнаса в Париже, и менее выражено, когда она встроена в группу высотных зданий как Эмпайр-стейт-билдинг, в Манхэттене, Нью-Йорк. Но всё меняется ночью, при искусственном освещении. Неосвещённый небоскрёб может вовсе потерять свою композиционную роль, а доминантой визуально становится освещённый, нередко второстепенный в данном контексте объект более скромных размеров. В условиях города слишком высокие по отношению к человеку небоскрёбы даже днём не воспринимаются целиком из-за ракурсных искажений и экранирующего действия застройки, а с дальних точек, в панорамах воспринимаются как «силуэтный образ».

Кроме высоты и общих габаритов при дневном освещении для доминанты важны не только её силуэтные, но и тектонические характеристики, а также объёмно-пластические формы и цвет фасадов. Любая из них по воле светодизайнера может получить (или не получить) свою оригинальную интерпретацию при искусственном освещении. В результате вечерний световой образ, ассоциативно напоминающий дневной, будет легко узнаваем, или трудно узнаваем при использовании декоративных

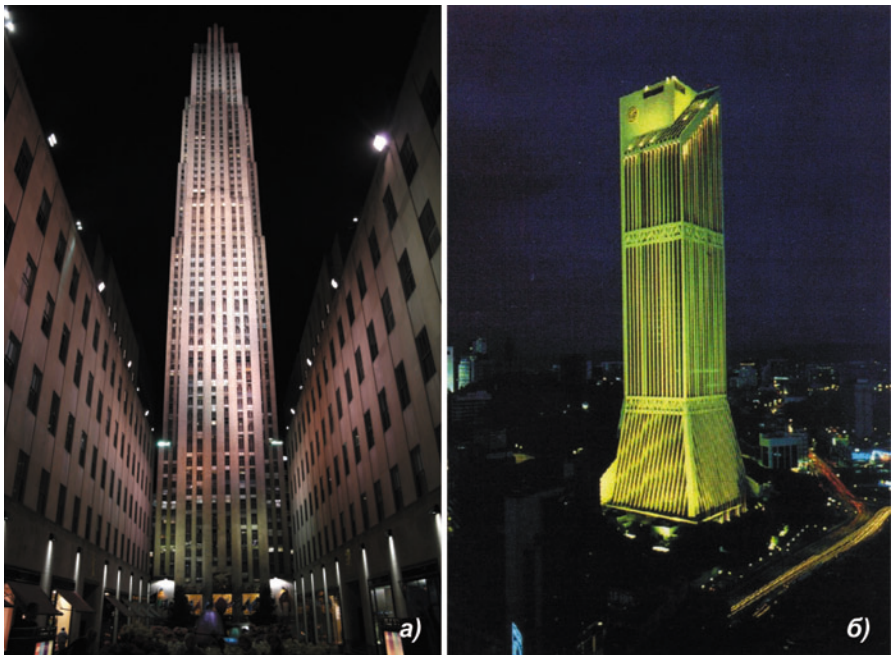



Рис. 2. *Заливающее освещение:*
*а – RCA-билдинг в комплексе Рокфеллер-центра (ОУ – с 1984 г.); б – офисное здание Банка Малайзии, Куала-Лумпур (конец XX – начало XXI вв.)*

приёмов освещения, радикально изменяющих визуальные параметры объекта, вплоть до иллюзорного его развала, как это всё чаще практикуют в световых шоу при видео-мэппинге. Выбор приёмов, средств и характеристик освещения доминанты не может не учитывать основные точки её восприятия, существующие в реальной градостроительной ситуации, т. е. его масштаб – ландшафтный (светопанорамы и глубокие перспективы, отстранённость зрителя от объекта), ансамблевый (средние расстояния и предвкушение «погружения» человека в среду светового ансамбля) или камерный (малые расстояния, выразительные ракурсы, те или иные соощущения пешехода, находящегося в общем с доминантой светопространстве). Эти точки должны определяться при разработке светового генплана города или светового ансамбля и учитываться при выполнении «штучных» проектов освещения. Во всех случаях встаёт «элементарный» вопрос: какие должны обеспечиваться яркости разных частей фасадов объекта или, что ещё сложней, объектов сгармонизированного светового ансамбля, чтобы успешно решать поставленные образные задачи и обеспечивать оптимальную видимость каждого объекта, прежде всего доминантного, из намеченных точек наблюдения с учётом ракурсов, расстояний наблюдения и яркости адаптации поля зрения наблюдателя в этих точках. Отечественные нормы дают лишь весьма приблизительный ответ на этот непростой вопрос. Далее следуют связанные с ним вопросы о выборе приёмов, цветности и динамики архитектурного освещения, градиентов яркости и цветности, светового рисунка. Ответы на многие из них обычно находятся светодизайнером в процессе эмпирического светомоделирования, сегодня – на экране ПЭВМ в одной из визуализационных программ, а 15–20 лет назад – более трудоёмким способом: на листе бумаги с помощью кистей и красок, пастели, туши и других традиционных материалов изобразительного искусства или путём светомоделирования на экране (проекционно), макете, в натуре. И кто найдёт самый убедительный световой образ данного объекта, зависит от случая, таланта и компетенции светодизайнера. Здесь две «ловушки»: во-первых, все наши светодизайнеры де-факто – самоучки, ибо такой профессии в России де-юре до сих пор нет; во-вторых, не факт, что реализованный световой образ уподобится нарисованному и согласованному во всех инстанциях.

Так, многократно рекламировавшийся, экспонировавшийся и награждавшийся на разных выставках

Рис. 3. *Локально-заливающее освещение:*
*а – самый высокий сегодня небоскрёб Бурж-Халифа, Дубай (2013 г.); б – высотный жилой дом на Кудринской пл. в Москве (ОУ – с 1995 г.)*

и смотрах в 2005–2007 гг. концептуальный и весьма недешёвый для бюджета столицы проект архитектурного освещения комплекса «Москва-Сити» вместе в проектом его колористического решения, выполненный «Светосервисом» и «Моспроектом-3» под общим руководством главного художника Москвы И.Н. Воскресенского, оказался, как и было ясно с первого взгляда немногим профессионалам, просто книжной графикой, т. е. проектной фикцией, далёкой от реальных возможностей и результатов. На проектах освещения подобных объектов многие «обломали зубы», ибо предсказать, как будет выглядеть ночью остеклённое высотное здание, не участвуя непосредственно в разработке его фасадов и систем внутреннего и наружного освещения и не имея в этом опыта аналитической работы, связанной с наблюдениями, фотометрированием и анализом реализованных проектов, невозможно. Нужно хотя бы, как минимум, изучить обильно представленные в Интернете и печатных публикациях фотоматериалы по светопанорамам городов мира, особенно США, где едва ли не в каждом крупном городе есть свой Манхэттен, стихийно сложившаяся светопанорама которого нередко представляет собой впечатляющую картину (особенно на фоне эффектного закатного неба) из хаоса светящихся окон. Редкие «мазки» специального (архитектурного) света на некоторых зданиях дополняют эту световую перфорацию, но принципиально не меняют её глобальный характер, что полностью игнорировали авторы освещения комплекса «Москва-Сити». В реальности же получился, как и следовало ожидать, тот же ночной мини-Манхэттен, причём далеко не лучшая его копия. К тому же «поглотившая», к сожалению, оригинальное по светодизайну высотное офисное здание бизнес-центра у моста «Багратион».

Множество построенных в последние 20 лет, строящихся и проектируемых небоскрёбов в Москве закономерно ставят вопрос о своей роли в современной светопанораме столицы и индивидуальном световом образе. Их общее количество в 1995–96 гг. было определено комплексной программой высотного строительства до 2020 г. НИиПИ Генплана г. Москвы – 228 объектов, из которых 92 объекта были существующими. Сегодня об этой программе не упоминается, но строительство высотных зданий не прекратилось. В 2004 г. мы в «Моспроекте-3» [2]выполнили концептуальный проект «Предложения по формированию светового силуэта проектируемых высотных зданий и крупных общественных комплексов», в котором попытались решить проблему образного сосуществования созданного к концу XX в. светового силуэта Москвы с формирующимся, более крупномасштабным и брутальным, который способен, в том числе в тёмное время суток, будучи более ярким, цветным, динамичным, визуально уничтожить, «задавить» камерный по габаритам и сдержанный по светотехническим параметрам исторический. К тому времени была в основном решена задача визуальной реконструкции характерно «колючего» (судя по старым гравюрам) исторического силуэта Москвы «сорока сороков» с её шпилями, шатрами, куполами, крестами, гребнями, башнями, которые были освещены в соответствии с нашей концепцией 1993 г. золотистым светом натриевых ламп, возрождая символ «Москвы златоглавой» [2].

К сожалению, варианты светоцветового зонирования высотных зданий ночного силуэта Москвы, которые помогли бы распознать в светопанорамах и образах историю её экстенсивной застройки, а также способствовали бы пространственной ориентации человека в городе, не были поняты и не заинтересовали Москомархитектуру. Очевидно, что эта проблема остаётся актуальной по сей день, особенно в связи с перспективой развития «Большой Москвы».

Освещение отдельно взятых, как бы вырванных из контекста (что характерно для истории) высотных зданий методологически можно разделить по приёмам на несколько групп. Самые древние – из американской практики рубежа XIX–XX вв., когда собственно и появились небоскрёбы и электрический свет: а) заливающее прожекторное освещение фасада по всей его высоте или локально-заливающее освещение его венчающей части, причём иногда, при наличии в ту эпоху всего лишь ламп накаливания и дуговых ламп-свечей, цветным светом на разных ярусах небоскрёба с применением светофильтров [2]; б) контурное (технически самое элементарное) освещение гирляндами маломощных ламп, породившее приём «световая графика» с использованием разнообразного светового рисунка на фасадах из ли-

[2] Концептуальные проекты разработаны, соответственно, в «Моспроекте-2» и «Моспроекте-3» под авторским руководством Н.И. Щепеткова.

Рис. 4. *Локальное освещение:*
*а – светопанорама Манхэттена, Нью-Йорк, с освещёнными силуэтными завершениями некоторых небоскрёбов (Эмпайр-стейт-билдинг, Крайслер-билдинг и др.); б – Эйфелева башня, Париж (ОУ – с 1986 г.)*

ний, пунктиров, точек, сеток на основе современных разрядных ламп и светодиодных шнуров, работающих в разных динамичных режимах; в) светящиеся программируемым дежурным интерьерным светом фасады остеклённых небоскрёбов, символом которых в 1950-е гг. стали Левер-хаус (арх. Г. Баншафт) и Сигрем-билдинг (арх. Л. Мис ван дер Роэ и Ф. Джонсон, светотехник Р. Келли), Нью-Йорк.

С развитием светотехники к ним добавились приём световой живописи в виде мощных световых проекций на фасады, породивший в последние годы анимационное направление «видео-мэппинг» в световых шоу (Н. Шоффер в 1960-х гг. и Ж.М. Жарр на рубеже XX и XXI вв. на фасадах зданий Дефанса в Париже, МГУ в Москве и др.), и приём самосветящегося фасада, фактически телеэкрана, с тем или иным решением как медиафасада, в т.ч. интерактивного, за которым, очевидно, большое будущее [3]. Эффект этих авангардных светодизайнерских средств, применяемых на фасадах высотных объектов, удваивается за счёт доминантной роли этих объектов в вечерней городской среде.

