

*Глубокоуважаемые
подписчики нашего журнала,
дорогие читательницы
и читатели!*

Поздравляем вас с наступлением Нового 2015 года и желаем здоровья, многих успехов, счастья, спокойной и творческой жизни!

Предыдущий 2014 год был наполнен важными событиями и пролетел чрезвычайно быстро.

Мы желаем, чтобы 2015 год был успешным для журнала «Светотехника» и его подписчиков, был полон положительных эмоций и способствовал преодолению любых трудностей.

Широкое общение журнала с читателями – залог его успеха!

Мы также ждём ваших откликов и предложений.

*Редакция и редколлегия
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. Будах, 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. Шахпаруянц, кандидат технических наук

Н.И. Щепетков, доктор архитектуры, профессор

129626, Москва, проспект Мира,

106, ВНИСИ, оф. 327

Тел. 7(495)682-26-54

7(499)706-80-65

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 англоязычной 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 20.11.2014.

Подписано в печать 16.12.2014.

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

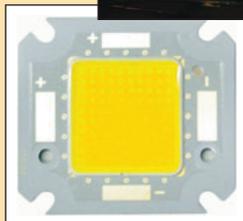
- Поздравление с Новым годом** 1
- Бизнес и инновации** 4
- Кхан Т.К.** Качество освещения, создаваемого автомобилями 10
- Савельева Л.В.** Свет как инструмент создания виртуальных образов в архитектуре 15
- Ли Ц. (Ч.), Пань Ц., Чэнь Ц.** Основные аспекты определения фотобиологической безопасности 20
- Римшин В.И., Сёмин С.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л.** Практика нормирования солнцезащитных устройств 27
- Гёргулу С., Дурсун Б., Кочабей С., Туна М., Юксек И.** Оценка естественного освещения аудиторий в Университете Кырklarели 32
- Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В.** Экспериментальные исследования электрических и оптических характеристик безэлектродной УФ лампы трансформаторного типа 39
- Иванов В.Е., Широких Т.В.** Сравнение равноконтрастных колориметрических систем 44
- Пеирсон С.Н., Прайс Л.Л.А.** Первый международный семинар по циркадному и нейрофизиологическому воздействию света (2013 г.): взгляд физика на разработку стандартных единиц измерения 48
- Джейкобсон А., Миллз Э., Радечки К., Элстоун П.** Методы и результаты рыночного тестирования освещения светодиодами торговых точек в сельских районах Кении 51
- КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**
- Буторин В.А., Вовденко К.П., Царёв И.Б.** Прогнозирование ресурса светильников со светодиодами, определяемого спадом светового потока 57
- ХРОНИКА**
- В Ассоциации РАТЭК** была создана Секция производителей светотехнических изделий. Гуськов А.Г. 74
- Международные конференции и выставки в 1915 году (I полугодие)** 75
- 8-я Московская** международная конференция «LED FORUM». Столяревская Р.И. 13
- Научно-практическая** конференция «Световой дизайн – 2014». Быстрянцева Н.В. 70

6 • 2014

НОЯБРЬ • ДЕКАБРЬ

СВЕТО ТЕХНИКА

(LIGHT & ENGINEERING)



Поздравляем

Будака В.П. **59**

Михайлова О.М. **50**

О симпозиуме МКО («Определение погрешностей при фотометрических и радиометрических измерениях для производственных целей») и рабочей встрече участников проекта «MESaLL». Барцев А.А. **60**

«**Российский** светодизайн». Итоги конкурса. Федорищев П.А. **72**

С развитием производства и нормативной базы свет в России станет эффективнее и надёжнее. Авраменко А.А. **43**

Читательская конференции журналов «Светотехника» и «Light & Engineering». Титаренко М.И. **71**

Юбилейная светотехническая выставка в Москве. Варфоломеев Л.П. **62**

BL Group принял участие в Открытой дискуссии СТА **61**

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

Содержание журнала «Светотехника» за 2014 год¹ **76**

Подписывайтесь на журнал «Светотехника» **47**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

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

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

«**Мы** гуляли по Неглинной, заходили на бульвар...» **56**

Управление уличным освещением – *LiCS Outdoor* (компания *Vossloh-Schwabe*) **4 с. обл.**

Самый энергоэффективный в своём классе **38**

Современное освещение повышает продажи (компания *Vossloh-Schwabe*) **14**

GALAD «Урбан LED»: «зелёные» технологии из России **26**

¹ В следующем номере журнала (№ 1 за 2015 г.) будет опубликовано содержание журнала «Светотехника» за 6 лет (2009–2014).

Светящая бумага, напечатанная на 3d-принтере – уже реальность!



«Мы печатаем свет» – под таким девизом базирующийся в штате Айдахо (США) стартап *Rohinni* представил технологию, позволяющую создавать самый тонкий в мире светодиодный слой практически на любой поверхности.

Ник Смут, директор компании по маркетингу, описывает «*Lightpaper*» как смесь светодиодов с чернилами, наносимую печатным способом на подложку. На проводящем слое образуется покрытие с беспорядочно распределенными светодиодами размерами с человеческий эритроцит, и всё это герметично запечатывается между ещё двумя слоями. Это выглядит просто как светящийся квадрат толщиной в лист бумаги.



Выступая на мероприятии для прессы, Смут заявил, что приложения новой технологии безграничны – она может использоваться везде, где нужен свет. «*Lightpaper*» не просто альтернатива привычным лампам, это платформа, которая позволяет проектировать освещение по-новому и распечатывать осветительные элементы даже в домашних условиях.

По прогнозам разработчиков, коммерческий дебют «*Lightpaper*» может состояться в середине следующего года. *Rohinni* в первую очередь нацелена на индустриальный рынок, включая автомобильную отрасль. Несколько компаний уже начали работы по внедрению этой сверхновой технологии в конкретные проекты.

www.lightrussia.ru
05.12.2014

В следующем десятилетии должны появиться самолёты с органическими светодиодами вместо иллюминаторов

Дни, когда окружающий мир в полёте воспринимался через пластмассовый иллюминатор, скоро уйдут в прошлое: самолёты будущего обеспечат прекрасный круговой обзор без всяких иллюминаторов. В британском



Центре технологический инноваций (*Centre for Process Innovation – CPI*) разрабатывают сверхгибкий дисплей высокого разрешения, который можно использовать для облицовки стен самолётных салонов и показа результатов «живой» съёмки наружными камерами.

Помимо окружения панорамным видом неба, эти интерактивные «цифровые обои» позволят пассажирам персонализировать окружающее их

пространство, предоставляя возможности светорегулирования и изменения вида, а также использования в качестве мультимедийного развлекательного



устройства. Тонкие, гибкие и лёгкие дисплеи на основе органических светодиодов (ОСД) будут сливаться с фюзеляжем и, например, с задними сторонами кресел, оптимизируя использование пространства и уменьшая вес самолёта. *CPI* планирует выпуск самолётов с такими дисплеями не позже, чем через 10 лет.

Вид неба не только обеспечит пассажиров зрелищем, которое изменит их путешествие, – отказ от иллюминаторов уменьшит вес и повысит безопасность самолёта (из-за упрочнения фюзеляжа). Вес – постоянная проблема всех самолётов, и более чем 80% веса полностью загруженного самолёта приходится на сам самолёт и топливо. Каждое облегчение на 1% экономит примерно 0,75% топлива. А чем меньше расход топлива, тем меньше выпускается CO_2 в атмосферу и ниже эксплуатационные расходы. В настоящее время иллюминаторы требуют особо тщательного ухода, обеспечивающего герметизацию внутреннего пространства самолёта и устойчивость иллюминаторов к растрескиванию на высоте порядка 10500 м.

Разработка полноценных ОСД ещё не завершена ни в одной из стран мира, однако *CPI* имеет богатый опыт в выводе новой техники на рынок. Достигнутый в Великобритании прогресс обещает многое – *CPI* уже может строить на ОСД гибкие осветительные приборы разной толщины и цвета свечения. При этом создана дорожная карта по коммерческому использованию этой техники в авиационной отрасли.

Однако применение ОСД не ограничивается исключительно авиационно-космическим сектором – их можно использовать и для создания сворачиваемых мобильных телефонов или для встраивания в функциональную одежду. *CPI* использует свои возможности и опыт для оказания помощи компаниям при разработке принципиально новых осветительных приборов и дисплеев, от информационных указателей и архитектурных элементов до медицинских приборов.

www.ledinside.com
28.10.2014

Вандалостойкие светильники со светодиодами для ландшафтного освещения нашли ёмкий рынок

Управляющие торговыми и гостиничными объектами обычно жалуются на частое повреждение ландшафтных светильников, применяемых для освещения вывесок, памятников и деревьев, в результате вандализма или постоянного износа и разрушения камнями, ветками и даже газонокосилками. Разрушение защитного стекла делает возможным разрушение лампы под воздействием влаги, равно как и повреждение или разрушение внутренних деталей светильника. Из-за этого часто приходится заменять светильники. Компания *Access Fixtures* разработала новое эффективное решение, которое в настоящее время приобретает популярность у управляющих недвижимостью и архитекторов. Вместо использования стекла, светодиодные модули компании *LG* обрамляются алюминием. Это позволяет отказаться от стекла, являющегося главной причиной отказа светильника.



В вандалостойких ландшафтных светильниках компании *Access Fixtures* используются светодиодные модули мощностью 12 Вт. Каждый из них имеет номинальный срок службы 50000 ч и световой поток 1300 лм при общем индексе цветопередачи более 70. Ландшафтные светильники со светодиодами выпускаются в четырёх вариантах по цветовой температуре

и имеют разные мощности, размеры и конфигурации, удовлетворяющие требованиям большинства областей применения. Корпуса светильников выполнены из литого алюминия, выдерживающего как воздействие окружающей среды и удары газонокосилок, так и действия вандалов, и имеют уровень защиты IP67.

www.ledinside.com
30.10.2014

Cree представила светодиодные лампы прямой замены второго поколения

Компания Cree представила конструкцию второго поколения СД-ламп прямой замены (СДЛПЗ) 40- и 60-ваттных ламп накаливания (ЛН). Благодаря своей воздушно-струйной системе охлаждения, позволяющей уменьшать количество СД (повышением их тока) и использовать более дешёвые термоэлементы, новые лампы дешевле СДЛПЗ 40-ваттных ЛН, продаваемых по \$ 7,97 в магазинах «Home Depot».



Новая конструкция кардинально отличается от прежней и выглядит привычнее, но реальной причиной её разработки являются меньшая стоимость и, возможно, улучшенные оптические характеристики, при том, что предшествующие аналоги Cree остаются одними из самых качественных из присутствующих на рынке.

Новая конструкция содержит окрашенный в белый цвет заметный металлический радиатор. Это внешне отличает её от ЛН, но не так сильно, как в случае серебристых ребристых радиаторов, используемых во многих дешёвых СДЛПЗ.

Cree назвала новую конструкцию «4-струйной». Как и в исходной конструкции, СД всё ещё монтируются на осевой «башне», но имеются щели в цоколе и на верху колбы, обеспечивающие прохождение потоков воздуха через СД и теплоотводящие поверхности, на которых смонтированы эти СД.

Новые СДЛПЗ 40- и 60-ваттных ЛН имеют световые потоки 460 и 815 лм соответственно. Cree предлагает варианты лампы с коррелированной цветовой температурой 2700 или 5000 К. Более мощный вариант потребляет 11 Вт. Общий индекс цветопередачи составляет не менее 80. Номинальный срок службы лампы – 25000 ч, а гарантийный срок – 3 года.

www.ledsmagazine.com
05.11.2014

Компания Zumtobel: оптимальное сочетание естественного и искусственного освещения



Имея около 10 тыс. м² полезной площади, 5-этажное здание компании *Vorarlberger Illwerke AG* в Вандансе (Австрия) – одно из крупнейших в мире офисных зданий, построенных с использованием деревянных конструкций.

Система освещения здания, получившая золотой сертификат Австрийского совета по внедрению экологических зданий (ÖGN), состоит из заказных светодиодных линейек, подключённых к датчикам естественной освещённости и присутствия.

Все рабочие места расположены вдоль очень больших окон, что обеспечивает оптимальное сочетание естественного и искусственного освещения. Светильники, кажущиеся встроенными, на деле монтируются «поверхностью» и обеспечивают равномерное неслепящее освещение рабочих мест.

www.zumtobel.com
25.10.2014

Команда компании «Точка опоры» завершила работу по проекту освещения частной галереи

Объект интересен тем, что в создании его интерьера свету отводится одна из важнейших ролей. Дизайн интерьера галереи по замыслу архитекторов предполагает визуальное слияние внутреннего и внешнего пространств.

Основная задача, поставленная перед «Точкой опоры», – создать возможность изменения световой среды выставочного пространства в зависимости от меняющейся экспозиции. Совместно с партнёром «Точки опоры», компанией «ПРАТО», для решения задачи был создан световой потолок площадью 600 м². Создан широкий спектр возможностей: индивидуальное освещение художественных произведений, учёт наличия естественного освещения и даже имитация оттенков неба в разное время дня.

Благодаря использованию светодиодов решена также немало важная задача по обеспечению энергоэффективности осветительной установки. Решение очень современное и эргономичное. Интеграция управления освещением в систему мультимедиа даёт возможность пользователю прямо на планшете выбирать нужную сцену освещения и режим работы осветительной установки.

www.k-to.ru
29.10.2014



Китай присматривается к российским производителям светодиодов



Представители Международного альянса полупроводникового освещения (ISA) и Национальной ассоциации китайских производителей и разработчиков в сфере освещения светодиодами (CSA) провели первый в России китайский международный форум по освещению светодиодами (ОССД) и посетили ведущее отечественное предприятие «Светлана-Оптоэлектроника», выпускающее светодиодные источники света по полному технологическому циклу. Мероприятия прошли в рамках визита представителей светодиодной индустрии КНР в Россию, организованного при участии НП ПСС.

Представители российской и китайской сторон обсудили развитие глобальных светодиодных технологий и тренды на будущее, достижения России в «светодиодных» исследованиях и разработках, текущее состояние и стратегию развития ОССД в КНР, перспективы совместного сотрудничества в области ОССД и возможности развития проектов по локализации производства светодиодов и светотехнических изделий с ними.

Россия располагает одним из наиболее перспективных и динамично растущих рынков ОССД. В связи с этим интерес китайских компаний состоит в системном выходе на разные целевые аудитории российского рынка и создании совместных предприятий.

www.soptel.ru
26.11.2014

В Реутове установили контейнеры для сбора ртутных ламп



В подмосковном Реутове появились специальные контейнеры для сбора батареек и энергосберегающих ламп для их последующей утилизации. Первые десять оранжевых урн были установлены на территории города в рамках реализации пилотного проекта компании «Мосэнергосбыт» при поддержке Администрации Реутова. Каждую неделю будет забираться опасное содержимое контейнеров и передаваться вместе с ломом цветных металлов в специализированные пункты переработки. Контейнеры имеют особую конструкцию, которая предохраняет лампы и батарейки от случайного повреждения.

Если эксперимент окажется удачным, и контейнеры будут востребованы жителями Реутова, специалисты установят дополнительные. Отметим, что всего до конца года в Подмоскovie появится 200 новых контейнеров для сбора ртутных ламп и батареек. К 2015-му году их количество достигнет 14 тысяч.

www.svetoprom.ru
03.11.2014

Osram сообщает о рекордных параметрах зелёных светодиодов двух видов

В рамках финансируемого Федеральным министерством образования и научных исследований программы «Светодиоды лидируют на рынке» рабочая группа «Эффективные светодиодные решения с высокими индексами цветопередачи» проекта «Hi-Q-LED», которую возглавляет компания *Osram Opto Semiconductors*, разработала два новаторских макета зелёных СД.

Современные СД демонстрируют существенный спад излучения в зелёной части спектра – «зелёный провал», и исследования в рамках проекта, позволили разработать узкополосный зелёный СД с рекордной световой отдачей (СО) 147 лм/Вт при размере кристалла 1 мм² и токе 350 мА, плотность тока (ПТ) – 45 А/см². Центральная длина волны излучения СД – 530 нм, а прямое напряжение при этой ПТ равно 2,93 В. В основу данного прорыва легли уменьшение плотности носителей в светоизлучающих слоях и существенно улучшенное качество материала. Благодаря значительно сниженной по сравнению с традиционными зелёными СД зависимости СО от рабочего тока макет СД имеет намного лучшие характеристики при повышенных ПТ, и его световой поток при ПТ 125 А/см² достигает 338 лм. «По сравнению с зелёными СД, основанными на преобразовании излучения люминофором, СД на основе *InGaN*, в которых световой поток генерируется исключительно полупроводниковым соединением *InGaN*, позволяют получить в спектральном интервале, равном примерно 35 нм, гораздо более интенсивное узкополосное излучение. Этот прорыв представляет технические средства для создания высокоэффективных проекционных систем, требующих высокого индекса цветопередачи», – подчеркнул д-р *Andreas Löffler*, руководитель проекта компании *Osram Opto Semiconductors*.

Рекордная же СО, свыше 200 лм/Вт, была достигнута благодаря использованию люминофора, полностью преобразующего синее излучение кристалла в результирующее зелёное. Предельным достижением была СО 209 лм/Вт, достигнутая при размере кристалла 1 мм², центральной длине волны 540 нм, прямом напряжении 2,88 В и токе 350 мА (ПТ 45 А/см²). При ПТ 125 А/см² световой поток превысил 500 лм (при СО 160 лм/Вт!). Пик световой отдачи достигается при 1,5 А/см² и равен 274 лм/Вт.

В настоящий момент беспрецедентные показатели двух макетных СД могут рассматриваться только как лабораторные. Потребуется дополнительное время, чтобы на основе результатов исследовательского проек-

та разработать изделия, имеющие оптимальные стоимость и параметры и вполне подходящие для серийного производства.

www.led-professional.com
06.11.2014

«Умные» светильники со светодиодами появятся на московских дорогах



На столичных автодорогах появятся «умные» светильники, которые будут менять световой поток и площадь освещения в зависимости от внешних условий. Управлять ими будут дистанционно из специального диспетчерского центра. Инновационные светильники в качестве пилотного проекта уже уста-

новлены в московском метро – на наземном перегоне между станциями «Кутузовская» и «Студенческая».

Пока на балансе Москвы подобного оборудования нет. Сегодня светильники включаются и отключаются по команде диспетчеров «Моссвета». Время работы уличного освещения расписано заранее на год вперёд, точные часы и минуты указываются в графике для каждого суток с учётом среднестатистических данных о продолжительности светового дня, регулировать работу каждого светильника отдельно диспетчеры не могут. «Умные» же светильники самостоятельно меняют интенсивность излучения в зависимости от уровня освещения улицы в конкретных условиях. Например, они могут загораться раньше, если на улице пасмурно.

www.svetoprom.ru
12.11.2014

Территориальный представитель МГК «Световые Технологии» начал работу в Уфе

Уфа – один из крупнейших экономических, культурных, спортивных и научных центров РФ. В 2013 г. Уфа заняла 7 место в рейтинге 250 крупнейших промышленных центров РФ. Регион быстро развивается, строятся новые объекты, осуществляется модернизация уже имеющихся.

Светотехническое оборудование производства компании «Световые Технологии» установлено на значимых для города объектах: ДК «Нефтяник», Конгресс-Холл, Художественный музей им. М.В. Нестерова, отель «Hilton» и многих других.

В целях более эффективной работы над растущим числом проектов в регионе открыт офис территориального представителя. Его основная задача – повышение качества присутствия торговой марки «Световые Технологии» в своём регионе, в том числе оказание поддержки при реализации проектов партнёрам и конечным клиентам, расширение числа предлагаемых сервисных инструментов и продвижение.

www.ltcompany.com
17.10.2014

Светодиодные лампы продолжают улучшать свои энергоэффективность и качество



Усовершенствование СДЛ привело к повышению как их световой отдачи (СО), так и качества цветопередачи. В сентябре этого года несколько производителей выпустили

в продажу СДЛ, отвечающие требованиям «ENERGY STAR», преодолевшие пороговую СО 100 лм/Вт.

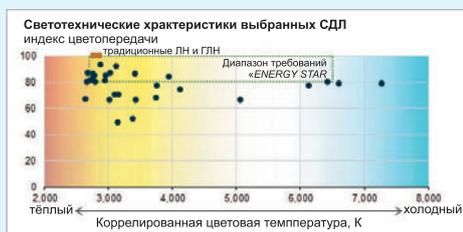
Стоимость СДЛ для потребителей снижалась десятками программ повышения энергоэффективности, предлагающими магазинные и почтовые распродажи, скидки и иные стимулы. По оценкам Программы «ENERGY STAR», за период с 2011 по 2013 гг. организации, спонсирующие программы повышения энергоэффективности, ежегодно расходовали \$400–470 млн на стимулирование принятия потребителями светотехнических изделий, получивших знак «ENERGY STAR». Последние включают в себя некоторые СД, КЛЛ, светильники в составе потолочных вентиляторов и некоторые другие светильники.

Собранные «ENERGY STAR»

данные показывают, что поставки СДЛ возросли примерно с 9 млн. шт. в 2011 г. до более чем 45 млн. шт. в 2013 г., что по оценкам составляет 2,3% объёма рынка товаров для общего освещения. Поставки же КЛЛ после 2011 г. составляли порядка 300 млн. шт. в год – от 15 до 20% этого рынка.

Программа освещения светодиодами Минэнерго США поощряет проведение исследований и разработок в этом направлении и проводит обучение потребителей по мере расширения рынка. Этикетки со светотехнической информацией (*Lighting Facts*), имеющиеся почти на всех упаковках осветительных ламп, сообщают о световом потоке, потребляемой мощности, CO, прогнозируемом сроке службы и предполагаемой годовой стоимости потребляемой электроэнергии.

Двумя показателями качества, часто указываемыми на этих этикетках, являются коррелированная цветовая температура и общий индекс цветопередачи.



www.ledinside.com
05.11.2014

Победа в бизнес-конкурсе «ШЕФ ГОДА-2014»

Генеральный директор ГК «Светлана-Оптоэлектроника» Алексей Мохнаткин стал победителем VIII независимой бизнес-премии «ШЕФ ГОДА – 2014» в номинации «ШЕФ-ИННОВАЦИЯ».

Вручение премии «ШЕФ ГОДА» – заметное и ожидаемое событие года. Подведение итогов престижного конкурса состоялось 20 октября в Большом зале Петербургской филармонии.



В мероприятии участвовало около тысячи гостей – из администрации Санкт-Петербурга, руководители общественно-деловых организаций, представители деловых и светских кругов. Торжественную церемонию награждения лауреатов провели известные ведущие Людмила Ширяева и Кирилл Набутов. Награду в номинации «ШЕФ-ИННОВАЦИЯ» вручал Максим Мейксин, председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга.

Алексей Мохнаткин поблагодарил членов экспертного совета за высокую оценку достижений группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника» и отметил: «Мы реализуем большое количество инновационных проектов освещения светодиодами, но особенно приятно то, что с недавнего времени российские светодиодные лампы SvetalED® установлены в хрустальных люстрах Большого зала Петербургской филармонии».

<http://soptel.ru>
21.10.2014

Новые светодиодные лампы Cree стали дешевле

Одной из ключевых проблем, стоящих на пути к распространению освещения светодиодами, является стоимость светодиодных источников света. Однако компания Cree, похоже, решила эту ключевую проблему, представив новую серию светодиодных ламп прямой замены (СДЛПЗ) «New Cree LED Bulb», доступную в вариантах для замены 40- и 60-ваттных ЛН. Стоимость продукта в США составляет \$8.



При этом, как сообщает производитель, решение выглядит внешне как обычная ЛН и отличается расчётным временем работы – в 25000 ч. «40-ваттный» вариант имеет световой поток порядка 460 лм, а «60-ваттный» – 815 лм. Доступны варианты коррелированной цветовой температуры 2700 и 5000 К (последний стоит \$9).

Производитель предоставляет 3-летнюю гарантию на «New Cree LED Bulb» и обещает 85%-ное снижение энергопотребления по сравнению с обычными ЛН. Производитель добился удешевления конструктивным путём, снимающим необходимость в использовании радиатора для теплоотвода. При нагревании светодиодов усиливается теплообмен с окружающим воздухом.

Кроме того, Cree также удалось снизить стоимость «60-ваттного» варианта СДЛПЗ за счёт уменьшения числа светодиодов с 10 до 8. При этом уровень светового потока не упал – используются светодиоды большей мощности. Отсутствие радиатора делает внешний вид «New Cree LED Bulb» более соответствующим обычным ЛН, что должно, по мнению производителя, повысить привлекательность продукта.

www.lightrussia.ru
06.11.2014

«Световые Технологии» представляет актуальный отчёт «LME, макроэкономика, индексы и рейтинги»

Компания «Световые Технологии» представляет актуальный отчёт для специалистов светотехнической отрасли. Отчёт сформирован на основе данных российских и зарубежных авторитетных источников.

В документе аккумулирована информация по ключевым показателям макроэкономики в целом и отрасли светотехники в частности, динамике цен на Лондонской бирже металлов (LME), рейтингам, оценкам, прогнозам дальнейшего развития и т.п.

www.svetozone.ru
12.11.2014

Петербургская филармония в новом свете

16 октября в главном здании Санкт-Петербургской филармонии стартовал проект по внедрению энергоэффективных и безопасных источников света: лампы накаливания в знаменитых 700-килограммовых хрустальных люстрах Большого зала были заменены на светодиодные лампы торговой марки SvetalED®.



Проектирование нового светового пространства осуществлялось ЗАО «КБ «СВЕТА-ЛЕД» и ООО «ИРСЭТ-Центр» с участием ООО «Интелмарт». Работа оказалась непростой и потребовала от участников гибкости и готовности к нестандартным решениям. Во-первых, все световые объекты филармонии находятся под охраной Комитета по госконтролю, использо-

ванию и охране памятников истории и культуры, а во-вторых, было важно не нарушить особую атмосферу столь любимого петербуржцами концертного зала.

В итоге специально для Большого зала были разработаны уникальные сверхмощные лампы *SvetaLED*® с повышенным световым потоком и высоким общим индексом цветопередачи, позволившими сохранить роскошное сияние символа Филармонии. В отличие от серийных *SvetaLED*®, 250 ламп, установленных в Большом зале, снабжены прозрачными (а не матовыми) рассеивателями.

Светодиодный проект получил одобрение художественного руководителя и главного дирижёра Филармонии, народного артиста СССР Юрия Темирканова.

Важным для музыкантов и гостей Филармонии является и то, что после установки ламп *SvetaLED*® уровень освещения в Большом зале повысился на 25%.

<http://soptel.ru>
17.10.2014

Минэнерго США вновь рассмотрело вопрос синей опасности светодиодов и обнародовало данные о дорожном освещении

Ранее Минэнерго США выпустило информационный листок по вопросам освещения светодиодами и опасности синего света. В нём утверждалось, что СД представляют не большую опасность, чем традиционные источники света с такими же значениями коррелированной цветовой температуры T_c . Но, мол, некоторые исследователи и паникёры продолжают спекулятивно утверждать, что синий пик, обычно присутствующий в спектре излучения белых СД при любой T_c , представляет опасность для человека.

В своём новом отчёте «Истинные цвета» Минэнерго отмечает, что традиционные источники света с теми же значениями T_c содержат ту же долю энергии в синей области спектра и представляют ту же опасность для зрения, даже при отсутствии пиков в синей области спектра.

В отчёте также утверждается, что СД менее, чем традиционные источники света, способны вредить произведениям искусства, что связано с меньшим количеством энергии, излучаемой ими в УФ и ИК областях спектра.

И наконец, Минэнерго США рассмотрело возможное влияние СД на фотобиологические процессы и циркадные ритмы человека. При этом в отчёте отмечается, что работа физиологической системы человека всё ещё – предмет обсуждения. Но опять, синяя составляющая излучения СД в процентном выражении аналогична имеющейся у традиционных источников света с теми же значениями T_c .

Отдельно Минэнерго США обнародовало результаты обследования дорожного освещения, проведённого Консорциумом освещения светодиодами муниципальных объектов (MSSLC). Обследование должно было пролить свет на скорость внедрения СД и потенциальные возможности дополнительной экономии энергии от использования СД-ламп прямой замены.

MSSLC обследовал 240 организаций, включая муниципалитеты, округа и департаменты транспорта штатов, а также находящиеся в собственности инвесторов или в муниципальной собственности энергокомпании.

Результаты говорят о медленном внедрении СД и значительных возможностях дальнейшей экономии энергии. Они показывают, что большинство респондентов на балансе держит некоторое количество уличных светильников с СД, но лишь 8% из них считают их наилучшими из всех установленных. При этом 82% всё ещё считает наиболее «выдающимися» светильники с НЛВД. Более того, 36% до сих пор использует ртутные лампы ВД.

Также интересно, что средний возраст обследованных установок дорожного освещения – 15,3 года, а по сведениям департаментов транспорта – и вовсе 17,6 лет.

На лицо ранняя стадия перехода на освещение светодиодами.

(С отчётом в целом можно ознакомиться на сайте Минэнерго США.)

www.ledsmagazine.com
22.10.2014

Начато серийное производство светодиодной матрицы «SvL-23» TM SVETLED®

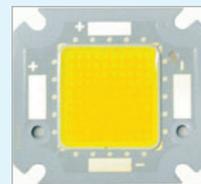


ОАО «Светлана-ЛЕД», входящее в ГК «Светлана-ЛЕД», запустило серийное производство новейшей светодиодной матрицы (СДМ) «SvL-23» SVETLED®. Уни-

кальность инновационной разработки – в мощном световом потоке, 13000 лм, – одна СДМ заменяет 13 стоваттных ЛН или одну дугую ртутную лампу ДРЛ-250, что опережает многие зарубежные аналоги.

Оптимальное сочетание таких параметров как световой поток, общий индекс цветопередачи и компактность позволяет использовать СДМ «SvL-23» для массового производства эффективных светильников (прожекторов) с СД для больших помещений с высотой потолков более 10 м (производственные цеха, выставочные залы, складские комплексы, спортивные объекты и др.).

Применение этих СДМ упрощает и ускоряет проектирование и серийное производство энергоэффективных осветительных приборов завода «Светлана-Оптоэлектроника». При этом можно использовать вторичную оптику для обеспечения требуемого распределения освещённости на объектах, что повышает энергоэффективность светотехнических установок,



Секрет успеха разработки заключается в особом строении подложки: в качестве основы используется специальный алюминиевый сплав с высоким коэффициентом теплопроводности, светодиодные кристаллы устанавливаются непосредственно на основу без использования диэлектрического слоя, что минимизирует значения теплового сопротивления. На поверхность алюминиевого основания нанесено тончайшее покрытие, которое обеспечивает высокий коэффициент отражения (более 97%!) для дальнейшей эффективности вывода света из матрицы. Зеркальный слой, получаемый вакуумным напылением, в свою очередь, покрыт прозрачным газонепроницаемым слоем, защищающим зеркальное покрытие от коррозии, потемнения и снижения коэффициента отражения в течение всего срока службы СДМ.

На сегодня выпущено свыше 3000 СДМ, а до конца 2014 г. ОАО «Светлана-ЛЕД» произведёт ещё более 10000 шт. по заключённым договорам. Этого хватит для освещения нескольких крупных промышленных предприятий и высвобождения свыше 1 МВт мощности.

www.soptel.ru
24.10.2014

Philips возвращает краски мистически известному архитектурному шедевру



Компания Philips реализовала проект светового преобразования всемирно известного Дворца Барона в Каире. Установленные инновационные светильники сочетают тёплые и холодные световые оттенки, позволяя подчеркнуть архитектурные особенности здания. Динамичное архитектурное освещение создаёт уникальную атмосферу за счёт изменения цветов и их яркости.

Светильники со светодиодами позволяют снизить энергозатраты на освещение по сравнению с «традиционными» на 80%. Срок службы подоб-

ных новинок достигает 50 тыс. ч вместо привычных 12. Более того, они значительно сокращают расходы на техобслуживание.

«Новое освещение создает мистическую ауру вокруг Дворца Барона, и здание буквально оживает, – заявил Тамер Абол Гар, генеральный директор Philips в Египте и глава Philips «Световые решения» в Египте и Судане. – Для нас было важно продумать все детали проекта, чтобы добиться максимальной энергоэффективности и сохранить аутентичность архитектуры. Профессиональный подход к освещению добавляет нестандартное звучание облику здания, подчеркивает его красоту, не подавляя её...».

Дворец Барона был построен между 1907 и 1911 годами для бельгийского промышленника барона Эдуарда Эмпейна (1852–1929). Строение было возведено из железобетона на вращающейся базе, благодаря которой здание поворачивается, чтобы солнечные лучи освещали его помещения в течение всего дня. Сегодня архитектурный шедевр с богатой историей и уникальным дизайном вызывает постоянный интерес у туристов.

Дворец Барона уже не первая достопримечательность Египта, освещённая Philips. Предметами гордости компании являются Великие Пирамиды и статуя Сфинкса в Гизе, Каирская телебашня и Западный берег Нила в Луксоре.

www.philips.ru
18.11.2014

Osram: 3-мерная конструкция светодиодных кристаллов может стать перспективной

Одним из реализуемых в настоящее время проектов компании Osram по преодолению ограничений по световой отдаче светодиодов (СД) является разработка микростержневой технологии создания 3-мерных кристаллов», – сказал Михаэль Шмитт, региональный директор по АТР компании Osram Opto Semiconductors. – ... Микростержни могут на 5–10% увеличивать уровень излучения в голубой и зелёной частях спектра при токе 350 мА и даже на 10–20% – световой поток белых СД...».

Обычно эти микростержни (в основном, из InGaN или GaN) имеют радиус 1 мкм и высоту примерно до 20 мкм.

Osram уже приступила к серийному выпуску 3-мерных микростержневых кристаллов. Сосредоточенность немецкого производителя на них можно объяснить потребностью в улучшении четырёх параметров, которое стимулирует развитие светодиодной индустрии в направлении более эффективной генерации света и удешевления изделий. Эти параметры – световая отдача [лм/Вт], световой поток на доллар (СПД) [лм/\$], предполагаемый срок службы (по спаду светового потока) [ч] и общий индекс цветопередачи.

«... мы говорим о преодолении границы в 200 лм/Вт, что нелегко, но осуществимо», – сказал М. Шмитт. Пока же световая отдача лежит в интервале 100–180 лм/Вт, СПД оказывается где-то между 300 и 1000 лм/\$, срок службы – между 10000 и 50000 ч, а общий индекс цветопередачи составляет от 70 до 90».

www.ledinside.com
28.10.2014

В жилых домах петербуржцев появились экобоксы

Для сбора компактных люминесцентных ламп (КЛЛ), батареек, аккумуляторов и других опасных бытовых отходов служат специальные ящики.

Не секрет, что КЛЛ содержат ртуть, аккумуляторы – соли тяжёлых металлов, а одна батарейка загрязняет территорию размером с футбольное поле.

Инициаторами акции выступили сами горожане. Пока ящики появились по 300 адресам. За каждым закреплён ответственный доброволец. Он будет следить за наполнением ящика и вовремя



сдавать материалы в переработку. Установить такой экобокс в своём подъезде могут все желающие.

Петербург может стать крупным центром сбора опасных отходов. К проекту планируют привлечь сетевые гипермаркеты, офисные площадки и коммерческие предприятия.

Программа по утилизации ядовитых отходов действует в Петербурге около 10 лет. За это время были переработаны тонны опасного мусора.

http://lightrussia.ru/
18.11.2014

«Световые Технологии» запускает мобильное приложение для смартфонов и планшетов

Теперь, чтобы оперативно получать информацию о продукции, проектах, новостях, дистрибьюторах, а также пользоваться удобными инструментами для расчётов, компании «Световые Технологии» достаточно загрузить это приложение на своё мобильное устройство.

Приложение предназначено для проектировщиков и конечных покупателей. Вся информация обновляется онлайн.

Приложение содержит следующие разделы:

- **Продукты.** Полный онлайн-каталог продукции со всей технической информацией.
- **Проекты.** Портфолио проектов, реализованных с использованием продукции компании.
- **Новости.** Информация о значимых событиях в жизни компании и в светотехнической отрасли.
- **Загрузки.** Нормативная информация.
- **Калькулятор энергоэффективности.** Модуль по расчёту экономии от использования энергоэффективных светильников.
- **Калькулятор освещённости.** Модуль по расчёту необходимого количества светильников для разных помещений.
- **Где купить.** Полный список офисов компании и дистрибьюторов.
- **Виртуальный конструктор.** Инструмент, содержащий элементы добавленной реальности.

www.svetozone.ru
18.11.2014

На трассе М-7 «Волга» установят инновационные светильники

В следующем году современные светильники со светодиодами (СД) установят на участках магистрали М-7 во Владимирской и Ярославской областях. К существующим 350 км линий наружного освещения прибавится ещё 10 км. Сегодня для



освещения магистрали федерального значения М-7 «Волга» применяют самые современные технологии. Так, на некоторых её участках в Московской области используются передовые светильники с СД. На участках, где нет возможности подключения к стационарным электрическим сетям, применяются светильники автономного наружного освещения на солнечных батареях. Они установлены на отдельных участках трассы М-7 в Московской, Владимирской и Костромской областях. Переход на инновационные технологии предполагается также и в сфере контроля за состоянием линий искусственного освещения. Так, в начале этого года в районе Старой Купавны, в Московской области, была установлена автоматизированная система управления наружным освещением, которая позволяет дистанционно отслеживать состояние светильников и управлять уровнем освещения.

www.svetoprom.ru
14.11.2014

Качество освещения, создаваемого автомобилями

Т.К. КХАН¹

Дармштадтский технический университет, Дармштадт, Германия

Аннотация

Указаны три крупные задачи, стоящие перед автомобильным освещением, и подытожены последние достижения в улучшении качества автомобильного освещения в части: фар и передних сигнальных фонарей, обеспечивающих освещение пространства перед автомобилем; задних фонарей (например, стоп-сигналов); внутреннего освещения (с использованием светодиодов).

Ключевые слова: качество освещения, автомобильное освещение, адаптивное переднее освещение, маркирующее освещение, матричный луч.

1. Введение

История автомобилестроения началась в 1886 г. с изобретения Карлом Бенцем двигателя внутреннего сгорания, а в 1908 г. свой путь в автомобилестроение проложили первые электрические источники света. С этого момента автомобильная промышленность и её продукция стали символом инноваций и динамичного развития общества в условиях технической революции и прогресса в области телекоммуникаций.

¹ E-mail:

khanh@lichttechnik.tu-darmstadt.de.

По материалам доклада на конференции МКО «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.2014, Куала-Лумпур, Малайзия.

Перевод с англ. Е.И. Розовского

При этом с 1990 г. автомобильное освещение занимает центральное место в развитии концепции автомобилей, и с 2006 г., после появления светодиодов (СД), оно стало движущей силой всех нововведений в области автомобилестроения.

В целом перед автомобильным освещением стоят три задачи:

- обеспечение хороших условий зрительной работы для всех участников дорожного движения (водителей, пешеходов, велосипедистов);
- обеспечение технических возможностей для улучшения комфорта, самочувствия и концентрации внимания водителей в тёмное время суток;
- энергосбережение и способствование охране окружающей среды.

Ниже качество автомобильного освещения рассматривается применительно к:

- фарам и передним сигнальным устройствам, обеспечивающим освещение пространства перед автомобилем (ближний свет, дальний свет, динамически изгибающийся свет, освещение поворотов (*cornering beam*)) и сигнализацию (дневные ходовые и габаритные огни);

- задним фонарям (например, стоп-сигналам);
- внутреннему освещению (с использованием СД).

2. Внутреннее освещение

В ближайшем будущем, а в случае автомобилей высокого класса – и сейчас, внутреннее освещение благодаря применению СД будет существенно модернизировано, с тем чтобы:

- приводить условия зрительной работы внутри автомобиля в соответствие с погодой, временем суток и дорожной обстановкой (плотностью дорожного движения, движением в городских условиях при наличии городского освещения или движением по тёмной сельской дороге);
- снижать напряжённость и усиливать концентрацию внимания водителей путём настройки освещения на «режим расслабленности» при движении во внерабочие часы или – на «спортивный режим» с синеватым белым светом.

Подход к качеству освещения связан со стремлением повысить концентрацию внимания и снизить психическую нагрузку на водителей.

3. Задний свет

Задние фонари явились первыми световыми приборами с СД для автомобилей благодаря присущим СД малым временам нарастания и спада импульсов излучения, что дела-

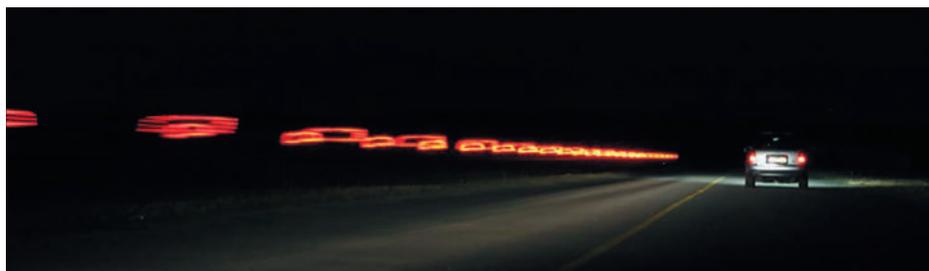


Рис. 1. Изображение эффекта бусинок (*beads effect*) или нитки бус (*bead string*)

Таблица 1

Лампы, используемые в настоящее время в передних фарах автомобилей

Тип лампы	Световой поток, лм, около	Максимальная яркость, Мкд/м ² , около	Световая отдача, лм/Вт	Коррелированная цветовая температура, К
ГЛН (H7)	1500	30	25	3200
Ксеноновая МГЛ (D2S)	3200	90	90	4200
СД (холодно-белого света)	150–1500	20	65	4000–6000

Дальность видимости при углах наблюдения 0 и 20°

Фара ближнего света с	Дальность видимости, м [2]	Дальность видимости при угле 0°, м [3]	Дальность видимости при угле 20°, м [3]
ГЛН	70	63	18,3
ксеноновой МГЛ D2S	85	80	25,8

ет возможным более быструю подачу сигналов другим участникам дорожного движения при торможении. Помимо чисто сигнальных задач, задние фонари с СД дают возможность изменения конструкции и повышения ценности автомобилей. С научной точки зрения следует пересмотреть максимальные и минимальные требования к силе света задних фонарей. Все требования к силе света этих фонарей не учитывали погодных изменений, времени суток, яркости окружающей среды и расстояния между автомобилями.