Классифицируя светокомпозиционные приёмы освещения высотных зданий, в которых интерпретация их доминирующей вертикали и связанных с ней ощущений гравитации, статики-динамики, устойчивости-неустойчивости, массы и невесомости вольно или невольно выражается или должна выражаться в их световом образе, создаваемом светодизайнером, можно предложить ряд принципиальных схем, связанных с приёмами архитектурного освещения и уже существующих в разных вариациях в городах мира (рис. 1).

Заливающее освещение (рис. 2) [3] господствовало в мировой практике архитектурного освещения, в т.ч. в Москве на «сталинских» высотках (в праздники) в 1960–80-е гг. как весьма энергозатратное (при прожекторах с мощными лампами накаливания). Оно создаёт мажорный, легко узнаваемый, обычно тектоничный образ здания, ассоциативно близкий к дневному при прямом солнечном свете. Это освещение может быть относительно равномерным по всей высоте объекта, как на 160-метровом монументе Вашингтона в центре столицы США, так и неравномерным или градиентным на многих зданиях – с возрастанием яркости сверху вниз или наоборот, от чего зависит впечатление его статики-динамики и массы. Ещё никто научно не определил, какие уровни и распределение яркости по вертикали и какой её градиент обеспечивают тот или иной эффект зрительной динамики объекта и ощущения его массивности или лёгкости по сравнению с восприятием дневным. Во многих ярусных по структуре сооружениях (как московские высотки или готические соборы) масса их облегчается ввысь, приобретая при дневном свете иллюзорную динамику. Эта иллюзия при художественной необходимости или по случайности может ночью усиливаться или нейтрализовываться искусственным освещением. При этом не только средняя яркость каждого яруса (и её изменение по высоте здания), но и значение градиента яркости в пределах каждого яруса, как и в целом по высоте небоскрёба, а также изменения цветности света на ярусах, имеют важнейшее значение, что стало очевидным на нашем опыте уже в 1990-е гг. на высотках Москвы.

[3] Рисунки 2, *а*; 3, *а*; 3, *б*; 5, *а* и 5, *б* – снимки Н.И. Щепеткова.

Рис. 5. *«Световая графика»:*
*а – район Дубай Марина в Дубае с башней Инфинити и другими, в т.ч. освещёнными по примеру Манхэттена; б – офисное здание Даунтаун Бурдж, Дубай: сочетание световой графики и локального освещения*

Рис. 6. *Светящийся фасад:*
*а – офисное здание Сони-центра в комплексе Потсдамерплац в Берлине (2000 г.); б – офисное здание Agbar Tower в Барселоне (2005 г.)*

Некоторые примеры локально-заливающего освещения приведены на рис. 3.

Локальное освещение некоторых фрагментов высотного здания (рис. 4), чаще всего его венчающей части, можно назвать «американским» приёмом: лишь один из корпусов Рокфеллер-центра в Нью-Йорке, не самый высокий в городе, залит светом на всю высоту, другие же (немногие) небоскрёбы Манхэттена освещены только вверху, что характерно для светового силуэта и других городов США или, например, Дубая в ОАЭ.

Приём «световая графика» (рис. 5) – декоративный, ибо никак не выявляет тектонику здания, но может чётко прорисовывать его силуэт и тем самым эффектно выражать его вертикальную составляющую, даже её антигравитационную динамику, как, например, бегущие снизу вверх цветные световые линии на углах «покалатравски» [4] закрученного офисного здания Инфинити в Дубае.

Хотя количество полностью остеклённых небоскрёбов в мире растёт, они редко светятся как «новорождённый» Сигрем-билдинг (оригинальное освещение которого сегодня также не функционирует): очевидно, стало немодным, неэкономичным и энергозатратным «выплёскивать» такую массу света в космос, «загрязняя» атмосферу над городом. В случае же использования приёма «светящийся фасад» (рис. 6), безусловно эффектного, светоизлучающее здание зрительно теряет массу, становится невесомым, хотя его внутренняя конструктивно-тектоническая основа, не видимая днём, обнаруживается весьма правдиво, информативно, но аппликативно. Именно этот приём породил век назад универсальный термин «световая архитектура», сегодня всё более заменяемой частным термином «светодизайн» для условий искусственного освещения.

Огромный выразительный потенциал светодизайна высотных зданий и сооружений далеко не исчерпан ни в творческом, ни в техническом отношениях. Жаль, что за разработку, согласование и утверждение этих проектов у нас нередко берутся люди малокомпетентные, но самоуверенные. В результате мы имеем то, что имеем. Назовите новый небоскрёб Москвы, освещение которого многим бы нравилось. Страсти иногда разгораются в профессиональных дискуссиях по поводу образных качеств высоток, но – традиционно (и интуитивно) при дневном освещении! Авторы-архитекторы до удивления легко отдают на откуп невесть кому вторую рукотворную «ипостась» образа – ночную – или вообще о ней не вспоминают. А это уже – атавизм.

[4] «Закрученную» или «винтообразную» форму высотного жилого здания впервые создал испанский архитектор С. Калатрава в г. Мальмё, Швеция, после чего в разных городах начали появляться его «двойники», в т.ч. в комплексе «Москва-Сити».

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. *Брунов Н.И.* Очерки по истории архитектуры. Т. 1. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2003. – С. 17.

2. *Neumann D.* Architecture of the Night. – Munich-Berlin-London-New York: Prestel, 2002.

3. *Щепетков Н.И.* Световой дизайн города. – М.: Архитектура-С, 2006. – 320 с.

***Ауров Валерий Васильевич,*** *кандидат архитектуры, профессор. Окончил в 1969 г. МАрхИ. Зав. кафедрой «Архитектура общественных зданий» МАрхИ (ГА). Член методического совета УМО по архитектурному образованию Зав. кафедрой «Архитектура общественных зданий» МАрхИ (ГА)*

***Баушева Мария Дмитриевна,*** *архитектор. Окончила с отличием в 2009 г. МАрхИ (ГА). Старший преподаватель кафедры «Архитектура общественных зданий» МАрхИ (ГА). Соискатель степени кандидата архитектуры*

***Щепетков Николай Иванович,*** *доктор архитектуры, профессор. Окончил в 1965 г. МАрхИ. Зав. кафедрой «Архитектурная физика» МАрхИ (ГА). Лауреат Государственной премии РФ за архитектурное освещение Москвы. Член редколлегии журнала «Светотехника»*

# Оценка освещения пешеходных дорожек

*М. ПААККИНЕН, Э. ТЭТРИ [1], Л. ХАЛОНЕН*

Университет Аалто, Эспоо, Финляндия

**Аннотация**

Приводятся оценки предпочитаемого освещения пользователями-пешеходами пешеходных дорожек. Рассматривались пять разных светильников: три со светодиодами (СД), один с МГЛ и один с натриевой лампой ВД. Электрические и фотометрические характеристики светильников были измерены в лабораторных условиях, а горизонтальные и полуцилиндрические освещённости от них измерялись на дорожке. В исследованиях приняли участие 46 человек. Опрошенным нравился тон света, если его коррелированная цветовая температура $T_c$ находилась в районе 3000 К, и им нравилось освещение, если хорошо освещалось придорожное пространство.

**Ключевые слова:** светильник с СД, наружное освещение, опрос пользователей.

## 1. Введение

СД всё чаще используются в наружном освещении, особенно для освещения пешеходных дорожек и парков. Из-за большого разброса качества различных решений с использованием СД и отличия освещения ими от более традиционного государственные органы испытывают затруднения при оценке светильников, планируемых применять в будущем. На качество светильников влияют их оптические, электрические и тепловые характеристики, и кроме того, они должны удовлетворять нормативным требованиям к освещению. И наконец, важное значение имеет мнение пользователей. Цель данного исследования состояла в выявлении зависимости между техническими характеристиками светильников и осветительных установок и результатами обследования мнения пользователей. Результаты его предполагается использовать для отождествления важных фотометрических характеристик светильников. В рамках исследования рассматривались три разных светильника с СД, а также светильники с более традиционными источниками света, а именно с трубчатыми НЛВД и МГЛ. Сначала в лабораторных условиях были измерены характеристики светильников, затем светильники были установлены на пешеходной дорожке в Хельсинки. На этой дорожке, которая обычно используется велосипедистами, бегунами и пешеходами, было установлено по четыре светильника каждого вида. После установки светильников были определены условия освещения на всех пяти участках пешеходной дорожки. Полная длина дорожки была равна примерно 700 м. В ходе обследования вопросники заполнили 46 человек.

Причины, побуждающие использовать СД в наружном освещении, – обеспечение ими экономии энергии и сокращение расходов на техническое обслуживание, но при этом осветительные установки, использующие светильники с СД, должны удовлетворять нормативным требованиям к освещению и завоевать признание потребителей. Наблюдается тенденция [1], что большинство ответов на задававшиеся в ходе исследования вопросов, связанных с оценкой условий освещения, склонны меняться все вместе. Результаты этого исследования говорят о том, что хорошее освещение должно быть ярким, равномерным, комфортным, неослепляющим, охватывающим большую площадь и вполне соответствующим освещаемому объекту.

Полевые исследования пешеходных дорожек, освещаемых светильниками с НЛВД и керамическими МГЛ, показали, что белый свет предпочтительнее желтоватого, так как воспринимался более ярким, комфортным и обеспечивающим большую безопасность [2]. В Великобритании был опубликован проект рекомендаций по освещению жилых улиц, целью которого являлось изменение норм освещения дорог класса *S*. Предлагаемая система позволяет снижать освещённость, нормируемую по системе фотометрии в условиях сумеречного зрения МКО, если в светильниках используются лампы с общим индексом цветопередачи $R_a \geq 60$ [3]. Снижение уровня освещения дорог класса *S* основано на сравнении отношения измеряемых в условиях ночного и дневного зрения световых потоков исходного и используемого ($R_a \geq 60$) источников света, считая при этом исходным источником света НЛНД [3].

Замена в светильниках отражателей на линзы или сборки из линз привела к изменению оптических характеристик светильников. Путём сочетания СД и линз можно точно направлять свет на поверхность дорожки, оставляя её окрестности в темноте. Соответственно в данном исследовании рассматривался вопрос важности условий освещения обочины, и один из вопросов к опрашиваемым был связан именно с этим. (В вопроснике под обочиной понималась прилегающая к дорожке территория.)

## 2. Методы

Фотометрические, оптические и электрические характеристики светильников измерялись в лаборатории с использованием интегрирующей сферы, гониофотометра и цифрового ваттметра. Температура воздуха в помещении была равна 22 °С. Перед проведением измерений светильники работали в течение 1 ч. Измерениям подверглись все светильники с СД и лишь по одному – с МГЛ и НЛВД. КСС светильников измерялись на гониофотометре в системе фотометрирования ($C$, $\gamma$) [4]. Измерения в плоскостях $C$ производились в пределах от 0 до 360 ° с интервалом 5 °, а в плоскостях $\gamma$ – от 0 до 90° с интервалом 2°.

Измеренные световые потоки и КСС использовались в дальнейшем в программе моделирования освещения *Dialux*. Высота опор и расстояние между опорами были фиксированными, так как использовалась старая установка. Моделирование освещения применялось для проверки пригодности светильников для освещения рассматриваемой дорожкии и, в то же время, для определения оптимального угла наклона светильника относительно горизонтальной плоскости. Для светильников с МГЛ и НЛВД КСС были предоставлены изготовите-

[1] E-mail: eino.tetri@aalto.fi

Перевод с англ. Е.И. Розовского.

*Таблица 1*

**Усреднённые значения фотометрических и электрических характеристик различных светильников ($U$ – напряжение сети питания, $I$ – ток, $P$ – полная мощность, $pf$ – коэффициент мощности, $\Phi_v$ – световой поток, $\eta_v$ – световая отдача, $T_c$ – коррелированная цветовая температура, $R_a$ – полный индекс цветопередачи МКО)**

| Тип | $U$, В | $I$, мА | $P$, Вт | $pf$ | $\Phi_v$, лм | $\eta$, лм/Вт | $CCT$, К | $R_a$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LED1 | 230,5 | 181 | 38,4 | 0,92 | 2950 | 77 | 4220 | 68 |
| LED2 | 230,5 | 181 | 38,5 | 0,92 | 2070 | 54 | 2960 | 84 |
| LED3 | 230,5 | 156 | 33,8 | 0,94 | 2650 | 79 | 3980 | 69 |
| MH | 229,9 | 299 | 63,9 | 0,93 | 3770 | 59 | 3300 | 72 |
| HPS | 229,9 | 311 | 66,4 | 0,93 | 3570 | 54 | 1880 | 23 |

*Таблица 2*

**Измеренные значения световых потоков ($\Phi_v$,), КПД, относительных ($I_{rel.,\,max}$) и абсолютных ($I_{max}$) максимумов силы света и направлений максимумов силы света светильников**

| Тип | $\Phi_v$, лм | КПД, % | $I_{rel.,\,max}$, кд/клм | $I_{max}$, кд | Плоскость $C$ | Угол $\gamma$, град. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LED1 | 2950 | 100 | 1300 | 3810 | C0-C180 | 56 |
| LED2 | 2070 | 100 | 1300 | 2680 | C0-C180 | 56 |
| LED3 | 2650 | 100 | 670 | 1820 | C160-C340 | 56 |
| MH | 3770 | 78 | 480 | 2320 | C20-C200 | 70 |
| HPS | 3570 | 75 | 470 | 2240 | C20-C200 | 70 |

лями, и при моделировании применялись именно эти данные.

После проведения лабораторных измерений светильники были установлены вдоль пешеходной дорожки, на северо-западе Хельсинки. Ширина дорожки была равнялась 4 м, она была покрыта песком, а её обочина представляла собой главным образом травяной газон без каких-либо крупных объектов типа деревьев и кустов. Высота опор была 5 м, а расстояние между ними составляло около 30 м. На четырёх соседних опорах устанавливались четыре светильника одного и того же типа. Установки были готовы в конце июня и зажигались по мере необходимости. По истечении 4-х месяцев (в середине ноября) были определены условия освещения и проведён опрос пользователей. Данные условия освещения включали в себя горизонтальную ($E$) и полуцилиндрическую ($E_{sc}$) освещённости. Сетка для измерений определялась в соответствии со стандартом *EN 13201–3* [4] и для каждого из светильников помещалась на участке между второй и третьей опорами. Во всех случаях сетка для измерений содержала 3×10 точек с тремя точками в поперечном направлении (0,67; 2 и 3,33 м) и десятью в продольном (1,5; 4,5; 7,5; …; 28,5 м). $E$ измерялась на поверхности дорожки, а $E_{sc}$ – на высоте 1,5 м от уровня дорожки [4].

Опрос пользователей производился на экспериментальном участке в один из ноябрьских вечеров. В опросе участвовали в общей сложности 46 человек. 2 участника были моложе 20-ти лет, 18 имели возраст 21–30 лет, 10 – возраст 31–40 лет, 9 – возраст 41–50 лет и 3 – возраст 51–60 лет; люди старше 60-ти лет в опросе не участвовали. Доля опрашиваемых, носящих очки, была около 63 %. Вначале вопросник был пояснён каждому из опрашиваемых, а затем они самостоятельно проходили по дорожке из конца в конец, по пути производя оценку условий освещения. Нужно было оценить следующие утверждения: *S1 – Света достаточно*; *S2 – Свет имеет приятный тон*; *S3 – Освещение не слепит*; *S4 – На обочине дорожки достаточно света.* Участников просили оценить эти утверждения по пятибалльной шкале, у которой единица означала полное несогласие, а пятёрка – полное согласие с утверждением. Пятый вопрос относился к общей оценке освещения по шкале от 4 до 10, совпадающей со шкалой школьных оценок в Финляндии.

### 3. Результаты измерений

3.1. Фотометрические и электрические характеристики светильников

Ниже светильники с СД обозначаются как *LED1*, *LED2* и *LED3*, а светильники с разрядными лампами – *HPS* (с НЛВД) и *MH* (с МГЛ). Последние два вида светильников имели одинаковые корпуса, а светильники *LED1* и *LED2* были оптически идентичны друг другу, в то же время различаясь спектрами излучения и световыми потоками. Измерениям подверглись по четыре светильника *LED1* и *LED2*, шесть светильников *LED3* и по одному светильнику *HPS* и *MH*. Усреднённые значения измеренных фотометрических и электрических характеристик светильников разных типов приведены в табл. 1.

### 3.2. Распределение силы света светильника

В табл. 2 приведены относительные и абсолютные значения максимальной силы света приведены В табл. 2 вместе с направлением максимальной силы света в системе ($C$, $\gamma$). В связи с характером пространственного распределения силы света светильников *LED1* и *LED2* их угол накло-

на был выбран равным 20 °, тогда как все остальные светильники располагались горизонтально. КПД светильников *HPS* и *MH* были предоставлены изготовителем и в обоих случаях составляли 75 %. КПД светильников *HPS* и *MH* представляли собой частное от деления светового потока светильника на световой поток лампы. КПД светильников с СД был принят равным 100 % в связи с методикой измерений, при которой реальный световой поток встроенного в светильник источника света нельзя отдельно неопределим. Максимальное значение силы света менялось от 1820 кд (*LED3*) до 3810 кд (*LED1*), а соответствующий ему угол $\gamma$ менялся от 56 до 70 ° в зависимости от светильника.

Суммарные световые потоки приведены на рис. 1, на котором световой поток светильника разделён на части в функции угла $\gamma$. На этих графиках видно, что светильники *LED1* и *LED2* под малыми углами излучают больше света, чем светильники *LED3*, *HPS* и *MH*. Под углами $\gamma < 40$ ° светильники *LED1* и *LED2* излучают половину, а остальные светильники – менее 35 % от своего полного светового потока. При $\gamma < 40$ ° свет, падающий на землю с опоры высотой 5 м, распределяется в пределах 3,2 м от опоры. Кроме того, из этих графиков следует, что световые потоки светильников сосредоточены главным образом в области $\gamma < 75$ ° и на уровне земли охватывают зону радиусом 18,5 м. Расстояние между двумя опорами составляло около 30 м.

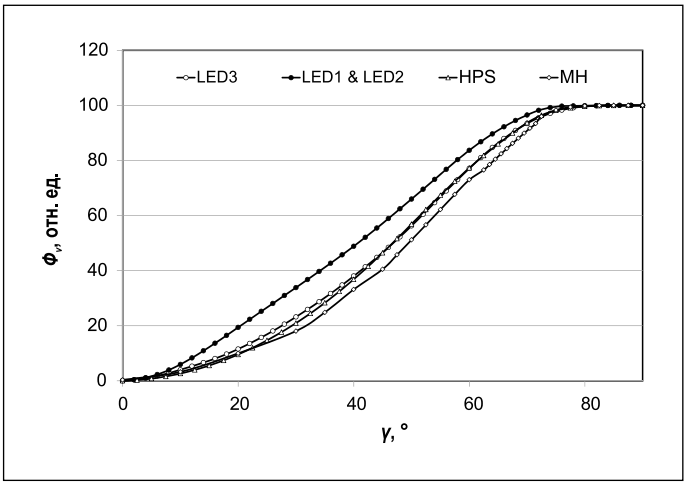



Рис. 1. *Суммарные световые потоки светильников ($\Phi_v$) всех видов*

*Таблица 3*

**Максимальные ($E_{max}$), минимальные ($E_{min}$) и средние ($E_{ave}$) значения горизонтальной и полуцилиндрической освещённости при освещении пешеходной дорожке разными светильниками**

| Тип | Горизонтальная освещённость $E$, лк | | | Полуцилиндрическая освещённость $E_{sc}$, лк | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $E_{max}$ | $E_{min}$ | $E_{ave}$ | $E_{max}$ | $E_{min}$ | $E_{ave}$ |
| LED1 | 54,0 | 4,3 | 17,1 | 45,6 | 0,5 | 8,2 |
| LED2 | 37,7 | 2,5 | 11,1 | 29,6 | 0,3 | 5,3 |
| LED3 | 36,7 | 2,1 | 12 | 26,6 | 0,3 | 6,2 |
| MH | 35,1 | 3 | 12,2 | 20,2 | 0,6 | 6,7 |
| HPS | 31,7 | 2,1 | 10,5 | 27,0 | 0,7 | 7,8 |

### 3.3. Измерения на объекте

Характеристики освещения объекта измерялись осенью, когда ночь наступала гораздо раньше, чем летом, и когда была смонтирована осветительная установка. Погода была ясной, при температуре около 10 °С. Измерения производились с использованием той же самой сетки из 3×10 точек. Результаты приведены в табл. 3.

Измеренные значения освещённости были оценены с точки зрения соответствия нормам освещения пешеходных дорожек для классов освещения *S* и *ES* по стандарту *EN 13201* [5, 6]. Минимальное значение эксплуатационной *E* для класса *S3* составляет 1,5 лк, что обеспечивается всеми светильниками. При этом светильники *LED1* и *MH* удовлетворяли минимальным требованиям для класса *S2* (3 лк). Минимально допустимые значения средней *E* составляют 7,5 лк для класса *S3* и 10 лк для класса *S2*. Все установки удовлетворяли требованиям для классов *S2* и *S3* к минимальной средней эксплуатационной *E*. К классам *S* применимо также и дополнительное правило, ограничивающее верхний предел средней эксплуатационной *E* значением, в 1,5 раз превышающим минимум этой величины. В принципе, светильники *LED2*, *LED3* и *HPS* удовлетворяли требованиям класса *S3*, за исключением того, что в случае *LED3* средняя *E* менее, чем на 1 лк, превышала нормируемую. *LED1* и *MH* обеспечивали освещение класса *S2*, за исключением того, что в случае *LED1* средняя *E* была слишком велика.

Кроме того, освещённости на исследуемой дорожке сравнивались с требованиями для классов *ES*, для которых нормируется $E_{sc}$. *ES* введены как дополнительные классы освещения пешеходных дорожек с целью снижения преступности и уменьшения ощущения незащищённости [6]. Для классов *ES* нормируются только значения минимальной эксплуатационной $E_{sc}$ ($E_{sc,\ min}$). Альтернативой класса *S3* является класс *ES6*, для которого $E_{sc,\ min}$ должна равняться 1,5 лк [5, 6]. Этот минимум не обеспечил ни один из светильников, и даже требования для самого низкого класса *ES9* (0,5 лк) были удовлетворены только тремя видами светильников – *LED1*, *MH* и *HPS*. Причиной послужила относительно небольшая высота опор (5 м) при относительно большом расстоянии между ними (30 м).