Так как задние фонари с СД работают в режиме широтно-импульсной модуляции, то в последние 8 лет исследования в области данных устройств сконцентрировались на пульсациях и стробоскопическом эффекте (рис. 1). Для минимизации последнего, способного рассеивать зрительное внимание водителей с нормальным зрением и серьёзно вредить здоровью водителей с повышенной чувствительностью к свету, частоту пульсации следует увеличить минимум до 400 Гц, если вероятность обнаружения пульсаций или стробоскопического эффекта должна быть меньше 5% (рис. 2).

4. Передний свет

Что касается переднего освещения, то на его качество повлияли:

- появление новых источников света (ГЛН, ксеноновых МГЛ мощностью 35 (1990 г.) и 25 (2011 г.) Вт, фар с СД (2007 г.) и лазерных источников света в ближайшем будущем (2014 г.);
- концепция адаптивного переднего освещения (АПО);
- концепция переднего освещения, учитывающего внешние условия.

4.1. Новые источники света

В табл. 1 представлены современные типы автомобильных ламп для переднего освещения.

При использовании ксеноновой МГЛ со световым потоком 3200 лм и типичном оптическом КПД 35%, можно получить световой поток фары ближнего света с этой МГЛ, равный 1100 лм. Для сравнения, световой поток фары ближнего света с ГЛН не превышает 500 лм. В результате исследований, проведённых недавно

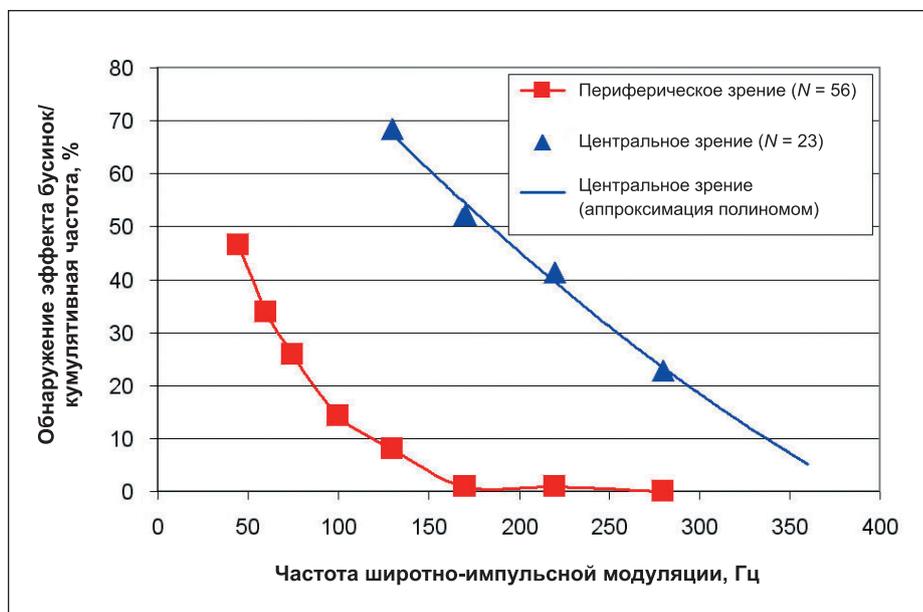


Рис. 2. Вероятность обнаружения эффекта бусинок или нитки бус (см. рис. 1) при двух условиях наблюдения [1]

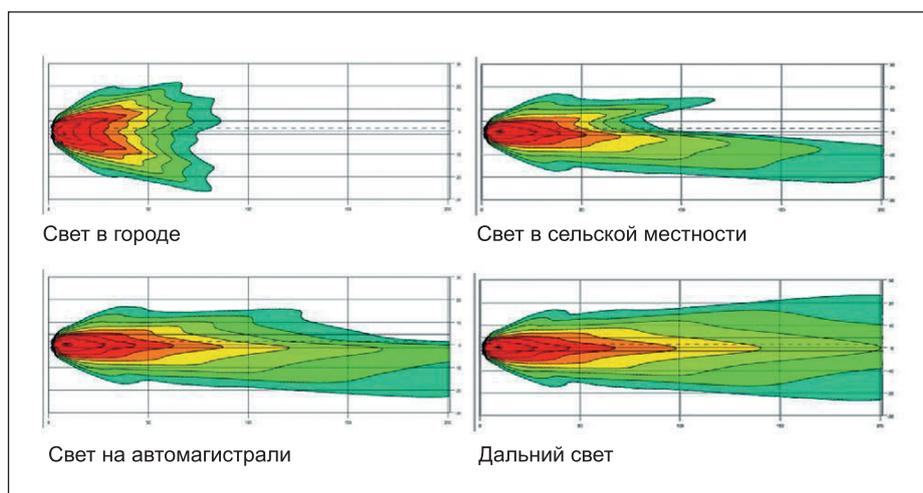


Рис. 3. Адаптивное переднее освещение

в Дармштадтском техническом университете для автомобильной промышленности, были определены дальности видимости для фар ближнего света (табл. 2). При световом потоке наилучших сейчас фар ближнего света с СД для автомобилей высокого класса, равном 900 лм, дальности видимости в случаях СД- и ксеноновых

фар ближнего света почти сопоставимы друг с другом.

4.2. Адаптивное переднее освещение

С 1998 по 2010 г. концепция систем АПО была реализована во многих автомобилях (рис. 3).

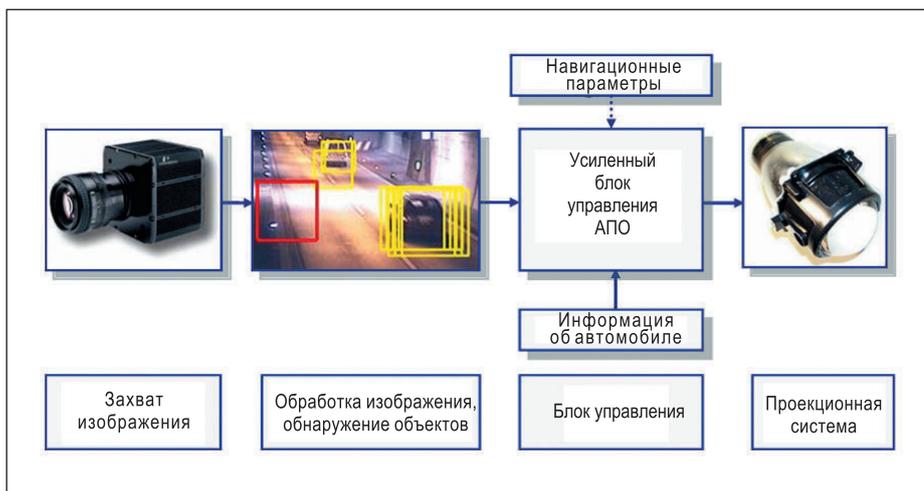


Рис. 4. Устройство обработки данных и изображений, установленное внутри автомобиля [4]

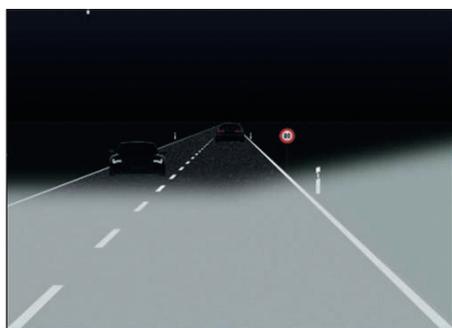


Рис. 6. Вертикальная динамическая линия отсечки [6]

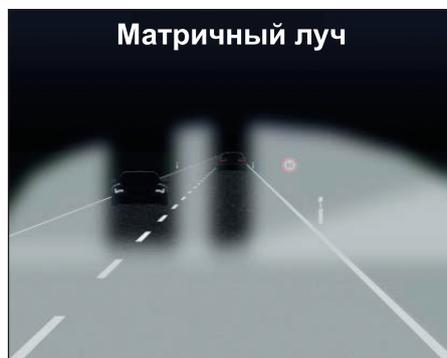


Рис. 7. Неслепящий дальний свет, матричный луч [7]

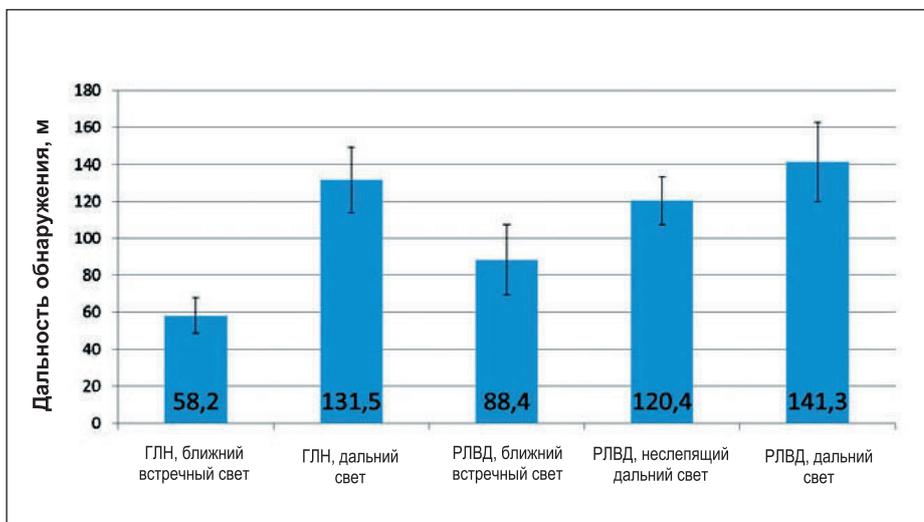


Рис. 8. Дальность обнаружения (видимости) для разных фар

Как видно из рис. 3, если автомобиль движется в городе, то стандартный луч ближнего света меняется так, чтобы получать расширенное светораспределение без увеличения дальности видимости, так как дорога освещается и уличными све-

тильниками. При движении по шоссе в зависимости от скорости автомобиля светораспределение фар ближнего света может быть ограничено углами от $-0,57$ до $-0,23^\circ$ относительно горизонтали, с тем чтобы дальность видимости могла бы повышаться от при-



Рис. 5. Принцип маркирующего освещения [5]

мерно 80 м (ближний свет) до 110 м (свет на автомагистрали). Работа АПО и ассистента переключения дальнего света может управляться камерами, датчиками и бортовым процессором (рис. 4).

Поскольку в случае ближнего света максимальная дальность видимости составляет 85 м, а в случае света на автомагистрали – примерно 110 м, то появилась идея увеличить число ситуаций, в которых используется дальний свет. До 2005 г. дальний свет можно было включать только вручную, и ошибки встречались очень часто. При наличии ассистента переключения дальнего света и его камеры, регистрирующей появление на дороге других участников дорожного движения, дальний свет может включаться автоматически. Это увеличивает дальность видимости до 140 м.

4.3. Фары, учитывающие внешние условия

Однако у АПО есть и некоторые недостатки. Оно учитывает топографию дороги (изгибы, город, магистраль, просёлочная дорога), но не учитывает реальную постоянно меняющуюся дорожную обстановку. Поэтому с 2009 г. ведётся разработка концепции фары, учитывающей внешние условия и обеспечивающей:

- маркировочное освещение (*marking light*) (освещение животных и других объектов на дороге или около неё посредством маркировочного узконаправленного пучка света) (рис. 5);
- вертикальную динамическую линию отсечки (рис. 6);
- неслепящий дальний свет (рис. 7).

В ходе исследований, проведённых в 2013 г. Дармштадтским техническим университетом для международных поставщиков автомобильных

ламп, были определены дальности видимости для разных фар (рис. 8) [8]. Дискомфортная блёкость, создаваемая неслепящей фарой дальнего света с ксеноновой МГЛ, равнялась 7 (среднее значение) по шкале де Бюра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Brückner, S., Khanh, T.Q.* A field experiment on the perception of automotive rear lights using pulsed LEDs with different frequencies / Proc. of the 7th Int. Symp. of Automotive Lighting, ISAL 2007, Darmstadt, 2007.
2. *Rosenhahn, E.-O., Hamm, M.* Motorway Light in Adaptive Lighting Systems/ In: Progress in Automobile Lighting (PAL), Technische Universität Darmstadt. – München: Utz Verlag, 2003. S. 868–882.
3. *Schiller, C.* Lichttechnische Tests an derzeitigen Xenon- und Halogenlampenscheinwerfern / Technische Universität Darmstadt, interner Bericht des Fachgebiets Lichttechnik, 2007.
4. *Sprute, J.H., Khanh, T. Q.* Approval Requirements for a Front-Lighting-System with Variable Cut-Off Line in Europe / In: Int. Symp. on Automotive Lighting (ISAL), Technische Universität Darmstadt. – München: Utz Verlag, 2007. S. 31–37.
5. *Kleinkes, M., Eichhorn, K., Schiermeister, N.* LED technology in headlamps – extend lighting functions and new styling possibilities/ In: Int. Symp. on Automotive Lighting (ISAL), Technische Universität Darmstadt. – München: Utz Verlag, 2007. S. 55–63.
6. *Kalze, F.-J., Schmidt, C.* Dynamic Cut-Off-Line geometry as the next step in forward lighting beyond AFS / In: Int. Symp. on Automotive Lighting (ISAL), Technische Universität Darmstadt. – München: Utz Verlag, 2007. S. 346–354.
7. *Totzauer, A.* Kalibrierung und Wahrnehmung von blendfreiem LED-Fernlicht / Technische Universität Darmstadt, PhD thesis, 2013.
8. *Zydek et al.* Quantifying Detection Distance and Glare of Headlamp Systems with Adaptive Vertical Cut-Off Lines / ISAL conference, Darmstadt, 2013.



Тран Куок Хан (Tran Quoc Khan), Dr.-Ing., профессор.
Руководитель светотехнической лаборатории Дармштадтского технического университета.

Специалист по оптике, фотометрии и цветвосприятию

8-я Московская международная конференция «LED FORUM»

Крупная международная конференция по светодиодным технологиям в освещении «LED FORUM», проводимая в рамках ежегодной международной выставки «Interlight Moscow powered by Light+Building» с 2007 г., освещает актуальные тенденции развития светодиодной индустрии и является профессиональной площадкой для представителей науки, бизнеса и прикладных сфер. Ежегодно «LED FORUM» собирает специалистов из Европы, Азии, США и России.

В этом году она проводилась 8-й раз, 12 ноября, на четырёх площадках (практически, параллельно) в виде пяти мероприятий: открытие форума, приветствия от организаторов выставки и членов экспертного совета форума, пленарные доклады; сессия «Наука»: «Проблема контроля параметров, качества и срока службы при разработке и производстве светодиодов и светотехнических изделий на их основе»; сессия «Рэйнбоу Электроникс»: «Проектирование осветительных устройств»; сессия «Osram OS»: «Светодиодные решения для современного города»; сессия с участием KOTRA (Торговый отдел посольства Республики Корея) и компании *Seoul Semiconductor*, посвящённая пленарной дискуссии и развитию взаимоотношений между «LED FORUM» (Россия) и «LED EXPO» (Республика Корея).

При этом:

– Пленарные доклады Штефана Кайзера (*Osram OS*) и Берно Рама (*Philips* «Световые решения» в России и СНГ) были посвящены перспективам развития и применения светодиодных источников света и новым возможностям, открываемым использованием современного управления освещением.

– На сессии «Наука» проф. А.Э. Юнович рассказал о группе японских лауреатов послед-

ней Нобелевской премии по физике и о работах по светодиодным кристаллам в МГУ им. М.В. Ломоносова, а также заметил, что прямо накануне присуждения этой престижной награды в журналах «Светотехника» и «Light & Engineering» вышли публикации о достижениях этих лауреатов.

Два доклада касались проблем качества, надёжности изделий светодиодной техники и контроля параметров качества в серийном производстве светодиодов и светотехнических изделий с ними – Ю.В. Трофимова (ГП «ЦСОТ» НАН Беларуси) и А.А. Богданова («Светлана-Оптоэлектроника»). По докладам состоялась дискуссия.

Познавательным было сообщение В.И. Туева (Томский ГУ) о технологиях принтерной печати многослойных структур изделий органической и неорганической электроники.

– На сессии «Рэйнбоу Электроникс» были представлены интересные доклады В.А. Смирнова («Рэйнбоу Электроникс») и Дмитрия Ходырева (ООО «БЛ ТРЕЙД»). В них нашли отражение обзор требований к осветительным установкам со светодиодами, результаты реализации проектов таких установок и вопросы экономической обоснованности их применения.

– Сессия с KOTRA/*Seoul Semiconductor* изобиловала докладами молодых менеджеров и инженеров. Было подписано соглашение о сотрудничестве между «LED FORUM» (Россия) и «LED EXPO» (Республика Корея).

Насыщенный общением, дискуссиями и прениями день был завершён коктейлем, на котором обсуждения и споры имели продолжение.

Р.И. Столяревская,
доктор техн. наук,
ООО «Редакция журнала
«Светотехника»

СОВРЕМЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПОВЫШАЕТ ПРОДАЖИ

«MIGROS», ШВЕЙЦАРИЯ



RD LEUCHTEN AG
Enlight your life with LED

■ СОВЕРШЕННАЯ ВИЗУАЛЬНАЯ СТРУКТУРА

Топовая тема энергоэффективности имеет ключевое значение в области розничной торговли. Значительная экономия электроэнергии может быть достигнута при оптимизации освещения магазинов.

При реконструкции филиала супермаркета «MIGROS», произведённой в сентябре 2012 года в швейцарском городе Брюннен, вся система освещения была изменена в пользу энергосберегающих светодиодов.

Уникальная система освещения на основе светодиодов от компании RD Leuchten устанавливает новые стандарты в освещении магазинов.

Обеспечивая возможность наиболее эффективного визуального представления товара, светильники «Vario RD» и «Ponte» имеют удельное потребление электроэнергии даже меньше того, о котором мечтал заказчик, а именно 10 Вт/м. Более того, высокая светоотдача системы (> 100 лм/Вт), длительный срок службы светодиодных модулей от VS (L90 / V10) и блоков питания обеспечивают дополнительную выгоду.

Магазин «MIGROS» обеспечивает совершенный визуальный вход и превращает поход за покупками в яркое впечатление – также благодаря высокоэффективной и долговечной продукции от VS.

Светодиодная продукция от VS поставляется с впечатляющим набором возможностей:

- Длительный срок службы: 50000 ч
- Минимальное снижение светового потока: L90 / V10
- Индекс цветопередачи R_s : > 80

Модули LUGA line 48-chip COB

Коррелированная цветовая температура: 3000 К

Линейные блоки питания для светодиодов

186271: 2x350 мА, 2x20 Вт

186272: 2x500 мА, 2x28 Вт

LUGA Shop COB

Модули и печатные платы

Коррелированная цветовая температура: 2700-4000 К,

Компактные блоки питания для светодиодов

186330: 700 мА, 40 Вт

186343: 600 мА, 27 Вт

Свет как инструмент создания виртуальных образов в архитектуре

Л.В. САВЕЛЬЕВА¹

МАрХИ (государственная академия), Москва

Аннотация

Свет как строительный материал использовался во все времена как главная составляющая зрительного образа. Музыку, застывшую в камне, можно увидеть, только если есть свет. Но свет делает видимым не только реальный мир, но и способен моделировать виртуальный. Эта возможность была открыта около 400 лет назад, в эпоху барокко, когда изобрели такие приспособления, как микроскоп, телескоп и волшебный фонарь, посредством которого научились проецировать изображения. Сегодня возможно создавать в архитектуре иллюзорные статичные и динамичные образы, способные вступать в диалог с наблюдателем. Основными характеристиками таких иллюзорных пространств являются временность, многовариантность и, безусловно, зрелищность.

Ключевые слова: свет, архитектура, виртуальное пространство, визуальные иллюзии, иллюзорные образы, эпоха барокко, инновации в архитектуре, светодизайн, 3D видео-мэппинг, медиафасад, голография.

Архитектура, как искусство всегда шла в ногу с техническим прогрессом. Это же можно наблюдать и сегодня. Развитие цифровых технологий позволяет наделять архитектуру ранее не свойственными ей качествами. Современные компьютерные и световые технологии позволяют внедрять в реальное пространство виртуальные статичные и динамичные образы, способные вступать в диалог с наблюдателем. В связи с этим особенно интересно проследить зарождение и развитие приёмов моделирования виртуального пространства в архитектуре, главными инструментом и материалом которых является свет.

Известно высказывание выдающегося архитектора Константина Мельникова о том, что архитектор должен уметь учитывать и использовать особенности человеческого глаза, «играть на глазе зрителя как на инструменте», подобно тому, как композитор учитывает особенности человеческого уха – «играет на ухе». При этом связанные со зрением проблемы занимают человека с давних времён. Древняя оптика, по сочинениям Евклида, пыталась выразить связь между реальными предметами и ощущениями, составляющими зрительные образы наблюдателя. Евклид постулировал, что че-

ловек ощущает предметы, когда исходящие от них прямолинейные лучи сходятся в глазу, и потому всю систему лучей зрения можно представить себе в виде пирамиды, вершина которой находится в глазу, а основанием служит рассматриваемый предмет [1].

Со временем, представления о зрительном восприятии изменялись. Известны высказывания Галена, придворного медика императора Марка Аврелия, о том, что из глаз исходят лучи, которые ощупывают предметы как бы тонкой невидимой спицей, чтобы ощутить их формы. Вслед за тем, уже в X веке, известный арабский математик и медик Ибн аль-Хайсам (965–1039), известный в средневековой Европе как Альхазен, утверждал, что никаких лучей глаз не испускает, а наоборот – предметы посылают в глаз лучи каждой своей частицей, и каждый луч возбуждает в глазу соответствующую точку хрусталика [2]. Таким образом, снова выделяется масса лучей, собирающаяся в один зрачок. Затем появляется богатый итальянец Джамбаттиста делла Порта (1535–1615), усовершенствовавший камеру-обскуру, которую он сравнивает с глазом. А немного позже появляется возможность конструировать по подобию глаза сложные оптические приборы – телескоп и микроскоп², а также световой при-

² В 1624 году Галилео Галилей представляет миру микроскоп, названный им «оккиолино» (*occholino umal.* – маленький глаз). Микроскоп и телескоп понимались как дополнения к глазу, открывающие невиданные ранее миры.

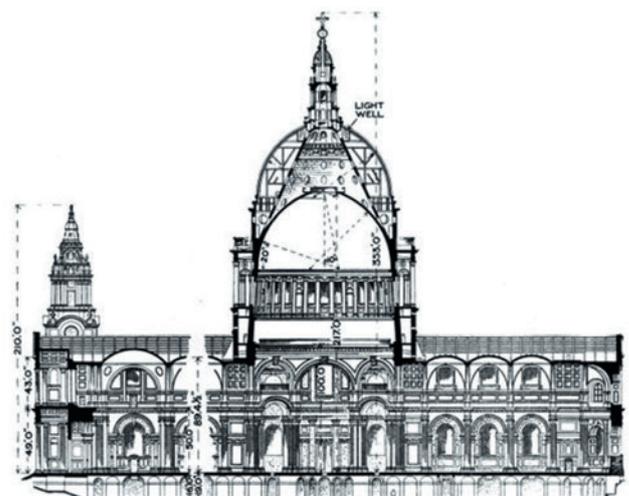
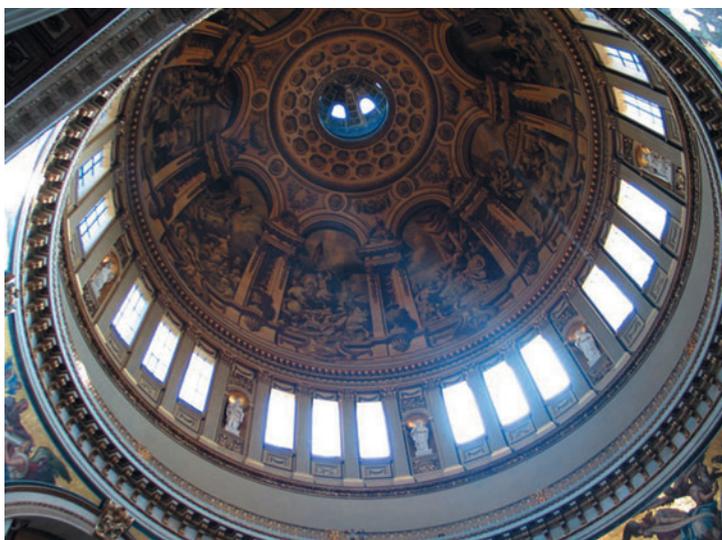


Рис. 1. Собор Святого Павла в Лондоне, 1675–1708 годы

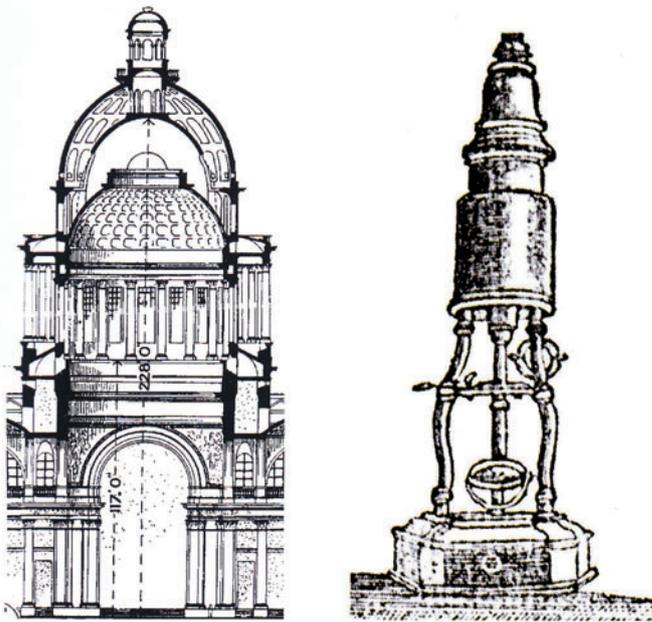


Рис. 2. Пантеон в Париже. Фрагмент разреза, 1758–89 годы, (слева) и изображение оптического прибора, 1750 год

бор – волшебный фонарь, с помощью которого делаются первые попытки проекции изображений. Последнее изобретение можно рассматривать как зарождение искусства кино, которое в дальнейшем окажет сильнейшее влияние на архитектурную среду.

Строение глаза являет собой полый сфероид с объективом-зрачком на одной стороне и вогнутой внутренней поверхностью сетчатки на другой. Поток света, отражаемые от предметов, поступают в объектив и проецируются на сетчатку глаза в виде изображения. То есть глаз одновременно поглощает, преломляет и отображает свет. В книге [3] исследуются архитектурные формы эпохи барокко и сравнивается строение глаза со строением купола в архитектуре храмов этой эпохи, где на вершине купола располагается хрусталик, воспринимающий и транслирующий свет в интерьер храма. Автор Дж. Херси иллюстрирует своё сравнение рисунком Декарта, на котором огромный человеческий глаз в масштабе архитектурного сооружения ориентирован вверх вместе с человеком, смотрящим через него [3, с. 57].

Таким образом, световой фонарь на самой вершине купола есть божественное всевидящее око, которое наблюдает и видит всё происходящее под крышей храма. Всевышний благословляет всех, кто собрался внизу. Молящиеся внутри – это образы,

изображения на сетчатке божественного глаза. Он их видит. Люди же наблюдают струящиеся сквозь световой фонарь или хрусталик этого глаза потоки света. Потолочные росписи, видные сквозь этот свет, изображают небо и его обитателей, тем самым создавая иллюзию реального мира на небесах. И свет здесь – не только виртуальный проводник между миром земным и миром небесным, через который прихожанин имеет возможность общаться с Богом, но и реальный инструмент для создания таинственного, загадочного и вместе с тем зрелищного мира (рис. 1).

Первый опыт игры с пространством был предпринят в живописном приёме «trompe-l'oeil», когда, например, плоскость стены приобретает рельефность, а далее, с открытием линейной перспективы, иллюзорные эффекты усиливаются появлением бесконечной глубины изображаемого. И наконец, в процесс создания иллюзорного пространства приходят технологии и технические устройства, которые позволяют передавать движение.

Как мы уже отмечали, глаз являлся моделью приборов, изобретённых именно в эпоху барокко: телескопа, микроскопа, волшебного фонаря. Все три устройства используют проективную геометрию для передачи изображений. Дж. Херси, пишет: «Все три инструмента были виртуозными ма-

нипуляторами света. Они собирали, фильтровали, отражали, конденсировали и преломляли его. И, что более важно, все три инструмента проецировали изображения. В микроскопе и телескопе свет приобрёл новую значимость как открывающий ранее невидимые миры: с микроскопом – мир мелких предметов, с телескопом – миры беспрецедентно огромные» [3, с. 60]. Дж. Херси говорит о том, что познания в оптике и конструировании оптических приборов оказали большое влияние на конструктивное решение храмов. Он сравнивает продольный разрез храмов того времени с оптическим прибором, где на одну ось в определённой последовательности выстраиваются линзы, а в храме оболочки купола [3, с. 63] (рис. 2).

Какие же технологические решения, позволяющие моделировать виртуальную среду, есть сегодня в арсенале современного архитектора? Это 3D видео-мэппинг, медиафасады (медиапотолки, медиастены, медиаполы и т.п.) и голография.

3D видео-мэппинг – это технология, позволяющая проецировать статичные и динамичные видеоизображения на разные поверхности, в том числе на фасады зданий. Притом зачастую пластика самого фасада роли не играет. Эффекты видео-мэппинга основываются на законах оптики и физиологии зрительного восприятия пространства человеком. Как известно, видим мы не глазами, а мозгом. Глаза – основной приёмник, через который поступает около 85% от всей информации, а мозг моделирует из воспринимаемых фрагментов целостное изображение, и потому его можно обманывать, выдавая, к примеру, 24 картинки в секунду за реальное движущееся изображение.

Технология 3D видео-мэппинга – не придумка современных архитекторов, это старый приём, обыгранный по-новому, то есть по новым технологиям. Так, ренессансная или барочная роспись потолка и стен – иллюзия несуществующих в реальности архитектурных элементов, деталей и пространства как такового. Это искажение, деформация пространства средствами живописи [4]. Это тот приём, который был возможен и доступен в те времена, который помогал играть с пространством, раздвигать его границы. Сколько энергии, динамики и зрелищности придаёт



Рис. 3. Потолочный плафон Камеры дельи Спозии (худ. Андреа Мантенья, 1474 год, Мантуя, Италия) (слева) и пример видео-мэппинга на выставке света

эта реалистичная живопись на потолке! (рис. 3, слева). Очевидно желание зодчего изумить и удивить, произвести незабываемые впечатления на наблюдателя [5]. Четыре века спустя... на рис. 3, справа, представлено дословное «цитирование» этого приёма, но с применением современных технологий. Что изменилось? Изменилась лишь технология «подачи».

Существуют некоторые ограничения в применении видео-мэппинга. Используя не просто световые и цветовые эффекты, а проецируя осмысленные изображения, мы сталкиваемся с тем, что иллюзия объёма, и движения воспринимаются лишь с определённой точки зрения. Также условия качественной видимости этих световых эффектов ограничены лишь тёмным временем суток или пространствами без естественного освещения.

Многие города мира идут на создание весьма затратной праздничной атмосферы, привлекающей туристов, используя ночные эффекты искусственного освещения. Создаётся особый жанр зрелищных представлений, в которых выделяются знаковые архитектурные объекты-памятники. Инду-

стрия досуга свидетельствует: финансовые поступления от ночного туризма иногда превышают доход от промышленного производства [6, с.3].

При этом с помощью световых проекций возможно изменение пластики фасада зданий и создание действительно живых и эффектных декораций. Имея в своём арсенале подобные технологии, современные архитекторы могут браться за воплощение своих самых смелых фантазий.

Медиафасады со встроенными в архитектурный облик здания экранами огромных размеров получили широчайшее применение в современных постройках. Здесь свет как искусство кино создаёт уникальный и запоминающийся образ в архитектурном пространстве города. Поверхности медиаэкранов несут в себе, помимо зрелищности, информационные и коммуникационные составляющие. Пульсирующая графика, движущиеся изображения создают иллюзию живого организма, ориентира в городском пространстве в любое время дня и ночи. Самые эффективные – дисплеи со светодиодными источниками света, делающие медиафасад читаемым при солнечном свете. По-

верхность здания используется как область отображения и свечения. Последнее идёт с внешней стороны поверхности здания или с внутренней, закрытой прозрачными конструкциями, которые и составляют экран.

Интересен тот факт, что в создании образа медиафасада может участвовать любой желающий. Существуют сайты, где программируются динамичные изображения или прикрепляются видеоролики, которые, пройдя цензуру, транслируются на медиафасаде [7]. В определённые дни демонстрируются лучшие работы, и такие показы собирают массы горожан и туристов (рис. 4). Такие технологии позволяют не только влиять на городскую среду, но и служат новой формой коммуникации между людьми и пространством города [8].

Прародитель медиатеchnологий – волшебный фонарь, изобретённый голландским учёным Христианом Гюйгенсом (1629–1695). Это устройство поначалу было всего лишь оптической игрушкой бродячих артистов, пугающих народ призраками, вдруг появляющимися в клубах дыма или на прозрачной плоскости экрана [9] (рис. 5). Подобные игры со све-



Рис. 4. Медиафасад здания в центре Мадрида

том и техническими изобретениями привели в конце концов к изобретению кинематографа. А кино есть воплощение философии оптической иллюзии реальности. «... поверхность живописного холста или киноэкрана, которые, будучи двумерными плоскостями, могут открываться на иллюзорную глубину. Это мембраны, прячущие за собой несуществующий объём» [10, с. 118 и 124].

Шоу с показом неподвижных, а позже и анимированных слайдов в сопровождении текстов разной тематики производило сильнейшее впечатление на зрителей. Демонстрация световых проекций большому скоплению людей стала искусством и завораживала зрителей иллюзиями света и движения. Таким образом, посредством нехитрого оборудования люди научились моделировать виртуальные миры, где волшебный фонарь позволял входить внутрь иллюзии, проникать вглубь виртуального мира. Вот как пишет теоретик искусства и культуры Михаил Ямпольский про способность погружения зрителя

в виртуальный мир кино: «Если воспользоваться принятым в лингвистике определением, **означающие** кинематографического пространства «прозрачны», они мгновенно пропускают зрителя к предметам и телам, расположенным в этом пространстве» [10, С.126].

Голография позволяет получать объёмные изображения предметов. Одно из её достоинств – иллюзия трёхмерности с возможностью осмотра объекта с разных сторон. Появление настоящих объёмных голографических изображений стало возможным с появлением лазера. «Когда мы смотрим на подсвеченное плоское голографическое изображение, несущее в себе информацию о тенях, различиях в углах положения деталей для правого и левого глаза, мы ощущаем его глубину. То есть информация об объекте для мозга превращается как бы в сам объект» [11].

Голография в архитектуре всё же – технология будущего. Сейчас ведутся разработки в этой области и поиски путей их внедрения. Активно

применяются лишь отделочные материалы с эффектом голографии. Соответствующие пластины, например, будут использованы в отделке многофункционального комплекса во Франции (рис. 6). Падающий свет будет отражаться от обработанной металлической поверхности, в результате чего металл приобретёт динамические свойства. Этот эффект будет проявляться при движении человека, изменении интенсивности освещения или расположения источника света.

Если говорить о внедрении голографии в архитектурные объекты не на уровне отделочных материалов, а именно как технологии, то реализованных проектов пока нет. Существуют проектные предложения и идеи, реализация которых пока невозможна по разным причинам – несовершенство технологий, дороговизна, экономический кризис.

Архитектурная мастерская Асадова предлагает на время подготовительных работ по строительству парка в Зарядье в Москве создать там виртуальный музей архитектуры – экс-

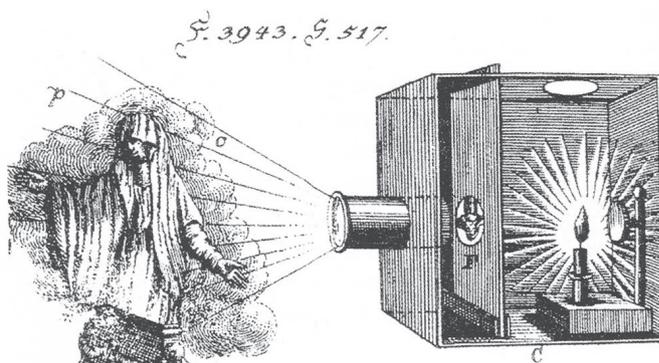
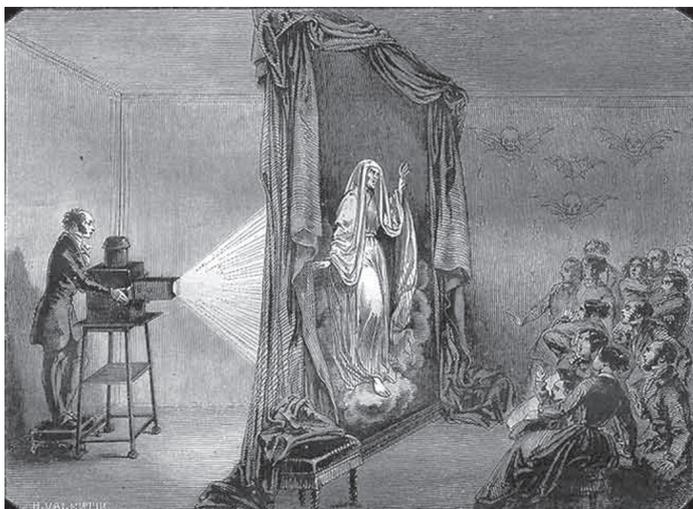


Рис. 5. Примеры работы волшебного фонаря. Проекция света на дым и прозрачный экран



Рис. 6. Комплекс в районе Сен-Рош в Монпелье, Франция (проект). Арх. Мануэль Готран

понировать в виде лазерной голографической проекции разные шедевры русского авангарда. Как считает сам Андрей Асадов, «можно было бы составить расписание и каждый вечер показывать один из шедевров золотой коллекции российской архитектуры, сменяя их раз в неделю; так, прямо у стен Кремля будет вырастать невероятное футуристическое зрелище, привлекающее туристов и одновременно популяризирующее наследие русской культуры» [12]. Ещё одной областью применения голографии можно считать презентацию проектных предложений моделей архитектурных сооружений в натуральную величину в условиях реальной среды.

Использование цифровых и светодинамических технологий в качестве выразительных средств архитектуры становится неотъемлемой частью зданий крупных мегаполисов. В связи с этим есть опасение перенасыщения и агрессивного воздействия цвето- и видеодинамичной архитектурной среды на человека, и без того окружённого шумом, хаосом, избытком окружающей его аудио- и видеоинформации.

Современные технологии позволяют создавать в архитектуре иллюзорные статичные и динамичные образы, основными характеристиками которых является временность, многовариантность и зрелищность. Если раньше строили на века, то сегодня образ здания проектируется на минуты. Бездумная и повсеместная интеграция компьютерных свето- и видеотехнологий в архитектурное пространство рискует превратить город в гигантский парк развлечений, но никак не комфортную среду для жизни человека.

Несмотря на все опасения невозможно отрицать воздействия цифровых технологий на архитектуру и архитектурную среду в целом и уповать на экономический спад и отсутствие денег на подобные дорогостоящие проекты. Архитектура как искусство – это не просто украшение и развлечение, каковой она становится сегодня, но и ответственность за человека, пребывающего в ней большую часть своей жизни. Поэтому необходимо серьезно изучать не только инструменты и их возможности, но и сам феномен виртуальности в архитектурной среде, а также его воздействие на человека. Силами одних только архитекторов здесь не обойтись. Необходима коллективная работа в этом направлении архитекторов, светотехников, психологов, физиологов, социологов, медиков, специалистов по информационным технологиям и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пидоу Д. Геометрия и искусство. – М.: Мир, 1979. – 332 с³.
2. Демидов В. Как мы видим то, что видим. – М.: Знание, 1987. – 240 с
3. Hersey G.L. Architecture and Geometry in the Age of the Baroque. – Chicago: The University of Chicago Press, 2003. – 280 p.
4. Савельева Л.В. Оптические иллюзии в организации архитектурного пространства. Эпоха Ренессанса и барокко / Международный электронный научно-образовательный журнал «АМИТ». URL: <http://marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/savelieva/abstract.php> (дата обращения: 17.04.2014).
5. Савельева Л.В. Видеоиллюзии как средство организации зрелищного архитектурного пространства / Международный электронный научно-образователь-

ный журнал «АМИТ». – URL: <http://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/savelieva/abstract.php> (дата обращения: 17.04.2014).

6. Червяков М.М. Тектонический образ архитектурного объекта в условиях искусственного освещения / Автореф. дис... к-та archit. – М.: МАрХИ (ГА), 2012. – 23 с.

7. Programa La Plaza 2014 Pixel Solace. URL: <http://programalaplaza.medialab-prado.es/> (дата обращения: 17.04.2014).

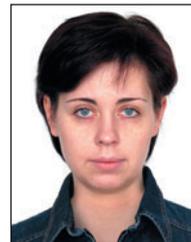
8. Medialab-prado. URL: <http://medialab-prado.es/?lang=en%E2%80%8E> (дата обращения: 17.04.2014).

9. Timeline of Greatest Film. Milestones and Turning Points in Film History [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.filmsite.org/milestonespre1900s.html> (дата обращения: 17.04.2014).

10. Ямпольский М. О близком (Очерки немиметического зрения). – М.: Новое литературное обозрение, 2001. – 240 с.

11. Ранкс К. Голографическая Вселенная: возможно, все проще, чем кажется. URL: <http://slon.ru/biz/1038891/> (дата обращения: 17.04.2014).

12. Голограмма Наркомтяжпрома в Зарядье. URL: <http://gorod.afisha.ru/archive/novaya-zhizn-gorodov-vidi/> (дата обращения: 17.04.2014).



Савельева Лариса Владимировна, архитектор. Окончила в 1998 г. Пензенскую государственную архитектурно-строительную академию. Старший

преподаватель Учебного центра видеокomпьютерного проектирования (УЦ ВИКОМП) при МАрХИ (государственной академии). Соискатель кафедры «Основы архитектурного проектирования» МАрХИ (государственной академии)

³ Глава 5 «Оптика» Евклида.

Основные аспекты определения фотобиологической безопасности

Ц. ЛИ, Ц. ПАНЬ¹, Ц. ЧЭНЬ

Институт оптоэлектроники компании EVERFINE, Ханчжоу, КНР

Аннотация

Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем привлекает большое внимание. Постоянно жалобы на слишком большую сложность и неоднозначность условий проведения оценок и методов измерений, затрудняющие их практическое применение в заводских лабораториях. Для упрощения методов измерений были исследованы уровни фотобиологической опасности излучения некоторых типичных категорий ламп и нагревательных источников излучения общего назначения. Применительно к разным категориям источников излучения обсуждаются методические и инструментальные вопросы соответствующих радиометрических измерений.