$E_{sc}$ используется в основном для оценок по распознаванию лиц. В предшествующих исследованиях было установлено, что уровень $E_{sc}$, требуемый для распознавания лиц с расстояния 4 м, составляет 0,6 или 0,8 лк. Что касается распознавания с расстояния 10 м, то в разных работах приводились значения 2,7 или 3,4 лк требуемой для этого $E_{sc}$ [7, 8]. Верхний предел $E_{sc}$, по достижении

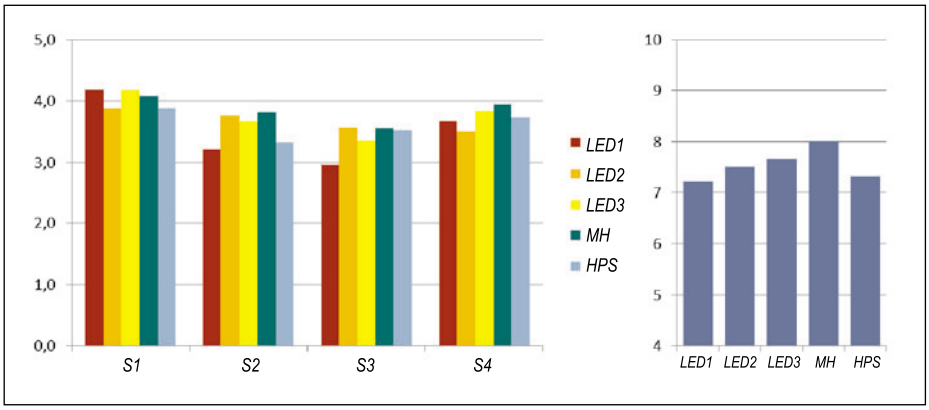



Рис. 2. *Средние значения и среднеквадратичные отклонения оценок утверждений, содержащихся в вопроснике. Оценки простирались от «1» (полностью несогласен) до «5» (полностью согласен). Оценивались следующие утверждения: S1 – Света достаточно; S2 – Свет имеет приятный тон; S3 – Освещение не слепит; S4 – На обочине дорожки достаточно света*

которого расстояние распознавания перестаёт возрастать, составляет примерно 25 лк. При сравнении характеристик осветительных установок с этими значениями видно, что в случаях светильников *MH* и *HPS* минимальные значения $E_{sc}$ едва удовлетворяют требованиям к освещению, обеспечивающему распознавание с расстояния 4 м, тогда как у остальных светильников остаются ниже этого предела. Все средние значения $E_{sc}$ удовлетворяют нормативным требованиям, обеспечивающим распознавание с расстояния 10 м. Максимальные значения $E_{sc}$ превышали 25 лк для всех светильников, кроме *HPS*, причём наибольшее значение (около 45 лк) было получено в случае светильников *LED1*.

Направленный на дорожку световой поток $\Phi_v$ оценивался путём умножения горизонтальной освещённости $E$ на площадь участка, в пределах которого производились измерения ($A$), так как $E = \Phi_v/A$, откуда следует, что $\Phi_v = E{\cdot}A$. В случаях установок с *LED1* и *LED2* на дорожку было направлено 70 и 65 % от полного светового потока соответственно, а для *LED3*, *HPS* и *MH* эти доли, соответственно, равнялись 55, 33 и 40 %. Остальная часть полного светового потока использовалась для освещения окрестностей дорожки.

### 4. Опрос пользователей

В целом, усреднённые результаты и среднеквадратичные отклонения полученных оценок представлены на рис. 2. Шкала оценок для четырёх утверждений в вопроснике простиралась от «1» до «5». Средняя оценка первого утверждения (*Света достаточно*) была равна «4,0» со среднеквадратичным отклонением 1,1. Средняя оценка второго утверждения (*Свет имеет приятный тон*) была равна «3,6» со среднеквадратичным отклонением 1,1, а для третьего утверждения (*Освещение не слепит*) – «3,4» и 1,2 соответственно. Что касается четвёртого утверждения (*На обочине дорожки достаточно света*), то в этом случае общая средняя оценка и среднеквадратичное отклонение, соответственно, были равны «3,7» и 1,3.

В дополнение к этим трём утверждениям, люди давали общую оценку каждой из установок в соответствии с принятой в школах Финляндии шкалой «4»–«10». Установки получили оценки от «хорошая» («8») до «удовлетворительная» («7»). Усреднённое значение общей оценки составило «7,5». Наибольшая средняя оценка была дана установке со светильниками *MH* («7,9»), а наименьшая – со светильниками *LED1* («7,1»). Установки же со светильниками *LED3*, *LED2* и *HPS* получили оценки «7,6», «7,4» и «7,3» соответственно.

В случае первого утверждения, касательно количества падающего на дорожку света, наибольшие оценки получили установки с *LED1*. Оценки производились по шкале «от 1 до 5», где оценка «1» означала, что опрашиваемый полностью несогласен, а оценка «5» – что он полностью согласен с этим утверждением. Оценки «4» и «5» считались положительным мнением, и применительно к первому утверждению имели место в 25 и 11 случаях соответственно. В то же время отрицательных мнений, которым соответствовали оценки «1» и «2», было всего 5. Средние оценки установок с *LED1* и *LED3* оказалась одинаковы: «4,17». В этих установках использовались СД холодно-белого света. Низшие оценки получили установки с *LED2* и *HPS*, для которых средняя оценка была «3,87». Наименьшее квадратичное отклонение имели оценки установок с *LED3* (0,95), а наибольшее – установок с *HPS* (1,20).

Второе утверждение касалось к приятности тона света. В этом случае установка с *MH* получила 28 положительных и 5 отрицательных оценок, а средняя оценка была «3,80». Средние оценки установок с *LED2* и *LED3* были «3,76» и «3,67» соответственно. Самую низкую оценку получила установка с *LED1* (15 положительных и 11 отрицательных мнений, в среднем – «3,20»). Кроме того, для этого утверждения среднеквадратичное отклонение было наибольшим в случае установки с *HPS* (1,19), а наименьшим – с *LED3* (0,95).

Третье утверждение звучало как «Освещение не слепит». При этом выше всего была оценена установка с *LED2*, получившая 28 положительных и 11 отрицательных оценок. Средняя оценка этой установки была «3,57», тогда как установки с *MH* и *HPS* получили «3,54» и «3,52» соответственно. Ниже всего была оценена установка с *LED1*, получившая 15 положительных и 20 отрицательных оценок. Светильники *LED2* и *LED1* имели очень схожие КСС, но их $\Phi_v$ и $T_c$ разнились: 2950 лм, 4220 К и 2070 лм, 2860 К соответственно. Среднеквадратичное отклонение оценок было наибольшим в случае установки с *HPS* (1,31), а наименьшим – с *MH* (1,15).

Последнее утверждение звучало как «На обочине дорожки достаточно света», и применительно к нему выше всего была оценена установка с *MH*, получившая 33 положительных и 9 отрицательных оценок, в среднем – «3,93». Ниже всего была оценена установка с *LED2*, получившая 26 положительных и 16 отрицательных оценок, в среднем – «3,50». Среднеквадратичное отклонение оценок было наибольшим в случае установки с *HPS* (1,65), а наименьшим – в случае установки с *LED3* (1,33). Распределения оценок достоверности различных утверждений приведено на рис. 3.

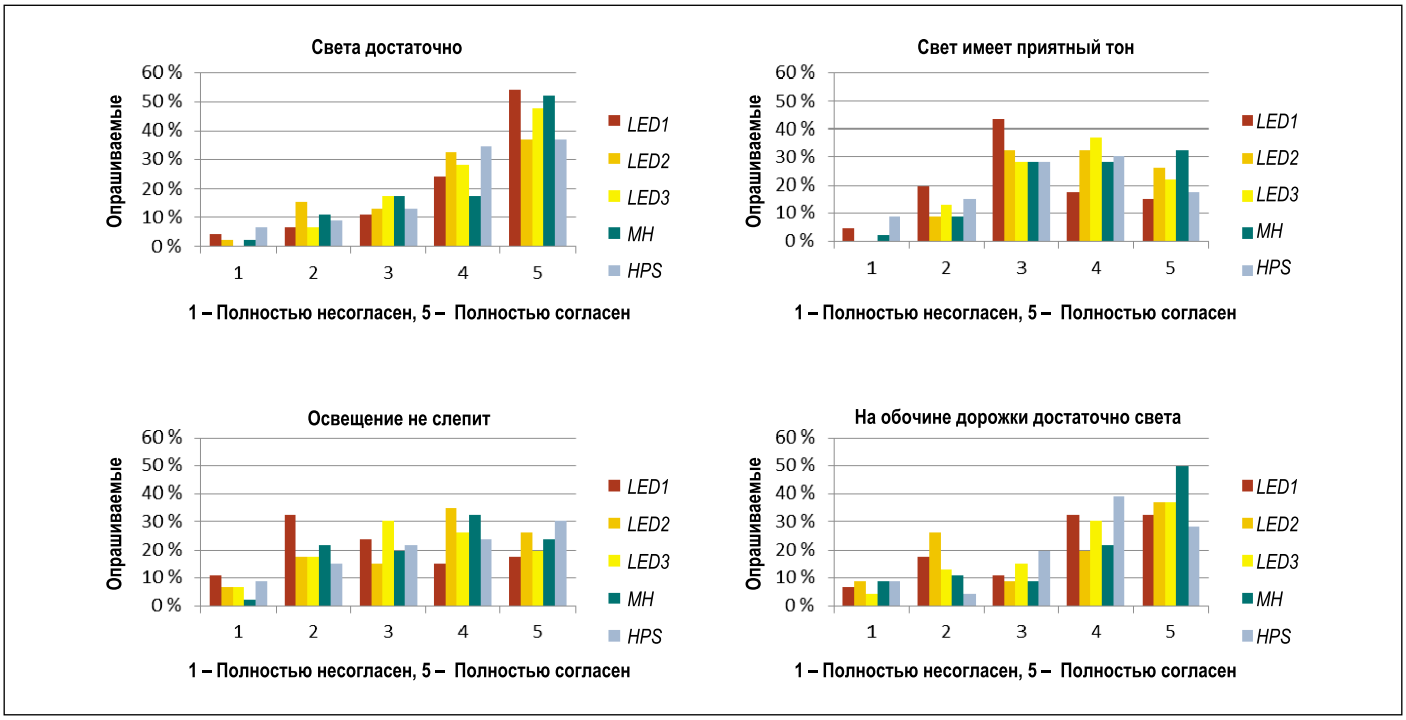



Рис. 3. *Распределение оценок разных утверждений*

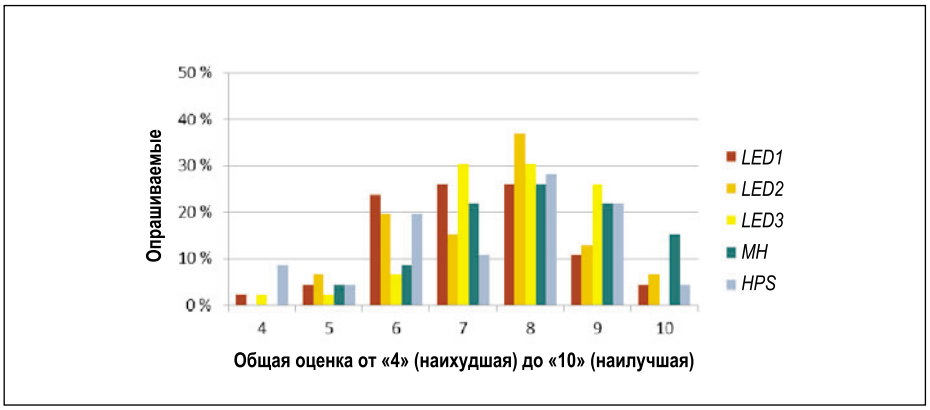



Рис. 4. *Распределение оценок освещения в целом*

В целом выше всего оценена установка с *MH*, а ниже всего – с *LED1*. Наибольшее среднее значение общей оценки было равно «7,9» (*MH*), а наименьшее – «7,1» (*LED1*). Средние значения общей оценки установок с *LED2*, *LED3* и *HPS* составили «7,4», «7,6» и «7,3» соответственно. Если говорить о восприятии установки в целом, то установка с *MH* получила наибольшую оценку («10») 7 раз. Среднеквадратичное отклонение общей оценки было наибольшим в случае установки с *HPS* (1,65), а наименьшим – в случае установки с *LED3* (1,33). И в случае отдельных утверждений, и в случае общей оценки разброс мнений был наименьшим в отношении установки с *LED3*, а наибольшим – в отношении установки с *HPS*.

Результаты опроса были подвергнуты статистическому анализу при помощи пакета программ обработки статистических данных *IBM* «*SPSS Statistics*» с использованием множественной линейной регрессии. Этот анализ был вначале применён ко всем установкам вместе, а затем к каждой из установок в отдельности. В обоих случаях четыре утверждения (*S1*, *S2*, *S3* и *S4*) считались независимыми переменными, которым сопоставлялась выступающая в роли зависимой переменной общая оценка. Уровень значимости составлял $p < 0{,}05$.

При раздельном рассмотрении разных установок оказалось, что не все утверждения оказывали существенное влияние на общую оценку. В случае установки: с *LED1* существенными были утверждения *S1*, *S2* и *S3*; с *LED2* – утверждения *S1*, *S2* и *S3*; с *LED3* – утверждения *S1* и *S3*; с *MH* – утверждение *S4*; с *HPS* – утверждение *S2*. Результаты показали, что при разных условиях освещения опрашиваемые сосредотачивали своё внимание на разных аспектах. Так, в случае установки с *HPS* единственно существенным оказался тон света, а в случае установки с *MH* – освещение обочины дорожки.

## 5. Заключение

Производилась оценка пользователями-пешеходами пяти видов осветительных установок. Оценивались четыре «утверждения» и обеспечиваемое установками освещение в целом. Горизонтальная освещённость находилась в пределах от 10,5 до 17,5 лк, и большинство людей считали, что на дорожку падает достаточно света (утверждение *S1*). Желтоватый (1880 К) свет НЛВД оценивался опрашиваемыми по-разному, а ниже всего был оценен самый холодный свет светильников *LED1* (4220 К). Люди предпочитали свет светильников *LED2*, *LED3* и *MH*. $T_c$ этих светильников составляли 2960–3980 К. Согласно оценкам, *LED1* оказывал большее, чем остальные светильники, слепящее действие, и, к тому же, получил низшую общую оценку. Максимальная сила света све-

тильника *LED1* была равна 3800 кд, и ей соответствовал угол $\gamma$ в плоскости *C0–C180,* равный 56 °. Светильник *LED2* имел аналогичное пространственное распределение силы света и то же направление максимальной силы света, которая, однако, равнялась у него 2700 кд. Различались и $T_c$: 2960 К у *LED2* и 4220 К у *LED1*. По результатам опроса пользователей, *LED2* не оказывал слепящего действия. Установке с *MH* соответствовала наибольшая оценка утверждения *S4*, относящегося к освещению обочины дорожки. У двух участвовавших в исследовании светильников расчётное значение светового потока, направленного на поверхность дорожки, составляло менее 50 % от их полного $\Phi_v$. В случае *HPS* эта доля составляла 33, а в случае *MH* – 40 %. Реальное количество света этих светильников, попадающего за пределы дорожки, было почти одинаковым, что обусловлено большим $\Phi_v$ светильников *MH*. Кроме того, *MH* получил и самую высокую общую оценку.

Полученные результаты показали, что пространственное распределение силы света светильника следует формировать так, чтобы обеспечивать достаточное освещение обочины дорожки и исключать слепящее действие.

Использовавшиеся в исследовании светильники весьма сильно отличались друг от друга, из-за чего оказалось большое число переменных, влияющих на мнения опрашиваемых пользователей-пешеходов. В будущем определённые характеристики надо будет исследовать по отдельности, с тем чтобы оценку приемлемости освещения можно было производить именно по этим характеристикам. Так, если светильник оказывает слепящее действие, то может оказаться, что это будет влиять и на мнение людей о «приятности тона света». Дальнейшие исследования приемлемости освещения светодиодами для людей должны сосредотачиваться на тоне и количестве света, направляемого на окрестности дорожки, которые в настоящее время не охватываются действующими нормами освещения.

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. *Boyce, P.R., Eklund, N.H., Hamilton, B.J., Bruno, L.D.* Perceptions of safety at night in different lighting conditions // Lighting Research & Technology. – 2000. – Vol. 32. – No. 1. – P. 79–91.

2. *Knight, C.* Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night // Lighting Research & Technology. – 2010. – Vol. 42. – No. 3. – P. 313–329.

3. *Fotios, S., Goodman, T.* Proposed UK guidance for lighting in residential roads // Lighting Research & Technology. – 2012. – Vol. 44. – No. 1. – P. 69–83.

4. EN 13201–3:2003 «Road Lighting- part 3: Calculation of performance».

5. EN 13201–1:2003 «Road Lighting- part 1: Selection of lighting classes».

6. EN 13201–2:2003 «Road Lighting- part 2: Performance requirements».

7. *Rombauts, P., Vanderwyngaerde, H., Magetto, G.* Minimum semicylindrical illuminance and modelling in residential area lighting // Lighting Research & Technology. – 1989. – Vol. 21. – No. 1.

8. *Van Bommel, W., Caminada, J.* New Lighting considerations for residential areas // International Lighting Review. – 1980. – Vol. 31. – P. 69–75.

***Мартти Пааккинен (Martti Paakkinen)**, M. Sc. Окончил в 2008 г. Хельсинкский технический университет. Проектировщик наружного освещения компании SITO*

***Эйно Тэтри (Eino Tetri)**, D. Sc. Окончил в 2001 г. Хельсинкский технический университет). Руководитель исследовательской группы «Источники света и энергоэффективные осветительные системы» Светотехнического отделения Университета Аалто*

***Лииза Халонен (Liisa Halonen)**, D. Sc. (Tech.), профессор. Руководитель Светотехнического отделения Университета Аалто*


## ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
## К ЖУРНАЛУ «СВЕТОТЕХНИКА»

Одновременно с выходом № 5 журнала выпускается приложение к нему № 1, посвящённое теме «Освещение городов».

Необходимость и целесообразность выпуска тематических приложений обусловлена стремлением обеспечить наибольшие контингенты читателей разнообразной информацией по той или иной проблематике, одной из которых и является современное освещение городов.

Освещение городов имеет огромное функциональное и архитектурное значение, позволяет снизить число транспортных происшествий, сократить затраты электроэнергии на освещение. К сожалению, и в настоящее время имеется ряд городов, практически полностью освещаемых лампами накаливания, большая часть крупных городов освещается ртутными лампами ВД с люминофором (РтЛВД) – от 25 до 55 %, а натриевыми лампами ВД (НЛВД) – от 38 до 68 %, причём больше всего РтЛВД – в крупных городах с населением свыше 500 тыс. человек.

В то же время наиболее комфортные и экономичные металлогалогенные лампы (МГЛ) используются в ничтожном количестве установок, не говоря уже о наиболее перспективных светодиодных лампах.

**Главными задачами в области УНО являются:**

1. Уход от ламп накаливания и РтЛВД.
2. Переход на НЛВД и МГЛ (там, где это целесообразно).
3. Постепенный перевод ряда УНО на освещение светодиодами.
4. Переход от железобетонных опор и металлических окрашенных на стальные горячего цинкования. Ликвидация деревянных опор.
5. Широкое использование современных осветительных сетей.
6. Переход на автоматизацию управления освещением.
7. Комплексное решение проблемы световой среды с учётом освещения, световой рекламы, сигнализации. Современное комфортное архитектурное освещение.

Отсюда вытекает также объём потребностей в лампах, ПРА, светильниках и опорах и объём требуемых инвестиций. Наряду с этим появляется реальная возможность оценки потенциала снижения энергопотребления в УНО.

Такой подход позволит снизить затраты энергии в 3–4 раза при улучшении её качества.

Вот поэтому для первого приложения к журналу «Светотехника» «Освещение городов» мы взяли в качестве примера холдинг *BL Group*, как крупную фирму, способную решать большие задачи высококвалифицированно и быстро. Этот пример, кроме того, показывает необходимость объединения творческих сил разных организаций для решения масштабных и разноплановых задач.

Редакция предполагает продолжить публикацию приложений к журналу на другие важные темы (например, «промышленное освещение», «освещение объектов образования» и др.).

# ГУП Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина»: рывок в будущее…

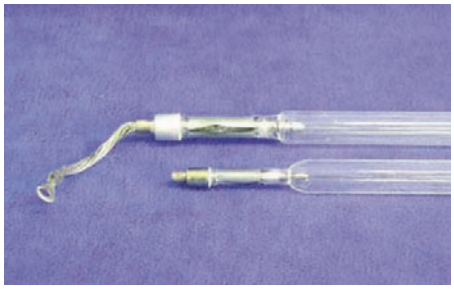
С момента образования (1958 г.), будучи отраслевым институтом Минэлектротехпрома СССР, Институт источников света им. А.Н. Лодыгина возглавил работы по развитию и становлению светотехнической промышленности страны, внедрению в производство новых материалов, высокотехнологичного оборудования по производству электроламп, разработке технологических процессов их изготовления.

На сегодняшний день ГУП Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина» – это ведущий научно-технический центр страны в области источников света, располагающий научно-технической и опытно-производственной базой, квалифицированными кадрами. Это позволяет ему проводить прикладные исследования и разработки в области современных энергоэффективных и специальных источников света, осуществлять трансфер и отработку инновационных технологий их производства. Кроме того, наш институт является якорным резидентом технопарка в сфере высоких технологий – АУ «Технопарк-Мордовия» – и ключевым участником пилотного инновационного территориального кластера «Энергоэффективная светотехника и интеллектуальные системы управления освещением», который был сформирован на территории Республики Мордовия в рамках поручения Председателя Правительства РФ от 28.08.2012 № ДМ-П8–5060.

Ключевое мероприятие программы развития светотехнического кластера Мордовии – проект создания Инжинирингового центра энергосберегающей светотехники (ИЦЭС), который реализуется институтом совместно с технопарком. ИЦЭС призван вдохнуть новую жизнь в деятельность института источников света, сконцентрировать научный и технологический потенциал, опыт участников кластера, обеспечить трансфер инновационных технологий в светотехнике. Он обеспечит создание условий для развития инновационной инфраструктуры кластера и кооперацию его участников в научной и производственной сферах с целью повышения их конкурентоспособности, а также будет способствовать привлечению новых участников в территориальный кластер.

Цели и задачи, стоящие перед ИЦЭС, общий объём инвестиций в который составляет порядка 300 млн. руб., предопределяют перспективные направления развития нашего института – разработка, проектирование, моделирование, испытания и сертификация энергоэффективных световых приборов.