Ключевые слова: измерение, фотобиологическая опасность, неопределённость измерений, предельный уровень излучения.

1. Введение

В последнее время большое внимание привлекает фотобиологическая безопасность ламп. Был опубликован целый ряд стандартов и технических отчётов [1–3]. Однако постоянно поступают жалобы на слишком большую сложность и неоднозначность условий проведения соответствующих оценок и методов измерений, затрудняющие их практическое применение в заводских лабораториях.

В данной статье приведены заимствованные из опубликованных материалов опасные уровни излучения нескольких видов ламп общего назначения (ЛОН) и нагревательных источников излучения общего назначе-

ния (НОН). Применительно к разным видам источников излучения обсуждаются методы измерений и необходимое измерительное оборудование. Для источников, уровни излучения которых могут превышать предельные для группы без рисков (группа $RG0$), неопределённость измерений не позволяет определять группу риска, если уровни излучения этих источников очень близки к соответствующим предельным уровням. Для обеспечения уверенности в том, что источник с большой вероятностью ($> 95\%$) относится к $RG0$, были предложены безопасные уровни излучения, оцениваемые по взвешенным для рассматриваемой опасности значениям облучённости или энергетической яркости и учитывающие типичные возможности испытательных лабораторий. Для источников, уровни излучения которых намного ниже предельных для $RG0$, методом оценки соответствия [4] была определена допустимая неопределённость измерений (ДНИ). Используя расчётные уровни опасности излучения и ДНИ,

можно упростить как методику проведения оценок, так и необходимое оборудование. При этом в статье обсуждается измерительное оборудование для определения степени опасности ЛОН и НОН. Из-за отсутствия эталонов спектральной облучённости, которые могли бы использоваться национальными метрологическими институтами всего мира, были особо рассмотрены условия оценки опасности и методы измерений в диапазоне длин волн 2500–3000 нм. В статье предложен метод, основанный на использовании излучения чёрного тела, и сделана попытка увеличить число факторов для обеспечения должной оценки условий и методов измерений при классификации фотобиологической безопасности ламп и ламповых систем.

2. Уровни опасности излучения и ДНИ для типичных ЛОН и НОН

Величины, используемые для оценки уровней опасности излучения, такие как эффективная облучённость и энергетическая яркость, взвешенные применительно к рассматриваемой опасности, были смоделированы для нескольких типичных типов ЛОН и НОН с разными относительными спектральными распределениями энергии излучения, включая СД белого света (БСД), галогенные и обычные лампы накаливания, разрядные

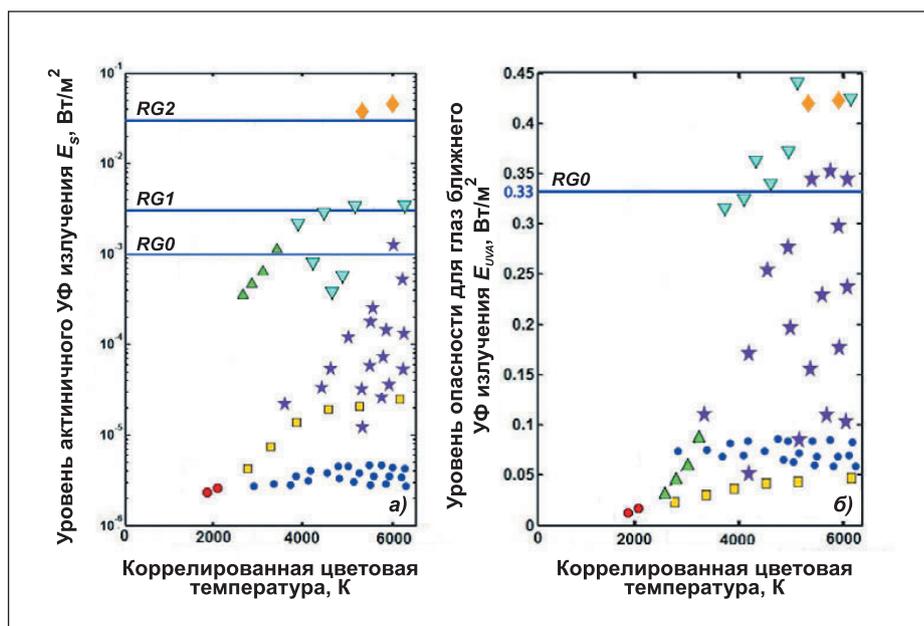


Рис. 1. Распределение уровней опасности излучения ЛОН и НОН применительно к опасности для глаз (а) активного УФ излучения и (б) ближнего УФ излучения

¹ E-mail: everfine@everfine.net.

По материалам доклада на конференции МКО «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.2014, Куала-Лумпур, Малайзия.

Перевод с англ. Е.И. Розовского

Символы, используемые для обозначения ламп общего назначения (ЛОН) и нагревательных источников излучения общего назначения (НОИ)

Категория	Символ	Источник света
Светодиоды	●	Светодиод белого света (БСД)
Лампы накаливания	▲	Галогенные и обычные лампы накаливания (ЛН)
Разрядные лампы	▼	Ртутные лампы высокого давления (РтЛВД)
	●	Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)
	★	Металлогалогенные лампы (МГЛ)
	■	Люминесцентные лампы (ЛЛ)
	◆	Ксеноновые лампы
Нагревательные источники излучения общего назначения	—■—	Нагревательные источники излучения общего назначения, такие как кварцевые трубчатые нагреватели

лампы и НОИ. В дальнейшем каждый из рассматривавшихся источников света обозначается особым символом (табл. 1).

Относительный спектр излучения БСД моделировался узким гауссовским распределением с максимумом на длине волны 450 нм и широким гауссовским распределением излучения люминофора с максимумом в районе 570 нм. Галогенные и обычные лампы накаливания (ЛН) могут приближённо считаться серыми телами, относительные спектральные распределения излучения которых описываются уравнением Планка. Что касается разрядных ламп (РЛ), включая как ртутные (РтЛВД) и натриевые (НЛВД) лампы ВД, так и металлогалогенные (МГЛ) и люминесцентные (ЛЛ) лампы, то для них характерные относительные спектры излучения измерялись при помощи спектро радиометра, а теоретические эти спектры моделировались посредством характерных пиков излучения газового или парового наполнения ламп.

2.1. Уровни опасности излучения ЛОН и НОИ для разных типов опасности

2.1.1. Уровни опасности для глаз актиничного УФ и ближнего УФ (УФ-А) излучений

Уровни опасности для глаз актиничного УФ (E_s) и ближнего УФ (УФ-

А) (E_{UVA}) излучения рассматриваемых источников света, которые приведены на рис. 1, были рассчитаны по уравнениям

$$E_s = \sum_{200}^{400} E(\lambda) S_{UV}(\lambda) \Delta\lambda,$$

$$E_{UVA} = \sum_{200}^{400} E(\lambda) \Delta\lambda,$$

где $E(\lambda)$ – спектральная облучённость, $S_{UV}(\lambda)$ – спектральная весовая функция для УФ опасности.

У применяемых для общего освещения ЛЛ УФ излучение с длинами волн менее 300 нм генерируется парами ртути, обеспечивающими возбуждение люминофора, излучающего видимый свет. Поэтому УФ излучение ЛЛ имеет низкий уровень опасности. Согласно рис. 1, а, излучение НЛВД и ЛЛ имеет низкий уровень опасности, намного меньший предельного для $RG0$ уровня, тогда как уровни опасности излучения ЛН, РтЛВД и МГЛ приближаются к последнему. В случаях РтЛВД и НЛВД на оценку уровня излучения сильно влияет поглощение УФ излучения стеклянной колбой. Ксеноновые лампы имеют сильное УФ излучение, поэтому уровень их излучения превышает предельный уровень для группы риска 2 ($RG2$).

Что касается опасности ближнего УФ излучения, то особое внимание следует уделять МГЛ и РтЛВД, так как уровни их излучения могут превышать предельный для группы $RG0$. Как видно из рис. 1, б, ближнее УФ излучение НЛВД, ЛЛ и ЛН для глаз не очень опасно.

2.1.2. Уровни опасности синего света

Так как опасность синего света – одна из основных проблем БСД, то проводятся измерения тысяч разносектральных БСД с меняющимися положением, интенсивностью и шириной обоих пиков излучения, так что координаты цветности этих излучателей покрывают большую часть белой области на цветовом графике.

Уровни опасности излучения оцениваются на расстоянии, на котором источник света создаёт освещённость 500 лк, но не меньшем, чем 200 мм [1]. Если угловой размер α источника света превышает входную угловую апертуру приёмника γ_s , то применительно к опасности синего света уровни опасности излучения следует оценивать по энергетической яркости. Так как освещённость зафиксирована на уровне 500 лк, то измеряемая энергетическая яркость зависит от размеров источника света. Для доведения измеряемой энергетической яркости до максимума размер источника света устанавливается таким, чтобы его

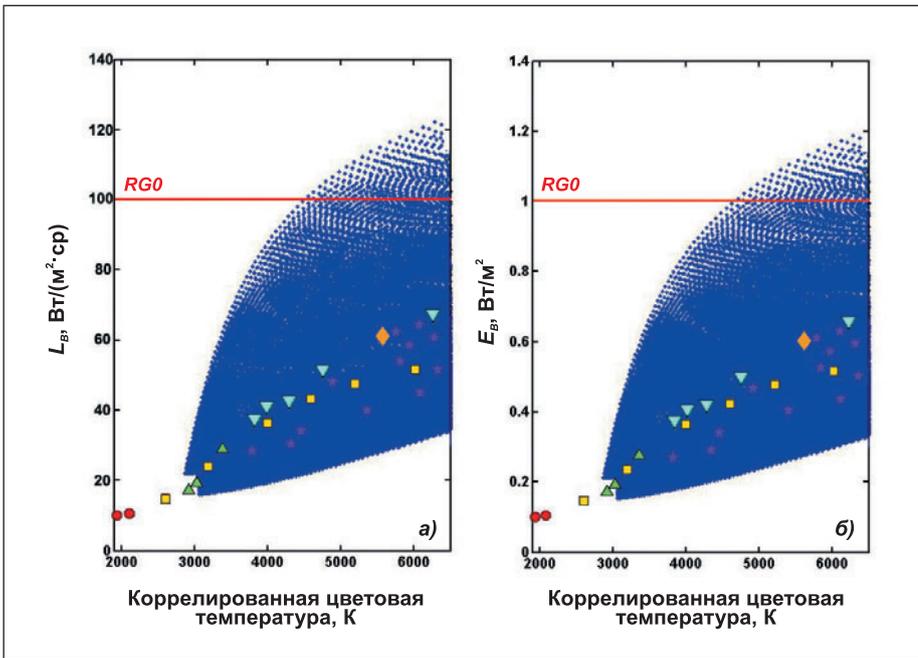


Рис. 2. Уровни опасности синего света для типичных источников света, оцененные по взвешенной энергетической яркости L_B (а) и взвешенной облучённости E_B (б)

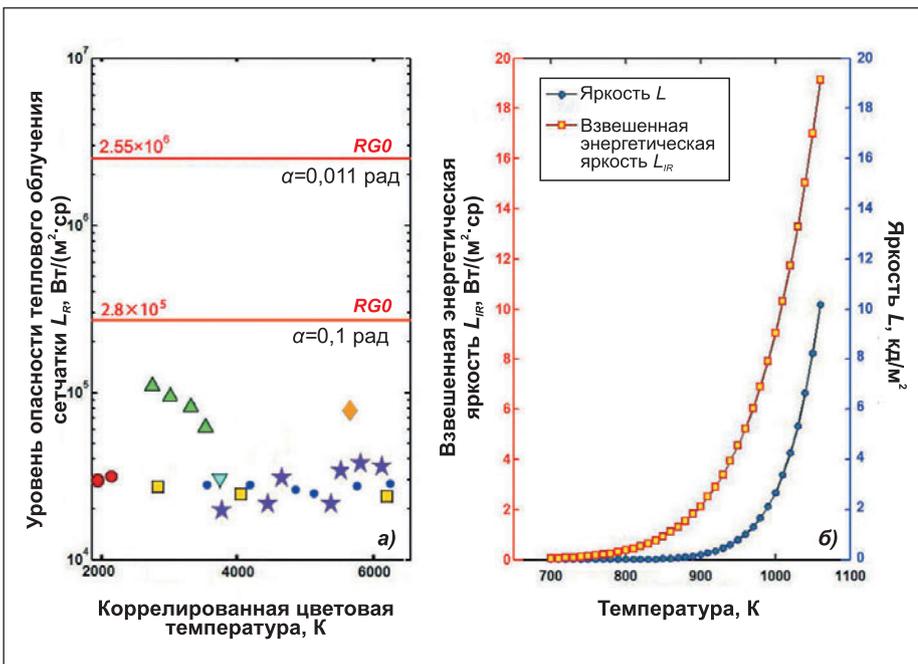


Рис. 3. Уровни опасности теплового облучения сетчатки для ЛОН (а) и в случае слабых визуальных стимулов (для НОН) (б)

угловой размер был равен угловой апертуре приёмника. При этом измеряемое среднее значение энергетической яркости достигает максимума, равного E/Ω , где E – полная облучённость на расстоянии проведения измерений, а Ω – угловая апертура приёмника. На рис. 2, а приведены уровни опасности синего света для типичных источников света с коррелированной цветовой температурой ($T_{ц}$) не выше 6500 К, оцениваемые эффективной

энергетической яркостью, взвешенной с помощью весовой функции для опасности синего света:

$$L_B = \sum_{300}^{700} L(\lambda)B(\lambda)\Delta\lambda,$$

где $L(\lambda)$ – спектральная энергетическая яркость, усреднённая по угловой апертуре приёмника, $B(\lambda)$ – спектральная весовая функция для опасности

синего света. Распределению уровней излучения БСД на рис. 2 соответствует синяя область, которая расширяется по мере возрастания $T_{ц}$. Если $T_{ц}$ превышает 4500 К, уровень излучения может достигать предельного для $RG0$ или превышать его. Для миниатюрных источников света, которым соответствует рис. 2, б, уровень опасности синего света оценивается по облучённости, взвешенной с помощью весовой функции для опасности синего света:

$$E_B = \sum_{300}^{700} E(\lambda)B(\lambda)\Delta\lambda,$$

где $E(\lambda)$ – спектральная облучённость, определённая при угловой апертуре, как минимум совпадающей с α . Если $T_{ц}$ превышает 4400 К, уровень излучения может достигать предельного для $RG0$ или превышать его. В отличие от БСД, уровни излучения всех остальных ЛОН с $T_{ц}$, меньшими 6500 К, не превышают предела по опасности синего света для $RG0$.

2.1.3. Уровни опасного теплового облучения сетчатки в общем случае и в случае слабых зрительных стимулов

Опасность теплового облучения сетчатки в общем случае и в случае слабых зрительных стимулов оценивается по эффективным энергетическим яркостям L_R и L_{IR} соответственно:

$$L_R = \sum_{300}^{1400} L(\lambda)R(\lambda)\Delta\lambda,$$

$$L_{IR} = \sum_{780}^{1400} L(\lambda)R(\lambda)\Delta\lambda.$$

Уровни опасности теплового облучения сетчатки в общем случае и в случае слабых зрительных стимулов обратно пропорциональны α [1], минимальное значение которого равно 0,011 рад, а максимальное не превышает 0,1 рад. Наименьшая и наибольшая опасности облучения рассчитываются с использованием этих предельных значений α , и на рис. 3 им соответствуют красные линии. Так как создаваемая источником света освещённость зафиксирована на уровне

500 лк, то для определения наибольшего уровня опасности излучения источника света спектральная энергетическая яркость $L(\lambda)$ рассчитывается применительно к источнику света с минимальным α .

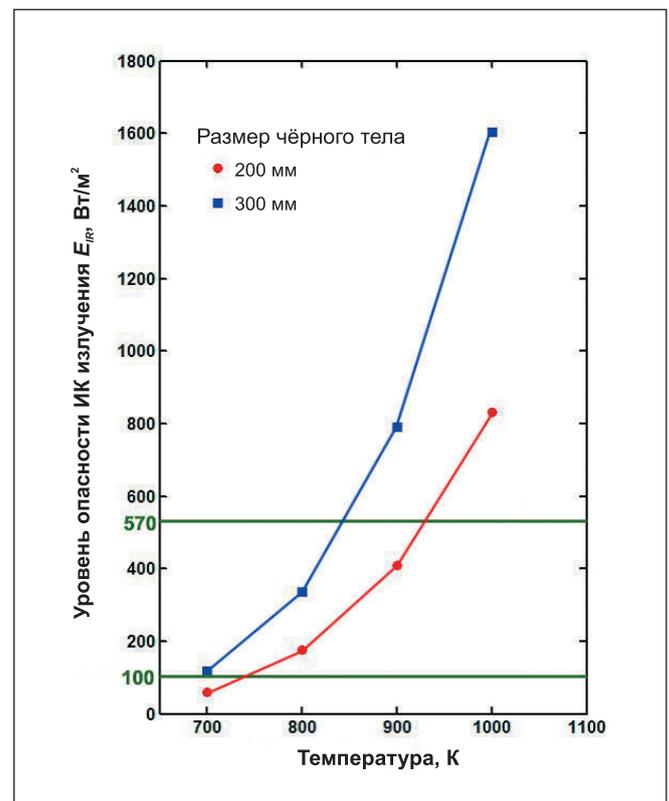
На рис. 4, а приведены максимальные уровни опасности теплового облучения сетчатки для рассмотренных типичных источников света. Все рассмотренные источники света имеют низкие уровни опасности излучения, на порядок меньшие соответствующих предельных.

В категорию слабых зрительных стимулов попадают только те лампы, которые излучают в ИК области спектра (780–1400 нм) и у которых максимальная яркость, усреднённая в пределах кольцевого поля зрения с углом 0,011 рад, не превышает 10 кд/м². Из рассмотренных источников излучения столь низкую яркость имеет только чёрное тело с температурой менее 1060 К. Зависимости яркости L и взвешенной энергетической яркости L_{IR} от температуры приведены на рис. 3, б. При температуре чёрного тела 1059 К его яркость равна 10 кд/м², а эффективная (взвешенная) энергетическая яркость – всего 19,043 Вт/(м²·ср). Нижний предел опасности слабого зрительного стимула, рассчитанный для максимального значения α , равен $6 \cdot 10^4$ Вт/м². Даже если говорить о нижнем пределе опасности, то расчётные уровни опасности теплового облучения сетчатки в общем случае и в случае слабых зрительных стимулов для всех рассмотренных при моделировании ЛОН лежат намного ниже предельного уровня для $RG0$, а это значит, что оценка опасности теплового облучения сетчатки в обоих этих случаях не выдвигает специальных требований к оборудованию с ЛОН, T_u которых не превышает 6500 К, и НОН.

2.1.4. Уровни опасности для глаз ИК излучения

Опасность для глаз ИК излучения связана, главным образом, с НОН, которые можно моделировать посредством чёрного тела с низкой температурой. Энергетическая яркость чёрного тела только температурозависима, поэтому полная спектральная облучённость, используемая для оценки воздействия на глаз ИК излучения, зависит от размеров чёрного тела.

Рис. 4. Уровни опасности для глаз ИК излучения низкотемпературного чёрного тела, имеющего форму квадрата со стороной 200 или 300 мм



На рис. 4 приведены уровни опасности для глаз ИК излучения, смоделированные с использованием квадратного чёрного тела со стороной в 200 или 300 мм, температура которого меняется от 700 до 1000 К. Уровень опасности излучения чёрного тела весьма температурозависим, так как его поток излучения пропорционален четвёртой степени температуры. При изменении размера и температуры чёрного тела уровень опасности его излучения может превышать пределы опасности для групп $RG0$ и $RG1$.

2.2. Допустимая неопределённость измерений ЛОН для всех видов опасности

Исходя из уровней опасности излучения ЛОН и НОН, мы пришли к выводу, что тщательной оценке должны подлежать следующие виды опасности: опасность актиночного УФ излучения – для ЛН, РтЛВД и ксеноновых ламп; опасность ближнего УФ излучения – для МГЛ и РтЛВД; опасность синего света – для БСД с T_u более 4000 К; опасность для глаз ИК излучения – для НОН.

В случае тех источников света, уровень излучения которых не превышает предельного для $RG0$, ДНИ для каждой из опасностей рассчитываются

посредством оценки соответствия, основанной на расстоянии между наивысшими уровнями опасности и соответствующими пределами опасности, причём расширенная неопределённость (*guarded band*) принимается равной удвоенной стандартной неопределённости u . Если принять, что измеренный уровень опасности распределён по нормальному закону относительно расчётного среднего значения, то плотность распределения вероятности описывается гауссовской функцией. Если u не превышает половины расстояния между уровнем опасности и пределом опасности излучения, то группа риска может быть определена с вероятностью соответствия 95%, которая и рассматривается в качестве ДНИ.

Значения ДНИ для разных источников света и видов опасности приведены в табл. 2, в которой символ «х» означает, что для рассматриваемого источника света соответствующую опасность можно не учитывать. Большее 100% значение ДНИ означает, что уровень соответствующей опасности находится гораздо ниже предельного для $RG0$, так что к оборудованию не предъявляется никаких связанных с этой опасностью особых требований. Символ «-» означает, что для соответствующих опасностей

Допустимая неопределённость измерений (ДНИ) для разных источников света и видов опасности

Источник света		ДНИ для разных видов опасности ($k = 2$), %					
		Активное УФ излучение	Ближнее УФ излучение	Синий свет	Нагрев сетчатки	Слабый зрительный стимул	ИК излучение
СД	●	>100	>100	16 ($T_c < 4000 \text{ K}$)	>100	x	>100
Лампы накаливания	▲	-	>100	>100	>100	x	>100
Разрядные лампы	▼	-	-	33	>100	x	>100
	●	>100	>100	>100	>100	x	>100
	★	-	-	53	>100	x	>100
	■	>100	>100	80	>100	x	>100
	◆	25	22	67	>100	x	>100
Нагревательные источники излучения общего назначения	—■—	>100	>100	>100	>100	>100	-

Таблица 3

Типичные неопределённости измерений и безопасные уровни излучения

	Активное УФ излучение	Ближнее УФ излучение	Синий свет		ИК излучение
			L_B	E_B	
Спектральный диапазон, нм	200–400	315–400	300–700		780–3000
Измеряемая величина	E_S	E_{UV}	L_B	E_B	E_{IR}
Типичная неопределённость ($k = 2$), %	2,60	1,92	1,50	1,38	2,24
Безопасный уровень излучения (L , Вт/ (м ² ·ср); E , Вт/м ²)	$9,74 \cdot 10^{-4}$	0,324	98,50	0,986	97,76

ЛОН или НОН ДНИ отсутствуют, так как уровень излучения может быть очень близким к предельному для $RG0$. В этом случае уровни излучения следует оценивать очень тщательно. Безопасные уровни излучения вводятся с учётом неопределённости измерений, осуществляемых типичными измерительными приборами, и метода оценки соответствия для высокоточных оценок. ЛОН и НОН, уровни опасности излучения которых лежат ниже соответствующих безопасных пределов, приписываются к группе без рисков ($RG0$) с высокой достоверностью (>95%).

В табл. 3 приведены типичные неопределённости измерений и расчётные безопасные уровни излучения, полученные с использованием взвешенных применительно к разным видам опасности значений облучён-

ности или энергетической яркости. Типичные неопределённости оценивались с помощью измерительной системы, калиброванной с использованием образцовой светоизмерительной лампы спектральной облучённости, «прослеживаемой» до Национального института стандартов и технологий США ($NIST$).

3. Требования к оборудованию и его калибровка

Согласно представленным в предыдущем разделе результатам расчётов уровней излучения, некоторые из относящихся к конкретным опасностям уровней излучения рассматривавшихся ЛОН и НОН намного меньше соответствующих пределов (например, опасность теплового облучения сетчатки в случаях всех ЛОН или опас-

ность УФ излучения в случае БСД). Однако в случаях ЛОН и НОН, уровни излучения которых могут располагаться очень близко к соответствующим пределам, что помечено в табл. 2 символом «x», определение того, к какой группе риска относится рассматриваемый источник света, требует очень точной оценки уровня излучения этого источника.

3.1. Влияние рассеянного света

Для определения влияния рассеянного света на оценку фотобиологической безопасности, мы добавили рассеянный свет в относительные спектры излучения источников света, после чего рассчитали уровни всех видов опасности. Рассеянный свет имитировался путём добавления небольшого фонового излучения (спек-

Изменения уровней излучения, вызванные сдвигом длины волны на 0,5 нм, %

Источник света	Активное УФ излучение	Ближнее УФ излучение	Синий свет	Нагрев сетчатки	ИК излучение
СД	2,8	1,4	0,8	0,01	0,9
ЛН	3,7	0,7	0,3	0,1	0,3
ЛЛ	9,4	3,6	0,3	0,4	0,8
НЛВД	7,8	0,6	0,01	0,6	0,9
МГЛ	14,8	1,6	0,07	0,04	0,1
РтЛВД	11,7	1,2	0,5	0,3	0,4

тра) в относительный спектр излучения источника. Соответствующая степень изменения уровня излучения рассчитывалась как

$$R = \frac{\sum Q_{stray}(\lambda)W(\lambda)\Delta\lambda}{\sum Q(\lambda)W(\lambda)\Delta\lambda},$$

где $Q(\lambda)$ – измеряемая спектральная величина (энергетическая яркость источника света или облучённость от него), $Q_{stray}(\lambda)$ – соответствующая интенсивность рассеянного света, а $W(\lambda)$ – спектральная весовая функция для рассматриваемой опасности.

Оценка опасности актиночного УФ излучения выдвигает строгие требования к исключению рассеянного света, что связано с низким значением предельного уровня излучения для этой опасности (0,001 Вт/м²). Добавление 0,01% рассеянного света увеличивает уровень опасности актиночного УФ излучения более чем на 10%, что существенно сказывается на определении группы риска. Что касается видимого и ИК излучений, то вызванное добавлением 0,1% рассеянного света изменение уровней их излучения не превышает 0,6% для всех рассматривавшихся ЛОН.

3.2. Влияние точности волновой настройки

Точность волновой настройки приборов, используемых для определения относительного спектра излучения источника света, существенно влияет на результаты расчётов эффективной полной спектральной облучённости при определении уровня опасности актиночного УФ излучения из-за чрезвычайно крутого хода весовой функции $S_{UV}(\lambda)$. Влияние точности

волновой настройки на результаты измерений фотобиологической опасности исследуется посредством смещения относительного спектра излучения источника света на 0,5 нм относительно исходного. В табл. 4 приведены относительные изменения уровней излучения для всех видов опасности при сдвиге длин волн. Сдвиг на 0,5 нм может давать более чем 10%-ное изменение уровня опасности актиночного УФ излучения, так что точность волновой настройки играет важную роль при измерениях в УФ области спектра (рекомендуемая точность составляет 0,1 нм).

Для других опасностей, связанных с видимым и ИК излучениями, максимальная степень изменения предельных уровней излучения, обусловленная смещением длины волны на 0,5 нм, не превышает 1,0%. Результаты расчётов говорят о том, что на оценку опасности актиночного УФ излучения сильное влияние оказывают рассеянный свет и точность волновой настройки, что связано с низким пределом безопасности этого излучения и большой крутизной весовой функции $S_{UV}(\lambda)$. Для уменьшения влияния рассеянного света и точности волновой настрой-

ки следует использовать спектро-радиометры с двойным монохроматором или высокоточные матричные спектрометры. При проведении большинства прочих измерений для обеспечения достоверности результатов оценок достаточно спектро-радиометров с одинарным монохроматором или матричных спектро-радиометров. Так как БСД не излучают ни в УФ, ни в ИК областях спектра, то для оценки их фотобиологической безопасности как раз достаточны два эти типа спектро-радиометров.

Для приведённых в табл. 2 источников света, у которых ДНИ, соответствующая рассматриваемой опасности, превышает 100%, оценка степени опасности ламп и ламповых систем не вызовет никаких затруднений. Измерения можно очень сильно упростить. Для подобных оценок достаточно обычного матричного спектро-радиометра удовлетворительной точности.

3.3. Калибровка приёмника в диапазоне длин волн 2500–3000 нм

Услуги по калибровке в спектральном диапазоне 200–2500 нм обыч-

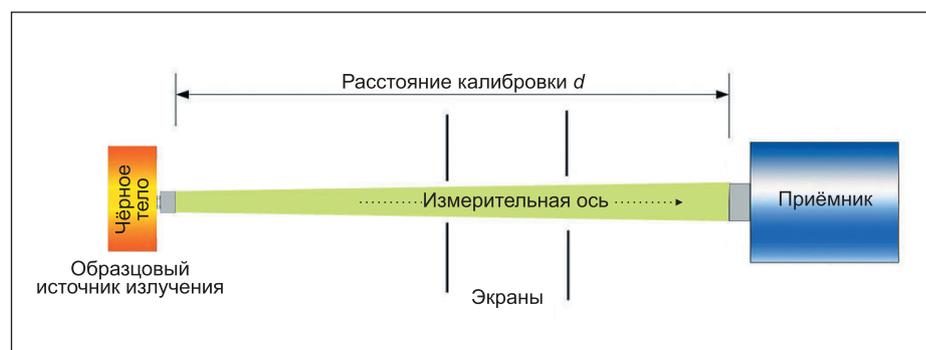


Рис. 5. Схематическое изображение калибровочной установки

но предоставляются национальными метрологическими институтами. В диапазоне 2500–3000 нм калибровка приёмника затруднена в связи с отсутствием эталонов спектральной облучённости, которые могли бы использоваться национальными метрологическими институтами всего мира. Здесь предлагается воспользоваться методом калибровки приёмника в спектральном диапазоне 2500–3000 нм, основанным на излучении чёрного тела. Как видно из рис. 5, чёрное тело при этом используется как образцовый источник излучения.

4. Заключение

Рассчитаны уровни опасности излучения нескольких типичных ЛОН и НОН и рассмотрена ДНИ. Результаты моделирования говорят о том, что следует с высокой точностью оценивать следующие виды опасности:

опасности актиничного и ближнего УФ излучений – для ЛН, РтЛВД и МГЛ²; опасности синего света – для БСД с T_{eff} выше 4000 К; опасности для глаз ИК излучения – для НОН. Безопасные уровни излучения для этих видов опасности предложены в соответствии с типичными возможностями измерительного оборудования. На основе оценок соответствия были определены ДНИ для уровней излучения, не превышающих соответствующие пределы.

На основе результатов расчётов уровней излучения и ДНИ было исследовано влияние рассеянного света и точности волновой настройки. Из-за низкого предела безопасности актиничного УФ излучения и большой крутизны соответствующей весовой функции, при оценке этого вида

² Ранее в эту категорию авторы включали и ксеноновые лампы. – Прим. пер.

опасности требуется максимально снижать количество рассеянного света и обеспечивать высокую точность волновой настройки, для чего предлагается использовать спектрорадиометры с двойным монохроматором или высокоточные матричные спектрометры. Для опасностей с большими значениями ДНИ измерения можно существенно упрощать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 62471/CIE S009 «Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems». – Geneva: IEC.
2. IEC/TR 62778 «Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaries». – Geneva: IEC.
3. ANSI/IESNA RP-27.2–00 «Photobiological Safety for lamps and lamp systems-measurement systems». – New York: IESNA.
4. JCGM 106 «Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment».



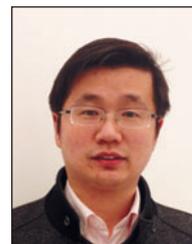
Ли Цянь (Чири) (Qian (Cheery) Li), научный сотрудник испытательной лаборатории Технического центра полупроводникового освещения провинции Чжэцзян и заместитель директора Института

оптоэлектроники корпорации EVERFINE. Член подкомитета фото- и радиометрии Управления стандартизации КНР



Пань Цзяньгень (Jiangeng Pan), инженер, профессор. Председатель правления корпорации EVERFINE. Председатель технического комитета TC2-74

(«Гониоспектрометрия источников оптического излучения») МКО, заместитель председателя и генеральный секретарь подкомитета фото- и радиометрии Управления стандартизации КНР, член Группы генеральных экспертов Национальной программы по полупроводниковому освещению. Автор свыше 80 патентов и 50 статей



Чэнь Цун (Cong Chen), доктор наук. Директор Центра испытаний и калибровки корпорации EVERFINE

GALAD «Урбан LED»: «зелёные» технологии из России

Разработанный испанским КБ *BL Group Europe GmbH* в конце лета 2014 г. светильник для освещения улиц и дорог *GALAD «Урбан LED»*, создан в соответствии с наиболее передовыми представлени-



ям об экологически дружелюбной среде: полное отсутствие герметика и других клейких адгезивов позволяет быстро и без применения инструментов разобрать изделие на детали для удобства утилизации. В качестве источника света используют светодиоды (светодиодный модуль) последнего поколения, в которых, «по определению», нет ртути.

Светильник также легко обслуживаем: возможность быстро и лёгкого съёма и замены ПРА и светодиодного модуля позволяет не только обслуживать данные светильники без инструментов, но и значительно снижать эксплуатационные расходы.

Холдинг *BL Group*, крупнейший в России и один из крупнейших в Европе производитель светотехнического оборудования под брендом *GALAD*, од-

ним из первых в стране начал разрабатывать высокотехнологичные изделия со светодиодами. Разработка серии «Урбан LED» в Испании в соответствии с нормами ЕС – новый шаг отечественного светотехнического холдинга в этом направлении.

«Зелёные» технологии завоевывают всё большее признание в мире. И это не только дань моде, но один из способов решения общемировой экологической проблемы. И хотя данная серия в первую очередь «заточена» под продажу на зрелых рынках Западной Европы, Холдинг рассчитывает на то, что и среди российских потребителей найдутся желающие использовать изделия, отвечающие новейшим международным стандартам.

<http://galad.ru>
01.12.2014

Практика нормирования солнцезащитных устройств

В.И. РИМШИН, С.А. СЁМИН, А.В. СПИРИДОНОВ¹, И.Л. ШУБИН

Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), Институт жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (ИЖКК МГСУ), Москва

Аннотация

Показана важность применения солнцезащитных устройств (СЗУ) в зданиях различного назначения для создания комфортных условий в помещениях. Приведены выдержки из действующих российских нормативных документов, которые не могут обеспечить качественное проектирование СЗУ, а также дан перечень действующих европейских нормативов в этой области. Даны предложения по первоочередной разработке национальных стандартов по проектированию и применению СЗУ.

Ключевые слова: солнцезащитные устройства, комфортные условия в помещении, теплопоступления от солнечной радиации, национальная система стандартизации.

После принятия Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» в РФ активизировались исследования по энергосбережению и начали появляться энергоэффективные здания [1, 2]. Стали распространяться на российском строительном рынке и новые отечественные и зарубежные материалы, технологии и решения, обеспечивающие возможность значительной экономии энергии при эксплуатации зданий в холодный период года.

Однако, в отличие от большинства развитых стран, в которых уделяется значительное внимание максимальному использованию естественного света и защите помещений от перегрева в жаркий период года, в РФ (в отличие и от СССР) этой проблемой до последнего времени практически не занимались.

В то же время известно, что создание комфортных условий в помещениях летом за счёт использования

кондиционеров – достаточно затратное мероприятие. Стоимость «холода» в зданиях в несколько раз дороже стоимости «тепла». В подавляющем большинстве развитых, да и развивающихся стран нет ни одного проекта жилых, общественных, промышленных зданий, в которых бы не предусматривались специальные меры для защиты от перегрева помещений, а также для исключения зрительного дискомфорта при их облучении прямым солнечным светом.

Одним из наиболее распространённых способов обеспечения теплового и зрительного комфорта в помещениях является использование разнообразных СЗУ – как правило, наружных, обладающих лучшими теплотехническими характеристиками. В РФ же используются (в лучшем случае) внутренние жалюзи или солнцезащитное остекление, которые не обеспечивают всего спектра возможностей наружных грамотно спроектированных СЗУ.

В 1970–1980-х гг. в СССР велось много исследований и разра-

боток, связанных с защитой помещений от перегрева. В НИИСФ, ЦНИИПромзданий и зональных (Киев, Тбилиси, Ташкент) институтах экспериментального проектирования были разработаны как методы оценки и проектирования СЗУ, так и новые, очень эффективные на тот момент, способы солнцезащиты зданий [3].

Однако же разработки не были широко востребованы в практике строительства – за исключением немногочисленных зданий в Средней Азии и Закавказье в нашей стране практически не строились здания с использованием современных СЗУ.

Более того, в 1970–1980-х гг. было построено множество зданий со сплошным остеклением, один из примеров которых – здание ОАО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ», в Москве (рис. 1).

В подобных зданиях практически невозможно обеспечить тепловой и зрительный комфорт в помещениях ни зимой, ни летом – зимой холодно от «стеклянных» стен, летом невыносимо жарко от поступающей солнечной радиации. Здание ОАО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ» летом выглядело чрезвычайно «весело» – сотрудники завешивали окна ватманом, тряпками, металлизированной пленкой. Эта проблема была известна еще с середины прошлого века – по тем же причинам перестали строить знаменитые американские небоскребы [4]. До тех пор, пока не были разработаны современные системы климатизации зданий.

Рис.1. Здание ОАО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ»



¹ E-mail: spiridonov@aprok.org

Рис.2. Горизонтальные солнцезащитные устройства офисного здания



Рис. 3. Вертикальные солнцезащитные устройства общественного здания



Рис.4. Солнцезащитные устройства фонарей верхнего света

В то же время в ЕС и США проводились и проводятся многочисленные исследования, посвящённые как максимальному использованию естественного освещения, так и защите помещений от перегрева, вызываемого прямой солнечной радиацией, а также учёту поступлений от солнечной радиации в тепловом балансе зданий (см., напр., [5, 6]).

Было показано, что теплотехнически наиболее эффективны наружные СЗУ, которые помимо ограничения теплопоступлений от солнечной радиации могут быть отличным средством снижения теплопотерь из помещения. Эффективность СЗУ всех типов зависит от грамотного проектирования, учитывающего климатическую зону строительства, географические харак-

теристики, ход Солнца по небосводу в разные периоды года, ориентацию фасада здания, другие параметры.

Внутренние, межстекольные и наружные СЗУ могут применяться не только в южных, но и в центральных и даже северных регионах для исключения чрезмерных солнечных поступлений в помещения. Известно, что значительные территории РФ (например, Забайкалье) характеризуются высокой солнечной радиацией в зимний период, что может использоваться для снижения нагрузок на системы отопления.

В настоящее время имеется огромное разнообразие СЗУ, различающихся по месту установки (наружные, межстекольные, внутренние), по ориентации ламелей (вертикальные, горизонтальные, наклонные), способам управления (нерегулируемые, с ручным или механическим управлением, автоматическим слежением за движением Солнца), материалам изготовления (алюминий, дерево, пластик, стекло, полимерные пленки) и другим функциональным показателям.

Ведущие архитекторы давно используют возможности СЗУ не только для обеспечения комфортных условий в помещениях, но и для придания зданиям дополнительной архитектурной выразительности. На рис. 2–5 приведены примеры некоторых зданий с разными СЗУ.

Лишь в последние годы в РФ вновь стали появляться исследования, направленные на учёт теплопоступлений от солнечной радиации в тепловом балансе зданий [7–9]. Следует рассчитывать, что это приведёт к росту использования СЗУ в отечественном строительстве.

Одним из наиболее эффективных путей широкого внедрения СЗУ в РФ является разработка нормативных документов по их применению в строительстве. До настоящего времени в РФ практически не существовало стандартов на проектирование, производство, применение и испытания СЗУ. Однако в связи с повышением среднегодовых температур в большинстве климатических регионов РФ, ростом стоимости топливно-энергетических ресурсов и усилением политики энергосбережения в соответствии с указанным Федеральным законом № 261-ФЗ назрела необходимость расширения применения СЗУ в зданиях разного назначения.

Требования основных российских нормативных документов к солнцезащите помещений

№ п/п	Название документа	Требования нормативного документа
1.	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий (взамен СанПиН 2605–82 и раздела 5 СанПиН 2.1.2.1002–00)»	<p>6.1. Требования по ограничению избыточного теплового воздействия инсоляции распространяются на жилые комнаты отдельных квартир или комнаты коммунальных квартир, общежитии, ДДУ, учебные помещения общеобразовательных школ, школ-интернатов, ПТУ и других средних специальных учебных заведений, ЛПУ, санаторно-оздоровительных и учреждений социального обеспечения, имеющих юго-западную и западную ориентации светопроемов.</p> <p>6.2. На территории жилой застройки 3-го и 4-го климатических районов защита от перегрева должна быть предусмотрена не менее чем для половины игровых площадок, мест размещения игровых и спортивных снарядов и устройств, мест отдыха населения.</p> <p>6.3. Ограничение избыточного теплового воздействия инсоляции помещений и территорий в жаркое время года должно обеспечиваться соответствующей планировкой и ориентацией зданий, благоустройством территорий, а при невозможности обеспечения солнцезащиты помещений ориентацией необходимо предусматривать конструктивные и технические средства солнцезащиты (кондиционирование, внутренние системы охлаждения, жалюзи и т. д.). Ограничение теплового воздействия инсоляции территорий должно обеспечиваться затенением от зданий, специальными затеняющими устройствами и рациональным озеленением.</p> <p>6.4. Меры по ограничению избыточного теплового воздействия инсоляции не должны приводить к нарушению норм естественного освещения помещений.</p>
2.	СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная редакция СНиП 23–02–2003)	<p>6.8 В районах со среднемесячной температурой июля 21 °С и выше для окон и фонарей зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха, следует предусматривать солнцезащитные устройства.</p> <p>Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства должен быть не более нормируемой величины, установленной таблицей 8.</p>
3.	СТО НОСТРОЙ 2.23.61–2012 «Конструкции ограждающие светопрозрачные. ОКНА. Часть 1. Технические требования к конструкциям и проектированию»	<p>5.3.1 В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 при устройстве окон юго-западной ориентации в строящихся и реконструируемых зданиях в помещениях жилых комнат квартир, общежитий, основных функциональных помещениях детских дошкольных учреждений, учебных общеобразовательных школ, школ-интернатов, ПТУ и других средних специальных учебных заведений, лечебно-профилактических, санаторно-оздоровительных и учреждений социального обеспечения должны быть предусмотрены средства солнцезащиты.</p> <p>Наличие солнцезащитных устройств, которые могут повлиять на конструктивное решение оконных блоков и их монтажа, должно быть указано в проекте в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 и СНиП31–06.</p>
4.	МДС 56–1.2000 «Рекомендации по выбору и устройству современных конструкций окон». ОАО ЦНИИПромзданий	<p>3.6.1. Область применения оконных блоков с солнцезащитными устройствами регламентируется требованиями СНиП 2.07.01–89* и МГСН 2.05–97.</p> <p>3.6.2. В качестве средств защиты помещений от солнечной инсоляции рекомендуется применять оконные блоки с регулируемыми жалюзи, располагаемыми снаружи, а также солнцезащитные стекла или стеклопакеты с их применением.</p> <p>Наибольший эффект солнцезащиты может быть достигнут сочетанием жалюзи с солнцезащитными стеклами.</p> <p>3.6.3. В связи с тем, что солнцезащитные стекла изменяют спектральные характеристики естественного освещения в помещении, их применение в окнах жилых помещений, детских, учебных и лечебных учреждений должно быть согласовано с органами госсанинспекции.</p> <p>3.6.4. В окнах, ориентированных на юг, юго-запад и юго-восток, рекомендуется использовать горизонтальные жалюзи; в окнах, ориентированных на северо-запад, могут быть использованы как горизонтальные, так и вертикальные жалюзи.</p>

В табл. 1 приведены выписки из основных российских нормативных документов, касающиеся требований к солнцезащите помещений. Видно, что это, как правило, чисто качественные требования, в соответствии с которыми невозможно проводить реаль-

ное проектирование СЗУ, учитывая и отсутствие соответствующих национальных стандартов.