В настоящее время уже введён в эксплуатацию конструкторско-технологический центр энергосберегающей светотехники, презентация которого состоялась в рамках научно-технического совета технопарка. Центр оснащён современным инженерным оборудованием и программно-аппаратными комплексами САПР, в том числе для работы с объектами в *3D*. Широкий спектр инжиниринговых услуг, предлагаемых центром, в том числе разработка эскизных проектов и конструкторско-технологической документации, реверсивный инжиниринг и трёхмерный дизайн осветительных приборов, моделирование технологических процессов, изготовление полимерных прототипов и рабочих образцов светотехнических изделий, трансфер технологий и технический консалтинг, разработка комплексных систем и проектов освещения, призван сократить время и затраты на разработку новых видов светотехнических изделий как участников светотехнического кластера Мордовии, так и других светотехнических и проектных компаний.



Ещё одно не менее важное направление развития – метрология, стандартизация, испытания и сертификация электрических ламп и светотехнических изделий.

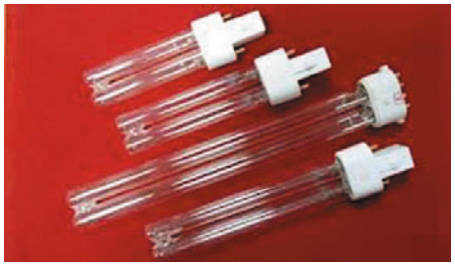
В институте имеются хорошо оснащённая испытательная лаборатория, аккредитованная Росстандартом на техническую компетентность и независимость, и сертификационный центр, позволяющие проводить испытания и сертификацию всех типов источников света, световых приборов и установочных изделий, в том числе новых светодиодных источников и приборов на их основе.

Сегодня, в рамках реализации проекта создания ИЦЭС, проводится глубокая модернизация испытательного оборудования и средств измерений. Новое высокотехнологичное оборудование позволит достичь высокого уровня и точности фотометрических измерений, климатических, механических и функциональных испытаний, что обеспечит серьёзную поддержку участникам светотехнического кластера Мордовии и всем светотехникам при создании новой и модернизации существующей энергоэффективной продукции.

Институт ведёт активную работу по линии Международной комиссии по освещению (МКО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК) и разрабатывает национальные стандарты (ГОСТ Р) на источники света по Программе национальной стандартизации.

Ещё одним важным пунктом проекта создания ИЦЭС, направленным на развитие НИИИС им. А.Н. Лодыгина, является обновление материальной базы опытного производства, ориентация его на разработку и мелкосерийный выпуск современных энергоэффективных источников света.

В настоящее время на опытном производстве института изготовляется более 500 типов ламп, в том числе:



источники УФ излучения для обеззараживания помещений, воды, воздуха, инструментов; галогенные лампы накаливания разного назначения; разрядные источники света повышенной экологичности; специальные источники света для медицины и медицинской техники и многие другие. Большой сегмент выпускаемой номенклатуры занимают источники света, производимые для нужд Министерства обороны (авиация, космос, флот).

Являясь отраслевым НИИ в области источников света,

мы обязаны учитывать современные тенденции светотехнического рынка, на котором всё большую роль начинают играть технологии с применением светодиодов. В целях создания и освоения опытного производства светодиодных источников света и приборов с ними, в том числе в кооперации с другими участниками светотехнического кластера, в институте внедряются такие технологии как корпусирование светодиодов (включая технологию «*Chip-on-Board*»), поверхностный и выводной монтаж электронных компонентов с высоким уровнем автоматической верификации, прототипирование многослойных печатных плат, а также металлобработка и литьё пластмасс под вакуумом.

Большое внимание в институте уделяется развитию тесной взаимосвязи с фундаментальной наукой, созданию условий для приобретения практических навыков и реализации идей молодых учёных, студентов и аспирантов, вовлечению их в процессы разработки и выведения на рынок новых видов светотехнической продукции, трансфера технологий, внедрения эффективных методов организации производства. С этой целью на базе нашего института сформирована базовая кафедра Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва – «Энергосберегающая светотехника», а в дальнейшем планируется создание Центра обучения инновационным технологиям в светотехнике, в том числе с использованием успешного иностранного опыта и образовательных программ.

Коллектив института надеется, что указанные выше направления развития инжиниринговой деятельности от разработки до прототипирования и сертификации изделий, а также тесная связь с фундаментальной наукой прикладных разработок и опытного производства, позволят сконцентрировать в НИИИС им. А.Н. Лодыгина самые современные знания и технологии, создадут условия для поддержки научно-технической деятельности, кооперации участников светотехнического кластера Мордовии и других предприятий светотехнической отрасли России и во многом обеспечат тем самым, в ближайшем будущем, динамичное поступательное развитие отечественной светотехники.

Мы опираемся на богатый накопленный опыт и традиции прошлого, современные инновационные технологии и достижения науки, чтобы сделать мощный рывок в будущее…

***О.Л. Грицай, инженер, ГУП Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина», Саранск***

# «Ленсвет» отметил 80-летний юбилей
(интервью)

**Мителёв С.В.**

Освещение вечернего Петербурга, одного из красивейших городов мира, является и почётной, и довольно трудной задачей, которую приходится ежедневно решать (даже в период «белых ночей») Санкт-Петербургскому государственному унитарному предприятию (СПб ГУП) «Ленсвет», которому 19 сентября 2014 года исполнилось 80 лет.

В связи с этим событием корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге Е.А. Лесман взял интервью у директора СПб ГУП «Ленсвет» С.В. Мителёва касательно наружного и архитектурно-художественного освещения города.

**Сергей Викторович, разрешите поздравить Вас и дружный профессиональный коллектив из 760 сотрудников «Ленсвета» со знаменательной датой с наилучшими пожеланиями здоровья и успехов. Продолжайте светить всегда, светить везде на благо людям и стране.**

Спасибо за поздравления и тёплые слова.

**Сергей Викторович, хотелось бы услышать краткую историю наружного освещения улиц нашего города?**

История уличного освещения Санкт-Петербурга насчитывает более 290 лет. Проект первого «образцового» фонаря для уличного освещения был разработан в 1720 году по чертежу машинных дел мастера Петлинга. Фонарь установили возле петровского Зимнего дворца. А в 1721 году по указу Петра I в Петрограде предполагалось установить 595 фонарей, но денег, отпущенных на эти цели, хватило только на 141. Слишком дорогими были плоские стекла и конопляное масло. В начале 1740-х годов наблюдается оживление в развитии уличного освещения. После 1762 года внешний облик фонарей упростился, их стало значительно больше – около 3000. Позже появляются фонари спроектированные архитектором К.И. Росси и скульпторами П.К. Клодтом и П.П. Соколовым. Уникальные фонари создаются и учениками великих зодчих Ф.Б. Растрелли, Ю.М. Фельтена, В.П. Стасова, О. Монферрана, И.А. Фомина и ряда других.

Более века город тускло освещали масляные фонари. В 1849 году в уличных фонарях стали использовать новинку – спирто-скипидарную смесь. А в 1863 году загорелись первые 6000 фонарей, которые работали на керосине. К началу XX века в Петербурге стало преобладать газовое освещение, просуществовавшее до 1918 года. Тогда это была реальная и хорошая возможность освещать вечерние улицы города, хотя и без тех освещённостей, что сейчас.

*Рис.1*

**Когда началось электрическое освещение в Петербурге?**

Первая демонстрация электрического освещения была проведена на Одесской улице в 1873 году русским изобретателем А.Н. Лодыгиным. Затем П.Н. Яблочков изобрёл «электрическую свечу» – дуговую лампу без регулятора. Некоторое время «электрическими свечами» освещался новопостроенный Литейный мост. В начале 1880-х создаётся товарищество «Электротехник», которое начало работы по прокладке электрических сетей и установке фонарей с дуговыми лампами. Позже немецкая фирма «Сименс и Гальске» решила задачу освещения электрическими фонарями Невского проспекта от Адмиралтейства до Московского вокзала.

Летом 2014 года отмечалась 100-летняя годовщина начала Первой мировой войны. Накануне войны улицы Петербурга освещали 14000 фонарей, в числе которых 3000 электрических фонарей (1000 дуговых и 2000 с лампами накаливания), 8500 газовых и 2500 керосиновых.

Отмечу, что уличное освещение в Петербурге не функционировало с марта 1920 года по январь 1922. Причина – отсутствие нужного топлива в стране.

**Каким документом утверждено образование «Ленсвета»?**

Создание Ленинградского треста наружного освещения «Ленсвет» утверждено протоколом заседания Президиума Ленсовета от 19 сентября 1934 года. Подчеркну, что 12 сентября 2000 года после нескольких преобразований и смены названий Государственное электросетевое предприятие «Ленсвет» по распоряжению КУГИ администрации Санкт-Петербурга было переименовано в Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие (СПб ГУП) «Ленсвет». Предприятие продолжило заниматься эксплуатацией сетей уличного освещения города и объектов архитектурно-художественного освещения.

**Каково было уличное освещение Ленинграда на 22 июня 1941 года – начало Великой Отечественной войны?**

На начало 1941 года насчитывалось 30335 светильников. Их общая мощность – 5600 кВт. К 1941 году сотрудники «Ленсвета» создали систему маскировочного освещения с применением синих ламп или специальных ламп белого света. Накануне Великой Отечественной войны общая протяжённость городских сетей улично-

го освещения составляла 1450 км, из них 500 км были кабельными и 950 км – воздушными.

**Как повлияла блокада Ленинграда на освещение улиц?**

На январь 1944 года установки уличного освещения были разрушены на 80–85 %. Осенью этого же года, после трёх лет затемнений и маскировки, центр Ленинграда вновь озарился электрическим светом. За два послеблокадных года в городе появилось более 18000 фонарей, и только к концу 1950 года их количество превысило довоенный уровень.

*Рис.2*

**Расскажите об источниках света, используемых «Ленсветом».**

До 1960 года доминировали лампы накаливания, а затем – ртутные («ДРЛ»). С 1977 года уже 20 % улиц, магистралей и площадей города освещали светильники с натриевыми лампами ВД (НЛВД).

Сейчас используются в основном светильники с НЛВД, а в последние годы понемногу внедряются и светильники со светодиодами (рис. 1). В частности, последними освещены улицы Кронштадта, Александровский сад, ряд парков (рис. 2), скверов и бульваров (рис. 3) Петербурга. Замечу, что лампы накаливания мощностью 500 и 1000 Вт, применявшиеся ранее в прожекторах, имели, соответственно, среднюю световую отдачу 16,8 и 18,8 лм/Вт. При этом световая отдача НЛВД мощностью 150 и 250 Вт – 100 лм/Вт, а мощностью 400 Вт – 125 лм/Вт. Световая отдача ламп «ДРЛ» – порядка 55 лм/Вт, а – новых светильников со светодиодами доходит уже до 90–100 лм/Вт.

**Сергей Викторович, согласно информации – www.ledinside.com /13.03.2014/, возможно побочное последствие освещения улиц светильниками со светодиодами. Ведь такие светильники, с большой синей составляющей, могут нарушать циркадные циклы людей, животных и даже растений. Облучение синеватым светом в ночное время снижает секрецию мелатонина в организме человека, который регулирует циркадные ритмы организма. Поэтому перед сооружением осветительных установок со светодиодами, даже тёпло-белого света, городские власти должны считаться и с их вредным влиянием на человека.**

*Рис.3*

В данной информации ссылаются на Республику Корея, которая вносит изменения в свой стандарт по модернизации освещения применением светодиодных ламп. Светильники со светодиодами должны отвечать основным требованиям качества, в том числе по цветовой температуре, цветопередаче и светораспределению. Мы в своей деятельности ориентируемся на законодательство России и придерживаемся общей практики касательно этих характеристик в наружном освещении.

**Сергей Викторович, расскажите, пожалуйста, о «световой архитектуре».**

Это понятие вошло в жизнь города в начале 1960-х. «Вечерний наряд» в 1963 году «примерили» Исаакиевский и Казанский соборы, а также памятник Николаю I. Год спустя к ним добавилось здание Адмиралтейства. Для освещения объектов использовались лампы «ДРЛ».

В 1964 году «Ленсвет» организует службу архитектурно-художественного освещения. В это время на балансе и обслуживании предприятия уже находилось 22 объекта этого освещения с 710 светильниками.

**А сколько сейчас объектов архитектурно-художественного освещения?**

В год 70-летия (2004) на обслуживании «Ленсвета» было 155 объектов этого освещения с 15000 светильниками, а, соответственно, сейчас – 405 и 70637.

**2 августа 1995 года вышло постановление Минстроя России № 18–78, которое утвердило СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение». По постановлению Госстроя России от 29 мая 2003 года за № 44 утверждён СНиП 23–05–95* «Естественное и искусственное освещение», в который вошли дополнительные требования. Каковы они?**

Норматив требует от наружного архитектурного освещения обеспечения хорошей видимости и выразительности наиболее важных объектов, причём с повышением комфортности световой среды города. В нём даны разные рекомендации по соотношению минимальной и максимальной освещённостей, источникам света и др.

**Расскажите о программе мероприятий по развитию наружного освещения «Светлый город».**

Первый её этап был завершён в 2003 году. Второй пришёлся на 2004–2007 годы, третий – на 2008–2011 годы. В настоящий момент «Ленсвет» осуществляет работы четвёртого этапа программы – на 2012–2017 годы.

**Каковы основные показатели освещения города?**

В тёмное время суток сейчас включается 215319 светильников общей мощностью 36 МВт.

**А какова протяжённость электрических линий?**

Кабельных – 1389 км, воздушных – 3923 км.

**Какова роль «Ленсвета» в праздничном освещении города?**

К Новому году и Рождеству ежегодно «Ленсвет» подключает более 5500 разных украшений. В это время нагрузка на сети «Ленсвета» возрастает на 3000 кВт.

**Расскажите о диспетчерской – «сердце» управления наружным освещением города.**

Из производственно-диспетчерской службы предприятия ведутся управление и контроль за всем наружным освещением города. В работе службы используется автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) «Аврора». Сейчас «Ленсвет» создаёт новый диспетчерский пункт с применением новейшего оборудования. Включение наружного освещения города из диспетчерской производится за 3–4 минуты. За это время подаётся электропитание на 1556 пунктов питания типа «Ленсвет», которые размещаются в различных местах города.

С 1 января 2004 года администрация города приняла решение не отключать уличное освещение в ночные часы. Раньше оно сохранялось всю ночь лишь частично. В новом тогда ПУЭ-98, в разделе «Электрическое освещение», в пункте 6.5.25, было указано: «В ночное время необходимо предусмотреть возможность отключения части светильников. При этом не допускается отключение двух смежных светильников».

*Рис.4*

**И каков Ваш комментарий?**

Наружное освещение города до 1 января 2004 года работало по двум режимам – вечерний и ночной. Из них 2/3 приходилось на вечерний режим и 1/3 – на ночной. Обычно в промежутке от 1:30 до 5:00 работали только светильники ночного освещения. Новые правила устройства электроустановок фактически требуют работы 50% светильников в этом промежутке времени. При этом количество ночных светильников увеличивается.

Для исполнения требований ПУЭ «Ленсвету» следовало провести огромную работу по переключению проводов в пунктах питания «Ленсвет», а также на многих опорах наружного освещения.

Кроме того в последние годы значительно вырос парк автомобилей горожан (сейчас их 1,3 миллиона), которые ездят и в ночное время. А освещение является одним из важных факторов безопасности движения, а значит жизни людей. В ночное время генерирующие устройства имеют низкую нагрузку, что для них нежелательно, особенно для атомных электростанций. Так что в это время мы хоть как-то улучшаем их работу благодаря такой дополнительной электрической нагрузке наружным освещением.

**Есть ли у «Ленсвета» материальные потери?**

Да, к сожалению, таких потерь хватает. Это воровство светильников и… электрических сетей. Повреждение светильников от сброса с крыш домов снега, наледи и от ряда других факторов. Однако, наши районные службы активно проводят восстановительные работы, чтобы горожане менее всего ощущали дискомфорт в вечернее время, которое осенью и зимой начинается очень рано.

**Сергей Викторович, расскажите о некоторых работах «Ленсвета» этого года.**

За первое полугодие 2014 года в 8 жилых кварталах смонтировано 1949 светильников и проложено 54,5 км кабеля. Комфортные и удобные для людей кварталы в большой степени влияют на жизнь и облик всего Петербурга. Запускается программа по проектированию наружного освещения на 556 детских и 301 спортивной площадках с установкой 2300 светильников, в том числе светодиодных. В первом полугодии 2014 года СПб ГУП «Ленсвет» завершены работы по строительству части объектов садово-паркового освещения в Василеостровском, Кронштадтском, Невском, Петроградском и Центральном районах. По итогам строительно-монтажных работ каждая городская парковая зона, исходя из ландшафта местности, получила своё индивидуальное световое решение. Всего до 2020 года СПб ГУП «Ленсвет» планируется установить в 120 парках, садах и скверах свыше 7200 энергосберегающих и энергетически эффективных светильников. Продолжаются работы по дополнительной установке устройств освещения на нерегулируемых наземных пешеходных переходах. Сегодня в стадии проектирования наружного освещения с установкой дополнительных опор находится около 190 пешеходных переходов.

**Сергей Викторович, большое спасибо за чёткие ответы, обстоятельные и понятные. И последнее. В выпущенной в 2009 году прекрасно оформленной и содержательной книге «История освещения Санкт-Петербурга» (Издательство «Звезда Петербурга», Санкт-Петербург, 2009 г.), в конце, в обращении к её читателям, Вы, директор СПб ГУП «Ленсвет», Сергей Викторович, пишете: «Сегодня электрическим светом формируется новая световая культура, визуальная композиция нашего с вами славного города на Неве». Эти слова «Ленсвет» не только подтверждает своей обыденной, напряжённой работой, но и световым шоу. Это первый светомузыкальный спектакль «Площадь Искусств» во время встречи 2008 года, который восхищённо смотрели сотни тысяч горожан и гостей нашего города. А «Симфония белых ночей» в июне 2008 года на стрелке Васильевского острова, соединившая воедино свет, музыку, огонь, архитектуру, воду. Она удивила и поразила своей оригинальностью и участников проходившего тогда в Санкт-Петербурге XII Международного экономического форума. А есть ли другие уникальные световые решения?**

Уже пятый год подряд СПб ГУП «Ленсвет» как постоянный член общества «Друзья Петергофа» принимает участие в организации грандиозного осеннего праздника фонтанов в Петергофе, привлекающего внимание тысячу зрителей. С 17 мая 2014 года на аллеях Верхнего сада ГМЗ «Петергоф» тысячи посетителей знакомятся с историей петербургского света на выставке фотографий (рис. 4). Посетители парка совершают фотоэкскурс в вечерний Петербург. А в 2010 году в Александровском саду зажглись газовые фонари – историческое напоминание о далёком 1839-м, когда они впервые появились в Северной столице.

**Сергей Викторович, ещё раз желаю Вам и коллективу «Ленсвета» продолжать дарить в вечернее, тёмное время свет и показывать красоту архитектурных шедевров Северной столицы России горожанам и многочисленным гостям нашего героического и красивейшего города мира.**

# Масштабное международное сличение светотехнических лабораторий в рамках программы *IEA 4 E SSL Annex 2013*

В период с октября 2012 г. по август 2013 г. под эгидой Международного энергетического агентства (*International Energy Agency – IEA*) впервые было проведено масштабное международное сличение лабораторий, занимающихся светотехническими измерениями, в том числе светодиодной продукции. Эта работа проводилась в рамках программы *IEA* «Конечное энергоэффективное электротехническое оборудование. Светодиодное освещение» (*Energy Efficient End-Use Equipment (4 E). International Energy Agency, Solid State Lighting Annex*), целью которой является оказание правительствам участвующих в мероприятии стран помощи во внедрении освещения светодиодами, позволяющего существенно уменьшить энергопотребление в мировом масштабе.

В международном сличении приняли участие 110 лабораторий из 19 стран, в том числе испытательные центры и лаборатории таких всемирно известных компаний, как *Cree* (США), *General Electric* (США), *Hitachi* (Япония), *Toshiba* (Япония), *Panasonic* (Япония), *Osram* (Германия), *Philips* (Нидерланды) и *Osram Sylvania* (США). По территориальной принадлежности участвовавшие в сличении лаборатории подразделялись следующим образом[1]: США – 34 лаборатории; Япония – 7 лабораторий; Франция и Республика Корея – по 5 лабораторий; КНР и Тайвань – по 4 лаборатории; Австралия и Швеция – по 3 лаборатории; Великобритания, Германия, Дания и Нидерланды – по 2 лаборатории; Бельгия, Бразилия, Гонконг, Канада, Новая Зеландия, Россия и Финляндия – по 1 лаборатории. От России в сличениях участвовал Испытательный центр светотехнической продукции ООО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский светотехнический институт им. С.И. Вавилова» (ИЦ ООО «ВНИСИ»).

Международные сличения осуществлялись путём сравнения результатов испытаний тестовых образцов, проведённых в лабораториях-участниках, с результатами измерений этих же образцов в так называемых базовых лабораториях. В качестве базовых лабораторий выступали 4 крупнейших метрологических центра из разных частей света: Национальный институт стандартов и технологий (*NIST*), США; Национальный светотехнический испытательный центр (*NLTC*), КНР; Нидерландский национальный метрологический институт (*VSL*), Нидерланды, и Японский национальный метрологический институт (*AIST*), Япония, которые предварительно провели сличительные испытания между собой. Метод испытаний, получивший название *Interlaboratory Comparison Test Method* (Метод проведения межлабораторных сличительных испытаний), совместил в себе наиболее строгие требования к испытаниям изделий со светодиодами, как опубликованные, так и существующие в виде проектов, например: *IES LM-79* (США), *JIS C7801* и *JIS C8105–5* (Япония), проект *EN 13032–4* (ЕС), несколько стандартов Великобритании, а также спецификации *CQC* (КНР) и методы испытаний, входящие в стандарты *IEC/PAS 62722–2*-1 и *IEC 62612*. По мнению МКО, применение этого метода испытаний обеспечивает возможность объективной оценки компетенции проверяемой лаборатории [1].

Результаты сличения, приведённые в заключительном отчёте *IEA 4 E SSL Annex* [2], планируется опубликовать в одном из ближайших номеров журнала «Светотехника».

*СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*


1. Communique of the IEA 4 E SSL Annex and the Commission Internationale de l'Eclairage. 12 February 2014, Stockholm and Vienna. URL: http://ssl.iea-4 e.org/ (дата обращения: 15.09.2014).

2. Solid State Lighting Annex 2013 Interlaboratory Comparison Final Report, 10 September 2014. URL: http://ssl.iea-4 e.org/ (дата обращения: 15.09.2014).