В то же время и в ЕС, и в США (да и в КНР, кстати, тоже) нарабатан значительный опыт нормирования, использования, испытаний

и расчётов разных СЗУ в строительстве. Так, на сегодня действуют более 50 европейских и национальных стандартов по СЗУ. Требования к ним и к их использованию имеются как в европейских директивах, так и в нацио-

Основные европейские стандарты в области солнцезащитных устройств

№ п./п.	Действующий стандарт	Перевод названия стандарта
1	EN 410: 1998 «Glass in building – Determination of luminous and solar characteristics of glazing»	«Стекло в строительстве – Определение световых и солнечных характеристик остекления»
2	EN 1627 «Windows, doors, shutters – Burglar resistance – Requirements and classification»	«Окна, двери, жалюзи – Взломоустойчивость – Требования и классификация»
3	EN 1932: 2001 «External blinds and shutters – Resistance to wind loads – Method of testing»	«Наружные жалюзи и ставни – стойкость к ветровым нагрузкам – Метод испытания»
4	EN 1933: 1999 «Exterior blinds – Resistance to load due to water accumulation – Test method»	«Наружные жалюзи – Водонепроницаемость – Метод испытания»
5	EN ISO 10077-1 «Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: general»	«Тепловые характеристики окон, дверей и жалюзи – Расчет теплопередачи – Часть 1: Полный расчёт»
6	EN 12194: 2000 «Shutters, external and internal blinds – Misuse – Test methods»	«Ставни, наружные и внутренние жалюзи – Неправильное использование – Методы испытаний»
7	EN 12216:2002 «Shutters, external blinds, internal blinds – Terminology, glossary and definitions»	«Ставни, наружные жалюзи, внутренние жалюзи – Терминология, глоссарий и определения»
8	EN 12833: 2001 «Skylight and conservatory roller shutters – Resistance to snow load – Test method»	«Рольставни для зенитных фонарей и зимних садов – Устойчивость к снеговой нагрузке – Метод испытания»
9	EN 13120 «Internal blinds – Performance requirements including safety»	«Внутренние жалюзи – Требования к характеристикам, включая безопасность»
10	EN 13125: 2001 «Blinds and shutters – Additional thermal resistance – Allocation of a class of air permeability to a product»*	«Жалюзи и ставни – Дополнительное термическое сопротивление – Назначение класса воздухопроницаемости в продукте»
11	EN 13363-1: 2003 «Solar protection devices combined with glazing – calculation of solar and light transmittance – Part 1: Simplified method»	«Солнцезащитные устройства, совмещенные с остеклением – расчет светопропускания и пропускания солнечной радиации – Часть 1: Упрощенный метод»
12	EN 13363-2 «Solar protection devices combined with glazing – calculation of solar and light transmittance – Part 2: Reference method»	«Солнцезащитные устройства, совмещенные с остеклением – расчет светопропускания и пропускания солнечной радиации – Часть 2: Контрольный метод»
13	EN 13561: 2004 «External blinds – Performance requirements including safety»	«Наружные жалюзи – эксплуатационные требования, включая безопасность»
14	EN 14500 «Blinds and shutters – Thermal and visual comfort – Test methods»	«Жалюзи и ставни – Тепловой и визуальный комфорт – Методы испытаний»
15	EN 14501 «Blinds and shutters – Thermal and visual comfort – Performance characteristics and classification»	«Жалюзи и ставни – Тепловой и визуальный комфорт – Эксплуатационные характеристики и классификация»
16	EN 14759 «Shutters – Airborne sound insulation – Statement of performances»	«Ставни – Воздушная звукоизоляция – Эксплуатационные характеристики»

* На основе стандарта EN 13125: 2001 НИИСФ РААСН разработан ГОСТ Р 54863–2011 «Жалюзи и ставни. Определение дополнительного термического сопротивления».

нальных документах по проектированию зданий разного назначения. В табл. 2 приведены названия некоторых европейских стандартов в области солнцезащитных устройств. Следует отметить, что они постоянно совершенствуются, а перечень их дополняется.

В соответствии с проводимой сейчас политикой гармонизации отечественных стандартов с аналогичными документами ЕС необходимо, на наш

взгляд, активизировать разработку отечественного комплекса стандартов в области СЗУ.

В настоящий момент в НИИСФ РААСН заканчивается разработка межгосударственного стандарта «Устройства солнцезащитные. Общие технические требования», который должен быть введен в действие в конце 2014 г.

По мнению авторов, в ближайшее время создание комплекса стандар-

тов по солнцезащите абсолютно необходимо и будет востребовано. В качестве первого этапа разработки межгосударственных (национальных) стандартов НИИСФ РААСН предлагает глубокую адаптацию следующих европейских стандартов с привлечением к этой работе отечественных специалистов:

– EN 12216:2002 «Shutters, external blinds, internal blinds – Terminology, glossary and definitions» (предвари-



Рис.5. Наружные солнцезащитные регулируемые экраны

тельное русское название – «Устройства солнцезащитные. Термины и определения»);

– EN 13561:2004 «External blinds – Performance requirements including safety» («Устройства солнцезащитные. Требования к эффективности»);

– EN 14501 «Blinds and shutters – Thermal and visual comfort – Performance characteristics and classification» («Устройства солнцезащитные. Тепловой и зрительный комфорт. Нормируемые характеристики»);

– EN 14500 «Blinds and shutters – Thermal and visual comfort – Test methods» (предварительное российское название – «Устройства солнцезащитные. Тепловой и зрительный комфорт. Методы испытаний»);

– EN 1932:2001 «External blinds and shutters – Resistance to wind loads – Method of testing» («Устройства солнцезащитные. Методы определения ветровых нагрузок»);

– EN 13363-1:2003 «Solar protection devices combined with glazing – calculation of solar and light transmittance – Part 1: Simplified method» («Устройства солнцезащитные. Упрощенный метод расчёта светопропускания и пропускания солнечной радиации»).

Это позволит обеспечить законодательно использование столь необходимых в строительстве СЗУ, а также будет способствовать повышению теплового и зрительного комфорта в помещениях, снижению

энергетических затрат на эксплуатацию зданий.

НИИСФ РААСН направил заявку в Технический комитет по стандартизации ТК 465 «Строительство» и Федеральный научно-технический центр сертификации в строительстве на включение указанных выше документов в Программу разработки национальных стандартов на 2015–2016 гг. и приглашает заинтересованные компании к совместной работе по созданию столь необходимых нормативных документов для практики отечественного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубин И.Л., Спиридонов А.В. Законодательство по энергосбережению в США, Европе и России. Пути решения // Вестник МГСУ. – 2011. – Т. 1, № 3. – С. 4–14.
2. Шубин И.Л., Спиридонов А.В. Проблемы энергосбережения в российской строительной отрасли // Энергосбережение. – 2013. – № 1. – С. 15–21.
3. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. – М.: Стройиздат, 1988. – 207 с.
4. Спиридонов А.В. Энергосберегающее стекло – основной элемент современных зданий. – БСТ. – 2012. – № 2. – С. 19–21.
5. Carmody J., Selkowitz S., Arasteh D., Heschang L. Residential Windows. – New York: W.W.Norton & Company, 2000.
6. Carmody J., Selkowitz S., Lee E., Arasteh D., Willmert T. Window Systems High-Performance Buildings. – New York, London: W.W.Norton & Company, 2003. – 400 p.
7. Табунчиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация

тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.

8. Бродач М.М. Оптимальный учет энергетического воздействия наружного климата на здание // АВОК. – 2013. – № 4. – С. 48–54.

9. Табунчиков Ю.А. О противоречивости требований к теплозащите зданий в летних и зимних условиях // АВОК. – 2013. – № 3.



Римшин Владимир Иванович, доктор техн. наук, профессор, член-корр. РААСН. Окончил с отличием в 1984 г. Всесоюзный инженерно-

строительный институт. Директор ИЖКК МГСУ. И.о. зав. кафедрой «Городское строительство и коммунальное хозяйство» МГСУ. Заслуженный строитель РФ



Сёмин Семён Алексеевич, экономист. Окончил в 2013 г. Институт экономики и антикризисного управления



Спиридонов Александр Владимирович, кандидат техн. наук. Окончил в 1975 г. МЭИ (специальность «Светотехника и источники света»). Зав. лабораторией «Энергосберега-

ющие технологии в строительстве» НИИСФ РААСН. Президент Ассоциации производителей энергоэффективных окон (АПРОК). Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники



Шубин Игорь Любимович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1980 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Директор НИИСФ РААСН. Советник РААСН.

Заслуженный строитель РФ. Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники

Оценка естественного освещения аудиторий в Университете Кырklarели

С. ГЁРГУЛУ, Б. ДУРСУН, С. КОЧАБЕЙ, М. ТУНА, И. ЮКСЕК¹

Университет им. Джелала Байара, Маниса, Турция; Университет им. Мехмета Акифа, Бурдур, Турция; Университет Кырklarели, Кырklarели, Турция

Аннотация

Измерены уровни естественного освещения в трёх аудиториях Университета Кырklarели и на этом примере проанализированы соответствующие нормативные требования и правила проектирования. В результате определены характеристики окон, отвечающие наилучшему естественному освещению аудиторий. Результаты измерений и компьютерного моделирования аудиторий показали, что в рассматривавшихся условиях уровни естественной освещённости зависят от ориентации окон. При этом ориентация здания, оконные проёмы на фасадах и затеняющие элементы должны проектироваться специалистами на стадии разработки концепции естественного освещения.

Ключевые слова: энергоэффективность, естественное освещение, освещённость, аудитория, освещение образовательных учреждений, Турция.

1. Введение

Потребление энергии – один из важнейших показателей уровня развития и благосостояния страны. Рост потребления энергии влияет на равновесие между предложением и спросом, и страны ищут альтернативные пути удовлетворения потребности в энергии. Обычно для этого страны используют традиционные источники энергии, что вызывает проблемы с экологией. Во избежание этого теперь используются возобновляемые и альтернативные источники энергии, не загрязняющие окружающую среду, играющие важную роль в обеспечении энергетической независимости от других стран и вносящие вклад в повышение занятости и мобилизацию внутренних ресурсов стран вследствие передачи технологий [1].

Сооружения потребляют много энергии и всегда нуждаются. Непроизводственное энергопотребление сооружений при их эксплуатации обусловлено отоплением, освещением, кондиционированием воздуха, горячим водоснабжением и работой электроприборов. Уровни расхода энергии этими потребителями отличны от уровней целевого расхода энергии сооружениями. В случае учебных зданий энергия расходуется на освещение, кондиционирование воздуха и удовлетворение потребности в энергии лабораторных установок и приборов. На искусственное освещение приходится значительная часть энергопотребления образовательными учреждениями [2]. Так что реконструкция освещения и связанных с ним систем даёт экономию энергии благодаря уменьшению её потребления. При этом наилучшим решением считаются системы естественного освещения.

Естественное освещение часто упоминается в качестве основного компонента «зелёных» зданий [3]. Термин «естественное освещение» относят ко всем разновидностям освещения солнцем и небом [4]. Естественное освещение служит главным источником света, использовавшимся и используемым для внутреннего освещения зданий. Если естественное освещение используется должным образом, то обитатели зданий могут легко и эффективно осуществлять свою жизнедеятельность в комфортных условиях зрительной работы [5]. Используя естественное освещение, можно существенно уменьшать нагрузку на систему освещения. Но естественное освещение может использоваться только при наличии дневного света. В образовательных учреждениях, особенно входящих в систему среднего специального образования, должен иметься альтернативный вариант обеспечения непрерывности освещения в отсутствие дневного света. В этом случае решением может быть применение системы искусственного освеще-

щения и гибридных возобновляемых источников энергии.

В данной работе, во-первых, описаны компоненты систем освещения и исследованы характеристики средств естественного освещения зданий. В части переноса дневного света внутрь здания – это размеры окон и их расположение, а также ориентация здания, а в части равномерности распределения освещённости внутри здания – такие переменные, как цвет и отражательная способность внутренних поверхностей здания. Затем было исследовано естественное освещение одной из аудиторий в кампусе «Kayali» и двух аудиторий в кампусе «Kavakli». В них были измерены уровни освещения и, согласно ним, проанализированы нормативные требования и правила проектирования. Смоделированные посредством моделирующей программы «Velux Daylight Visualiar» аудитории были оценены с точки зрения их естественного освещения. В результате были определены характеристики окон, обеспечивающие наилучшее естественное освещение аудиторий.

2. Преимущества использования естественного освещения в учебных зданиях

Как известно, освещение влияет на настроение и активность людей. Хорошие проект и выбор систем естественного освещения могут способствовать существенному повышению энергоэффективности и уменьшению загрязнения окружающей среды. Они формируют более здоровые условия для обучения и способны повышать посещаемость и успеваемость в группах [2, 6, 7]. Правильно спроектированные окна, ленточные окна и светоаэрационные фонари могут удовлетворять значительную часть потребности в освещении без нежелательного нагрева или блёскости. Поэтому если нужная освещённость обеспечивается естественным освещением помещения, то искусственное освещение можно выключить или ослабить. Применением устройств управления освещением, датчиков и светорегуляторов экономия энергии может обеспечиваться только в помещениях с естественным освещением [2, 8, 9].

По данным Международного энергетического агентства (IEA), 19% мирового потребления электроэнергии

¹ E-mail: izzetyukse@gmail.com
Перевод с англ. Е.И. Розовского

приходится на освещение [10]. Использование в зданиях дневного света существенно снижает потребление электроэнергии [11, 12]. Например, было показано, что на искусственное освещение нежилых зданий идёт 50% от всей потребляемой в Европе энергии. Было также показано, что это потребление можно сократить на 30–70% путём совмещения искусственного и естественного освещения. Экономия зависит от ориентации, размеров и формы окон, а также от формы помещений и отражательной способности их поверхностей [8, 11].

Использование естественного освещения – важная составляющая современной архитектуры, так как оно помогает созданию приятной зрительной среды. Естественное освещение считается наилучшим источником света по цветопередаче [2, 13]. Зрительный комфорт, связанный с количественными и качественными характеристиками естественного освещения, существенно улучшает самочувствие учащихся и, соответственно, их успеваемость. Это подтверждается результатами проведённого в США обследования более чем 20000 учащихся начальной школы и 100 школ. Было показано, что учащиеся, в классных комнатах которых больше дневного света, прогрессировали на 26% быстрее в чтении и на 20% в математике [14].

3. Элементы архитектурного проекта, позволяющие воспользоваться преимуществами естественного освещения зданий

3.1. Окна

Аудитории имеет смысл проектировать так, чтобы свет попадал в них с двух сторон. Этим можно добиваться более равномерного естественного освещения аудитории. Большая площадь окон способна обеспечивать поступление большого количества дневного света и приятный вид [2]. Для обеспечения нужных уровней освещения и сбалансированного распределения света следует поддерживать глубину помещения, не большей 1,5–2-кратной высоты верха оконного проёма. При наличии светоотражающей световой полки она может быть увеличена до 2,5-кратной указанной высоты. Следует поддерживать пло-

щадь окон на уровне 30–40% от площади стены. Предпочтительно применение ленточных окон, обеспечивающих более равномерное естественное освещение аудиторий. В случаях окон, выходящих на восток или запад, следует применять вертикальные элементы: например, вертикальные ламели или окна в нишах. Это полезно и в случае окон, выходящих на север, т.к. позволяет заслоняться от низкого солнца рано утром и в конце дня [14].

3.2. Освещение

Во всех образовательных учреждениях освещение должно обеспечивать благоприятную для учёбы среду. Современная аудитория представляет собой пространство, в котором осуществляется разнообразная педагогическая деятельность. Последняя охватывает традиционные занятия у доски, индивидуальную работу за партой, работу с компьютером, аудиовизуальное представление, изобразительное искусство, шитьё, использование настенных наглядных пособий и т.д. Адекватное освещение жизненно необходимо учащимся-инвалидам по зрению, а также учащимся, пользующимся опасными инструментами, такими как токарные станки или пилы на уроках труда. Ключевые моменты – зрительный комфорт и обеспечение требуемой горизонтальной освещённости при выполнении всех разнообразных действий в аудитории [12].

Освещение аудиторий должно предоставлять возможность преподавателям менять его в соответствии со зрительными потребностями разных видов деятельности. Внутреннее освещение должно обеспечивать требуемые внешний вид и атмосферу помещения, а также соответствовать многочисленным функциональным и психологическим потребностям. Преподаватели знают, как освещение влияет на поведение, внимательность и обучаемость учащихся. Освещение аудиторий играет особенно важную роль из-за наличия прямой связи между хорошим освещением и успеваемостью учащихся. Плохое освещение приводит к дискомфорту и гиперактивности, тогда как хорошее способствует повышению эффективности учебного процесса. Преподаватели также заметили, что освещение влияет на их собственную эффективность

и способность выдерживать связанные с преподавательской деятельностью стрессы. Освещение может оказывать сильное воздействие на эффективность работы как учащихся, так и преподавателей [15]. Один из подходов к освещению аудиторий, получивший в последние годы широкое признание, состоит в формировании образовательных зон, освещаемых исключительно дневным светом. Хотя обеспечиваемое окнами и световыми фонарями естественное освещение является предпочтительным, большинство образовательных учреждений нуждаются в дополнительном искусственном освещении. Общество инженеров-светотехников рекомендует как минимум одно окно на каждую образовательную зону, так как это повышает качество учебной среды [15]. Очевидно, что освещение и окна важны для успеваемости учащихся, однако в некоторые плохо спроектированные образовательные зоны дневной свет может попадать слишком прямо и создавать блёккость, способную мешать учебному процессу.

В общем, если люди чувствуют, что система освещения вызывает у них зрительный дискомфорт, то проблема заключается в плохом качестве освещения. Совмещение естественного освещения зданий с их искусственным освещением – решающая стратегия обеспечения экономии энергии. Правильный выбор осветительного оборудования для образовательных учреждений ведёт к повышению их энергоэффективности. Другими средствами роста использования дневного света и эффективности естественного освещения являются световые фонари, ленточные окна, светоаэрационные фонари и конструкция крыши, которые обеспечивают диффузное освещение всего помещения [16].

3.3. Цвета наружных и внутренних поверхностей

Для увеличения количества попадающего в здание дневного света обрамляющие окна элементы, которые служат для направливания света, и световые полки должны быть светлыми. Более того, используемые для отражения света элементы должны располагаться так, чтобы отражать свет на потолок. Поверхности стен и потолка должны быть светлыми, с тем чтобы свет мог «расширяться» [14].

3.4. Рекомендуемые коэффициенты отражения поверхностей

Согласно рекомендациям Общества инженеров-светотехников, желательнее, чтобы коэффициенты отражения были следующими: потолка – выше 80%; стен – 50–70% (или выше, если в стене есть окно); пола – 20–40%; мебели – 25–45%. Везде, где можно, следует использовать для перегородок светопропускающие материалы. В верхних частях перегородок на полную высоту помещения следует использовать прозрачные или просвечивающие материалы. Если этот подход применять к коридорным стенам, то коридоры могут адекватно освещаться именно «проливающимся» светом [14, 15].

3.5. Ориентация здания

Для естественного освещения наиболее благоприятны юг и север. На северную сторону не светит солнце, однако она всегда получает дневной свет одного и того же качества. В западном и восточном направлениях солнце находится в горизонтальной плоскости, что затрудняет управление освещением. При ориентации на юг солнце воздействует непрерывно и расположено под более прямым углом, чем в случаях ориентации на запад и восток. Поэтому его светом легко управлять.

3.6. Форма здания

Чтобы воспользоваться всеми преимуществами естественного освещения, следует снижать долю не занятой окнами поверхности; однако это ведёт к росту теплопотерь через оболочки здания. Соответственно, требуется поэтому компромиссное решение. Более того, в проекте может быть предусмотрена такая конструкция, которая позволила бы обеспечить самозатенение в восточном и западном направлениях и заглибление фасадов. Если это невозможно, то попадание нежелательного солнечного света может быть уменьшено затеняющими элементами (жалюзи, световые полки и солнцезащитные элементы (*solar cutters*)). Предпочтительно, чтобы затеняющие элементы можно было открывать и закрывать.

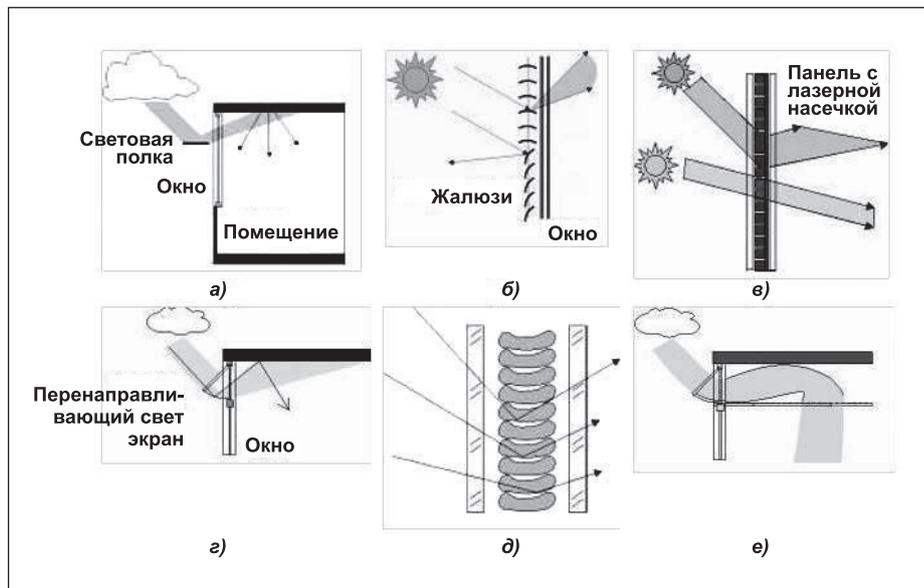


Рис. 1. Системы естественного освещения, использующие прямой солнечный свет: а – система со световой полкой, б – система с жалюзи, в – панели с лазерной насечкой, г – светоперенаправляющий экран, д – светоперенаправляющее стекло, е – рассеивающий свет потолок

3.7. Использование выходящих на север светоаэрационных фонарей

В случае [17], когда не позволялось использовать выходящие на юг светоаэрационные фонари, использовались фонари, выходящие на север. Из-за этого требуемая остеклённая поверхность этих фонарей была больше, чем у выходящих на юг, что делало соответствующий проект более дорогостоящим. Что касается энергетической стороны, то, с учётом нашего климата, были опасения касательно теплопотерь через выходящее на север остекление, приводящих к увеличению энергопотребления зданием. Проект с выходящими на север фонарями был улучшен использованием их обратной (направленной на юг) стороны для размещения, где было можно, приёмников солнечной энергии. Этот совмещённый подход помог сократить общие расходы при обеспечении требуемого естественного освещения.

3.8. Системы естественного освещения

Естественный (дневной) свет определяется как «сочетание диффузного света неба и солнечного». Система естественного освещения представляет собой устройство, расположенное вблизи или внутри отверстия

в оболочке здания и предназначенное, в первую очередь, для перенаправления существенной части входящего потока естественного света с целью улучшения условий освещения внутри здания. Существуют два простых вида естественного освещения – боковое и верхнее. Система бокового освещения, которая встречается чаще всего, – это просто оконный проём, а система верхнего освещения представляет собой отверстие в потолке или крыше здания [2].

3.8.1. Использование световых полок

Световая полка относится к классическим системам естественного освещения. Эта система была разработана для предотвращения отражения света, затенения и прямого попадания света неба. Световая полка обычно располагается горизонтально так, чтобы направлять свет в помещение или на окно. Световые полки делают окно таким образом, чтобы наблюдаемый из окна пейзаж оказывался ниже них (рис. 1, а). Они устанавливаются согласно ориентации окна, положения помещения, высоты потолка и уровня глаз обитателей помещения. В северном полушарии их можно использовать в помещениях, выходящих на юг. Они не работают при восточном и западном направлениях и в облачную погоду [16, 18].

3.8.2. Использование жалюзи

Жалюзи относятся к классическим системам естественного освещения и предназначены для предотвращения попадания дневного света и обеспечения затенения. Они состоят из многочисленных горизонтальных или вертикальных планок (рис. 1, б). Наружные жалюзи обычно изготавливаются из нержавеющей стали, анодированного или окрашенного алюминия или ПВХ, который дешевле и высокостоек. Планки могут быть ровными или искривлёнными. Размеры планок могут меняться в соответствии с размерами жалюзи [16, 18].

3.8.3. Использование панелей с лазерной насечкой

Панель с лазерной насечкой представляет собой тонкую просвечивающую акриловую пластину, на которой на лазерной установке сделаны параллельные надрезы (рис. 1, в). Лазерная установка наносит ряд надрезов перпендикулярно к поверхности. Поверхность каждого из лазерных надрезов представляет собой маленькое зеркало, которое отражает проходящий через панель свет. Панели перенаправляют свет вверх. Надрезы обычно пересекают всю панель, так как это требует меньшего контроля за скоростью резки и меньшей мощности лазерного излучения по сравнению с другими способами. Поэтому у панели должен быть сплошной участок шириной 10–20 мм, который поддерживал бы надрезанные участки. Акриловую панель обычно размещают между двумя стёклами, формирующими окно с двойным остеклением. Во избежание блеска эти панели устанавливают над уровнем глаз [18].

3.8.4. Использование перенаправляющих свет экранов

Светоперенаправляющий экран представляет собой наружную затеняющую систему, направляющую свет неба и солнца на потолок. Он состоит из светораспределяющего стеклянного объёма и двух отражателей, направляющих свет в пределах нужного углового диапазона (рис. 1, з). Светоперенаправляющие экраны сложнее обычных устройств затенения. В помещении следует использовать вы-

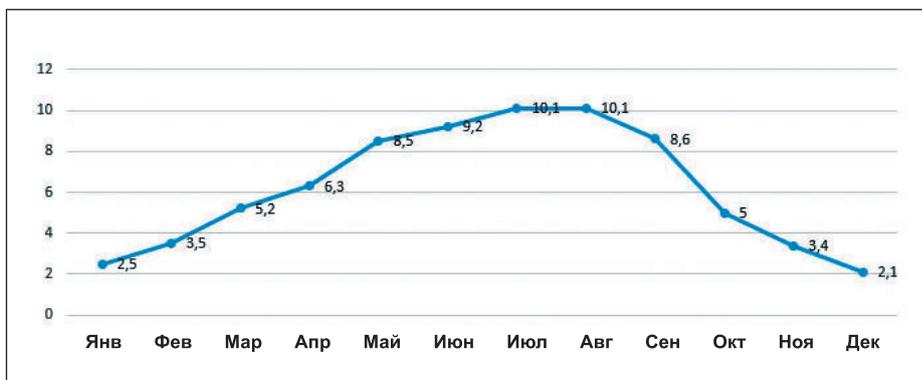


Рис. 2. Среднемесячные продолжительности солнечного света в г. Кырklarели, ч

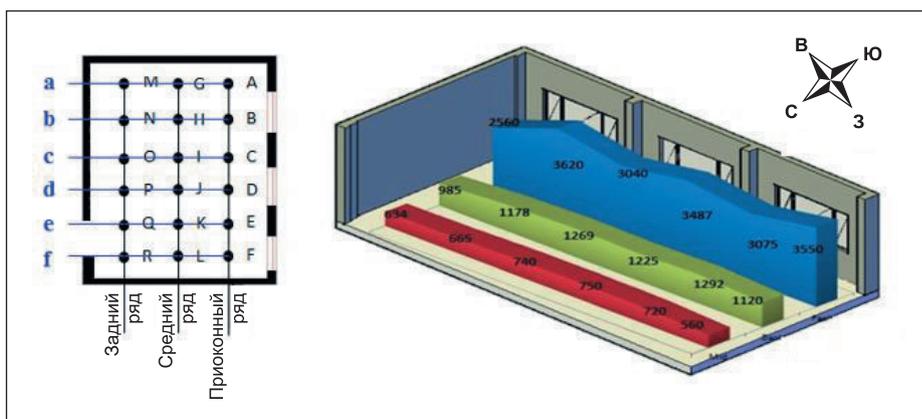


Рис. 3. Схематическое изображение естественного освещения выходящей на юг аудитории (TEF-201)

сокоотражающие материалы. Светоперенаправляющие экраны размещают в верхней половине или в верхней трети окон [16, 18].

3.8.5. Использование перенаправляющих свет стёкол

Эти стёкла представляют собой вогнутые акриловые элементы, расположенные между двух стёкол (рис. 1, д). Они отражают дневной свет, падающий под всеми углами, на потолок. Другой важной частью системы является потолок, который отражает направленный на него свет на рабочие места. Во избежание блеска и других визуальных эффектов эту систему размещают на уровне глаз [16, 18].

3.8.6. Использование светорассеивающего потолка

Главной задачей системы со светорассеивающим потолком (*anidolic ceiling*) является обеспечение достаточного естественного освещения помещений в облачную погоду. Светорассеивающий потолок состоит из принимающих дневной свет оп-

тических элементов, прикреплённых к световому каналу (*light canal*) подвесного потолка (рис. 1, е). Эта система предназначена для установки на окне. Так как она должна собирать свет неба, то её можно использовать на любой широте. В солнечные дни прямые лучи солнца, вызывающие блёскость и избыточный нагрев, могут блокироваться защитой входного стекла [16, 18].

4. Сравнительная оценка естественного освещения аудиторий

За последние 50 лет разработано много методов моделирования естественного освещения, использующих смоделированное или искусственное небо и модели зданий. К достоинствам этих методов моделирования относится и то, что они позволяют рассматривать необычные формы зданий и конфигурации помещений [19]. Одна из важнейших программ моделирования естественного освещения — «*Velux Daylight Visualiar*». В данном исследовании аудитории в кампусах «*Kayali*» и «*Kavakli*» Университета

Кыркларели, моделировались с использованием этой программы.

Освещение аудиторий оценивалось на основе результатов измерений характеристик естественного освещения. Кыркларели находится на северо-западе Турции в точке с координатами $41^{\circ}44'$ северной широты и $27^{\circ}13'$ восточной долготы. В марте, когда проводились эти измерения, продолжительность солнечного света в Кыркларели составляла 5,2 ч (рис. 2).

4.1. Измерение естественного освещения аудиторий

Аудитории в кампусах «*Kayali*» и «*Kavakli*» исследовались на предмет определения характеристик естественного освещения.

Были выбраны выходящие на север и на юг две аудитории в кампусе «*Kavakli*» и одна аудитория в кампусе «*Kayali*». На планы с размерами выбранных аудиторий посредством программы построения чертежей были нанесены размеры и положения окон. Точки проведения измерений располагались в плане с интервалом в 2 м (рис. 3), и измерения проводились люксметром на рабочей высоте 85 см. Результаты измерений были включены в чертежи с помощью программы «*Excel*».

Показанная на рис. 3 аудитория находится на втором этаже здания факультета технического образования (ФТО) и выходит на юг. В ней три окна, каждое из которых содержит два однокамерных стеклопакета со следующими характеристиками: толщина наружного и внутреннего стёкол – 4 мм и воздушный зазор между ними – 12 мм.

Измерения освещённости производились 21 марта между 12:30 и 12:50. Как видно из рис. 3, если в помещение попадает солнечный свет, освещённость на прилегающих к окнам участках оказывается чрезмерно большой. Так как блёскость и отражения света ухудшают качество естественного освещения, то солнечный свет следует исключать. Поэтому в аудиториях используются шторы. Однако шторы полностью препятствуют попаданию в них дневного света. Так что вместо штор можно пользоваться простыми жалюзи.

Показанная на рис. 4 аудитория также расположена на втором этаже здания ФТО, но выходит на се-

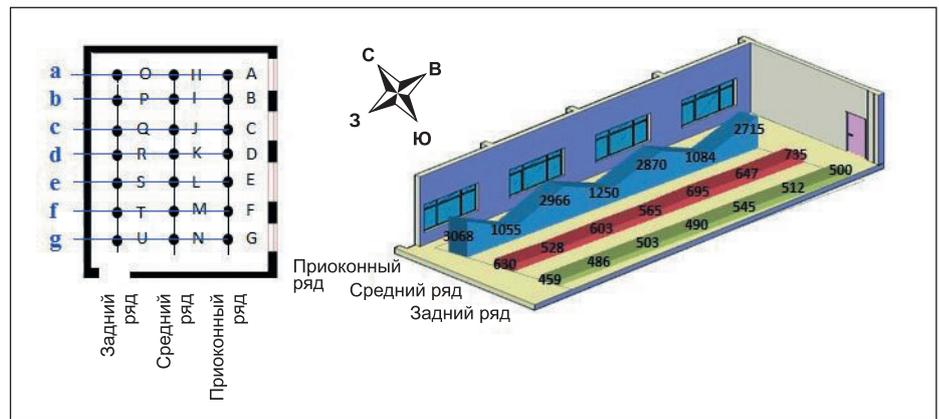


Рис. 4. Схематическое изображение естественного освещения выходящей на север аудитории (TEF-208)

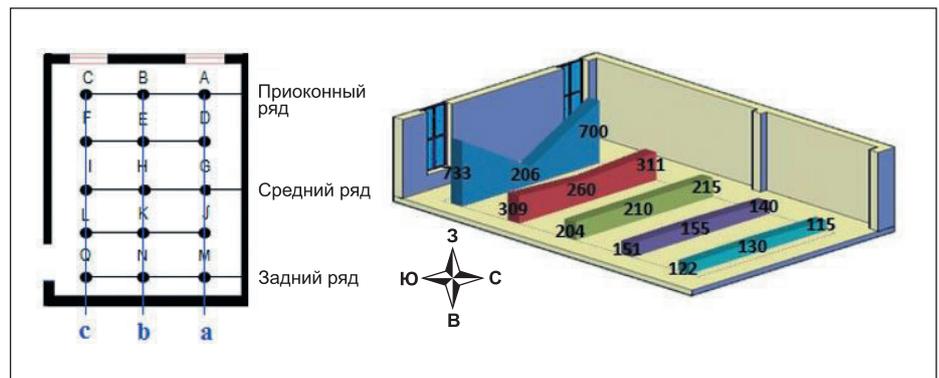


Рис. 5. Схематическое изображение естественного освещения выходящей на юго-запад аудитории (центральный учебный корпус, Z-42)

вер. В аудитории четыре окна, каждое из которых содержит два однокамерных стеклопакета со следующими характеристиками: толщина наружного и внутреннего стёкол – 4 мм и воздушный зазор между ними – 12 мм. Согласно результатам измерений, проведённых между 12:50 и 13:20, уровни освещённости в выходящей на север аудитории оказались завышенными, но не настолько, чтобы вызвать тревогу.

Аудитории в здании ФТО кампуса «*Kavakli*» прямоугольны и параллельны фасаду здания. Окна находятся на их длинной стороне. Поэтому легко создавать межоконные промежутки, требуемые для естественного освещения этих помещений.

Последние измерения проводились 21 марта в аудитории на первом этаже недавно построенного здания кампуса «*Kayali*», в промежутке между 11:30 и 12:00. Аудитория прямоугольная, но по планировке отличная от остальных аудиторий: её окна расположены на короткой стороне (рис. 5). Так что она имеет большую глубину, а кроме того, окна в ней узкие и высокие.

Результаты измерений говорят о том, что освещённость недостаточна во всех частях аудитории, кроме непосредственно примыкающих к окнам. Основная причина этого – недостаточная общая площадь окон. Два окна ($0,90 \times 3,60$ м) имеют общую площадь $6,48 \text{ м}^2$, что составляет менее 10% от общей площади аудитории. И хотя окна имеют высоту 3,60 м, их всё же недостаточно из-за узости (0,90 м) и малого количества. Необходимо увеличить окна, которые предотвращают появления блёскости и отражений, характерных при ориентации на север. Аудитории в центральном здании кампуса «*Kayali*» перпендикулярны фасаду. Для достижения желаемого уровня освещения требуемая площадь окон может обеспечиваться их распределением по всей поверхности фасада.

4.2. Результаты моделирования естественного освещения аудиторий

В данном исследовании с помощью программы «*Velux Daylight Visualiar*»

было проведено моделирование естественного освещения аудитории в кампусе «Kayali» и двух аудиторий в здании, принадлежащем ФТО, в кампусе «Kavakli». Результаты моделирования приведены на рис. 6–8².

Как видно из рис. 6 и 7, освещённость на приоконных участках больше, чем на других, что согласуется с результатами измерений. Из рис. 8 видно, что освещённость недостаточна во всех частях аудитории, кроме непосредственно примыкающих к окнам. Основная причина этого – недостаточная общая площадь окон.

5. Результаты и обсуждение

Результаты моделирования естественного освещения образовательных учреждений подтверждают приведённые выше литературные данные. Уровни освещённости в выходящих на юг аудиториях кампуса «Kavakli» сильно зависят от ширины окон, и в этих аудиториях имеется блёскость. Поэтому если требуется равномерное освещение, то проектом должна предусматриваться невозможность прямого проникания дневного света в рассматриваемое пространство. По возможности, верхний предел освещённости должен указываться с некоторым разбросом. Если это не «срабатывает», то следует предпочесть световые полки, световоды и световые колодцы.

Межоконные расстояния и размеры окон аудитории в кампусе «Kayali» не обеспечивают требуемое естественное освещение. Окна должны быть горизонтальными, а не вертикальными, что позволит получать больше дневного света и воспользоваться преимуществами, предоставляемыми световыми полками. При оценке результатов моделирования реальных аудиторий становится очевидным, что здания были спроектированы до того, как был сделан проект естественного освещения этих аудиторий.

6. Выводы

Хотя уровень естественного освещения помещений зависит от ориентации их окон, измерения в поме-

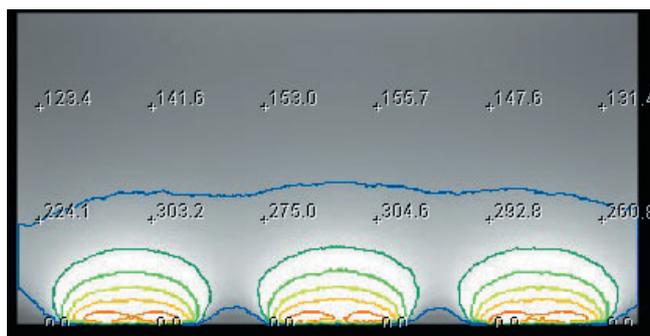


Рис. 6. Моделирование освещения в аудитории TEF-201 кампуса «Kavakli»

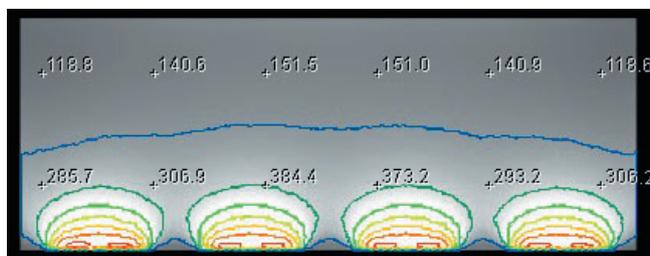


Рис. 7. Моделирование освещения в аудитории TEF-208 кампуса «Kavakli»

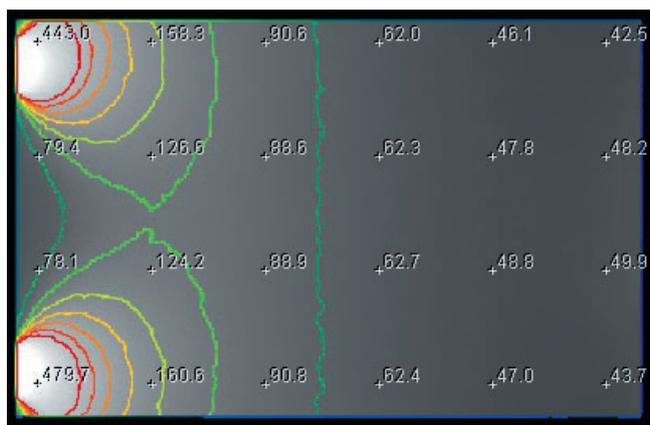


Рис. 8. Моделирование освещения в аудитории Z-42 кампуса «Kayali»

щении с выходящими на север окнами показали, что при достаточной ширине окон требуемая освещённость может обеспечиваться и в выходящих на север помещениях. Минимальная площадь остекления (общая площадь окон) должна составлять 1/3–1/5 от площади пола помещения [20]. В аудиториях кампуса «Kavakli» общая площадь окон составляет 1/5,54 и 1/5,58 от площади пола, а в аудитории в кампусе «Kayali» – 1/10,54. Согласно результатам измерений и моделирования, при существующих окнах и ориентации здания нельзя обеспечить достаточное естественное освещение этой аудитории. Так что для повышения уровня освещения следует воспользоваться подходящей системой естественного освещения (световой полкой, светорассеивающим потолком и т.д.). В случае аудиторий, расположенных недалеко от крыши, следует использовать световоды. Правильный

выбор цвета стен и покрытий пола и потолок помогает обеспечивать достаточное освещение. Как известно, использование естественного освещения помогает экономить энергию и способствует повышению успеваемости учащихся, оказывая на них положительное психологическое воздействие. Так что если в проектировании образовательных учреждений с самого начала будут участвовать не только архитекторы, но и инженеры по монтажу зданий, то можно создавать здания с более «эффективными» рабочими местами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dursun, B., Alboyaci, B. The contribution of wind-hydro pumped storage systems in meeting Turkey's electric energy demand // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14. – P. 1979–1988.
2. Alrubaih, M.S., Zain, M.M., Alghoul, M.A., Ibrahim, N.N., Shameri, M.A., Elayeb O. Research and Development on Aspects of Daylighting Fun-

² Значения освещённости на рисунках выражены в фут-свечах (1 фут-свеча ≈ 10,76 лк). – Прим. пер.

damentals // Renewable and Sustainable Energy Reviews.– 2013. – Vol. 21. – P. 494–505.