***А.А. Барцев, кандидат техн. наук,***
***Р.И. Беляев, инженер,***
***Е.И. Розовский, кандидат техн. наук,***
***ООО «ВНИСИ», Москва***


[1] Учтены только лаборатории, которые согласились с тем, чтобы их внесли в опубликованный *IEA4E Annex* список.

# О конференции МКО в Малайзии

Lighting Quality & Energy Efficiency
April 23 - 26, 2014
Kuala Lumpur, Malaysia

MyCIE MALAYSIA
International Commission on Illumination

Очередная конференция МКО, посвящённая качеству освещения и энергетической эффективности, прошла в последнюю декаду апреля 2014 г. в столице Малайзии Куала- Лумпуре. На международный форум и заседания Отделений МКО и их Технических комитетов собралось порядка 300 (296) представителей из 39 стран мира. Превалировали делегаты из Тихоокеанского региона: Малайзии, КНР, Японии, Тайваня. Европа, США, Австралия и Канада были представлены небольшими группами экспертов. От России в работе форума приняли участие сотрудники ООО «ВНИСИ», члены редколлегии журнала «Светотехника» А.А. Коробко (Отделение 5 МКО) и Р.И. Столяревская (Отделение 2 МКО).

Необходимо отметить блестящую подготовку всего мероприятия Малайзийским национальным комитетом МКО. Всё было на очень высоком уровне, от организации и обеспечения работы заседаний до приёмов, обедов, перерывов на кофе и т. д.

Программа конференции включала в себя параллельную работу в рамках нескольких Отделений и обзорные семинары (*workshops*).

Основные приглашённые доклады или уже опубликованы, или продолжат публиковаться в журнале. (Их авторы и Центральное бюро МКО дали на это своё разрешение.)

Большой интерес вызвала и специальная сессия по вопросам обеспечения качества и стандартизации в освещении светодиодами в региональных и международных рамках. В освещении темы приняли участие Йоси Оно (США) – о международных сличениях испытательных лабораторий, Йорген Штурм (Германия) – о стандартизации, Цзяо Цзяньчжон (США) – о разработке метрологического обеспечения (стандартов) в США и другие докладчики, из КНР и Японии. Аудитория проявила интерес к сличениям и стандартам США. (Публикация результатов сличений будет возможна только после завершения генерального отчёта.)

С большим успехом и длительными обсуждениями – в частности, вопросов метрики опасности излучения (рисунок) – прошла пара ключевых семинаров под названиями «Оптическое излучение может быть благоприятным для человека» (под руководством Джорджа Брэйнарда) и «Оптическое излучение может быть неблагоприятным для человека» (под руководством Дэвида Слайни).

Заседания конференции продолжались три дня, в первый день они шли параллельно в 4-х аудиториях, а во второй и третий проходило по 3 заседания одновременно.

По окончании конференции, с 28 по 30 апреля, прошли заседания Отделений и ряда Технических комитетов (ТК) МКО.

При этом, в частности, заседание Отделения 2 проходило по заранее объявленному регламенту: отчёт директора Питера Блатнера, отчёты председателей ТК, принятие решений по закрытию одних и формированию других ТК. Прозвучала идея проведения в международном масштабе Дня (недели) открытых лабораторий для измерения света, особенно в преддверии того, что 2015 г. будет Международным годом света и основанных на свете технологий (*The International Year of Light and Light-based Technologies*). Одно из предложений – приурочить это мероприятие ко Дню метролога – 20 мая.

Подытоживая впечатления от конференции и сопутствовавших ей событий, можно было бы так сформулировать прозвучавшие на ней основные актуальные темы:

1. Развитие стандартизации по световым приборам со светодиодами (СД) и с органическими светодиодами (ОСД).
2. Создание методов и средств измерений световых приборов с СД и с ОСД и их метрологическое обеспечение на основе спектрорадиометрического подхода к измерению параметров оптического излучения.
3. Проведение фундаментальных исследований в области воздействия оптического излучения на человека. Разработка методов и средств исследования воздействия оптического излучения на человека, а также их метрологическое обеспечение.
4. Разработка методов оценки слепящего действия СД и световых приборов с ними.
5. Совершенствование техники освещения музеев в плане качества света.
6. Решение вопросов, связанных с современными световыми приборами для автотранспорта.
7. Развитие техники дорожного и уличного освещения и методов его регулирования.

*а)*

*б)*

*Рисунок. После обсуждений вопросов безопасности воздействия света на человека (слева направо): а – Дэвид Слайни, Р.И. Столяревская, Джордж Брэйнард; б – Вернер Хорак, Р.И. Столяревская, Джон О'Хаган (директор Отделения 6 МКО)*

***А.А. Коробко, кандидат техн. наук, ООО «ВНИСИ», член Отделения 5 МКО и редколлегии журнала «Светотехника»***
***Р.И. Столяревская, доктор техн. наук, ООО «Редакция журнала «Светотехника», член Отделения 2 МКО и редколлегии журнала «Светотехника»***

# Статьи из журнала «Светотехника» по проблеме воздействия света на организм человека (2006–2014 гг.)

| п/п | Номер-год | Название статьи | Автор(ы) |
|---|---|---|---|
| 1 | № 1-2006 | О биологических аспектах освещения | З.А. Скобарева (Россия) |
| 2 | № 2-2006 | Освещение музеев и здоровье | Д. Дюмортье, Ж.-Ж. Эзрати (Франция) |
| 3 | № 3-2006 | Воздействие изменяющегося света на здоровье | П. Дехофф (Австрия) |
| 4 | № 4-2006 | О явлении синхронизации организма человека световыми воздействиями | А.В. Леонидов (Россия) |
| 5 | № 1- 2007 | Влияние освещения на самочувствие людей пожилого возраста | Н.Д. Миллер (США) |
| 6 | № 6-2007 | Сравнение требований безопасности излучения светодиодов по стандартам МКО и МЭК | В. Хорак (Германия) |
| 7 | № 1-2008 | Комментарий к спектру действия излучения для регуляции секреции мелатонина | В. Адриан (Канада) |
| 8 | № 1-2008 | Восприятие света как стимула незрительных реакций человека | Г.К. Брейнард, И. Провенсио (США) |
| 9 | № 2-2009 | Свет и здоровье | К. Бартенбах (Швейцария) |
| 10 | № 3-2009 | Свет и здоровье. Концепция внедрения естественного освещения | К. Бартенбах (Швейцария) |
| 11 | № 4-2009 | Оценка влияния синего света на сон и бодрствование пожилых людей | Д. Скен (Великобритания) |
| 12 | № 5-2009 | Метрологические требования к определению характеристик фотобиологических опасностей ламп и светодиодов | В. Йордан, В. Халбриттер, В. Хорак (Германия) |
| 13 | № 4-2010 | Влияние новых светотехнических приборов на здоровье и безопасность людей | Д.Х. Слайни (США) |
| 14 | № 1-2011 | Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света | Е.В. Долин, И.В. Звездина, Д.С. Надеждин, Л.М. Текшева, И.А. Шмаров (Россия) |
| 15 | № 2-2011 | Лампы для прямой замены ламп накаливания и здоровье | В. Ван Боммель (Нидерланды) |
| 16 | № 6-2011 | Упрощённый подход к классификации потенциальной фотобиологической опасности светодиодов в соответствии со стандартом *CIE S009* | В. Йордан, В. Халбриттер, В. Хорак (Германия) |
| 17 | № 3-2012 | О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800-100000 К | А.В. Аладов, А.Л. Закгейм, М.Н. Мизеров, А.Е. Черняков (Россия) |
| 18 | | Спектры излучения светодиодов и спектр действия для подавления секреции мелатонина | Г. Бизяк, М.Б. Кобав (Словения) |
| 19 | | Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков | П.П. Зак, М.А. Островский (Россия) |

| п/п | Номер-год | Название статьи | Автор(ы) |
|---|---|---|---|
| 20 | № 4-2012 | Освещение светодиодами: благоприятные возможности или опасность для здоровья? | Д. Дуе (Германия) |
| 21 | № 5-2012 | Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света в школах | Л.М. Текшева (Россия) |
| 22 | № 6-2012 | Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья (обзор) | А.Л. Закгейм (Россия) |
| 23 | № 2-2013 | Биологическое действие освещения – традиционного и светодиодами | А. Войтысяк, Ц. Лю (Германия, КНР) |
| 24 | | О нормативных и гигиенических аспектах питания светодиодов | И.А. Ошурков, В.Д. Поляков, Т.В. Ремизевич (Россия) |
| 25 | | Спектры излучения и фотобиологическое действие светодиодов | Г. Бизяк, М. Кланичек-Гунде, М.Б. Кобав, К. Маловр-Ребек (Словения) |
| 26 | | Метод измерения физиологически эффективной яркости опасного синего излучения осветительных приборов | А.А. Барцев, Р.И. Беляев, Р.И. Столяревская (Россия) |
| 27 | | Зависимость размера зрачка от характеристик источника света | Л. Дзенья, Д. Росси, Л. Росси, П. Якомусси (Италия) |
| 28 | | Изучение восприятия дискомфортной блёскости при дорожном освещении светодиодами | Ш. Ден, И. Хейндерикс, М. Чжан, С.Чжу, В. Чэн (Нидерланды, КНР) |
| 29 | № 3-2013 | Изучение восприятия водителями мельканий низко подвешенных светильников со светодиодами | В. Ли, И. Хейндерикс, С. Чжу, В. Чэн (Нидерланды, КНР) |
| 30 | № 5/6-2013 | О спектральной зависимости зрительных функций в сопоставлении с характеристиками белых светодиодов | П.П. Зак, Н.Н. Трофимова (Россия) |
| 31 | № 3-2014 | Экспериментальное сравнение энергетических характеристик и зрительной комфортности люминесцентных и светодиодных трубчатых ламп | Е. Гюлер, Б.Манав, С.Онайгил, У. Эркин (Турция) |
| 32 | | И тёплый и холодный свет и тонкая структура циркадности | Л.Р. Ронки (Италия) |
| 33 | № 4-2014 | Оценка адаптации глаза при типичных значениях яркости в поле зрения при движении автомобиля по городским улицам | И. Хейндерикс, Д. Чиокою, С. Чжу (Нидерланды, КНР) |
| 34 | | Использование энергии света: от фотонов к здоровью человека | Д.К. Брэйнард, Д.П. Ханифин (США) |
| 35 | | Почти все лампы безопасны, но безопасность новых ламп подвергают сомнению | Д.Х. Слайни (США) |
| 36 | № 5-2014 | Качество освещения светодиодами | М. Кнооп (Германия) |

# ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества.

## ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР ЖУРНАЛА

Холдинг BL Group

## БРИЛЛИАНТОВЫЕ

Световые Технологии

## ПЛАТИНОВЫЕ

VOSSLOH SCHWABE

THORN LIGHTING PEOPLE

ГЛОБАЛ ЛАЙТИНГ

## ЗОЛОТЫЕ

МОССВЕТ

ZUMTOBEL

GE Lighting

## СЕРЕБРЯНЫЕ

alanod

ВНИСИ

Светотехнический завод ВЛАДАСВЕТ

RAINBOW ELECTRONICS

ИНСТИТУТ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

## БРОНЗОВЫЕ

ТОЧКА ОПОРЫ

НИИИС

ВИСХ

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-1080 от 9 ноября 1999 г., выданное Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Тираж 1200. Цена свободная.