3. *Leslie, R.P., Radetsky, L.C., Smith, A.M.* Conceptual design metrics for daylighting // *Lighting Research and Technology.*– 2012. – Vol. 44. – P. 277–290.

4. *Mardaljevic, J., Hescong, L., Lee, E.* Daylight metrics and energy savings // *Lighting Research and Technology.*– 2009. – Vol. 41. – P. 261–283.

5. *Kazanasmaz, K.* Binaların doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi // *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 2009. İzmir, Turkey.*

6. *Topuz, V., Atiş, S., Kocabey, S., Tektaş, M.* Determination of illuminance level using ann model // *Lecture Notes in Computer Science Springer.*– 2007. – Vol. 4692. – P. 773–780.

7. *Labib, R.* Improving daylighting in existing classrooms using laser cut panels // *Lighting Research and Technology.*– 2013. – Vol. 45. – P. 585–598.

8. *Tetri, E.* Daylight linked dimming: effect on fluorescent lamp performance // *Lighting Research and Technology.*– 2002. – Vol. 34, No. 1. – P. 3–10.

9. *Mjos, T., Larsen, P.* Indoor Lighting–Energy Friendly Installations // *Light & Engineering.*– 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 27–34.

10. *Dehoff, P.* Lighting Quality and Energy Efficiency Is Not A Contradiction // *Light & Engineering.*– 2012. – Vol. 20, No. 3. – P. 34–39.

11. *Abdelatia, B., Marenne, C., Semidor, C.* Daylighting strategy for sustainable schools: case study of prototype classrooms in Libya // *Journal of Sustainable Development.*– 2010. – Vol. 3, No. 3. – P. 60–67.

12. *Cantin, F., Dubois, M.C.* Daylighting metrics based on illuminance, distribution, glare and directivity // *Lighting Research and Technology.*– 2011. – Vol. 43, No. 3. – P. 291–307.

13. *Habel, J., Zak, P.* The Present And Future Of Lighting Engineering // *Light & Engineering.*– 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 5–11.

14. *O'Connor, J., Lee, E., Rubinstein, F., Selkowitz, S.* Tips for daylighting with windows. Berkeley: Building Technologies Program. Energy & Environment Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 1997.

15. Illuminating Engineering Society of North America, IESNA lighting handbook, Reference and Application, 9th edition. – New York: IESNA, 2000.

16. *Ekren, N., Gorgulu, S.* An investigation into the usability of straight light-pipes in Istanbul // *Energy Education Science and Technology Part A. Energy Science And Research.*– 2012. – Vol. 30, No. 1. – P. 637–644.

17. *Atre, U., Nicklas, M., Zubizaretta, J.* The evolution of daylighting in our schools: challenges and solutions / *Proc. of 38th ASES National Solar Conference, 2009.*

18. International Energy Agency, Daylight in buildings: a source book on daylighting systems and components. International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. A Report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29, 2000.

19. *Omar, O.M.* Advanced daylight technologies for sustainable architectural design. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.

20. *Binan, M.* Ahşap Pencereleler (Wooden Windows). – Istanbul: Birsen Press, 1996.



Сертак Гёргүлү (Sertaç Görgülü), Ph.D. (2011 г.).

Доцент строительно-архитектурного факультета Университета им. Мехмета Акифа



Бахтияр Дурсун (Bahtiyar Dursun), Окончил в 2002 г.

Университет Мармара. Имеет более чем 10-летний опыт работы в сферах освещения, гибридных

энергетических установок и качества энергии. В настоящее время преподаёт на факультете технического образования Университета Кыркларели



Сурейя Кочабей (Süreyya Kocabey), Ph.D. (2008 г.).

Доцент факультета технического образования Университета Кыркларели. Член Турецкого национального светотех-

нического общества. Научные интересы: внутреннее освещение, энергосбережение и управление энергопотреблением в зданиях



Мурат Туна (Murat Tuna), M.Sc.

Преподаватель факультета технического образования Университета Кыркларели.

Научные интересы: электромобили,

размытая логика, нейросети и автоматические системы управления



Иззет Юксек (İzzet Yükses),

доктор архитектуры. Работает на факультете изобразительных искусств Университета им. Джелала Байара.

Реферирует ряд

международных журналов. Научные интересы: экологическое развитие, энергоэффективные здания

Самый энергоэффективный в своём классе

Как показывает практика, при выборе светильника со светодиодами для внутреннего освещения большинство потребителей руководствуется ценой прибора. Однако всё чаще крупные корпоративные заказчики задумываются об энергоэффективности и стоимости владения осветительной установкой в течение всего её жизненного цикла. Именно таким потребителям в первую очередь и адресована новинка **BL Group**, впервые представленная в середине 2014 года, – **GALAD «Кайро»**.



Светильник **GALAD «Кайро»**, предназначенный для офисов, общественных и административных зданий, как раз и является продуктом, высокая световая отдача которого (до 110–115 лм/Вт!) превосходно дополняется весьма привлекательной ценой (порядка 2500 руб.), низким потреблением мощности (44 Вт) и невысоким коэффициентом пульсации светового потока (3%). При этом используются только высококачественные белые японские светодиоды *Nichia* с коррелированной цветовой температурой 5000 К и общим индексом цветопередачи 80.

Габариты светильника – 595×595×45 мм, срок службы – 10 лет и гарантийный срок – 3 года.

В итоге прибор обладает превосходным потенциалом не только по сравнению со светильниками с традиционными люминесцентными лампами, но и способен предложить вполне приемлемые сроки окупаемости на фоне своих аналогов со светодиодами.

К тому же, **GALAD «Кайро»** недавно занял первое место в независимом рейтинге интерьерных светильников, организованном журналом «**LUMEN**».

<http://galad.ru>
03.12.2014

Экспериментальные исследования электрических и оптических характеристик безэлектродной УФ лампы трансформаторного типа

В.А. ЛЕВЧЕНКО, О.А. ПОПОВ, С.А. СВИТНЕВ¹, П.В. СТАРШИНОВ

ЗАО ПК «ЛИТ», ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», ФГБОУ ВПО «МФТИ ГУ», Москва

Аннотация

Проведены экспериментальные исследования электрических и оптических характеристик разрядной безэлектродной УФ лампы НД. Индукционный разряд трансформаторного типа в лампе возбуждался в смеси паров ртути (10^{-2} мм рт. ст.) с инертными газами *Ne* (60%) + *Ar* (40%) (1 мм рт. ст.) на частоте 225 кГц в замкнутой трубчатой колбе из кварцевого стекла диаметром 53 мм и длиной 760 мм. С повышением мощности лампы с 80 до 170 Вт потери мощности в её индукторе снижались с 45 до 24 Вт, а энергетический КПД разрядной части лампы в линии ртути 253,7 нм возрастал с 17 до 29%.

Ключевые слова: индукционный разряд, разряд НД, индуктор, УФ излучение.

¹ E-mail: SvitnevS@yandex.ru

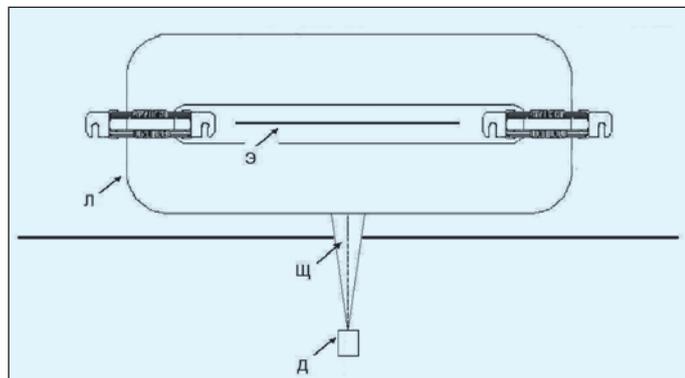


Рис. 1. Внешний вид лампы и схема, поясняющая принцип измерения потока УФ излучения в линии ртути 253,7 нм: Л – лампа, Щ – щель, Д – фотодатчик, Э – экран

Введение

Одним из основных недостатков современных мощных амальгамных ламп НД, которые являются самым распространенным искусственным источником жёсткого УФ излучения, является сравнительно низкий срок службы (около 12000 ч), обусловленный износом электродов. В связи с этим представляется целесообразным использовать индукционное возбуждение разряда, что позволяет отказаться от использования электродов и получить тем самым срок службы лампы более 30000 ч [1]. Также поэтому индукционные лампы могут работать при существенно меньшем давлении инертного газа, что даёт дополнительные возможности повышения энергоэффективности источников указанного излучения [1, 2].

Объектом исследований в данной работе являлась индукционная лампа трансформаторного типа с разрядной замкнутой колбой (трубкой) из кварцевого стекла (рис. 1). Габаритные размеры лампы – 340×135 мм, диаметр широкой части колбы – 53 мм, диаметр колбы в зоне установки индукторов – 38 мм. Геометрические размеры лампы выбирались близкими к размерам лампы *Endura 150W* (*Osram*). Лампа была наполнена смесью *Ne* (60%) + *Ar* (40%) при давлении 1 мм рт. ст., источником паров ртути служила индиевая амальгама. Для возбуждения разряда использовался индуктор лампы *Endura 150W*, представляющий собой два разрезных ферритовых кольца поперечного сечения $2,5 \text{ см}^2$ с внутренним и внешним диаметрами 43 и 65 мм. При этом на каждом кольце намотана индуктивная 16-витковая катушка (обмотка) из многожильного провода с тефлоновой изоляцией; катушки соединены параллельно.

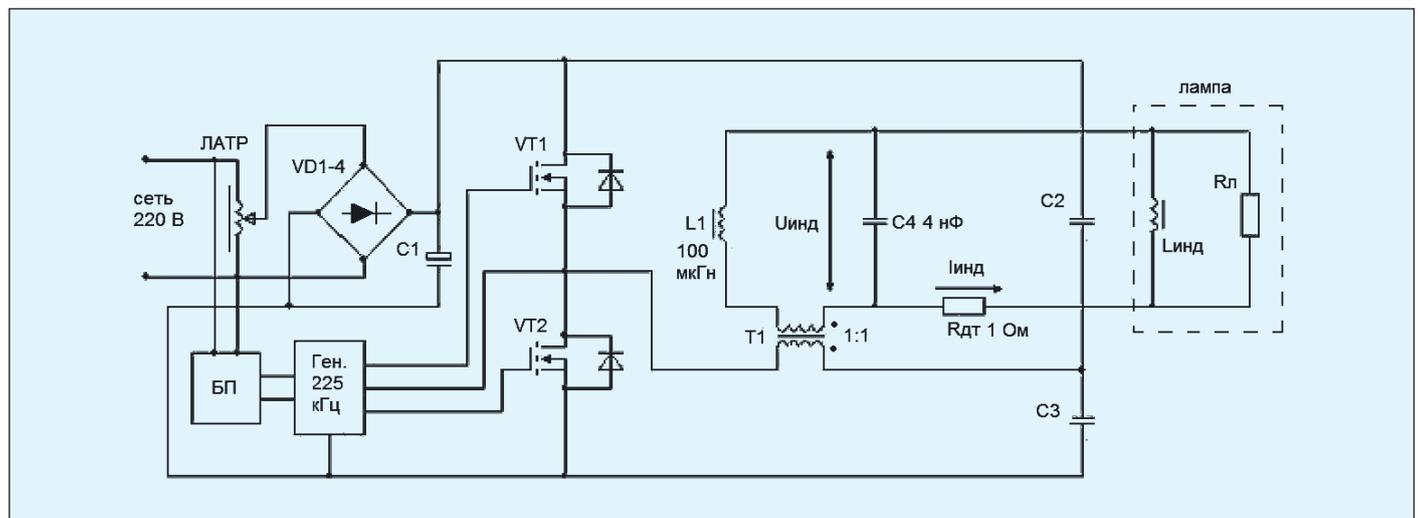


Рис. 2. Упрощённая принципиальная схема ЭПРА для лампы трансформаторного типа

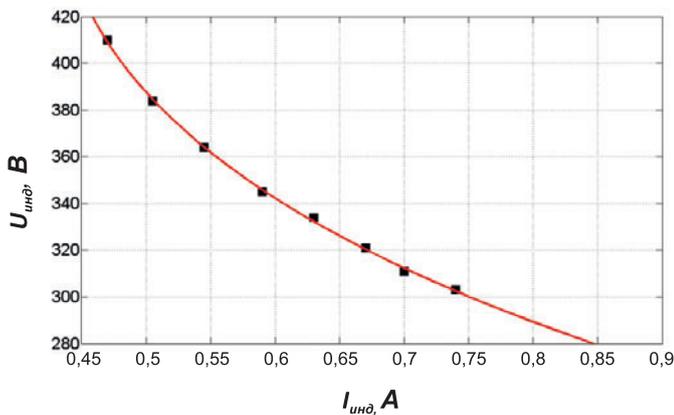


Рис. 3. Экспериментальная ВАХ лампы

Экспериментальная установка и результаты измерений

Для питания лампы использовался ЭПРА (рис. 2). ЭПРА работал на частоте 225 кГц и позволял менять режим работы лампы. Для этого с помощью ЛАТРа регулировалось напряжение, подаваемое на входной выпрямитель ЭПРА, и, следовательно, напряжение на обмотках индуктора (НОИ).

Для измерения тока индуктора и напряжения на его обмотках использовался широкополосный осциллограф *Tektronics TDS640A*. Мощность, потребляемая лампой P_L , определялась как

$$P_L = T^{-1} \int_0^T u(t)i(t)dt.$$

Результаты измерений электрических характеристик лампы приведены на рис. 3–6 и в таблице.

Из рис. 3 видно, что, как и в случае с двухэлектродным разрядом, ВАХ лампы (зависимость НОИ от тока индуктора) имеет падающий характер, в силу чего P_L уменьшается с увеличением НОИ (рис. 4). (Отметим, что под током индуктора здесь и далее подразумевается сумма токов, текущих через включённые параллельно обмотки индуктора.)

Из рис. 5 видно, что потери в индукторе растут с увеличением НОИ по близкой к квадратичной зависимости. Отметим, что основной вклад в мощность потерь в индукторе $P_{инд}$ вносят потери в ферритовых кольцах [3]. При измерениях $P_{инд}$ индуктор подключался к ЭПРА без разрядной колбы.

Снижение $P_{инд}$ с увеличением P_L (рис. 6) объясняется уменьшением НОИ (рис. 4).

По результатам экспериментальных исследований можно построить ВАХ индукционного разряда, которая может быть полезна при моделировании работы комплекта «лампа-ЭПРА» (в частности, для определения рабочей точки разряда). Для нахождения этой ВАХ сначала определялся сдвиг фаз между током индуктора и НОИ:

$$\varphi = \arccos(P_L \cdot (U_{инд} \cdot I_{инд})^{-1}), \quad (1)$$

где $U_{инд}$ и $I_{инд}$ – действующие НОИ и ток индуктора. Здесь

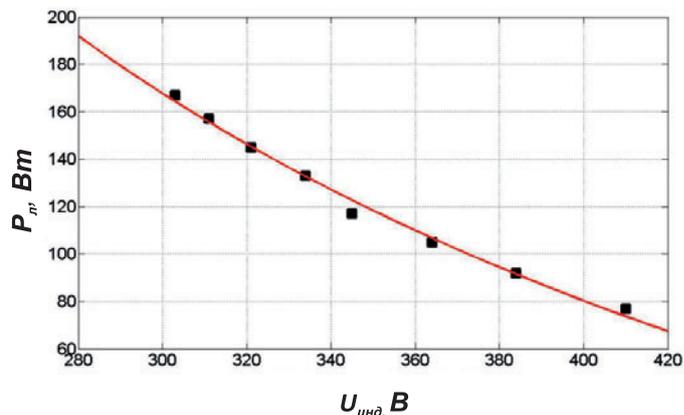


Рис. 4. Зависимость мощности лампы P_L от напряжения на обмотках индуктора $U_{инд}$

и далее будем считать, что ток индуктора и НОИ синусоидальны, что позволяет работать с комплексными выражениями этих величин: $\hat{U}_{инд}$ и $\hat{I}_{инд}$ соответственно. Данное допущение вполне обоснованно, т.к. ЭПРА работает на частоте, близкой к резонансной частоте контура L_1C_4 (рис. 2). При этом непосредственной проверкой с помощью многофункционального осциллографа *Tektronics TDS640A* было установлено, что коэффициент гармоник НОИ не выше 15%.

Предполагая активно-индуктивный характер эквивалентного сопротивления цепи «индуктор-разряд», имеем следующее:

$$\hat{I}_{инд} = I_{инд} \exp(-j\varphi), \quad j^2 = -1. \quad (2)$$

При этом ток разряда можно рассчитать по формуле

$$\hat{I}_p = 0,5 \cdot n \cdot \left[\hat{I}_{инд} - \hat{U}_{инд} \left((j\omega L_{инд})^{-1} + R_{ном}^{-1} \right) \right], \quad (3)$$

где n – число витков в каждой обмотке, $L_{инд}$ – эквивалентная индуктивность цепи «индуктор-разряд»,

$R_{ном} = U_{инд}^2 P_{инд}^{-1}$ – эквивалентное сопротивление, харак-

теризующее потери в индукторе, которое рассчитывается с использованием приведённой на рис. 5 зависимости $P_{инд}$ от $U_{инд}$. Коэффициент 0,5 в формуле (3) обусловлен наличием двух обмоток, включённых параллельно. Напряжение на разрядном витке U_p рассчитывалось как $U_p = 2 \cdot U_{инд} / n$.

На рис. 7 представлена ВАХ индукционного разряда, рассчитанная по экспериментальным данным с использованием формул (1)–(3). Видно, что она носит падающий характер, что типично для разряда лампы НД трансформаторного типа.

Рассчитанные как $E = U_p / A_p$ ($A_p = 760$ мм – длина разрядного витка) значения напряжённости ВЧ электрического поля в разряде (таблица) хорошо согласуются с измеренными значениями напряжённости электрического поля в разряде лампы трансформаторного типа с близкими конструктивными параметрами [4].

Напряжение на обмотках индуктора $U_{инд}$, В	Ток индуктора $I_{инд}$, А	Мощность лампы $P_{л}$, Вт	Удельный поток излучения разрядной части лампы в линии 253,7 нм, Вт/см	Ток разряда I_p , А	Напряженность ВЧ электрического поля в разряде, В/см
410	0,47	77	0,16	0,92	0,67
384	0,51	92	0,24	1,47	0,63
364	0,55	105	0,31	2,00	0,60
345	0,59	117	0,40	2,58	0,57
334	0,63	133	0,44	2,96	0,55
321	0,67	145	0,51	3,43	0,53
311	0,70	157	0,58	3,85	0,51
303	0,74	167	0,64	4,19	0,50

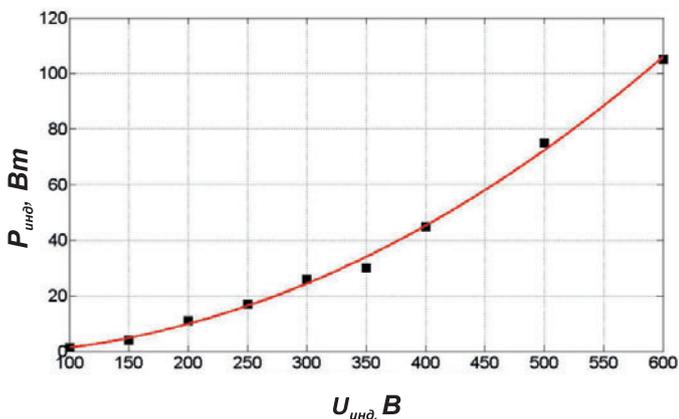


Рис. 5. Зависимость мощности потерь в индукторе $P_{инд}$ от напряжения на обмотках индуктора $U_{инд}$

Точные измерения потока излучения в резонансных линиях ртути 253,7 и 184,9 нм – задача нетривиальная, так как фотометрические шары для измерений в УФ области используются крайне редко из-за быстрой фотодеградации их внутреннего покрытия [2]. Кроме того, линия 184,9 нм лежит в ВУФ-области спектра, что существенно усложняет проведение экспериментов.

Авторы использовали следующую методику измерения потока излучения в линии ртути 253,7 нм разрядной части лампы (РЧЛ) $\Phi_{e,254}$ ². Лампа устанавливалась в заземлённый зачёрнённый металлический короб с размерами 2,0×0,7×0,7 м. Напротив лампы располагался экран со щелью шириной 3 см, «вырезающей» часть РЧЛ. Применялся также дополнительный экран, предотвращающий засветку фотодатчика тыльной половиной лампы. Фотодатчик (откалиброванная фотометрическая головка) радиометра³ располагался в 150 см от щели. С его помощью, с использованием закона обратных квадратов, определя-

² Поток излучения в линии ртути 184,9 нм не измерялся из-за отсутствия у авторов надлежащего измерительного оборудования.

³ Радиометр IL1700 фирмы *International light technologies* с фотометрической головкой SED240/W с косинусной угловой характеристикой, чувствительность которой на длине волны 253,7 нм составляла 3,04 мкА·м²/Вт.

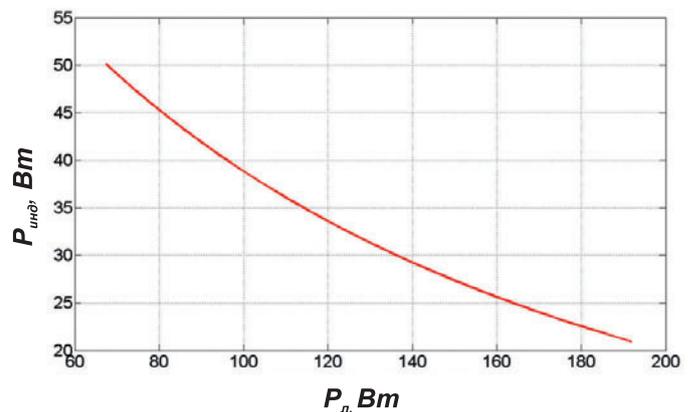


Рис. 6. Зависимость мощности потерь в индукторе $P_{инд}$ от мощности лампы $P_{л}$

лась часть $\Phi_{e,254}$, вырезаемая щелью. Затем рассчитывался $\Phi_{e,254}$ в предположении, что лампа – ламбертовский излучатель. Схема, поясняющая принцип измерения $\Phi_{e,254}$, показана на рис. 1. В соответствии с этим [2],

$$\Phi_{e,254} = \frac{\pi^2 i_{\delta} L_{дщ} (L_{дщ} + L_{щл}) h}{S_{\delta} \Delta_{щ}}$$

где $L_{щл} = 10$ см – расстояние от щели до РЧЛ, $L_{дщ}$ – расстояние от щели до фотодатчика, $\Delta_{щ}$ – ширина щели, h – длина РЧЛ (с учётом перекрытия части излучения РЧЛ индукторами), i_{δ} – ток фотодатчика, S_{δ} – чувствительность фотодатчика.

Зависимость $\Phi_{e,254}$ от электрических параметров лампы измерялась при оптимальном давлении ртути. При этом амальгама, размещённая в специальном отростке, либо подогревалась, либо охлаждалась мощным вентилятором. Оптимальный режим определялся по регистрируемому максимуму $\Phi_{e,254}$.

Как видно из рис. 8, увеличение $P_{л}$ вызывает рост $\Phi_{e,254}$, близкий к линейному. Для оценки эффективности генерации УФ излучения РЧЛ была учтена зависимость $P_{инд}$ от НОИ (рис. 5). Энергетический КПД РЧЛ в линии ртути 253,7 нм $\eta_{e,254}$ можно рассчитывать как

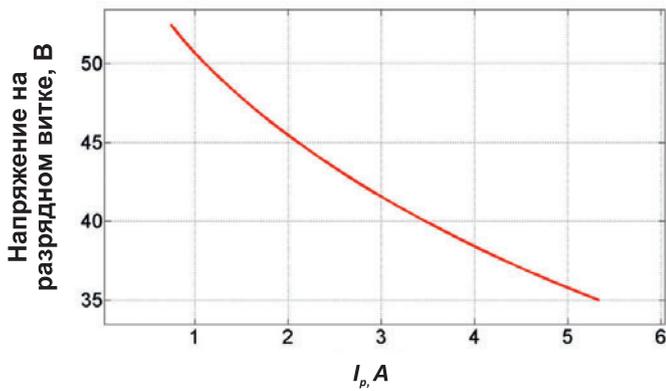
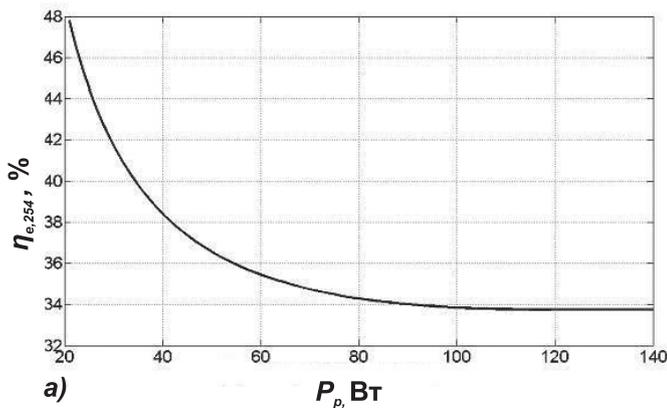


Рис. 7. Расчётная ВАХ индукционного разряда

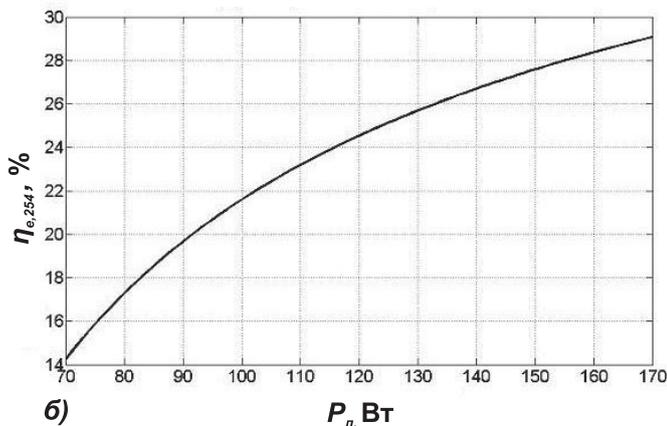
$$\eta_{e,254} = \Phi_{e,254} \cdot (P_l - P_{инд})^{-1}.$$

Разница $P_l - P_{инд}$ определяет мощность разряда лампы P_p .

Для кривой $\eta_{e,254}(P_p)$ (рис. 9, а) характерен медленный спад при $P_p > 80$ Вт. В то же время, как было показано выше, с увеличением P_l снижается $P_{инд}$. Поэтому представляется принципиально возможным создание высокоэффективных ламп повышенной мощности. Это подтверждается приведённым на рис. 9, б графиком. Отметим, что увеличивать P_l до предела не представляется целесообразным, так как у зависимости $\eta_{e,254}(P_p)$, ве-



а)



б)

Рис. 9. Зависимости энергетического КПД разрядной части лампы в линии ртути 253,7 нм $\eta_{e,254}$ от мощности разряда P_p (а) и мощности лампы P_l (б)

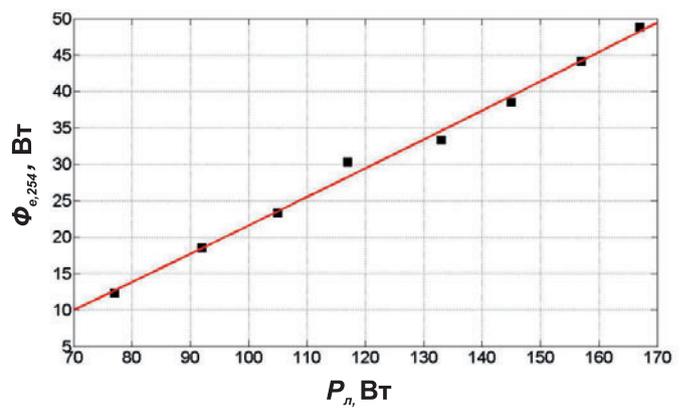


Рис. 8. Зависимость потока излучения разрядной части лампы в линии ртути 253,7 нм $\Phi_{253,7}$ от мощности лампы P_l

роятно, должен быть максимум в области P_p , не исследованных в настоящей работе. Другие способы повышения $\eta_{e,254}$ для ламп подобной конструкции заключаются в снижении давления инертного газа и оптимизации состава амальгамы, а также в выборе кварцевых колб (трубок) с максимально высоким пропусканием на длине волны 253,7 нм. В настоящий момент авторами ведутся экспериментальные и теоретические исследования по данным направлениям.

Заключение

Эксперименты показали перспективность безэлектродных УФ ртутных ламп НД трансформаторного типа повышенной (> 200 Вт) мощности. Однако для отбора наиболее эффективных их вариантов необходим поиск оптимального состава и давления газовой смеси, длины и диаметра разрядной колбы (трубки), состава амальгамы и места её расположения в колбе.

Необходимо отметить ещё одно из возможных применений УФ данного типа. Так как безэлектродные лампы могут работать при весьма малых (< 01 мм рт. ст.) давлениях инертного газа, то можно ожидать получения сравнительно высокого ($> 20\%$) энергетического КПД РЧЛ в резонансной линии ртути 184,9 нм [5]. Область применения таких ламп, оптимизированных для эффективного излучения в этой линии, может быть достаточно широка – от озонирования до фотолитографии в микро- и нанoeлектронике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов О.А. Исследование и разработка индукционных люминесцентных источников света на частотах 100–15000 кГц / Дис... д-ра техн. наук. – М.: НИУ «МЭИ», 2012.
2. Свитнев С.А. Эффективный источник ультрафиолетового излучения на основе разряда низкого давления / Дис... к-та техн. наук. – М.: НИУ «МЭИ», 2012.
3. Попов О.А. Индукционные источники света: учебное пособие. – М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 64 с.
4. Godyak, V., Piejak, R, Alexandrovich, B. The electron energy distribution and plasma parameters of an ICETRON lamp / Proc. 9th Int'l. Symp. Sci. Technol. Light Sources. – Ithaca. – August 2001. – P. 157–158.
5. Собур Д.А. Исследование генерации вакуумного ультрафиолетового излучения ртутным разрядом низкого давления / Дис... к-та ф.м. наук. – М.: МФТИ, 2011.



Левченко Владимир Александрович, физик. Окончил МФТИ. Аспирант ФГБОУ ВПО «МФТИ ГУ»



Свитнев Сергей Александрович, кандидат техн. наук. Окончил в 2009 г. МЭИ (ТУ). Ведущий инженер ЗАО ПК «ЛИТ»



Попов Олег Алексеевич, доктор техн. наук. Окончил в 1965 г. МЭИ. Профессор кафедры «Светотехника» ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»



Старшинов Павел Валерьевич, студент кафедры «Светотехника» ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»

С развитием производства и нормативной базы свет в России станет эффективнее и надёжнее

Проблемы перехода России на энергоэффективные источники света обсудили 13 ноября участники пленарной сессии в рамках форума «Светотехника: нормы, стандарты, измерительное оборудование», организованного *Messe Frankfurt RUS* совместно с ООО «ВНИСИ» и ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг».

Тема пленарной сессии является актуальной для всех жителей страны – от глав корпораций до домохозяек. «В настоящее время в светотехнике происходят глобальные изменения, связанные с появлением и развитием принципиально новых полупроводниковых источников света, а также высоким приоритетом энергоэффективного освещения для российского рынка», – комментирует Сергей Боровков, генеральный директор ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг». Однако более половины всех светодиодных осветительных приборов, большинство которых поставляется странами Юго-Восточной Азии, выходят из строя менее чем через год после начала эксплуатации.

Участниками сессии были предложены меры, которые необходимо оперативно принять в стране для того, чтобы российскому потребителю были доступны качественные и энергоэффективные лампы и светильники. Так, внедрение единой и объективной системы контроля параметров изделий в независимых лабораториях как обязательной процедуры для участия в госзакупках позволит отсеять недобросовестных поставщиков.

В качестве меры, способной решить комплекс задач, стоящих перед отечественной светотехнической отрас-

лью, выступающие отметили развитие отечественного светодиодного производства и увеличение доли его локализации. «Этот сценарий позволит не только естественным образом уменьшить долю иностранных товаров, поступающих на рынок, но и приведёт к развитию смежных отраслей, увеличению энергоэффективности российской экономики и росту ВВП страны», – отметил Алексей Мохнаткин, генеральный директор группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника».

«Разработка и внедрение в практику актуальных норм и стандартов – условие существования цивилизованного рынка в той или иной области техники. В полной мере это относится к светотехнике, достижения которой широко используются практически во всех областях жизнедеятельности современного общества», – сказал Рашид Артиков, руководитель оргкомитета Консультативного Совета при Председателе комитета по энергетике Государственной Думы ФС РФ.

В настоящее время идёт серьезная реконструкция практически всей системы стандартизации в области светотехники. За последние 3 года, благодаря усилиям профессионального сообщества, в т.ч. ООО «ВНИСИ», разработано более 30 новых стандартов по источникам света и световым приборам, появление которых с удовлетворением было встречено широкой общественностью.

А.А. Авраменко, ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника», Санкт-Петербург

Сравнение равноконтрастных колориметрических систем

В.Е. ИВАНОВ, Т.В. ШИРОКИХ¹

Филиал ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск

Аннотация

Два излучения воспринимаются разноцветными, если цветовое различие больше порога цветоразличения. Геометрическое место точек, равноудалённых от заданного цвета на один порог, в общем случае близко к эллипсоиду. Как правило, эллипсоиды цветовых порогов имеют разное направление осей и разные размеры в разных точках цветового пространства, что затрудняет определение цветовых контрастов. Для решения этой задачи строят равноконтрастные системы, в которых эллипсоиды должны преобразовываться в сферы одинакового размера в каждой точке цветового пространства. В данной работе проведён сравнительный анализ существующих равноконтрастных колориметрических систем и представлены цветовые пространства этих систем (включая систему *CIELAB*) с линиями одинаковой цветовой насыщенности.

Ключевые слова: цвет, цветность, равноконтрастная колориметрическая система, линии одинаковой цветовой насыщенности, цветовой порог.

Введение

Колориметрические системы КЗС, XYZ и им подобные строго идентифицируют цвет посредством координат цвета. Однако оценивать визуальное различие между цветами эти системы не позволяют, так как расстояния между точками на диаграмме цветности и в цветовом пространстве не соответствуют различиям ощущений цветностей и цветов. Такая оценка осуществляется в равноконтрастных системах, в которых указанные расстояния соответствуют различиям ощущений.

Выбор равноконтрастной колориметрической системы является важной задачей, в частности, при создании приборов объективной оценки цвета бриллиантов и алмазов. При этом необходимо учитывать, что отношение яркости объекта к яркости фона равно единице, а угловой размер объекта наблюдения составляет менее четырёх градусов [1].

Анализ равноконтрастных систем

В зависимости от принципа построения равноконтрастные системы подразделяются на следующие группы [2–4]:

А – системы, использующие проективную трансформацию стандартного цветового графика МКО;

Б – системы, в которых цветность излучения характеризуется разностью нелинейных функций координат цвета;

В – системы, базирующиеся на атласах цветов Манселла и Рихтера;

Г – системы, базирующиеся на использовании значений порогов цветоразличения, определённых Мак-Адамом и Брауном.

Во всех этих колориметрических системах цветовое различие определяется как расстояние в трёхмерном цветовом пространстве, в качестве двух координат которого приняты координаты, характеризующие цветность излучения, а в качестве третьей – светлота. Одной из систем группы А является система Р. Хантера – Д. Джадда. В ней коэффициенты подобраны так, чтобы на получающемся цветовом графике нанесённые на него цвета Манселла, отличающиеся между собой на одинаковое число цветовых порогов цветоразличения, отстояли бы друг от друга на равном расстоянии. К этой же группе относится колориметрическая система, предложенная Г. Вышецки, в которой применяются системы проективной трансформации, предложенные Мак-Адамом.

К равноконтрастным системам группы Б относятся системы Е. Адамса-Д. Никерсон и Д. Шкловера.

В системе Адамса-Никерсон координаты цветности определяются вычитанием нелинейных функций, в качестве которых приняты функции v , полученные Манселлом. Функции v_x , v_y , v_z находятся по соответствующим значениям, с помощью специально разработанных таблиц.

В системе Шкловера (рис. 1) для получения сигналов цветности предложено использовать разности нелинейных функций реакций физиологических приёмников К, З, С. В качестве таких функций приняты логарифмические:

$$V_\alpha = a_1 \lg \frac{K+A}{3+A} = a_1 \lg \frac{\alpha+\gamma}{1+\gamma},$$

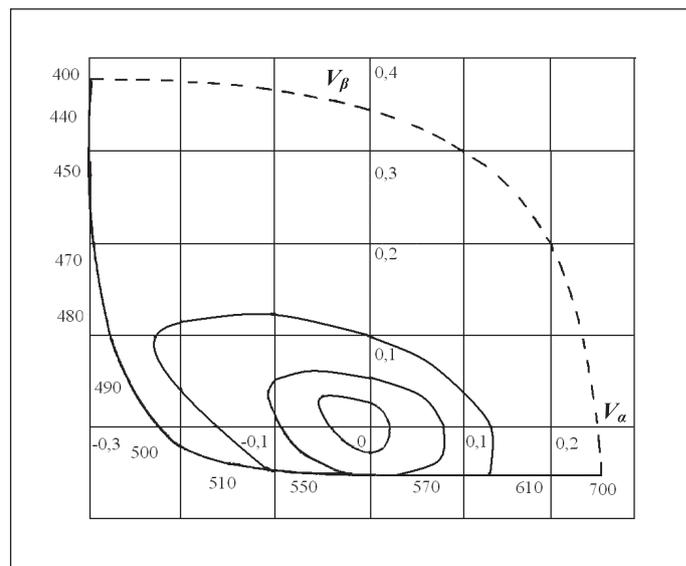


Рис. 1. Цветовое пространство системы Шкловера с линиями одинаковой цветовой насыщенности

¹ E-mail: Kafedra_Physik@mail.ru

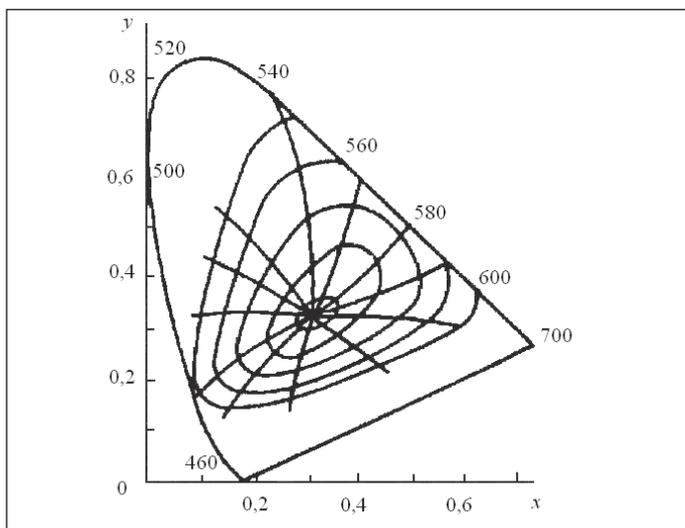


Рис. 2. Линии постоянных значений насыщенности и цветового тона цветов атласа Манселла

$$V_{\beta} = a_1 \lg \frac{C+A}{3+A} = a_1 \lg \frac{\beta+\gamma}{1+\gamma}.$$

Введение в логарифмическую зависимость постоянного коэффициента позволяет учитывать уменьшение контрастной чувствительности глаза с уменьшением яркости, причём разным значениям этого коэффициента соответствуют разные условия адаптации.

К группе В относятся равноконтрастные колориметрические системы, базирующиеся на атласах цветов Манселла (системы Д. Никерсон и И. Балинкина) и Рихтера (система М. Рихтера). Линии постоянного цветового тона и насыщенности атласа Манселла (при светлоте 5/), нанесённые на цветовой график МКО, приведены на рис. 2. Видно, что линии постоянных значений цветового тона этого атласа имеют не вполне прямолинейную форму, а линии постоянных значений насыщенности не совпадают с линиями насыщенности цветового графика МКО 1931. Это говорит о приближённом характере оценок чистоты и цветового тона разных цветов.

Равноконтрастные системы группы Г базируются на экспериментах по определению цветовых порогов различия, выполненных статистическими методами как в плоскости постоянной яркости, так и в цветовом пространстве. Полученные Мак-Адамом эллипсы цветоразличения для 25 точек цветового графика позволили ему рассчитать соответствующие метрические коэффициенты и экстраполировать их на всю плоскость цветового графика. Эти коэффициенты использованы в системе Мак-Адама.

Как известно, два излучения, имеющие разные координаты цветности, воспринимаются разноцветными, если их различия в цвете больше порога цветоразличения.

Геометрическое место точек, равноудалённых от заданного цвета на один порог, в общем случае близко к эллипсоиду. Для единичных цветов кривая, характеризующая геометрическое место точек, удалённых на один порог от точки заданного цвета, представляет собой эллипс, получающийся в пересечении эллипсоида с плоскостью единичных цветов.

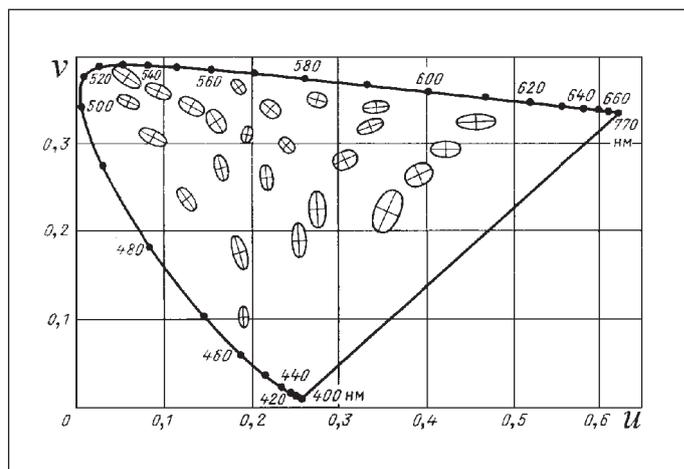


Рис. 3. Пороговые эллипсы Мак-Адама на цветовом графике МКО 1960

В общем случае эллипсоиды цветовых порогов имеют разное направление осей и разные размеры в разных точках цветового пространства, что и затрудняет определение цветовых контрастов. Для решения этой задачи строят равноконтрастные системы, в которых эллипсоиды преобразуются в сферы одинакового размера в каждой точке пространства, и сечение этих сфер плоскостью диаграммы цветности в каждой точке диаграммы даёт равноэллиптические окружности.

Простейшей равноконтрастной системой является система uv МКО 1960 [2, 3], в которой координаты цветности u , v определяются линейным преобразованием координат цветности x , y или координат цвета X , Y , Z :

$$u = \frac{4x}{-2x+12y+3} = \frac{4X}{X+15Y+3Z},$$

$$v = \frac{6y}{-2x+12y+3} = \frac{6Y}{X+15Y+3Z}.$$

В равноконтрастном пространстве цветовой контраст пропорционален длине разностного вектора, поэтому различие цветностей можно характеризовать разностью

$$\Delta e = \sqrt{(\Delta u)^2 + (\Delta v)^2}.$$

Система uv не вполне равноконтрастна (из рис. 3 видно, что эллипсы не преобразовались в равные окружности) и пригодна лишь для ограниченного применения (например, сравнение однотипных цветов средней яркости, не слишком отличающихся по насыщенности).

В 1976 г. система uv с равноконтрастной диаграммой цветности была преобразована в систему с равноконтрастным пространством, для этого к иначе определённым координатам цветности, ими стали u^* и v^* , была добавлена светлота L^* , поэтому она получила обозначение $u^*v^*L^*$ [2, 3]. В новой системе координаты цветности u^* и v^* определяются для отражающей (пропускающей) поверхности через отклонение координат u' и v' от координат белого цвета u'_6 и v'_6 , а светлота определяется через коэффициент яркости $B=Y/Y_6$:

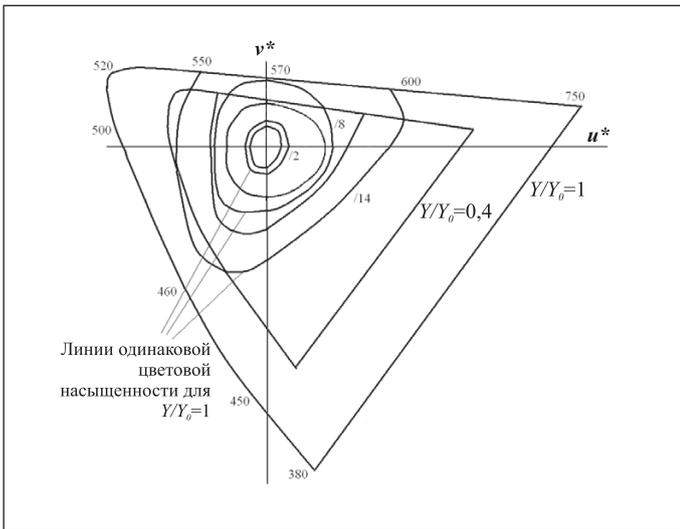


Рис. 4. Цветовое пространство системы CIELUV с линиями одинаковой цветовой насыщенности

$$L^* = 116 \sqrt[3]{Y/Y_0} - 16,$$

$$u^* = 13L^*(u' - u'_0),$$

$$v^* = 13L^*(v' - v'_0),$$

$$u' = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z},$$

$$v' = \frac{9y}{-2x + 12y + 3} = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}.$$

Диаграмма цветности в координатах u^*v^* отличается от диаграммы МКО 1960 лишь изменённым в 1,5 раза масштабом по оси v^* , диаграммы в координатах u^*v^* имеют разные размеры, учитывающие изменение объёма тела цветовых ощущений по мере роста светлоты (рис. 4).

Различие цветов в системе $L^*u^*v^*$ учитывает не только цветность, но и светлоту:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2}.$$

Различие цветностей определяется как

$$\Delta e^* = \sqrt{(\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2}.$$

Как было отмечено, системы uv и $L^*u^*v^*$ не вполне равноконтрастны. Поэтому разработаны и другие системы; в частности, одновременно с системой $L^*u^*v^*$, обозначаемой как CIELUV, в 1976 г. была принята система $L^*a^*b^*$, получившей обозначение CIELAB [2, 3]:

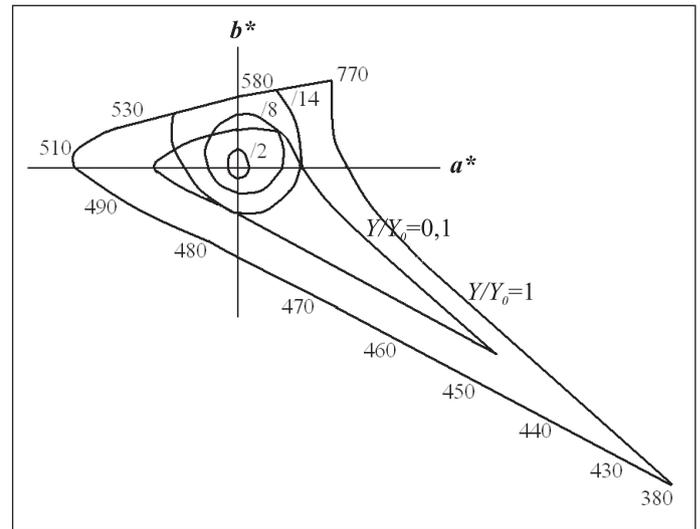


Рис. 5. Цветовое пространство системы CIELAB с линиями одинаковой цветовой насыщенности

$$L^* = 116 \sqrt[3]{Y/Y_0} - 16,$$

$$a^* = 500 \left(\sqrt[3]{X/X_0} - \sqrt[3]{Y/Y_0} \right),$$

$$b^* = 200 \left(\sqrt[3]{X/X_0} - \sqrt[3]{Z/Z_0} \right).$$

Система CIELAB в явном виде не содержит диаграммы цветности, однако рассчитывать координаты цвета монохроматических излучений и чистых пурпурных цветов можно, задавая определённым значением коэффициента яркости $B=Y/Y_0$. Такие расчёты нами выполнены относительно белого излучения – источника C – с координатами (0,3101; 0,3162) для значений коэффициентов яркости 0,1; 0,25; 0,49 и 1,0 (рис. 5).

Аналогичные расчёты проведены нами и для системы CIELUV (рис. 4). Оба рисунка существенно отличаются по виду. Обращает внимание сильно вытянутый участок чистых фиолетовых и близких к ним цветов в системе CIELAB, свидетельствующий об их очень высокой насыщенности, что, однако, не находит подтверждения в системе CIELUV (рис. 4), а также в равноконтрастных системах Болдырева-Мартынова и Матвеева-Беляевой [4], в которых эллипсы цветовых порогов достаточно близки к окружностям равного диаметра (рис. 6). Не подтверждается высокая насыщенность чистых фиолетовых цветов и в равноконтрастной системе Шкловера. Обращает внимание разная форма линий цветности чистых пурпурных цветов на всех диаграммах, что говорит о несовершенстве всех существующих равноконтрастных систем, не находящихся приближения друг к другу

В равноконтрастной системе фигуры цветовых порогов должны быть окружностями одинакового диаметра,

Таблица

К сравнению равноконтрастных колориметрических систем

Колориметрическая система	UV	CIELUV	CIELAB	$v_k v_3 v_c$	Шкловера
$a:b$	1,3:1,0	1,1:1,0	1,1:1,0	1,2:1,0	2,0:1,0
Эллиптичность цветовых порогов	2,2:1,0	1,7:1,0	3,0:1,0	1,1:1,0	-

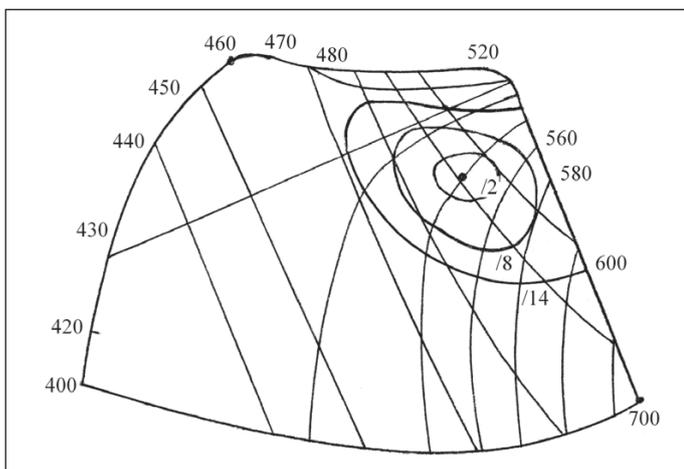


Рис. 6. Цветовое пространство системы Матвеева-Беляевой с линиями одинаковой цветовой насыщенности

но это не выполняется ни в системе МКО 1960, ни в системе *CIELUV*. В то же время как хорошая реализация равноконтрастного пространства рассматривается атлас Манселла. При этом линии постоянной насыщенности образцов атласа в равноконтрастной системе должны преобразовываться в равные окружности с равным приращением радиуса при одинаковом приращении насыщенности.

В качестве примера на цветовых графиках рассмотренных колориметрических систем приведены линии одинаковой цветовой насыщенности, соответствующие /2, /8, /14 атласа Манселла и светлоте 5/. Линии одинаковой цветовой насыщенности отличаются от окружностей: в среднем отношении наибольшего линейного размера a к наименьшему b колеблется от 2,0: 1 в системе Шкловера до 1,1: 1,0 в системе *CIELUV* (таблица).

Заключение

Анализ колориметрических систем МКО 1960, Шкловера, *CIELUV*, *CIELAB*, Матвеева-Беляевой показал, что ни одна из них не является равноконтрастной. И всё-таки, на наш взгляд, предпочтение следует отдать системе

CIELUV, где: во-первых, линии одинаковой цветовой насыщенности распределены более равномерно в цветовом пространстве и в меньшей степени отличаются от окружностей, чем, например, в системе Шкловера; во-вторых, эллиптичность цветовых порогов значительно меньше, чем в системе *CIELAB*; в третьих, данная система имеет простые расчётные формулы, связанные с системой *XYZ* простыми зависимостями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров А.М., Нюбин В.В., Широких Т.В. Исследование условий оценки цвета бриллиантов / Материалы VI Российской конференции с участием зарубежных специалистов «Физика и технология алмазных материалов». – М.: АО Полярон, 1996. – С. 42–45.
2. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов. В 2-х ч. Ч.2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
3. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978. – 592 с.
4. Матвеев А.Б., Беляева Н.М. Равноконтрастная цветовая система // Светотехника. – 1965. – № 9. – С. 1–6.



Иванов Валерий Евгеньевич, кандидат техн. наук, доцент. Окончил в 1974 г. Смоленский государственный педагогический институт по специальности «Физика». Доцент кафедры «Физика» Филиала ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. Область научных интересов: фотометрия, полупроводниковые фотопреобразователи



Широких Татьяна Васильевна, кандидат техн. наук, доцент. Окончила в 1978 г. МЭИ (Смоленский филиал) по специальности «Светотехника и источники свет». Доцент кафедры «Физика» Филиала ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. Область научных интересов: колориметрия и фотометрия

Подписывайтесь на журнал

На 1-е полугодие
2015 года

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

**СВЕТО
ТЕХНИКА**

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

Первый международный семинар по циркадному и нейрофизиологическому воздействию света (2013 г.): взгляд физика на разработку стандартных единиц измерения

С.Н. ПЕИРСОН, Л.Л.А. ПРАЙС¹

Отделение клинической нейробиологии Наффилда, Оксфорд, Великобритания; Центр радиационной, химической и экологической безопасности Министерства здравоохранения Великобритании, Дидкот, Великобритания

Аннотация

Международный семинар, посвященный незрительному воздействию света, который проводился в 2013 г., разработал рекомендации по пяти новым единицам измерения [1]. В статье подробно рассмотрены модели, использовавшиеся для формирования этих единиц, и выбранная шкала.

Ключевые слова: свет, спектральная эффективность, незрительное воздействие, сетчатка, стандартизация, размерность, стандартный наблюдатель.

1. Введение

В январе 2013 г. учёные из разных центров, занимающихся исследованиями циркадианных и нейрофизиологических реакций на воздействие света, встретились на международном семинаре с целью выработки единой точки зрения на спектральную эффективность незрительного воздействия света. Достигнутые результаты не вполне совпали с ожидавшимися.

Семинар предложил пять новых единиц измерения для описания воздействия света, по одной для каждого из известных фотопигментов сетчатки глаза человека. Прежде чем эти рекомендованные единицы смогут быть реализованы в виде, позволяющем считать их аналогами «люкса», потребуется дополнительная работа. Если часть этой дополнительной работы была ожидаемой, то другие аспекты пришлось добавить, чтобы исследователи смогли бы следовать разработанным на семинаре рекомендациям.

Именно эта дополнительная работа и будет здесь подробно описа-

на. Она позволит определить, как следует рассчитывать эти пять аналогичных люксу величин, как стандартизировать функции спектральной эффективности и совместить их с постоянной спектральной световой эффективностью (*spectral luminous efficacy constant*) и как разработка комплексной модели пре-рецепторных (до попадания на сетчатку) отражения, пропускания и поглощения попадающего в глаз света сделает возможным интуитивное сравнение с люксом, функцией относительной спектральной световой эффективности $V(\lambda)$ и постоянной спектральной световой эффективности.

2. Формирование спектра действия

Функции спектральной чувствительности формируются с использованием двух основных элементов:

- совокупности параметров пигментов [2] в сочетании с имеющимися данными о длинах волн максимумов в спектрах поглощения опсинов сетчатки глаза человека;
- модели прохождения света сквозь глаз человека, позволяющей учесть предварительную фильтрацию света.

2.1. Стандартизация и многомерность

Менее очевидные элементы, использовавшиеся при формировании этих функций, включают в себя:

- преобразование спектральной чувствительности в соответствии с требованиями радиометрии;
- приведение спектральной чувствительности в соответствие с фотометрическими единицами при помощи равноэнергетического стандартного излучателя (стандартное излучение E).

Значение новой α -оптической (α -opic) эквивалентной освещённости

E_α можно рассчитать по спектральной плотности облучённости $E_{e,\lambda}(\lambda)$ [1, 3]:

$$E_\alpha = K_N \int E_{e,\lambda}(\lambda) \cdot N_\alpha(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где K_N – постоянная спектральной световой эффективности: $K_N = 683 \cdot \int V(\lambda) d\lambda = 73000$; $N_\alpha(\lambda)$ – спектр, приведённый к единице площади при интегрировании по длине волны в нанометрах.

Стандартизация осознанно проведена не в соответствии с рекомендациями системы СИ [4], поэтому не следует ожидать, что эти единицы в обозримом будущем будут рекомендованы МКО в том виде, в котором они были предложены семинаром. Материалы работы семинара [3] содержат замечания о проблемах, связанных с рекомендуемым системой СИ подходом и размерностью спектров действия.

2.2. Пре-рецепторная фильтрация и стандартный наблюдатель

В принятую модель пре-рецепторной фильтрации было введено несколько важных изменений, не рассматривавшихся ранее:

- Были введены поправки на самоэкранирование, обусловленное довольно большой оптической плотностью пигментов фоточувствительных органоидов (за исключением меланопсина).
- Не использовались стандартные функции, например, базовые реакции колбочек, так как невизуальные эффекты связаны с восприятием света периферийными участками сетчатки. (Важно то, что макулярный пигмент в этой области отсутствует.)
- Учитывающая возраст и экспериментально проверенная модель хрусталика глаза [5] была принята с некоторыми изменениями:
 - были восстановлены полученные ранее данные для диапазона длин

¹ E-mail: Luke.Price@phe.gov.uk.

По материалам доклада на конференции МКО «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.2014, Куала-Лумпур, Малайзия.

Перевод с англ. Е.И. Розовского

**\log_{10} α -опических эквивалентов выраженных в люксах величин применительно к излучателям, обеспечивающим освещённость 100 лк (т.е. $2 \log_{10}$ люкс).
ipRGC – фоточувствительные ганглионарные клетки сетчатки**

Пигмент	Освещённость в условиях дневного зрения	Цианопсин	Меланин	Родопсин	Хлоропсин	Эритропсин
Рецептор		Колбочки S-типа	<i>ipRGC</i>	Палочки	Колбочки M-типа	Колбочки L-типа
Излучатель	Излучатели, приведённые в «инструментарии»! [1]					
Равноэнергетическое излучение (E)	2	2	2	2	2	2
Лампа накаливания (A)	2	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
Дневной свет (D65)	2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Люминесцентная лампа (FII)	2	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0
Светодиод (~ 4730 К)	2	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
Пиковая длина волны, нм	Узкополосные (квазимонохроматические) излучатели, полуширина полосы = 40 нм					
440	2	3,7	3,2	3,1	2,7	2,4
480	2	2,6	2,8	2,7	2,4	2,1
520	2	0,8	2,1	2,1	2,1	1,9
560	2	-0,9	1,3	1,7	1,9	1,9
600	2	-2,3	0,4	1,1	1,8	2,0
640	2	-3,2	-0,5	0,3	1,5	2,1
T_c , К	Излучение чёрного тела с цветовой температурой T_c					
2000	2	1,1	1,5	1,6	1,9	2,0
3000	2	1,5	1,8	1,8	1,9	2,0
5000	2	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
7000	2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
10000	2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
15000	2	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0

волн 400–420 нм [6];

- оптическая плотность была экстраполирована «на глазок» до 380 нм с использованием полулогарифмической диаграммы;

- на той же диаграмме была проведена аппроксимация данных на участке 560–650 нм, которая была экстраполирована до 780 нм;

- в интервале 400–470 нм функция была «на глазок» несколько сглажена.

- В качестве наружной поверхности глаза рассматривалась слёзная плёнка, а не роговица (как это обычно принято); френелевское отражение на этой поверхности считалось не зависящим от длины волны, а на других поверхностях внутри глаза это отражение считалось отсутствующим или пренебрежимо малым.

- Реакция на незрительное воздействие света считалась примерно косинусной функцией в плоскости, параллельной плоскости зрачка. (Обратите внимание на то, что у других осо-

бей зрачки не обязательно обращены в одну и ту же сторону – дополнение автора.)

При выборе стандартного наблюдателя (возраст 32 года, нерасширенный зрачок) учитывался базовый набор данных, положенных в основу фотометрических единиц измерения [7]. Это помогло обеспечить непротиворечивость фотометрических и рекомендованных (но не МКО) эквивалентных люксу α -опических единиц измерения. Результаты пре-рецепторной фильтрации (но без самоэкранирования) также сравнивались с данными ряда других исследований по пропусканию хрусталика глаза человека и пре-рецепторной фильтрации.

3. Обсуждение

Основное преимущество совмещения информации о коэффициенте пропускания и характеристик пигментов состоит в том, что этот подход

обеспечивает возможность формирования функций относительной спектральной эффективности и их корректировки в рабочем порядке по мере поступления новых экспериментальных данных. Например, при внесении исправлений возможно и полезно было бы заменить данные о пре-рецепторной фильтрации на формальную модельную функцию, сохраняя при этом связь со стандартным наблюдателем. Будучи реализовано, это обеспечит получение действительно целостной модели относительной спектральной эффективности.

Более того, при таком подходе к стандартизации единицы измерения могут интуитивно сравниваться как биологами, так и светотехниками. Для иллюстрации последнего положения, в таблице приведены некоторые типичные данные для хорошо знакомых и стандартных излучателей (данные взяты из «инструментария» [1]).

Даже логарифмические величины

Поздравляем

доктора технических наук, профессора
О.М. Михайлова



Глубокоуважаемый Олег Михайлович!

Нам приятно поздравить Вас с решением редколлегии и редакции журнала «Светотехника» считать Вас лучшим рецензентом журнала в 2014 году. Это означает, что Вам будет подарена подписка на журналы «Светотехника» и «Light & Engineering» на 2015 год. Поздравляем Вас и желаем творческих успехов, крепкого здоровья и дальнейшего укрепления сотрудничества с редакцией журналов.

Главный редактор журналов «Светотехника» и «Light & Engineering», доктор техн. наук, проф. Ю.Б. Айзенберг

ясно говорят о том, что для всех фоторецепторов только дневной свет $D65$ близок к равноэнергетическому. Узкополосные излучатели демонстрируют высокую селективность, и изменения длины волны приводят к значительным изменениям стимулов. Воздействие излучения чёрного тела с цветовой температурой выше 5000–7000 К мало меняется при увеличении температуры. Следует также заметить, что содержащийся в колбочках L -типа эритропсин ведёт себя совсем не так (по отношению к фотометрическому люксу), как другие опсины, так как максимум его спектральной эффективности приходится на длину волны более 555 нм и он имеет более широкую функцию спектральной эффективности в области коротких длин волн.

4. Заключение

В статье проведено сравнение разработанного семинаром подхода с предшествующими предложениями [8–11]: существенное значение имеет сделанный семинаром вывод о том, что ни одна из функций спектральной эффективности не описывает чувствительность к любому из незрительных воздействий во всех ситуациях (условиях) [1]. Это означает, что семинар не обеспечил промышленность возможностью прогнозирования воздействия света на здоровье и самочувствие людей.

Практически вполне возможно моделирование разных сценариев с вовлечением каждой спектральной функции по отдельности (например, [12, 13]), однако в будущем функции спектральной эффективности следует формировать на основе динамических теорий, совмещающих все пять базовых функций, лежащих в основе полной спектральной чувствительности к незрительному воздействию света.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lucas, R.J. et al. Measuring and using light in the melanopsin age // Trends in Neurosciences.– 2014. – Vol. 37, No. 1. – P. 1–9.
2. Govardovskii, V.I. et al. 2000. In search of the visual pigment template // Visual Neurosci.– 2000. – Vol. 17, No. 4. – P. 509–528.
3. CIE TN 003:2014. On The 1st International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013. – Vienna: CIE, 2014 [In press].

4. BIPM 2008: The International System of Units (SI), 8th Edition. – Paris: BIPM.

5. Pokorny, J., Smith, V.C. The Verriest Lecture: How much light reaches the retina? / Colour Vision Deficiencies XIII. – Springer Netherlands, 1997. – P. 491–511.

6. Wyszecki, G., Stiles, W.S. Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae / Wiley Classics Library edition 2000 (from 2nd edition 1982). – New York: Wiley, 2000.

7. Gibson, K.S., Tyndall, E.P.T. Visibility of radiant energy // Bur Stand (US) Sci Paper No. 475.– 1923. – Vol. 19. – P. 131–191.

8. Enezi, J. et al. A «melanopic» spectral efficiency function predicts the sensitivity of melanopsin photoreceptors to polychromatic lights // J. Biol. Rhythm.– 2011. – Vol. 26, No. 4. – P. 314–323.

9. Rea, M.S., Figueiro, M.G., Bierman, A., Bullough, J.D. Circadian light // J. Circadian Rhythms.– 2010. – Vol. 8. – P. 2.

10. Rea, M.S., Figueiro, M.G., Bullough, J.D., Bierman, A. A model of phototransduction by the human circadian system // Brain Res. Rev.– 2005. – Vol. 50. – P. 213–228.

11. Gall, D., Bieske, K. Definition and measurement of circadian radiometric quantities / Proc. CIE Symp. on Light and Health – non-visual effects, 2004. – P. 129–132.

12. Schulmeister, K., Weber, M., Bogner, W., Schernhammer, E. Application of melatonin suppression action spectra on practical lighting issues / Int. Symp. on Light and Human Health, 2002.

13. Price, L.L.A. Efficacy and protection ratios for bright light therapy lamps / 6th DIN-Expert-Panel on The effect of light on human beings. – Berlin, 2012.



Стюарт Пеирсон (Stuart Peirson),

Ph.D. Ведущий научный сотрудник Отделения клинической нейробиологии Наффилда



Люк Прайс (Luke Price).

Старший научный сотрудник по радиационной защите Центра радиационной, химической и экологической безопасности Министерства

здравоохранения Великобритании. Секретарь Отделения 6 MCO

Методы и результаты рыночного тестирования освещения светодиодами торговых точек в сельских районах Кении

А. ДЖЕЙКОБСОН, Э. МИЛЛЗ¹, К. РАДЕЦКИ, П. ЭЛСТОУН

Калифорнийский университет, Беркли; Национальная лаборатория им. Лоуренса в Беркли; Центр энергетических исследований им. Шаца при Университете им. Гумбольдта, Аркат, Калифорния, США

Аннотация

Проведена оценка восприятия автономного освещения светодиодами (ОССД) ночными (работающими в тёмное время суток) торговцами двух небольших кенийских городков на «ранней стадии» формирования рынка ОССД с питанием от солнечных панелей. Применявшиеся методы объединяют социальную географию с энергетическим и техническим анализом, позволяя понять, как происходит принятие ОССД рынком, впервые столкнувшись со светодиодной техникой, – ситуация, постоянно повторяющаяся в разных деревнях и городах развивающихся стран. Из 23-х ночных торговцев, которым светильники со светодиодами были предложены по реальным рыночным ценам, 14 (61%) решили их приобрести. Были выявлены: большие различия в использовании применявшихся ранее керосиновых ламп; значительные колебания стоимости керосина; лишь неполный отказ от керосина; готовность потребителей платить за улучшенное освещение и значительные последствия дискредитации рынка предшествующим опытом применения низкокачественных изделий со светодиодами.

Ключевые слова: светодиоды, солнечная энергия, развивающиеся страны, экономика, рынок.

1. Общие положения

В последние годы наблюдалось быстрое развитие рынка автономного освещения, от первых изготовленных вручную светильников со светодиодами

до крупносерийного производства с объёмом продаж до нескольких миллионов изделий в год [1]. Замена топливного освещения на питаемое от аккумуляторов эффективное освещение предоставляет конечным пользователям более качественное и дешёвое освещение [2–5], уменьшает опасность для здоровья [6–8] и снижает вклад освещения в выбросы парниковых газов [9, 10]. Развитие рынка требует ответа на вопрос о том, как измерять последствия внедрения усовершенствованного освещения.

В статье подводятся итоги исследования процесса принятия ОССД, проводившегося в двух небольших кенийских городках в период 2008–2009 гг., то есть на ранней стадии развития кенийского рынка ОССД с питанием от солнечных панелей.

2. Метод исследования

Объектом исследования были работающие в тёмное время суток торговцы (ночные торговцы) двух городков провинции Рифт Вэлли, Кения, которые использовали автономное освещение своих торговых точек. После первоначального предварительного обследования 50-ти торговцев было проведено тщательное исследование потребления керосина некоторыми (23-мя) из них, причём последним была предложена возможность приобрести светильники местного освещения с СД. 14 торговцев решили купить эти светильники, а один из них приобрёл солнечную панель (остальные предпочли перезаряжать светильники с помощью локального устройства зарядки мобильных телефонов).

В предыдущем отчёте мы концентрировали внимание на экономических аспектах использования автономного освещения и описали применявшиеся нами методы экс-

периментальных исследований по потреблению энергии топливным освещением [3]. Также мы зарегистрировали качественную реакцию потребителей и их потребность в освещении [11]. В данной статье описываются методы, разработанные нами для измерения динамики принятия автономного освещения, и выявленная нами динамика становления рынка ОССД в Кении. Результаты этой работы важны для будущего анализа прогресса в области потребления энергии в мировом масштабе и результатов предпринимаемых непроизводительным и частным секторами усилий по оживлению рынков и измерению последствий улучшения автономного освещения.

2.1. География и население

Обследовавшиеся нами ночные торговцы живут и работают в городках кенийской провинции Рифт Вэлли, насчитывавших на момент проведения исследований примерно по 8000 жителей каждый.

2.2. Методы экспериментальных исследований

Целью исследований было измерение экономических и экологических последствий принятия эффективного ОССД потребителями топливного освещения. Для обеспечения того, чтобы задействованные в нашем исследовании люди, принявшие (купившие) светильники с СД, могли считаться типичными ранними пользователями оборудования с СД, и для изучения их готовности за него платить, мы, в отличие от бесплатной раздачи, выбрали «рыночный» подход (т.е. предлагали людям изделия по реальным рыночным ценам). Мы решили сфокусировать своё внимание на ночных торговцах, так как они сравнительно доступны для проводящихся в ночное время наблюдений и измерений, имеют доход, позволяющий им стать первыми потребителями ОССД, и обладают деловым чутьём для принятия менее дорогого и более привлекательного для покупателей освещения.

Для формирования точки отсчёта мы вначале обследовали 50 торговцев (по 25 в каждом из городков) на предмет используемого ими освещения и их осведомлённости о развивающемся ОССД. Затем мы выделили

¹ E-mail: emills@lbl.gov

Сокр. перевод с англ. Е.И. Розовского. Оригинал статьи опубликован в журнале «Light & Engineering». – 2014. – Vol. 22, No. 2. – P. 23–37.



Рис. 1. Лампа с гибкой стойкой и солнечная панель, предлагавшиеся для продажи в рамках исследований. Зарядное устройство (в виде вилки, втыкаемой в розетку), как альтернатива зарядке от солнечной панели, не показано. Для сопоставления размеров показана ручка. Технические характеристики: полезная ёмкость аккумулятора – 1000 мА·ч; полезная энергия аккумулятора – 3,7 Вт·ч; продолжительность работы светильника – 10 ч; максимальная освещённость на расстоянии 1 м – 14 лк; мощность – 1 Вт

подгруппу из 23-х торговцев и провели более подробное исследование количества потребляемого ими для освещения керосина. Мы разработали целый ряд методов определения потребления керосина указанной подгруппой торговцев (эти методы подробно описаны ранее [3]). Этим торговцам были предложены изделия с СД по рыночным ценам, и 14 (61%) из них решили эти изделия приобрести. Это были светильники местного освещения с гибкой стойкой и двумя вариантами зарядки: от солнечной панели (рис. 1) и от сети.

Через 6 и 12 мес мы провели дополнительные обследования, соответственно, 20-ти и 18-ти торговцев из 23-х (через 6 мес уже не было трёх торговцев, а через 12 мес – пяти). При дополнительных исследованиях задавались те же, что и при основном исследовании, вопросы относительно использования освещения; купившим же светильники с СД задавались также вопросы о степени их удовлетворённости и образе действий.

2.3. «Встроенный» сбор данных

Светильники имели встроенные устройства сбора данных, специально разработанные нашей группой. Мы смогли в течение в общей сложности 350-ти суток отслеживать режим использования светильников 14-ю торговцами (из потенциально возможных 2500 суток). Полученные нами дан-

ные обеспечили первичную проверку ответов, данных торговцами на вопросы о частоте зарядки и типичном порядке использования светильников, а также выявили другие интересные аспекты применения светильников.

На основе тщательного анализа можно было определить потребительскую эффективность стратегии зарядки от солнечных панелей, картину потребления энергии и реакцию на нехватку энергии (низкий уровень зарядки аккумулятора).

3. Результаты: динамика рынка

Торговцы, с которыми мы работали, были вынуждены использовать освещение. Это большие, но необходимые для осуществления их торговой деятельности затраты. Они использовали работающие на керосине устройства, такие как лампы «летучая мышь» и другие керосиновые лампы, свечи, а также разные аккумуляторные или работающие на сухих батареях электрические светильники. Примерно 20% (9 из 50-ти) торговцев использовали в своих магазинах более одного источника света.

Наиболее часто торговцы использовали керосиновые лампы «летучая мышь», которые были основным источником света у 31-го из 50-ти (62%) торговцев и вспомогательным источником света ещё у двух торговцев

Обследованные нами торговцы обычно использовали лампы в де-

ловых целях, как правило, по 2 часа каждую ночь. Кроме того, многие торговцы использовали свои топливные лампы для освещения своих домов после окончания работы.

Годовые расходы на топливное освещение оказались довольно высокими (рис. 2).

3.1. Основные впечатления от разных типов освещения

В ходе основного исследования мы спрашивали всех торговцев об их удовлетворённости используемым освещением (которая была низкой) и их заинтересованности в ОССД (которая была высокой). Затем их просили указать причины, определившие их неудовлетворённость/заинтересованность.

Только 40% пользователей топливного освещения были удовлетворены своими лампами. Удовлетворены были все пользователи электрических ламп, 77% пользователей ламп-примусов (на порядок более ярких, чем лампы «летучая мышь») и лишь 23% пользователей ламп «летучая мышь».

60% ночных торговцев, с которыми мы беседовали, были неудовлетворены использовавшимися ими лампами. Из 31-го пользователя ламп «летучая мышь» 24 (77%) были ими не удовлетворены. Причиной неудовлетворённости чаще всего называли недостаточное освещение («слишком ту-

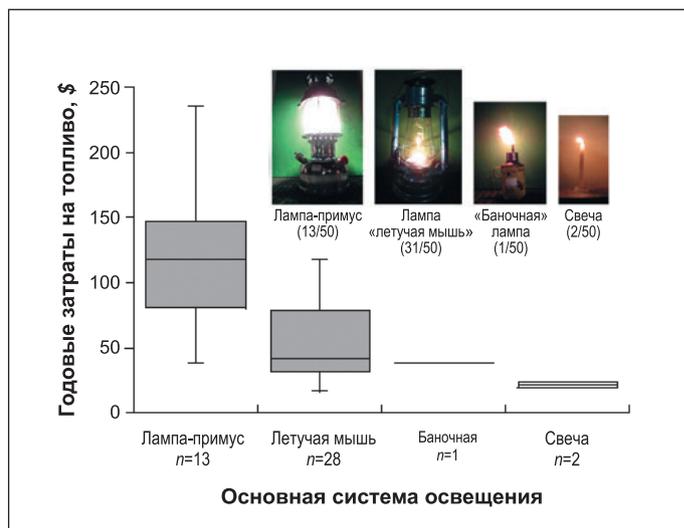


Рис. 2. Оценки годовых затрат на топливо для освещения торговых помещений для четырёх рассмотренных нами типов топливного освещения. Три торговца, использовавшие лампы «летучая мышь», не были учтены, как не сумевшие оценить свои ежедневные расходы на топливо

склое»), за которым следовали большие эксплуатационные расходы.

Подавляющее большинство (90%) торговцев проявили интерес к переходу на ОССД. Многие из них уже были знакомы с ним [14, 15]. Называвшиеся людьми причины их интереса к ОССД отражали жалобы на топливное освещение. В качестве основных преимуществ ОССД назывались большая яркость и меньшие эксплуатационные расходы, за которыми следовали удобство эксплуатации и соображения по здоровью и безопасности.

3.2. Принятие освещения светодиодами ночными торговцами

14 торговцев из 23-х, которым была предложена возможность покупки светильников с СД, выбрали заряжаемые от сети светильники. Сделанный ими выбор был обусловлен возможностью зарядки приборов, предоставляемой в центральных частях городков, где имелась электрическая сеть (доступ к которой ограничивался высокой стоимостью подключения), а также повышенной начальной стоимостью светильников с солнечными панелями и соображениями безопасности.

13 торговцев решили купить светильники только с устройствами зарядки от электрической сети, а один предпочёл купить ещё и солнечный модуль.

3.3. Дискредитация рынка и другие факторы, влияющие на решение о покупке автономных светильников со светодиодами

Торговцы, которым предложили купить светильники с СД (23 торговца), должны были решить, могут ли они позволить себе эту покупку, удовлетворяют ли эти светильники их потребностям и окупятся ли они со временем. Одним из факторов, влиявших на решение о покупке, была высокая значимость денег с учётом доходов будущих периодов (то есть люди, с которыми мы работали, в общем страдали от нехватки денег и действовали так, как будто имели высокие личные учётные ставки). Стоимость топливного освещения определяется главным образом текущей стоимостью закупаемого

топлива, в отличие от стоимости электрического освещения, текущие эксплуатационные расходы на которое могут меняться от нуля (в случае изделий с питанием от солнечных панелей изделий, без учёта замены аккумуляторов) до высокой доли общих затрат (в случае платы за каждую зарядку в магазине, обычно один-два раза в неделю). Переход от топливного освещения к освещению, работающему на солнечных панелях, отражает изменение восприятия не только техники освещения, но и его экономической составляющей – в сущности, переход от небольших ежедневных закупок (что-то вроде подписки на освещение) к единовременной (или с небольшой рассрочкой) оплате освещения за несколько лет вперёд. Для тех, кто испытывает нехватку денежных средств, может оказаться затруднительным отказ от экономической модели обеспечения освещения с меньшей начальной стоимостью оборудования и меньшими каждодневными расходами.

И наконец, любое рассмотрение восприятия новой техники содержит вопрос: «А будет ли она работать?». Топливное освещение тысячелетиями работало надёжно, несмотря на свою высокую стоимость и вред для здоровья и окружающей среды. Вопросы качества особенно важны для ОССД при внедрении на африканский рынок. Исследования, проведённые недавно организацией *Lighting Africa*, показали, что недорогие фонари с СД, такие, как использовавшиеся некоторыми из торговцев, обследованных нами в 2008 г., получили широкое распространение [4] и имеют чрезвычайно низкое качество [16]. Серия отчётов по этим фонарям [15, 16] показала, что около 90% владельцев фонарей с СД (некоторые из которых жили в городках, подобных обследованных нами) испытывали проблемы с их качеством уже в первые шесть месяцев после покупки и что на рынке имеется значительная потребность в фонарях с СД более высокого качества. Так как большинство африканских потребителей впервые столкнулось с СД-техникой в виде низкокачественных фонарей, то велик риск дискредитации рынка этой техники.

Мы установили, что в рамках небольшой выборки, использовавшейся в данном исследовании, предше-

ствующий опыт и знакомство с ОССД (в первую очередь, с карманными фонарями) оказали статистически значимое отрицательное влияние на принятие потребителями решения о покупке у нас светильника с СД с гибкой стойкой.

Полученные нами результаты демонстрируют наличие дискредитации рынка, обусловленной знакомством обследованных нами ночных торговцев с существующими изделиями с СД; в первую очередь, с карманными фонарями.

3.4. Первый год современного освещения

Не все купившие светильники с СД торговцы безоговорочно их приняли и отказались от использования керосина в своём бизнесе. Число принявших ОССД составило около половины от числа купивших светильники с СД.

В рамках каждого из опросов (через 0, 6 и 12 мес) мы спрашивали торговцев, какое освещение является основным для их бизнеса. Степень принятия ОССД в качестве основного освещения торговой точки в течение годового периода составляла, в целом, 60%.

Торговцы, применявшие светильники с СД в качестве основных, сообщали, что ежедневно пользуются этими светильниками примерно 2 ч в деловых целях и ещё 2 ч дома.

3.5. Использование торговцами солнечной энергии

По истечении 6 мес мы предоставили солнечные панели всем всё ещё участвовавшим в исследовании торговцам. При этом 9 торговцев обычно заряжали аккумуляторы на платных станциях, у трёх доступ к сетевой электроэнергии имелся дома или у знакомых, а один использовал для зарядки домашнюю систему солнечного энергоснабжения. Несмотря на «бесплатность» зарядки от солнечной панели, многие торговцы предпочли платить за зарядку аккумуляторов на платных станциях и после получения солнечной панели. Только два торговца приняли зарядку от солнечной панели в качестве основного метода зарядки аккумулятора. Причины, по которым торговцы отказались от зарядки от солнечных панелей,

включали в себя соображения безопасности (они не хотели, чтобы панели украли), ощущение неэффективности (они чувствовали, что зарядка от сети приводила к более «полной» зарядке аккумулятора) и неудобство ухода за солнечной панелью. Ряд торговцев решил выбрать зарядку от солнечных панелей из-за уменьшения затрат. Применение торговцами зарядки от солнечных панелей в данном случае нельзя считать отражающим ситуацию с зарядкой на более широком рынке, так как эти панели были скорее подарены, а не куплены, и торговцы имели доступ к альтернативным способам зарядки, которыми они успешно пользовались на протяжении 6 мес до появления «солнечного» варианта. Люди, живущие вдали от сетевого энергоснабжения, окажутся в совершенно других условиях. При этом остаётся озабоченность безопасностью у тех, кто использует переносные светильники на солнечной энергии, вынужден тратить время на зарядку аккумуляторов и обеспечивать невозможность кражи своего светильника и (или) солнечной панели.

3.6. Долговременные последствия применения светодиодной техники

Мы разделили торговцев, обследуемых нами в течение одного года, на две группы: купившие («покупатели СД») и не купившие («отказавшиеся от СД») светильники с СД. Обследуя и тех, и других, мы имели для сравнения ещё псевдоконтрольную группу (пусть даже и сформировавшуюся самостоятельно) из не купивших СД торговцев. Хотя между этими группами и были различия в части средних ежедневных затрат и потребления керосина, они не были статистически значимыми (то есть группы в начале не сильно отличались по потреблению керосина).

Среднее потребление керосина купившими светильники с СД торговцами уменьшилось за год примерно на 50%. Что же касается не купивших эти светильники, то у них потребление керосина за время проведения исследований возросло на 70%, что, скорее всего, связано с падением цен на керосин. Несмотря на возросшее потребление керосина, затраты этих торговцев в среднем сократились из-за быстрого указанного падения.

Наиболее значимый результат проведённого нами анализа временных данных состоит в том, что у купивших светильники с СД торговцев потребности в топливной энергии не были сведены к нулю. В то время как около 60% принявших ОССД торговцев полностью отказались от использования керосина остальные продолжали потреблять керосин в тех же или несколько больших количествах.

Следует подчеркнуть, что население, с которым мы работали, обладает специфическими потребностями и росло в определённых экономических и географических условиях. Оно может оказаться нетипичным для более широкого рынка бытового автономного освещения.

4. Выводы и основные направления дальнейших исследований

Наша работа наглядно демонстрирует важное значение, которое полученная на местах информация имеет для поддержки развивающихся рынков. Можно было ожидать, что торговцы, с которыми мы работали, образуют относительно однородную группу, так как живут в одних и тех же городках, занимаются сходной деятельностью, имеют примерно равные доходы и т.д., однако мы наблюдали большие отличия в их подходе к использованию ОССД в своей предпринимательской деятельности. Ими использовались разные технические средства, годовые затраты на эксплуатацию которых составляли \$(20–200). Эти затраты были неодинаковыми у разных торговцев и сильно зависели от изменчивости мировых цен на нефть, приводящей к непостоянству розничных цен на топливо. В рамках проводившихся исследований более половины людей, имевших такую возможность, купили усовершенствованные автономные светильники с СД, и наиболее важным фактором, позволяющим заранее предсказать вероятность покупки, было *отсутствие* предшествующего опыта использования низкокачественных светотехнических изделий с СД, приводящих к дискредитации рынка. Кроме того, многие торговцы, купившие усовершенствованные светильники с СД, продолжали использовать топливное освещение (тогда как другие этого

не делали), что связано с различиями в доходах и потребности в освещении. Это важно принимать во внимание при любых оценках последствий внедрения автономного освещения там, где существует скрытая потребность, не реализованная из-за экономических трудностей или нехватки топлива.

Участовавшие в проведении этих исследований торговцы продемонстрировали важные сходные особенности. Большинство из них (60%) были не удовлетворены имевшимся у них топливным освещением, что особенно характерно для тех, кто использовал лампы «летучая мышь», имевшие меньшие световой поток и световую отдачу (наряду с низкими эксплуатационными расходами), чем лампы-примусы, использовавшиеся рядом торговцев. Те, кто был неудовлетворён, в качестве основного фактора называли яркость. Кроме того, несмотря на проявленный скептицизм, обусловленный дискредитацией рынка, 90% обследованных нами торговцев хотели бы больше узнать об усовершенствованном ОССД. Целенаправленное просвещение потребителей и ознакомление их с высококачественными светильниками с СД, принадлежащими их знакомым и соседям или используемыми ими, могли бы защитить рынок от его дискредитации низкокачественными светильниками с СД.

Помимо полученных результатов, которые позволяют провести полезный анализ рассматриваемой проблемы, мы идентифицировали несколько методологических подходов, подходящих для более широкого понимания рынка. Например, сочетание оценок «реальной стоимости керосина» и частых или краткосрочных опросов обеспечивает получение хороших исходных данных о применении топливного освещения. Так как эти методы не требуют проведения подробных опросов или объяснений конечных потребителей (кроме вопросов о виде используемого ими освещения и о затратах на топливо, произведённых накануне или на прошлой неделе), то имеется возможность воспользоваться повсеместным распространением мобильных телефонов для проведения при помощи SMS (посылая их непосредственно потребителям и получая

ответные послания) автоматизированных, имеющих высокую разрешающую способность опросов, позволяющих усовершенствовать данные о существующем рынке топливного освещения. Мы рекомендуем провести предварительные испытания автоматизированного подхода с последующим личным опросом для проверки полученных результатов. Если этот подход окажется полезным, то он будет мощным инструментом для определения направлений рыночной интервенции и проведения сопутствующих исследований.

Кроме того, несмотря на технические трудности, с которыми мы столкнулись при использовании в данном исследовании встроенных регистраторов данных первого поколения, полученные нами результаты продемонстрировали потенциальную ценность снимаемой с большой частотой информации об использовании изделий для исследователей, разработчиков продукции и поддерживающих рынок организаций. Ценность этих данных значительно возрастает, если они сочетаются с хорошим анализом и опросом потребителей через посредство мобильных телефонов и других современных средств связи. На основе результатов простых измерений можно делать оценки и планировать действия, связанные с тремя следующими важными факторами.

• **Эффективность расположения принадлежащих потребителям солнечных панелей**, судя по эффективности нескольких других географически близких к ним солнечных панелей (или по сравнительным данными, получаемым с помощью пиранометра). Некоторые потребители ежедневно выставляют панель под солнце в зените, тогда как другие не выносят её наружу до наступления позднего утра или помещают в периодически затеняемое место. Это может оказываться важным для конструирования и определения размеров изделий и оценки их работы, так как любые потери, обусловленные неправильным расположением, как и любые другие некомпетентные действия, влияют на работу изделий. Это исправимо обучением потребителей либо посредством обратной связи с изделием, либо – целенаправленной разъяснительной работы со стороны организаторов проекта. Располагая хоро-

шими данными, можно эффективно направлять рыночные интервенции.

• **Характер повседневного использования**, определяемый на основе наблюдения за зарядкой аккумулятора (и последующего разбиения по типу нагрузки, если это целесообразно). Эти данные будут полезны для конструкторов изделий с СД и могут формулировать прогнозы, предназначенные для потребителей, которые могут сталкиваться с нехваткой энергии из-за ожидаемых метеорологических явлений или сезонных изменений количества солнечной энергии.

• **Вопросы технического обслуживания изделий**, связанные с обнаружением ухудшения технических характеристик, которое не объясняется характером использования изделия или нехваткой солнечной энергии, или просто выходом изделия из строя. Сотрудничество с потребителями, имеющими устройства со сходными недостатками, может предотвратить возврат к керосиновому освещению.

5. Отслеживание принятия потребителями освещения светодиодами

Возраст оценивавшихся нами светотехнических изделий на момент написания статьи составлял примерно 5 лет, за которые произошли значительные технические усовершенствования всех их компонентов. Опубликованный недавно обзор показал, что в период с 2010 по 2012 г. технические характеристики присутствующих на рынке изделий (в части люмен-часов на одну ежедневную зарядку при стандартных условиях солнечного освещения) улучшились в четыре раза [1]. Это говорит о наличии хороших перспектив замены топливного освещения.

Мы выявили целый ряд других исследований и отчётов, посвящённых количественной оценке замены топливного освещения на ОССД.

В одном из исследований, которое было проведено одновременно с нашим, также было получено, что степень замены составляет менее чем 1:1, что авторы связывают с эксплуатационными характеристиками изделий, которые не удовлетворяют требования потребителей. Проблемы включали в себя недостаточную стабильность светового потока, недостаточно большие аккумуляторы или солнеч-

ные зарядные устройства и т.д., что имело место в 18% случаев [18].

Основной вывод из проведённых нами исследований состоит в том, что улучшение качества светильников с СД поможет добиться более высокого уровня энергосбережения.

Данная статья основана на обширном отчёте авторов [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lighting Africa Market Trends Report 2012// Dalberg Global Development Advisors.– 2013. – Lighting Africa.URL: <http://www.lightingafrica.org/resources/market-research/market-trends-.html>.

2. Mills, E., Jacobson, A. The Off-Grid Lighting Market in Western Kenya: LED Alternatives and Consumer Preferences in a Millennium Development Village / Technical Report #2. Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.– 2007. URL: <http://light.lbl.gov>.

3. Radecky, K., Johnstone, P., Jacobson, A., Mills, E. Solid-State Lighting on a Shoestring Budget: The Economics of Off-Grid Lighting for Small Businesses in Kenya// Technical Report #3. Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.– 2008. URL: <http://light.lbl.gov/pubs/tr/lumina-tr3.pdf>.

4. Johnstone, P., Jacobson, A., Mumbi, M. Self-reported Impacts of LED Lighting Technology Compared to Fuel-based Lighting on Night Market Business Prosperity in Kenya// Research Note #2. Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.– 2009. URL: <http://light.lbl.gov/pubs/rn/lumina-rn2.pdf>.

5. Brüderle, A. Solar Lamps Field Test Uganda: FINAL REPORT// GIZ.– 2011. URL: https://energypedia.info/images/7/72/GIZ_Solar_Lamps_field_Report_Uganda_Webversion.pdf.

6. Mills, E. Health Impacts of Fuel Based Lighting / Technical Report #10. Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.– 2012.

7. Lam, N. L., Smith, K. R., Gauthier, A., Bates, M.N. Kerosene: A Review of Household Uses and Their Hazards in Low- and Middle-Income Countries // Journal of Toxicology and Environmental Health.– 2012. – Part B 15, No. 6 (August). – P. 396–432.

8. Apple, J., Vicente, R., Yarberry, A., Lohse, N., Mills, E., Jacobson, A., Poppendieck, D. Characterization of Particulate Matter Size Distributions and Indoor Concentrations from Kerosene and Diesel Lamps// Indoor Air.– 2010. – Vol. 20, No. 5 (October). – P. 399–411.

9. Mills, E. The Specter of Fuel-Based Lighting // Science.— 2005. — Vol. 308, No. 5726 (May). — P. 1263–1264.

10. Lam, N. L., Chen, Y., Weyant, C., Venkataraman, C., Sadavarte, P., Johnson, M.A., Smith, K.R., et al. Household Light Makes Global Heat: High Black Carbon Emissions From Kerosene Wick Lamps // Environmental Science & Technology.— 2012. Vol. 46, No. 24 (December 18). — P. 13531–13538.

11. Alstone, P., Jacobson, A., Mills, E. Illumination Sufficiency Survey Techniques: In-situ Measurements of Lighting System Performance and a User Preference Survey for Illuminance in an Off-grid, African Setting / Lumina Project Research Note #7, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.— 2010. URL: <http://light.lbl.gov>.

12. Johnstone, P., Tracy, J., Jacobson, A. Market Presence of Off-Grid Lighting Products in the Kenyan Towns of Kericho, Brooke, and Talek.» Pilot Baseline Study// Lighting Africa: Washington, DC.— 2009.

13. Harper, M., Alstone, P., Jacobson, A. A Growing and Evolving Market for Off-Grid Lighting. Lighting Africa: Washington: DC.— 2013. URL: <http://lightingafrica.org/resources/market-research/-market-intelligence.html>.

14. Mink, T., Alstone, P., Tracy, J., Jacobson, A. LED Flashlights in the Kenyan Market: Quality Problems Confirmed by Laboratory Testing / Lighting Africa: Washington, DC.— 2010. URL: <http://lightingafrica.org/resources/technical-res.html>.

15. Tracy, J., Jacobson, A., Mills, E. Use Patterns of LED Flashlights in Kenya and a One-Year Cost Analysis of Flashlight Ownership / Research Note #5. Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.— 2010. URL: <http://light.lbl.gov/pubs/rn/lumina-rn5-torch-costs.pdf>.

16. Tracy, J., Jacobson, A., Mills, E. Quality and Performance of LED Flashlights in Kenya: Common End User Preferences and Complaints. Research Note #4 / Lumina Project, Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, CA.— 2009. URL: <http://light.lbl.gov/pubs/rn/lumina-rn4-torches.pdf>.

17. Alstone, P., Radecsky, K., Mills, E., Jacobson, A. Dynamics of Off-grid Lighting Adoption / Lumina Project Technical Report #12. Lawrence Berkeley National Laboratory.— 2013.

18. Bruederle, A. Solar Lamps Field Test Uganda: Final Report, 2011.— 68 pp.



Арн Джейкобсон (Arne Jacobson),

Ph.D. Окончил Калифорнийский университет, Беркли. Директор Энергетического исследовательского центра им. Шаца при Университета

им. Гумбольдта и доцент этого университета. Осуществляет техническое руководство проверкой качества изделий по программе «Global Lighting» Всемирного банка. Имеет 20-летний опыт работы в области энергетики с упором на энергетику развивающихся стран



Эван Миллз (Evan Mills), Ph.D.

Окончил в 1991 г. Лундский университет, Швеция. Штатный научный сотрудник Национальной лаборатории им. Лоуренса

в Беркли Минэнерго США. Член международного редакционно-издательского совета журнала «Light & Engineering». Имеет более чем 25-летний опыт работы в области энергоэффективного освещения, проводившейся по проекту «Lumina»



Кристин Радецки (Kristin Radecsky), M.Sc.

Инженер-исследователь Энергетического исследовательского центра им. Шаца и преподаватель конструкторского

отделения Университета им. Гумбольдта. Руководит лабораторией по испытаниям осветительных приборов с СД по программе «Global Lighting» Всемирного банка



Питер Элстоун (Peter Alstone).

Соискатель степени Ph.D. в Группе энергетики и ресурсов Калифорнийского университета, Беркли. Проводил исследования

рынков и техники освещения в развивающихся странах, начатые им ещё во время работы в Энергетическом исследовательском центре им. Шаца при Университете им. Гумбольдта

«Мы гуляли по Неглинной, заходили на бульвар...»

Лёгкость и изящество, современность форм и технологической «начинки» в сочетании с ретро-реминисценциями, отсылающими к уличным фонарям пушкинской эпохи, делают новые садово-парковые светильники холдинга *BL Group* такими притягательными. Названия серий — «*CORDOBA*» и «*GRANADA*», совпадающие с именами известных исторических центров испанской Андалусии, — приоткрывают завесу над тайной авторства. Дизайн приборов создан испанским КБ *BL Group Europe GmbH*. По мнению разработчиков, чёткие линии, минимализм и конструктивизм, — это те самые будище мирового светодизайна.

Излишне говорить, что помимо эстетической концепции при разработке была учтена также и техническая составляющая. Главное инновационное отличие данных серий — возможность использования в них энергоэффективного, универсального и легко обслуживаемого светодиодного блока.

В 2014 г. под российской торговой маркой *GALAD* потребителям предложен целый ряд серий, которые производятся на отечественных заводах холдинга *BL Group* и при этом отвечают самым современным международным стандартам.

Наиболее вероятно, что в первую очередь производимые по стандартам ЕС «*CORDOBA*» и «*GRANADA*» найдут своего потребителя в Европе. Но очень хотелось бы, чтобы эти светильники украсили бульвары и улицы, площади и набережные исторических центров городов России и её соседей.

<http://galad.ru>
12.2014



Прогнозирование ресурса светильников со светодиодами, определяемого спадом их светового потока

В.А. БУТОРИН, К.П. ВОВДЕНКО, И.Б. ЦАРЁВ¹

ВГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия» (ЧГАА), Челябинск

Аннотация

Получено математическое выражение для плотности распределения ресурса светильников со светодиодами, определяемого временным спадом их светового потока. Для реализации этого выражения были определены путём стендовых испытаний параметры распределения скорости спада светового потока при единичной наработке и показатель этого спада. Статистическим путём получены параметры распределения начального светового потока после периода стабилизации. Установлены основные статистические характеристики ресурса светильника *XLight XLD-F112-AGRO-220-115-01*.

Ключевые слова: светильник со светодиодами, световой поток, плотность распределения ресурса, статистические характеристики ресурса.

Основные элементы, на долю которых приходится наибольшее число отказов светильников со светодиодами (СД), – СД и ПРА для них. Производители этих ПРА, например *Mean Well*, гарантируют их наработку в 200 тыс. ч и более [1], что намного превосходит ресурс СД. Поэтому ресурс светильников с СД определяется в первую очередь надёжностью СД, а определяющим параметром технического состояния светильников с СД является стабильность их светового потока.

В работах [2, 3] при оценке ресурса СД использовалась экспоненциальная зависимость потока излучения СД от времени наработки. При этом процесс его изменения рассматривался в детерминированном виде без учёта стохастического характера факторов, влияющих на надёжность СД в процессе их эксплуатации. Универсальной, отображающей широкий ряд процессов реальной эксплуатации объектов электрооборудования, является степенная функция. С её помощью зависимость светового потока светильников с СД Φ_v от времени наработки t можно представить как [4]

$$\Phi_v = \Phi_{v0} - Vt^\alpha, \quad (1)$$

где $\Phi_{v0} - \Phi_v$ в конце периода стабилизации (начальный Φ_v), лм; V – скоростной параметр, лм/ч ^{α} ; α – показатель спада Φ_v .

Преимуществом такого описания является то, что оно учитывает случайный характер значений Φ_{v0} и V . При этом параметр V учитывает влияние внешних условий на Φ_v и зависит, таким образом, от условий эксплуатации, а показатель α зависит от конструктивных особенностей и технологии изготовления СД и вполне определён для каждого типа последних.

Исходя из зависимости (1), получено следующее выражение для плотности распределения ресурса светильника с СД, определяемого спадом Φ_v :

$$f(T) = \frac{\alpha^2 \tau T^{\alpha-1}}{2\pi \sigma_{y_{t=1}} \sigma_{\Phi_0}} \int_0^\infty V \exp \times \left[-\frac{(\alpha \tau V - m_{y_{t=1}})^2}{2\sigma_{y_{t=1}}^2} - \frac{(T^\alpha V + \Phi_{vnp} - m_{\Phi_0})^2}{2\sigma_{\Phi_0}^2} \right] dV, \quad (2)$$

где T – ресурс, ч; Φ_{vnp} – предельно допустимый (по спадом) Φ_v , лм; m_{Φ_0} и σ_{Φ_0} – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение Φ_{v0} , лм; $m_{y_{t=1}}$ и $\sigma_{y_{t=1}}$ – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение скорости спада Φ_v при единичной наработке, лм/ч; $\tau = 1$ (единичная наработка) ^{$\alpha-1$} – коэффициент, введённый для согласования размерностей.

Под скоростью спада Φ_v при единичной наработке $y_{t=1}$ понимается производная Φ_v по t при наработке (например, в 1, 500, 1000 ч и т.д.), принятой за единицу.

Соответствующие эксперименты проводились на светильнике типа *XLight XLD-F112-AGRO-220-115-01*. Для определения значений $m_{y_{t=1}}$ и $\sigma_{y_{t=1}}$ (148 и 4,29 млм/ч соответственно) был разработан стенд [5], на котором снималась зависимость $\Phi_v(t)$ при разных значениях эксплуатационных факторов, в качестве которых были выбраны температура и относительная влажность воздуха и напряжение питания СД. Предварительные исследования показали, что данные факторы в условиях теплиц распределены по нормальному закону с параметрами по табл. 1. Ис-

¹ E-mail: tsarev@citydom.ru

Параметры нормального распределения эксплуатационных факторов

Температура, °C		Относительная влажность, %		Напряжение питания, В	
$m_T=23$	$\sigma_T=4,3$	$m_W=80$	$\sigma_W=4,4$	$m_U=213$	$\sigma_U=5,3$

Таблица 2

Статистические характеристики ресурса светильника со светодиодами типа XLight XLD-FI12-AGRO-220-115-01

Среднее значение T , тыс. ч.	Среднеквадратическое отклонение σ_T , тыс. ч.	Гамма-процентный ресурс T_γ , тыс. ч.			
		$\gamma=99,9$	$\gamma=90$	$\gamma=80$	$\gamma=0,1$
31,8	3,9	21,1	26,9	28,6	45,1

питания проводились с привлечением теории активного эксперимента, в ходе которого реализовывалась матрица полнофакторного планирования первого порядка с трёхкратной повторностью.

Значение (0,63) показателя α определялось методом наименьших квадратов по зависимости $\Phi_v(t)$, снимаемой при средних значениях указанных эксплуатационных факторов. На основании статистических данных, полученных в конце периода стабилизации Φ_v , установлены значения m_{Φ_0} и σ_{Φ_0} (557 и 119 лм соответственно). Значение Φ_{vnp} бралось равным 70% (407 лм) от Φ_v , измеренного при введении светильника в эксплуатацию.

Таким образом, для данного светильника с СД были экспериментально установлены значения всех параметров, входящих в выражение (2), что позволило рассчитать основные статистические характеристики ресурса, определяемого спадом Φ_v (табл. 2).

Таким образом, принятая модель надёжности светильников с СД, которая учитывает стохастический характер факторов, влияющих на их ресурс в процессе эксплуатации, позволила получить выражение для

$f(T)$. Параметры, входящие в это выражение, определены экспериментально. По $f(T)$ рассчитаны основные статистические характеристики ресурса светильника с СД типа XLight XLD-FI12-AGRO-220-115-01, определяемого спадом Φ_v .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев Д., Щеглов С., Феопёнтов А. Светодиодные светильники: Ваш первый опыт // Полупроводниковая светотехника.– 2009.– № 1 – С. 39–41.
2. Никифоров С.Г. Исследование параметров семейства светодиодов Cree XLamp // Компоненты и технологии.– 2006.– № 11. – С. 42–49.
3. Полищук А.Г., Туркин А.Н. Деграция светодиодов на основе гетероструктур нитрида галлия и его твердых растворов // Светотехника, 2008.– № 5. – С. 44–46.
4. Буторин В.А., Вовденко К.П. Детерминированная модель надёжности светодиодных светильников // Достижения науки и техники АПК.– 2013.– № 5. – С. 76–78.
5. Буторин В.А., Вовденко К.П. Разработка испытательного стенда для проведения ресурсных испытаний прожектора светодиодного (светильника) XLight XLD-FL12-AGRO-220-115-01 // Ползуновский вестник.– 2011.– № 2/1. – С. 62–65.



Буторин Владимир Андреевич, доктор техн. наук, профессор. Заведующий кафедрой «Электрические машины и эксплуатация электрооборудования в сельском хозяйстве» (ЭМЭЭСХ) ЧГАА



Вовденко Константин Петрович, инженер. Аспирант кафедры ЭМЭЭСХ ЧГАА



Царёв Игорь Борисович, кандидат техн. наук. Доцент кафедры ЭМЭЭСХ ЧГАА

Поздравляем
с юбилеем!

Владимиру Павловичу Будаку – 60 лет

15 декабря исполнилось 60 лет видному учёному и педагогу, доктору технических наук, профессору Владимиру Павловичу Будаку.

Окончив в 1981 г. с отличием МЭИ, юбиляр прошёл славный путь научного и педагогического роста на кафедре светотехники МЭИ (ныне НИУ «МЭИ») от инженера до профессора, посвятив свою жизнь науке и подготовке инженеров-светотехников.

В 1985 г. В.П. Будаку защитил кандидатскую диссертацию, а в 1998 г. – докторскую («Малоугловая теория диффузного светового поля в мутных средах»). В 2001 г. ему было присвоено учёное звание профессора.

Общий стаж работы Владимира Павловича по специальности – 36 лет, научный стаж – 28 лет, а общий стаж педагогической работы – 24 года.

В.П. Будаку успешно ведёт все виды учебной работы. Им созданы и ведутся новые курсы: «Математическое моделирование ОЭС», «Теория переноса излучения», «Компьютерная графика в светотехнике», «Компьютерные технологии в научных исследованиях», «Математическое моделирование осветительных установок» (лекции, семинары, лабораторные работы, расчётные задания).

Только за последние пять лет В.П. Будаком опубликованы учебное пособие по курсу «Компьютерная графика в светотехнике» и два учебных пособия по курсу «Теория переноса излучения». Обе созданные им дисциплины отличаются высоким физико-математическим уровнем и широким использованием информационных технологий. Юбилеем предложена оригинальная рейтинговая методика, существенно стимулирующая самостоятельную работу студентов в течение семестра.

На курсах повышения квалификации «Техника и дизайн освещения» в 2008–2014 гг. он вёл занятия по компьютерной графике в проектировании осветительных установок.

Владимир Павлович активно участвует в НИР, по результатам которых только за пять последних лет им опубликовано 36 работ в рецензируемых журналах (всего же опубликовано более 120, из ко-



торых 44 – в «Web of Science») и более 60 тезисов докладов на конференциях (всего свыше 200 печатных работ). Более 30 раз за этот период Владимир Павлович докладывал о результатах своих исследований на международных, академических и других конференциях и научных семинарах. В 2010 г. им опубликована монографическая статья объёмом 6 печатных листов в сборнике «*Light Scattering Review*» издательства Springer.

В том же, 2010 г., В.П. Будаку был одним из организаторов Международной конференции «Поляризация оптика», в Москве. На всех конференциях России по оптике рассеивающих сред он неизменно один из руководителей секции по теории переноса.

В.П. Будаку – член диссертационного совета при НИУ «МЭИ».

С 2008 г. он руководит разработкой алгоритмов переноса излучения в атмосфере в Международной научно-исследовательской группе по обработке данных дистанционного зондирования парниковых газов японского спутника «GOSAT».

В 1981 г. Владимир Павлович организовал студенческий научный семинар по теории переноса излучения, которым руководит по настоящее время. Под его руководством 14 соискателей и аспирантов (за последние 6 лет – четверо) – участников семинара защитили кандидатские диссертации.

В.П. Будаку – квалифицированный преподаватель, ведущий курсы лекций на высоком методическом и научном уровне, умелый организатор как научных исследований, так и учебного процесса. Он пользуется заслуженным авторитетом и известностью и в научной среде, и в молодёжной студенческой, как в России, так и за рубежом.

Поздравляя Владимира Павловича с юбилеем, журнал «Светотехника», сотрудничающий с ним как с замечательным автором и членом редколлегии, и коллектив его родной кафедры желают ему долгого здоровья, счастья и многих лет творческой жизни.

*Редколлегия и редакция журнала,
сотрудники кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»,
коллеги, друзья, ученики*

О симпозиуме МКО («Определение погрешностей при фотометрических и радиометрических измерениях для производственных целей») и рабочей встрече участников проекта «MESaIL»

Оба мероприятия проводились в Венском университете (рис. 1).

- Симпозиум «Определение погрешностей при фотометрических и радиометрических измерениях для производственных целей» проводился 13 сентября по тематике Отделения 2 МКО.

В программу симпозиума вошли выступления специалистов из ведущих метрологических центров и институтов (*PTB, METAS, VSL, MIKES* и др.) по вопросам источников и оценки погрешностей при проведении электрических, спектральных, фотометрических и прочих видов измерений при тестировании светотехнических изделий, в том числе со светодиодными источниками света. Программа симпозиума была разбита на утреннее и вечернее отделения.

Утреннее отделение проходило под председательством г-на Пи-

тера Блаттнера (директор Отделения 2 МКО, зав. лабораторией в Федеральном институте метрологии (*METAS*), Швейцария) (на рис. 2 он справа) и было посвящено вопросам оценки погрешностей (неопределенностей, по европейской терминологии) при проведении электрических и спектральных измерений.

Было представлено 6 докладов, из которых наибольший интерес вызвали доклады г-на Туомаса Пойконена из финского Центра метрологии и аккредитации (*MIKES*) «Погрешности при измерении электрической мощности» и профессора Джузеппе Росси из итальянского Национального института метрологических исследований (*INRIM*) «Оценка погрешности измерения светового потока в фотометрическом шаре при измерениях светодиодной продукции». В первом из этих докладов отмечалась важ-

ность согласования выходного сопротивления источника питания и сопротивлений измерительного прибора (например, ваттметра) и тестируемого светового прибора, приводились данные по изменению сопротивлений источника питания и светового прибора до выхода в стабильный режим, описывался принцип работы устройства по согласованию сопротивлений.

Вечернее (послеобеденное) отделение симпозиума касалось вопросов измерения погрешностей при фотометрической калибровке и измерениях. На нём было также представлено 6 докладов, по окончании которых состоялись дискуссия и обмен мнениями участников симпозиума.

- На следующий день, в субботу 14 сентября, прошла рабочая встреча участников нового европейского проекта «MESaIL» («*Metrology for Safe and Innovative Lighting*»), направленного на развитие метрологии новых энергоэффективных источников света (новое поколение светодиодов, органические светодиоды и изделия на их основе). На эту встречу ООО «ВНИСИ» был приглашён в качестве «заинтересованной стороны» (*stakeholder*).

Представление данного проекта сделали г-н Питер Блаттнер и координатор «MESaIL» г-жа Елена Ревтова из Голландского метрологического института (*VSL*) (рис. 3).

В докладе говорилось, что «MESaIL» является частью общеевропейской программы «EMRP» («*European Metrology Research Programme*»). Бюджет последней, выделенный руководством ЕС, составляет €3,7 млн. «EMRP» рассчитана на период с 1.06.2014 по 31.05.2017. При этом веб-сайт проекта «MESaIL» – www.eng62-mesail.eu, и всего в нём участвует 11 европейских метрологических институтов и 1 промышленный партнёр – компания *OSRAM*. В проекте также участвуют «заинтересован-

Рис. 1



Рис. 2





Рис. 3

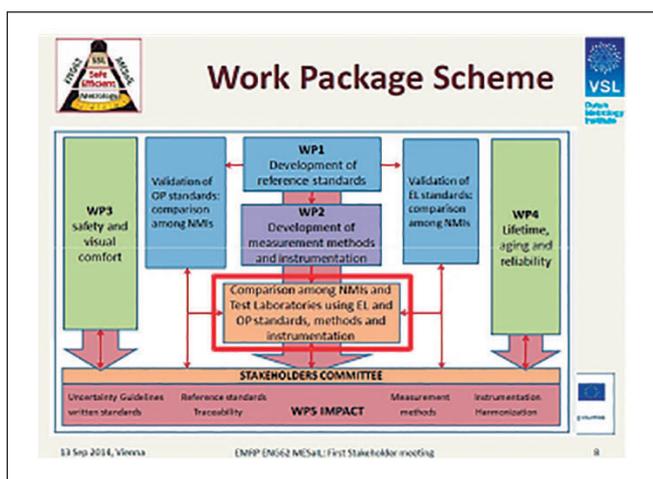


Рис. 4

ные стороны», проявившие интерес к тому или иному направлению деятельности проекта.

ООО «ВНИСИ» участвует в проекте «MESaIL» как НИИ с испытательным центром, проявивший интерес к направлению испытаний и тестирования новой светотехнической продукции со светодиодами. Данное направление в деятельности проекта обозначено как «Проведение сличений между метрологическими центрами и измерительными лабораториями, используя стандарты, методы и средства измерений» и выделено красной рамкой на «Схеме комплекса работ» (рис. 4).

На встрече также было представлено 4 доклада по специализированным направлениям работы в рамках проекта «MESaIL». Особый интерес вызвал доклад г-на Армина Шперлинга из Физико-технического федерального института Германии (PTB) «Эталон сравнения для измерительных лабораторий», посвященный созданию так

называемых «мультиэталонов» — для проведения калибровочных измерений в лабораториях. В докладе отмечалось, что создание подобного мультиэталоны для передачи единиц светораспределения, спектральных и временных характеристик позволит значительно облегчить работу измерительных лабораторий по проведению калибровочных измерений, а также повысить точность измерений. Создание первых опытных образцов подобного мультиэталоны запланировано к окончанию проекта «MESaIL», то есть к маю 2017 г.

По окончании докладов участники рабочей встречи обменялись мнениями по затронутым вопросам и обсудили возможность проведения сличительных измерений, в которых могли бы принять участие измерительные лаборатории, включая и Испытательный центр ООО «ВНИСИ».

**А.А. Барцев, кандидат техн. наук,
ООО «ВНИСИ», Москва**

BL Group принял участие в Открытой дискуссии СТА

13 ноября 2014 года холдинг BL Group принял участие в Открытой дискуссии Светотехнической торговой ассоциации (СТА), которая прошла в рамках выставки «Interlight Moscow powered by Light+Building». Это мероприятие объединило представителей государственных структур и крупных игроков светотехнической отрасли.



Открытая дискуссия — отличный способ обсуждения актуальных вопросов, охватывающих как проблемы городского и дорожного хозяйства, инфраструктурных объектов и проектов, так и светотехническую отрасль. «Почему светодиоды разочаровывают?» — такова тема дискуссии, одним из модераторов которой стал исполнительный директор холдинга BL Group и первый вице-президент СТА Сергей Владимирович Койнов. С докладом на тему «Опыт внедрения светодиодного освещения: к накоплению опыта и выводам» выступил начальник отдела технического продвижения компании «БЛ ТРЕЙД» Дмитрий Михайлович Ходырев. В дискуссии также приняли участие представители крупнейших компаний отрасли («Амира-Светотехника», «Точка опоры», Philips «Световые решения», Osram OS, Vossloh Schwabe, General Electric, HEP TECH Co Ltd, CREE и «Лайтинг Бизнес Консалтинг»), а завершилась встреча традиционным подведением итогов.

<http://bl-g.ru>
14.11.2014

Юбилейная светотехническая выставка в Москве

С 11 по 14 ноября 2014 г. в ЦВК «Экспоцентр», в Москве, прошла 20-я выставка «Интерсвет», носящая теперь новое название: «Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий *«Interlight Moscow powered by Light + Building»*. В выставке приняла участие 731 фирма из 24 стран, что несколько меньше, чем в предыдущем году (787 и 28 соответственно). Наибольшее количество участников было из КНР (315, включая 20 из Гонконга), России (265) и Турции (22). При этом впервые выставку «пропустили» украинские предприятия, меньше обычного участвовало немецких фирм (10) и не было самостоятельных стендов *Osram, Philips, General Electric*, «Амиры», Гагаринского светотехнического завода и «Индустрии». Но, тем не менее, новых интересных экспонатов попадалось немало, и ниже мы отметим некоторые из них.

Источники света

Можно сказать, что обещанная специалистами несколько лет назад «светодиодная революция» свершилась. За четыре дня довольно внимательного изучения экспозиции не удалось обнаружить ни одной новой разработки в области тепловых источников света, ЛЛ и КЛЛ. КЛЛ были представлены достаточно широко только на стендах торгующих фирм – «Экола», «Вартон» и др. Даже на стендах фирм КНР, обычно поражающих разнообразием форм и конструкций КЛЛ, в этом году эти лампы были представлены значительно меньше.



Рис. 1. Лампа ДНаТ 400 с колбой овального сечения со сроком службы 50000 ч. «Рефлак», Москва

Что касается РЛВД, то на стенде ООО «Рефлак» (Россия) были показаны РЛВД с внешней колбой овального сечения (рис. 1)¹,

¹ Замена обычной круглосимметричной цилиндрической внешней колбы на овальную значительно уменьшила тепловую нагрузку горелки за счёт френелевских отражений, так как при овальной форме на горелку попадает не весь отражённый поток излучения (который составляет 8% от всего потока), а лишь небольшая его часть. В результате горелка нагревается значительно меньше, повышается стабильность светового потока во времени, а срок службы лампы увеличивается до 50000 ч. Кроме того, лампа снабжена цоколем, позволяющим устанавливать её в светильнике так, чтобы большая ось овала была вертикальной. Это уменьшает оседание пыли на колбе и тем самым дополнительно улучшает параметры светильников с такими лампами. Конструкция лампы защищена российскими и зарубежными патентами.



Рис. 2. Лампы «ДНаЗ» и «ДРуЗ» с серебряным отражающим покрытием части колбы. «Рефлак», Москва

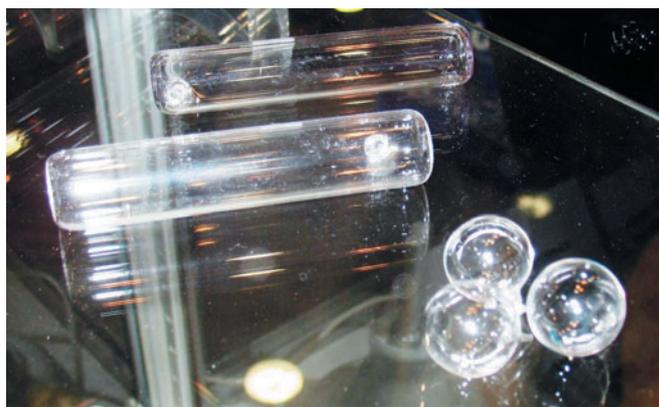


Рис. 3. Малоэнергетические безэлектродные лампы НД. ГУП РМ «НИИ-ИС», Саранск

серия традиционных для этой фирмы зеркальных НЛВД и МГЛ с серебряным отражателем (рис. 2), в том числе варианты с асимметричным светораспределением («кососветы»).

Применение серебра вместо алюминия для зеркализации части колбы позволило увеличить КПД зеркальных ламп-светильников «Рефлак» на несколько процентов, приблизив его к теоретическому пределу.

Из традиционных ламп можно отметить также безэлектродные малоэнергетические источники ультрафиолетового излучения для обеззараживания воды, представленные **НИИ-ИС им. А. Н. Лодыгина** (Саранск) (рис. 3).

Светодиодные источники света (СДИС) были представлены на десятках (если не сотнях) стендов. Здесь преобладали светодиодные лампы (СДЛ) прямой замены (СДЛПЗ)² традиционных ЛН, КЛЛ и ЛЛ, а иногда и МГЛ, в существующих конструкциях светильников. Как и в предыдущие годы с КЛЛ, лидерами здесь являлись фирмы КНР, экспонировавшие сотни типов таких

² Иначе говоря, СДЛ-ретрофиты.



Рис. 4. Светодиодные лампы прямой замены. КНР

ламп мощностью от долей до десятков Ватт с цоколями от $G4$ до $E27$ и $B22$ (рис. 4). СДЛПЗ широко демонстрировались и на российских стендах, однако в подавляющем большинстве случаев это были лампы китайского производства. Порадовали поэтому ГК «Светлана-Оптоэлектроника» (Санкт-Петербург) и завод «Физтех-Энерго» (г. Северск Томской обл.), показавшие СДЛПЗ собственного изготовления. Если стенд петербуржцев практически повторял прошлогодний, то томиичи демонстрировали лампу, не имеющую аналогов ни в России, ни за рубежом (рис. 5). При этом варианты лампы мощностью 7 и 9 Вт с цоколем $E27$ выполнены

на маломощных светодиодах (СД) и не содержат традиционный элемент – радиатор (!). Параметры лампы, измеренные в аттестованной фотометрической лаборатории, соответствуют лучшим мировым образцам: световая отдача – выше 100 лм/Вт, общий индекс цветопередачи R_a – более 80, срок службы – более 40000 ч и коэффициент пульсации светового потока – менее 3%.

Следует сказать, что многие фирмы (в основном торговые) указывали для экспонировавшихся СДЛПЗ ЛН световую отдачу более 100 лм/Вт, не подтверждённую никакими измерениями и вызывающую сомнение.

Для СДЛПЗ ЛЛ сегодня реально достигнута световая отдача более 130 лм/Вт. Такие лампы были на многих стендах. Особенно хочу отметить стенд немецкой фирмы *VJB*, отнюдь не ведущей в области ИС³.

³ В настоящее время подавляющее большинство производителей светильников идёт по наиболее простому пути – в готовых светильниках (например, для потолков типа «Армстронг») заменяют ЛЛ на СДЛПЗ ЛЛ, часто даже оставляя на месте ПРА и совершенно не задумываясь о светотехнических и тепловых характеристиках. В результате получаются светотехнические уродцы с недопустимой блёкостью, непонятным светораспределением и сроком службы менее 5000 ч (при заявленных 50000 ч). Так вот для исключения этого явления *VJB* создала систему «*VJB///OEM-Line*», состоящую из СДИС, в том числе СДЛ непрямой замены (неретрофитов), которые не могут вставляться в старый светильник – один из цоколей $G13$ заменён оригинальным цоколем $GX16t-5$ собственной разработки. Соответствующий этому цоколю патрон также разработан и выпускается фирмой. Кроме лампы и патрона, в систему «*VJB///OEM-Line*» входят оптические элементы, держатели для них, соединители для параллельного и последовательного включения светодиодных модулей, фиксаторы, а также устройства для автоматизированной сборки светильников на основе указанных элементов (рис. 6). Это заставляет разработчиков светильников задумываться не только о том, как вставлять лампу, но и о теплоотводе, о геометрии отражателя или линзы и других важнейших характеристиках. Световая отдача свето-



Рис. 5. Безрадиаторная светодиодная лампы прямой замены. «Физтех-Энерго», Северск

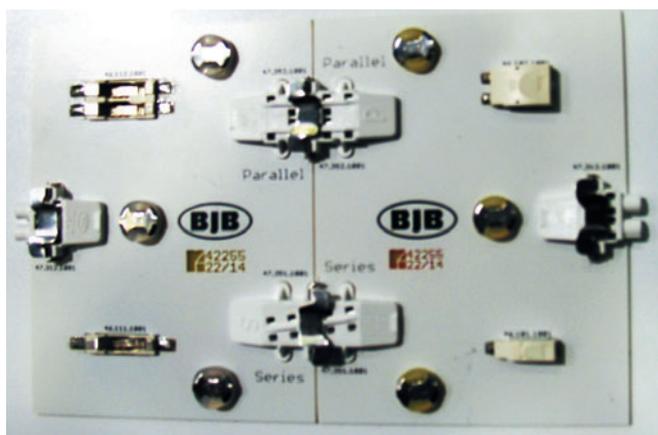


Рис. 6. Компоненты системы «*VJB///OEM-Line*». *VJB*, Германия

На выставке чётко прослеживалось два направления в создании СДИС: совершенствование параметров маломощных (менее 1 Вт) СД и наращивание мощности СДМ. Сегодня уже имеются СДМ мощностью более 200 Вт, например, фирм *Citizen* (Япония) и *Seoul Semiconductor* (Республика Корея) (рис. 7). Световая отдача их превышает 200 лм/Вт, срок службы – более 50000 ч (при температуре перехода не выше 60 °С). Оба направления имеют свои достоинства и недостатки, и сказать однозначно, какое из них более перспективно, пока нельзя.

Среди СДИС особняком «стояли» лампы, разработанные и выпускаемые предприятием «Люмен» (Саранск) – на базе белых СД с удалённым люминофором (рис. 8). Реально достигнутая сегодня световая отдача осветительных приборов «Люмена» с этими СДИС превышает 80 лм/Вт, а при $R_a = 70$ – даже 100 лм/Вт. Принципиально, диапазон цветностей излучения таких ламп значительно шире, чем у «обычных» белых СДЛ за счёт воз-

диодных модулей (СДМ) (в том числе подобных ЛЛ) – до 140 лм/Вт, срок службы – 50000 ч, коррелированная цветовая температура T_c – 4000 или 5000 К.



Рис. 7. Мощные светодиодные модули разной мощности. Seoul Semiconductor (Республика Корея) /а/ и Citizen (Япония) /б/

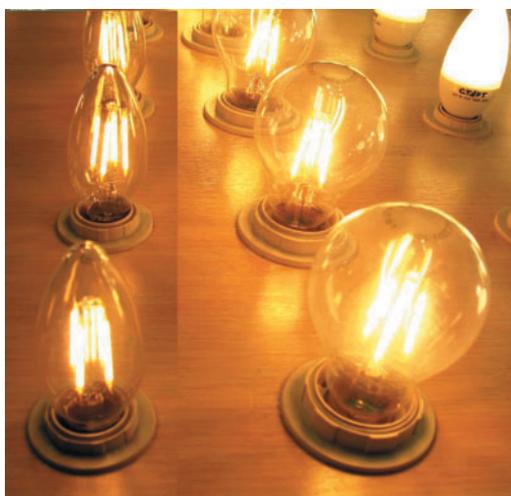


Рис. 9. Светодиодные лампы-имитаторы ламп накаливания с прозрачной колбой. «Старт», Москва



Рис. 10. Светильник отражённого света со световой отдачей выше 80 лм/Вт. «Световые Технологии», Москва/Рязань

возможности применения повышенного количества разных люминофоров.

Из-за ограничений на применение ЛН во многих странах ощущается потребность в ИС, наиболее точно имитирующих ЛН. Поэтому в последнее время стали появляться СДЛ с имитацией нити накала, по виду практически неотличимые от ЛН с прозрачной колбой (рис. 9). Такие лам-



Рис. 8. Лампы и светильники с удалённым люминофором. «Люмен», Саранск

пы на прошлогодней выставке уже показывали китайцы, а в этом году показ их расширился (десятки фирм, притом большей частью европейских).

По сравнению с предыдущими годами СДЛ заметно подешевели. Так, фирма «Микро Эм» (Москва) демонстрировала СДЛПЗ ЛН с рекомендованной розничной ценой типоразмера мощностью 7,5 Вт ($T_u - 2700$ К, световой поток – 450 лм) 180 руб., соразмерной ценам КЛЛ с соответствующим световым потоком.

В целом экспозиция выставки этого года показала, что СДИС стали уже широко распространёнными ИС, по большинству характеристик превосходящими и ЛН, и ЛЛ. Безусловно, будущее светотехники в основном будет связано именно с СДИС.

Осветительные приборы

Как и в области ИС, в области осветительных приборов подавляющее большинство экспонатов были «светодиодными» – светильники и прожекторы с СД. Достаточно сказать, что на огромном стенде МГК «Световые Технологии» было всего два светильника с традиционными лампами – один с НЛВД и один с ЛЛ с диаметром 16 мм (T_5). Среди приборов с СД этой фирмы выделялись светильники отражённого света со световой отдачей более 80 лм/Вт (рис. 10) и пристраиваемый светильник направленного света высотой всего 14 мм (рис. 11). Светильники отражённого света, не создающие блёскости, как правило имеют КПД не выше 50%. За счёт точно рассчитанного профиля и применения высококачественных материала-



Рис. 11. Светильник направленного света толщиной 14 мм. «Световые технологии», Москва/Рязань



Рис. 12. Светильник со световым потоком до 100000 лм. «ЦЕРС», Ростов-на-Дону

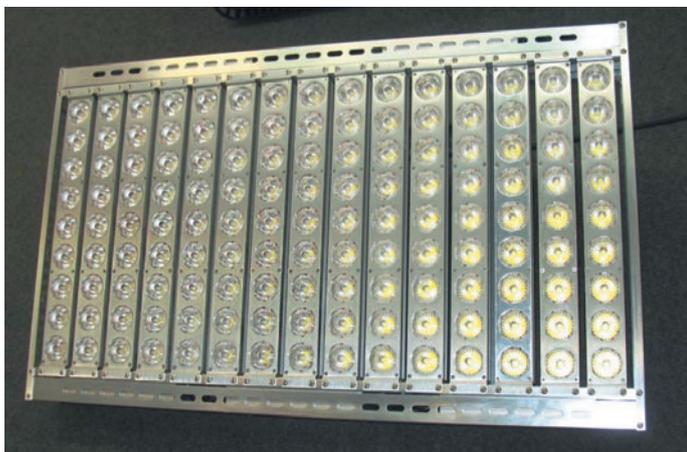


Рис. 13. Прожектор мощностью 960 Вт для освещения монумента «Родина-мать» в Волгограде. «Белинтегра», Беларусь



Рис. 14. Фрагмент стенда фирмы «Белинтегра», Беларусь

лов для отражателя и контротражателя «Световым Технологиям» удалось значительно повысить коэффициент использования светового потока СДИС и поднять световую отдачу светильников выше 80 лм/Вт

СД принципиально изменили подход к конструированию светильников. Сегодня по внешнему виду изделия иногда трудно догадаться, что перед вами – светильник. Примером такого совершенно нетрадиционного типа осветительных приборов могут служить мощные светильники (или прожекторы), представленные ГК «ЦЕРС» (Ростов-на-Дону) (рис. 12). При этом один из светильников имеет световой поток до 100000 лм при потребляемой мощности 660 Вт, R_a – не менее 70, угол излучения – 40° и заявленный срок службы – 60000 ч. Его литой алюми-



Рис. 15. Светильник с мало мощными светодиодами для высоких помещений. «Физтех-Энерго», Северск

ниевый корпус одновременно служит радиатором. К сожалению, фотометрические характеристики базируются на данных фирмы-производителя СД (Citizen, Япония) и не подтверждены реальными испытаниями.

Необычен вид и прожектора с СД мощностью 1 кВт, представленного фирмой «Белинтегра» (Беларусь) (рис. 13). В прожекторе использовано 135 достаточно мощных СД с индивидуальными отражателями. Три таких прожектора освещают монумент «Родина-мать» в Волгограде, высотой 180 м. Кроме того, «Белинтегра» показала довольно широкий ассортимент светильников с СД, среди которых имеются светильники с СДМ, управляемые по стандарту DALI (рис. 14).

Оригинальные светильники с СД хорошего качества показал завод «Лампирис» (Новосибирск). Офисные светильники завода с боковым вводом света имеют тол-



Рис. 16. Мобильный осветительный комплекс мощностью до 2600 Вт. «Физтех-Энерго», Северск

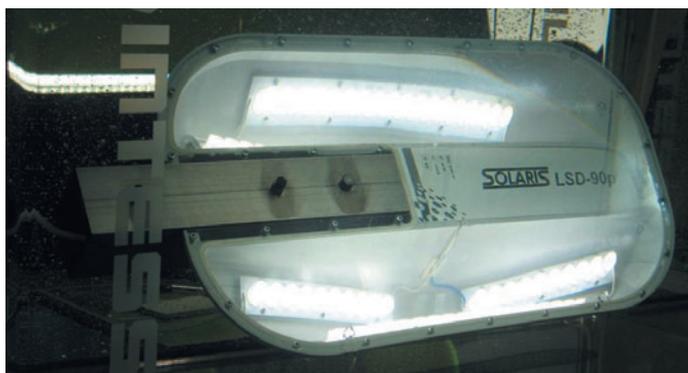


Рис. 17. Светильник «Солярис». Intesso, Новочеркасск



Рис. 18. Фрагмент стенда предприятия «Белый свет»

щину всего 9 мм, равномерное свечение по всей площади и практически не создают блёскости. Световая отдача светильников – до 100 лм/Вт, заявленный срок службы – 100000 ч, коэффициент пульсации светового потока – менее 1%. Многие из выпускаемых заводом светильников управляемы и оснащены датчиками присутствия и освещённости, что позволяет создавать на их основе автоматизированные системы управления освещением и значительно экономить потребляемую электроэнергию. Оригинальные уличные светильники с СДМ (мощность СДМ – 50 Вт) имеют световую отдачу до 120 лм/Вт (по ре-



Рис. 19. Фрагмент стенда предприятия «Ультра Лайт»

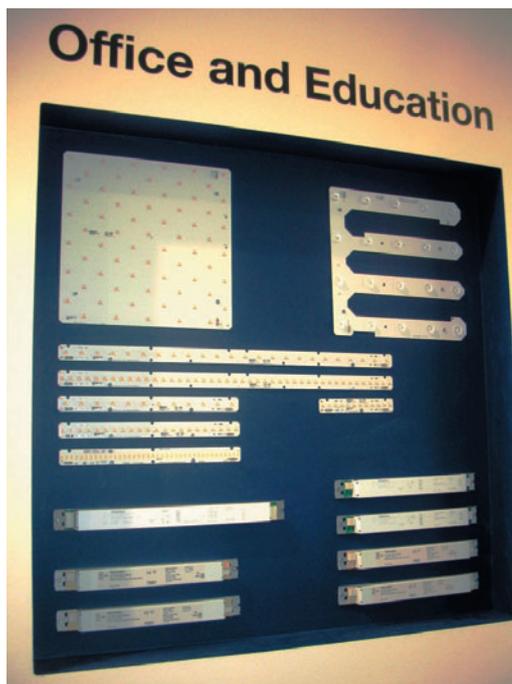


Рис. 20. Фрагмент стенда фирмы Tridonic

зультатам измерений в ООО «ВНИСИ»). Светильники выпускаются с одним–пятью СДМ, что позволяет использовать их для освещения улиц разных классов. Завод производит также светильники с СД для автодорожных тоннелей, аварийные светильники и облучатели для теплиц.

Завод «Физтех-Энерго», о лампах которого уже говорилось, показал оригинальные светильники для освещения больших помещений с высокими потолками, построенные на маломощных СД (рис. 15). Мощность светильника – 90 Вт, световой поток – до 11000 лм, масса – всего 2,5 кг. Для освещения больших открытых пространств (например, аэропортов) заводом разработаны и производятся мобильные осветительные комплексы мощностью до 2600 Вт со световым потоком 230 000 лм в разном конструктивном исполнении (рис. 16).

Очень качественные светильники с СД продемонстрировал завод **Intesso** (г. Новочеркасск Ростовской обл.) – от декоративных до промышленных и уличных со степенью защиты до $IP67$ (рис. 17).

Как и на прошлогодней выставке, оригинальную продукцию показала фирма **DAR Light** (г. Мытищи Московской обл.): светильники с безэлектродными ЛЛ мощностью от 40 до 400 Вт. Световая отдача ламп – более 80 лм/Вт при R_a выше 80, заявленный срок службы – 100000 ч и диапазон рабочих температур – от минус 50 (!) до +70°C.

По обыкновению, много хороших и оригинальных светильников было на стендах **Ардатовского светотехнического завода**, фирм «Фокус» (г. Фрязино Московской обл.), «АтомСвет» (Москва), «Брайтэлек» (Москва) и, конечно, холдинга **BL Group**.

В области аварийного освещения наиболее широкий и интересный ассортимент был представлен фирмой «Белый свет» (Москва) (рис. 18).

Отмечу важную особенность выставки 2014 года: многие предприятия, ранее производившие продукцию под российскими торговыми марками в КНР, переносят изго-

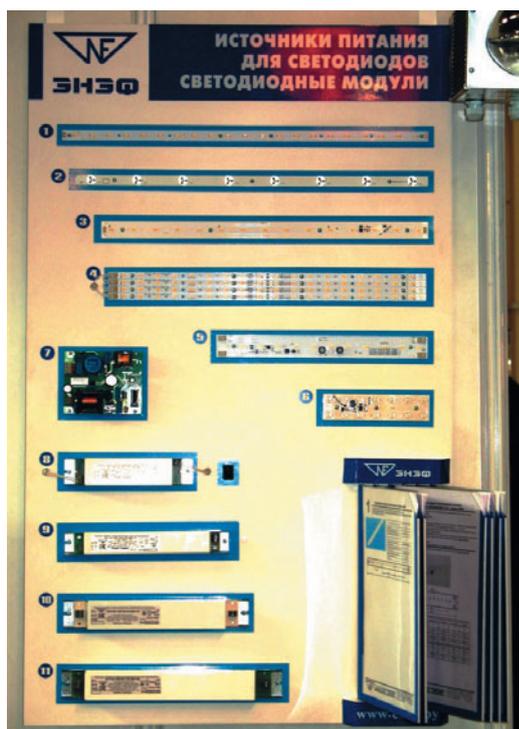


Рис. 21. Фрагмент стенда предприятия «ЭНЭФ»



Рис. 23. Фрагмент стенда фирмы TCL

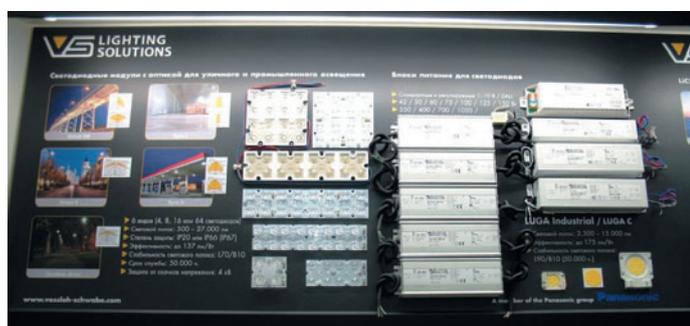


Рис. 22. Фрагмент стенда фирмы Vossloh Schwabe

товление своих изделий в Россию. Так, полностью теперь у нас производит отличные бытовые светильники предприятие «Ультра Лайт» (г. Железнодорожный Московской обл.) (рис. 19). Также подчёркивали «чисто российское» происхождение своей продукции вышеупомянутый завод *Intesso* и некоторые другие производители.

На стендах иностранных фирм оригинальных запоминающихся светильников обнаружить не удалось. Возможно, из-за неучастия в выставке этого года таких лидеров как *BPS Leuchtensystem*, *Fagerhult*, *RZB* и *Artemide*.

Другие светотехнические изделия и материалы, системы управления освещением, технологическое оборудование

Если в предыдущих разделах обзора сетовалось на отсутствие ряда ведущих фирм, то в отношении комплектующих изделий стоило радоваться: после многолетнего отсутствия на выставку вернулся ряд фирм, во многом определяющих пути развития данного направления. Речь идёт, прежде всего, об австрийской фирме *Tridonic* и о белорусской «ЭНЭФ». Экспозиции обеих чётко показыва-

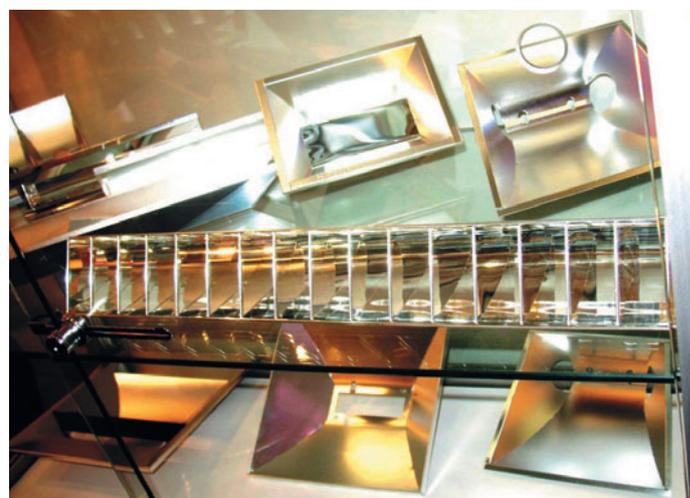


Рис. 24. Отражатели из алязакированного алюминия. Metalco, Италия

ли текущее направление развития светотехники – полный переход от традиционных ИС на СДИС. Так, *Tridonic* полностью прекратила производство ЭМПРА для ЛЛЛ и РЛВД, электромагнитных и электронных трансформаторов для ГЛН НН, в связи с чем закрыла три своих завода. В настоящее время основным направлением фирмы является про-



Рис. 25. Алюминиевые профили для светильников. Klus, Польша



Рис. 26. Стационарный спектрогониофотометр. Viso Systems Aps, Дания

изводство СДМ (для этого создано совместное предприятие с японской фирмой *Toyoda Gosei*), ЭПРА и устройств управления (УУ) для СДМ, ЭПРА для ЛЛ и систем управления освещением на базе СДИС и ЛЛ. На выставке были представлены образцы всех этих изделий (рис. 20).

Завод «ЭНЭФ» (г. Молодечно, Беларусь), всегда отличавшийся оригинальностью схемных решений своих из-



Рис. 27. Переносной спектрогониофотометр. Viso Systems Aps, Дания

делий, за годы отсутствия на выставке также переориентировался на производство СДМ, ЭПРА и УУ для них, сохранив при этом лидирующее положение в СНГ по разработке и производству ЭПРА для ЛЛ и РЛВД. На рис. 21 показаны фрагменты стенда этого предприятия с изделиями разного назначения. По техническим параметрам они находятся в одном ряду с лучшими мировыми.

Широчайший ассортимент ЭПРА и УУ для всех типов ИС был представлен на стендах фирм *Vossloh Schwabe* (Германия) (рис. 22), *TCI* (Италия) (рис. 23), *Helvar* (Финляндия) и ряда фирм КНР.

Надо сказать, что за последние годы произошло заметное сближение параметров и конструкций этих изделий предприятий разных стран. Сегодня практически все они выпускают ЭПРА для разных ламп и СДИС с одинаковыми характеристиками: КПД около 90%, управление по стандартам *DALI*, *DMX* или аналоговое ($1 \dots 10 V$), глубина пульсаций выходного тока – до 5%, диапазон входного напряжения – от 90 до 263 В. Как видно из рис. 19–22, и конструктивное исполнение изделий одинаково – происходит стихийная стандартизация. Для управления этим процессом в области СД даже создан специальный международный консорциум – *Zhaga*, уже разработавший и выпустивший несколько стандартов.

Как никогда широко на выставке были представлены системы управления освещением. Они присутствовали на стендах «Световых Технологий», *BL Group*, *Vossloh Schwabe*, *Tridonic*, «Белинтегры», «Белого света», «АтомСвета» и многих других фирм.

Электроустановочные изделия широко экспонировались фирмами *BJB* (Германия), *Stucchi* (Италия), *Wago* (Германия), рядом турецких фирм.

Итальянская фирма *Metalco*, как и в прошлые годы, представляла замечательные отражатели из алязакированного алюминия для всевозможных ИС, включая СДИС (рис. 24).

Кроме неизменного участника всех выставок «Интерсвет» – немецкой фирмы *Alanod*, рулонный алязакированный алюминий с разными индикатрисами отражения в этом году экспонировала китайская фирма *Anometal*. Согласно информации на стенде последней, интегральный коэффициент отражения материала достигает 96% (!).

Огромный ассортимент алюминиевого профиля для светильников показала фирма *Klus* (Польша) (рис. 25).



Рис. 28. Спектрогониофотометр. SSL Resource Oy, Финляндия

Фирмы **Gi Plast** (Италия) и «**Полигаль Восток**» (Россия) демонстрировали профили из поликарбоната, листовую поликарбонат разных цветов с разными индикатрисами пропускания и другие синтетические материалы для светильников.

Завод «**Элиз**» (Владимир), новый участник выставки, показал очень широкий ассортимент изделий из кремний-органической резины для уплотнения и герметизации светильников и других изделий

Впервые на выставке было показано технологическое оборудование для операций изготовления печатных плат, герметизации, монтажа и других операций в изготовлении светильников (фирма «**Остек**», Москва). Интересно, что «**Остек**» ещё в 2011 г. выпустила пособие «Технологические материалы для производства светодиодов и светодиодной техники». Кроме неё, технологическое оборудование представили ещё несколько предприятий.

Экспозиция технологического оборудования и новых технологий убедительно показала, что с массовым внедрением СД светотехническая промышленность просто обязана перейти на совершенно новый технологический уровень. Сегодня для грамотного конструирования светильников необходимы достаточно глубокие познания не только в области светотехники и простейшей механики, но и в области тепловых расчётов, электроники, химии и т.п. – светотехника действительно становится отраслью самых передовых и сложных научно-технических решений.

Мне приходится писать уже восемнадцатый обзор выставки «Интерсвет»/«*Interlight Moscow...*», и пятнадцать предыдущих обзоров включали фразу «К сожалению, фотометрической аппаратуры на выставке в этом году представлено не было». Отсутствие фотометрической аппаратуры у меня всегда вызывало чувство глубокого огорчения и недоумения: как можно конструировать что-то новое, не контролируя параметров создаваемого изделия? По данным очень компетентного специалиста, сегодня в России производством светильников с СД занимается больше трёхсот предприятий, и только на десяти из них имеется хоть какая-то фотометрическая аппаратура. О какой достоверности параметров можно говорить в этом случае?

Выставка этого года стала приятным исключением: как минимум на четырёх стендах присутствовала современная высококласная фотометрическая аппаратура. На стенде



Рис. 29. Портативный спектрофотометр. UPRtek, Тайвань

датской фирмы **Viso Systems Aps** было представлено сразу два спектрогониофотометра: стационарный (рис. 26) и переносной (рис. 27). Оба прибора позволяют за несколько минут получать на экране компьютера кривые силы света в разных плоскостях, спектральное распределение излучения, цветовую температуру, координаты цветности, общий и 14 частных индексов цветопередачи, световой поток, потребляемую мощность, световую отдачу и форму потребляемого тока. Интересно, что стенд этой фирмы находился как раз напротив стенда журнала «Полупроводниковая светотехника», где, в частности, демонстрировался проспект лаборатории «**Архилайт**», оснащённой приборами собственной разработки и изготовления, сертифицированными Росстандартом.

На стенде фирмы **Arrant-Light Oy** (Финляндия) экспонировался спектрогониофотометр фирмы **SSL Resource Oy**, по характеристикам аналогичный указанным датским приборам (рис. 28). Здесь же был представлен миниатюрный (90 × 33 × 33 мм) спектрофотометр фирмы **UPRtek** (Тайвань), позволяющий измерять освещённость, цветовую температуру, координаты цветности в двух системах (МКО и равноконтрастной), общий и частные индексы цветопередачи, спектры излучения и глубину пульсаций освещённости. Все данные выводятся на встроенный микродисплей и могут тут же передаваться на экраны компьютеров, планшетов или смартфонов (рис. 29). По идее, такими приборами должны быть оснащены все светотехнические предприятия, тем более, что цена их незаоблачная (ниже €1300).

Подводя итоги обзора выставки, можно уверенно сказать, что российская светотехника вышла из наиболее тяжёлой полосы своей истории. Экспозиции таких предприятий, как «Световые Технологии», «Рефлекс», Ардатовский светотехнический завод, «Белый свет», *Intesso*, «АтомСвет», «Фокус», «ЦЕРС», «Светлана-Оптоэлектроника» показали, что наши инженеры могут создавать, а заводы производить светотехнические изделия, не уступающие изделиям лучших зарубежных фирм.

Очередная 21-я «Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий *Interlight Moscow powered by Light + Building*» состоится 10–13 ноября 2015 г.

Л.П. Варфоломеев,
кандидат техн. наук,
член редколлегии журнала «Светотехника»

Научно-практическая конференция «Световой дизайн-2014»

В формировании профессии «светодизайнер», как и в развитии светодизайна в целом, сегодня обозначилась ключевая проблема (от решения которой будет зависеть дальнейшая судьба этого профессионального направления в России) – *проблема комплексного подхода к светодизайну*. Несмотря на множество разных тенденций в образовательных программах престижных вузов и недавно созданных специализированных школ, на данный момент такой подход отсутствует. При этом комплексный подход – это решение не только проблем в системе образования и в формировании программ по подготовке специалистов, но и ответственность, и личный профессиональный рост каждого специалиста в области светодизайна.

Данная проблема касается не только светодизайна, а является сквозной для дизайна и творческих специальностей в целом, затрагивая их общие стороны: авторская ответственность; ориентация на потребительский интерес; отсутствие личных мотиваций индивидуального профессионального роста; абсолютная незащищённость профессии светодизайнера от *любого* проявления деятельности *любого* субъекта на рынке; отсутствие критериев профессионального качества как образовательной, так и проектной деятельности.

Игнорирование данных вопросов зачастую приводит к тому, что появляются непрофессиональные «школы», «бездарские», «пустые» световые решения и т.п. Благодаря этим тревожным тенденциям безразличность и конъюнктурность угрожают стать основными характеристиками современного отечественного светодизайна. Однако тем важнее становится деятельность ряда профессионально ориентированных специалистов, фирм и вузов, которые борются за качество и ответственность в профессии и отстаивают этические нормы российского светодизайна.

Эти и другие профессиональные вопросы стали основными на научно-практической конференции «Световой дизайн-2014», прошедшей 9–10 октября в Санкт-Петербурге. Организаторами её стали СПб НИУ «ИТМО»

и Творческая организация светодизайнеров «RULD» (www.ruld.ru).

Основной задачей конференции являлось стимулирование соответствующей научно-исследовательской и проектной (творческой) деятельности педагогов, сотрудников, молодых учёных, студентов и практикующих специалистов в области светового дизайна.

В мероприятии приняло участие около 120 человек и прозвучало 36 докладов, в частности: «Светодизайн. Подготовка кадров. Проблемы и перспективы развития (В.Т. Прокопенко, Н.В. Быстрянцева, Е.Ю. Лекус); «Архитектурное освещение Санкт-Петербурга. Практические комментарии» (В.В. Семёнова); «Цвет – необходимая составляющая жизненной среды» (проф. А.В. Ефимов); «Новый свет в московских городских программах» (А.Г. Хаджин); «Световые визуальные коммуникации в городской среде» (М.А. Силкина); «Качество и количество. Светодинамические установки архитектурного и ландшафтного освещения» (В. Голиков); «Функция и эстетика итальянского света» (Л. Паче). Работа конференции проходила на нескольких секциях: «Подготовка специалистов по световому дизайну», «Световая среда города», «Теория цвета», «Экология и здоровье», «Свет и искусство» и «Светодизайн и наука». В конференции приняли участие такие вузы как СПб НИУ «ИТМО», МАрХИ (ГА), НИУ «МЭИ», СПбГХПА им. А.Л. Штиглица и СПГУТД.

Профессиональный настрой и главную тематику конференции задал доклад проф. Н.И. Щепеткова «Светодизайн от нелегальных светодизайнеров», в котором поднимались такие принципиально значимые для отечественного светодизайна проблемы как легитимация новой профессии «светодизайнер» и становление профессиональных программ обучения.

Также на конференции обсуждались вопросы: повышения статуса научно-исследовательской деятельности в области светодизайна; обобщения и распространения передового научно-практического опыта; формирования информационного пространства

для эффективного профессионального взаимодействия при решении актуальных вопросов в сферах науки, образования, светодизайна и экспериментального проектирования; содействия повышению квалификации работников образования; развития интеллектуального сотрудничества педагогов, молодых учёных и студентов, практикующих специалистов и привлечения их к решению проблем светодизайна; участия в создании основ и условий для плодотворной интеграции образовательных и научных учреждений с промышленной практикой с целью подготовки молодёжи к решению задач, стоящих перед современными светодизайнерами. Кроме того, были рассмотрены вопросы исследования световой среды вечернего города, критериев качества световой среды, светового загрязнения, методов и приёмов ландшафтного освещения, технологии освещения мостов и др.

В завершение конференции прошёл мастер-класс по архитектурному освещению на здании Санкт-Петербургского планетария, организованный компанией *GRIVEN* при содействии компаний *CARIBONI* и *GOBOIMAGE*, и был показан светомузыкальный спектакль театра «*LUX AETERNA*» под руководством Н.В. Матвеева (СПб НИУ «ИТМО»). Помимо этого, в последний день работы конференции участники посетили Музей оптики, где В. Пшеничных (СПб НИУ «ИТМО») провёл для гостей интереснейшую экскурсию, а студенты получили возможность поучаствовать в мастер-классе К. Каратаевой (Творческое объединение светодизайнеров «*RULD*») по созданию визуализаций в программе «*Photo Shop*».

Подробно ознакомиться с тезисами и программой конференции можно на сайте <http://svetspb.faculty.ifmo.ru>. Организаторы конференции благодарят всех участников и спонсоров, а также гостеприимный Санкт-Петербургский планетарий.

Научно-практическая конференция «Световой дизайн-2014» стала официальным мероприятием в преддверии Международного года света и световых технологий (*IYL 2015*), официально объявленного 20 декабря 2013 г. Генассамблеей ООН.

Н.В. Быстрянцева, архитектор-дизайнер, Творческое объединение светодизайнеров «RULD» и СПб НИУ «ИТМО», Санкт-Петербург

Читательская конференция журналов «Светотехника» и «Light & Engineering»

В рамках выставки «*Interlight Moscow powered by Light+Building*» 11 ноября 2014 г. на конференц-площадке «AGORA» прошла читательская конференция журналов «Светотехника» и «*Light & Engineering*», на которой присутствовало не менее 35 человек.

С докладом «Журнал и научно-технический прогресс светотехники» выступил главный редактор журналов проф. Ю.Б. Айзенберг.



Докладчик рассказал об основных этапах развития старейшего в мире светотехнического журнала (1932–1992 гг. – советский пери-

од, а с 1992 г. – российский), отметив особую роль М.А. Шателена, Л.Д. Белькинда, В.В. Мешкова в создании и становлении журнала. Отметил большой вклад в работу журнала Г.Н. Рохлина, С.А. Ключева, Г.М. Кнорринга, Л.А. Ципермана, А.Б. Матвеева, З.А. Скобарева, Р.Ю. Яремчука, Ю.И. Свиридова, О.Г. Корягина.

Кроме того, по его словам:

– Ещё с первых лет существования журнал стремился к увеличению тиража (от 1200 экз. в начале до 5000 экз. в 1969-м и 11500 экз. в 1985-м гг.). И с этой целью в 70-х гг. было проведено 28 конференций в 19 городах страны, в которых приняло участие 3500 человек.

– С привлечением секции НТО «Светотехникой» было организовано обследование состояния освещения 195 школ в 21 городе и 17 поселках (1980–1981 гг.), метрополитенов в 5 городах и множества больниц.

– В журнале регулярно публикуются и обсуждаются проекты норм, СНиП, ПУЭ и ГОСТ. В 2014 г. в «Светотехнике» № 1/2 были полностью напечатаны новые стандарты. Часто на её страницах проводятся очные и заочные дискуссии на разные темы в области светотехники (всего состоялось 80 дискуссий). В этом году проведены дискуссии «Светоцветовая среда Москвы» и «Пути вытеснения ламп накаливания и перехода на энергоэффективные источники света», а годом ранее было проведено международное интервью. За все годы было опубликовано больше 7 тысяч

статей по общим вопросам, истории, теоретической светотехнике, физиологической оптике, фотометрии, колориметрии, светотехническим установкам, источникам излучения, световым приборам, ПРА и др.

– Первая публикация по светодиодам в журнале появилась в 1971 г.: статья И.М. Гуре-

вича и Г.А. Пятницкой по фотометрии красных светодиодов. А всего с 1996 г. было опубликовано не менее 165 «светодиодных» статей квалифицированных отечественных и зарубежных авторов.

– Новое время и новые веяния привели к введению в журнале разделов по световому дизайну и компьютерному проектированию, маркетингу, бизнесу и инновациям, освещению городов и др. Была организована целая корреспондентская сеть в разных регионах страны (21 корреспондент). Особо активную и систематическую работу все годы вели Р.И. Пашковский и Е.А. Лесман.

– 29 декабря 2011 г. открылся сайт журналов «Светотехника» и «*Light & Engineering*» по адресу: www.svetotekhnika.ru. В 2012–2013 гг. в среднем было 1500 посещений сайта в месяц. При этом к сайту подключена система «Assist» – для приёма электронных платежей и осуществления прямой подписки. Журнал распространяется также через систему конструкторской документации «NormaCS» и площадку книг «libex.ru». Намечается вскоре выход и на площадки «Яндекс.Маркет», «Wikimart» и «Play.Google».

– В последнее время журнал ведёт активную борьбу за своё существование и финансовую независимость. Для этого был создан институт Партнёрства с ведущими компаниями: *BL Group*, «Световые Технологии», *Philips*, *Osram*, *General Electric*, *Zumtobel*, *Vossloh Schwabe*, *Thorn*. Недавно в него вошли и новые партнёры: «Рэйнбоу Электроникс», «Институт градостроительства», «Глобал Лайтинг». Пока безуспешно, однако, стремление журнала получить государственную поддержку.

– Журналы «Светотехника» и «*Light & Engineering*» получили широкое международное признание. МКО признало «Светотехнику» одним из трёх лучших в мире светотехнических периодических изданий.

В заключение доклада Ю.Б. Айзенберг призвал читателей журнала «Светотехника» активнее подписываться на него на 2015 г. и сказал, что будет всемерно рад его новым партнёрам.

М.И. Титаренко, ООО «Редакция журнала «Светотехника»



«РОССИЙСКИЙ СВЕТОДИЗАЙН»

ИТОГИ КОНКУРСА

Всероссийский конкурс дизайна освещения «Российский светодизайн», организованный ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», Союзом дизайнеров России и выставкой «*Interlight Moscow powered by Light+Building*», проводится ежегодно. В качестве председателя жюри в этом году выступил представитель Международной ассоциации светового дизайна – немецкий светодизайнер Андреас Шульц.

Члены жюри рассмотрели каждую из конкурсных работ, и 13 ноября на площадке «*Interlight Design Academy*» выставки состоялась церемония награждения победителей конкурса «Российский светодизайн». Всем участникам конкурса были вручены памятные дипломы, а победители, занявшие первые места, получили статуэтки оригинального дизайна от выставки «*Interlight Moscow powered by Light+Building*». Студенты-победители получили денежные призы от компании *Messe Frankfurt Rus* и ряда членов Светотехнической торговой ассоциации – «ВНИСИ», «БЛ ТРЕЙД», «Точка опоры», «ЭТМ» и «Белый свет».

Победителями в этом году стали:

В номинации «Лучший дизайн наружного освещения»:

I место – Проект «Архитектурное и ландшафтное освещение Пашкова дома» компании ООО «СветоПроект» (рис. 1).

II место – Проект «Бизнес-центр «Литейный, 26» компании ООО «Интилед» (рис. 2).

III место – Проект «Часовня во имя блаженной Матроны Московской в составе подворья Покровского ставропигиального женского монастыря у Покровской заставы» компании ООО «СветСтройСервис» (рис. 3).

В номинации «Лучший проект внутреннего освещения»:

I место – Проект «Автосалон «*Bentley* Краснодар» компании «Точка опоры» (рис. 4).

II место – Проект «Главный вход в ОКЦ «Галактика» компании ООО «Зодиак-Электро».

III место разделили два проекта – Проект «ТАО Клуб» компании ООО «Зодиак-Электро» и Проект освещения офиса компании *YOTA* в Санкт-Петербурге компании «Центр технического света».

В номинации «Лучший дизайн светового прибора»:

I место – Дизайнерский светильник со светодиодами «НИМБ» (БЕЛЫМ-БЕЛО™) компании «МДМ-Лайт» (рис. 5).

II место – Светильник ДТУ53–60–001У «Тюльпан 2» холдинга *BL Group*.

III место – Светильник со светодиодами «*Geniled* Сфера» компании «Инносвет».

В номинации «Лучший студенческий проект дизайна освещения» призы были распределены следующим образом:

I место – Проект «Блитс» студентки Национального института дизайна Анны Хрусталёвой (руководитель И.Г. Баталов) (рис. 6).

II место – Дипломный проект «Уличная интерактивная скульптура» студентки СГТУ им. Ю.А. Гагарина Екатерины Опанасюк (руководитель Е.В. Чермисова).

III место – Проект «Одуванчик» студентки Национального института дизайна Галины Сорокотяги (руководитель И.Г. Баталов) (рис. 7).

П.А. Федорищев, ООО «ВНИСИ»



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Конкурс "РОССИЙСКИЙ СВЕТОДИЗАЙН" 2014



Рис. 6

Рис. 4



Рис. 5



Рис. 7



В Ассоциации РАТЭК была создана Секция производителей светотехнических изделий

Ассоциация РАТЭК, образованная в 2000 г., объединяет крупнейшие торговые компании и товаропроизводителей электробытовой и компьютерной техники.

В Ассоциацию РАТЭК входит порядка 60 компаний, работающих более чем в 400 городах России, в т.ч. торговые компании (включая федеральные торговые сети: «Эльдорадо», «М.Видео», «Техносила», «Медиа-Маркт-Сатурн», «Связной»), производственные (включая иностранные представительства компаний *Intel, Apple, Panasonic, LG, Sony, Samsung, Foxconn, Jabil, Indesit, HP, Panasonic, Xerox, Canon* и др.), сервисные и инфраструктурные компании.

Путём объединения конструктивных усилий участников рынка электроники Ассоциация РАТЭК выполняет следующие задачи:

- защита коллективных интересов членов Ассоциации путем представления их интересов в международных неправительственных организациях, российских государственных органах и иных организациях;
- содействие созданию равных конкурентных и благоприятных финансово-экономических условий для добросовестных участников рынка электробытовых и компьютерных товаров;
- содействие развитию предприятий-производителей электробытовой и компьютерной техники, торговых предприятий и предприятий сервиса рынка электробытовых и компьютерных товаров;
- обеспечение полноценного удовлетворения потребностей граждан и организаций в качественных, безопасных и разнообразных электронных товарах.

Основные проекты:

- Техническое регулирование;
- технический регламент о безопасности низковольтного оборудования;
- технический регламент об электромагнитной совместимости;
- маркировка оборудования в соответствии с классами энергоэффективности.
- Утилизация.
- Локализация производства.
- Нормативные акты Таможенного союза.
- Корректировка ввозных таможенных пошлин.

- Корректировка правил ввоза / вывоза продукции, содержащей криптографическую защиту информации.

- Авторский сбор с копирующей электроники (*Private Copying Levy*).
- ГЛОНАСС/GPS.
- Законодательство о регулировании торговой деятельности.
- Интернет-торговля.
- Регулирование сферы защиты прав потребителей.

Представители Ассоциация РАТЭК являются членами ряда советов и комиссий государственных органов и общественных организаций, в т.ч.:

- Экспертного совета по вопросам развития торговой деятельности в РФ при Минпромторге РФ.
- Общественного совета по техническому регулированию при Минпромторге РФ.
- Координационного совета по вопросам инновационного развития радиоэлектронной промышленности при Минпромторге РФ.
- Консультативного совета по реализации таможенной политики при ФТС РФ.
- Экспертного совета при ФАС РФ по развитию конкуренции в сфере розничной торговли и непроемственных услуг.
- Национального межведомственного координационного совета по вопросам энергосбережения (ГЭФ, Минобрнауки РФ, ПР ООН).
- Общественного совета Департамента потребительского рынка и услуг Москвы.
- ТПП РФ.
- Президиум Отраслевого Совета по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия в электротехнической промышленности.
- Рабочая группа по вопросам развития торговой деятельности в РФ (председатель – И.И. Шувалов).
- Секция экспертов «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» Рабочей группы законодательных инициатив при Председателе Комитета ГД РФ по энергетике.
- Рабочая группа по взаимодействию с бизнесом в сфере промышленности в рамках подкомитета по таможенно-тарифному, нетарифному регулированию и защитным мерам Консультативного ко-

митета по торговле при Коллегии Евразийской экономической комиссии.

- Наблюдательный совет НП «Национальный платежный совет» и ряда других.

В 2013 г. в Ассоциации РАТЭК была создана Секция производителей светотехнических изделий, куда вошли известные компании-производители светотехнической продукции, такие как *Osram, General Electric, Philips* и *Navigator*.

Секция была создана с целью создания благоприятных условий для формирования и развития цивилизованного российского рынка светотехнической продукции.

На сегодняшний день силами данной Секции Ассоциации РАТЭК разработаны или разрабатываются:

- изменения, в проект технического регламента Таможенного союза «Об информировании потребителя об энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств»;
- изменения в проект технического регламента Таможенного союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники»;
- проект технического регламента Таможенного союза «О требованиях к энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств»;
- план мероприятий, обеспечивающих ограничение оборота на территории РФ ламп накаливания и предусматривающий систему действий, направленных на стимулирование спроса на энергоэффективные источники света, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 28.10.2013 г. № 1973;
- проект изменений в Постановление Правительства Москвы от 12.12.2012 N 712 – ПП «Об утверждении Правил установки и эксплуатации рекламных конструкций» в части медиа-фасадов;
- проект детализации светодиодных источников света, светильников и светодиодных модулей с целью выделения отдельных кодов в Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Таможенного союза;
- изменения в Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 № 1221 в целях ограничения закупок для государственных и муниципальных нужд осветительных устройств и электрических ламп, не отвечающих требованиям к энергетическим характеристикам и качеству продукции;
- изменения в санитарные правила и нормы (СанПиН).

А.Г. Гуськов, Ассоциация РАТЭК

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ В 2015 ГОДУ (I ПОЛУГОДИЕ)

Дата	Название мероприятия	Место проведения
14-16.01	Lighting Japan 2015 7-я Международная выставка по осветительному оборудованию с неорганическими и органическими светодиодами и его применению	Токио, Япония www.lightingjapan.jp
16-18.01	Economic Times Acetech - 2015 Международная выставка строительства и дизайна интерьеров	Колката, Индия www.exponet.ru
21-22.01	Best of Events International - 2015 Выставка товаров и услуг для организации праздничных мероприятий	Дортмунд, Германия www.exponet.ru
04-06.02	LED Korea 2015 Международная выставка светодиодных технологий (с конференцией)	Сеул (Кинтекс), Республика Корея www.expoclub.ru
11-12.02	LED Expo Benelux Новая международная выставка-ярмарка инновационного освещения	Хертогенбос, Нидерланды www.ledexpo.nl
24-26.02	Strategies in Light 2015 Международные конференция и выставка по светодиодам и освещению светодиодами	Лас-Вегас, Невада, США www.strategiesinlight.com
02-05.03	LED China 2015 11-я Китайская международная выставка светодиодных технологий	Гуанчжоу, КНР www.expoclub.ru www.exponet.ru
	Prolight + Sound - 2015 Международная выставка технологий и услуг для проведения мероприятий, освещения и производства	
23-26.03	Amper 2015 Международная выставка по электротехнике, электронике, автоматике, связи, осветительным и охранным технологиям	Брно, Чехия www.hifinews.ru
24-26.03	LEDTechExpo 2015 5-я Международная выставка светодиодных технологий, материалов, кристаллов и оборудования для их производства	Москва, Россия http://expomap.ru
	ЭкспоЭлектроника - 2015 18-я Международная специализированная выставка электронных компонентов и комплектующих	Москва, Россия www.exponet.ru
	ЭлектронТехЭкспо - 2015 13-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности	
25-28.03	Racioenergia - 2015 Международная выставка рационального использования энергии	Братислава, Словакия www.exponet.ru
14-19.04	EuroLuce 2015 Международная выставка световых технологий	Милан, Италия http://expomap.ru
22-24.04	China Lighting Expo 2015 Китайская международная выставка освещения, светодиодных технологий и приборов	Пекин, КНР www.chinaexhibition.com
19-21.05	The ARC Show 2015 Международная светотехническая выставка	Лондон, Великобритания http://expouk.all.biz
27-31.05	АРХ Москва - 2015 Международная выставка архитектуры и дизайна	Москва, Россия www.exponet.ru
08-11.06	Электро - 2015 24-я Международная выставка электрооборудования для энергетики и электротехники. Автоматизация. Промышленная светотехника	Москва, Россия www.expoctr.ru
21-26.06	International LED EXPO & OLED EXPO Международные выставка и конференция по светодиодам и органическим светодиодам	Сеул (Кинтекс), Республика Корея www.ledexpo.com
28.06-03.07	28-я Сессия МКО	Манчестер, Великобритания www.cie.co.at

СОДЕРЖАНИЕ

ЖУРНАЛА «СВЕТОТЕХНИКА» ЗА 2014 ГОД

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Айзенберг Ю.Б. Интересный и противоречивый для журнала 2013 год. № 3. С. 4.

Дорогие коллеги – читатели и читательницы журнала!. № 5. С. 1.

Обращение журнала. № 4. С. 1.

Поздравление с Новым годом. № 6. С. 1.

Стребков Д.С. Перспективы использования технологий Николы Теслы в энергетике и светотехнике. № 4. С. 12.

БИЗНЕС И ИННОВАЦИИ.

№ 3. С. 6; № 4. С. 4; № 5. С. 8; № 6. С. 4.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

План мероприятий по ограничению оборота ламп накаливания и системе действий, направленных на стимулирование спроса на энергоэффективные источники. № 1/2. С. 110.

ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Абалов А.Н., Ключник А.Т., Кондратьев А.В., Лебедев И.С., Смирнов В.А. Особенности применения новых светодиодных матриц серии «СХА» компании Cree. № 5. С. 46.

Гофштейн-Гардт А.Л., Коган Л.М., Рассохин И.Т., Социн Н.П., Туркин А.Н. Мощные белые светодиоды и модули со световым потоком до 1500 лм. № 3. С. 30.

Гюлер Ё., Манав Б., Онайгил С., Эркин Е. Экспериментальное сравнение энергетических характеристик и зрительной комфортности люминесцентных и светодиодных трубчатых ламп. № 3. С. 18.

Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В. Экспериментальные исследования электрических и оптических характеристик безэлектродной УФ лампы трансформаторного типа, № 6. С. 39.

Лишик С.И., Поседько В.С., Трофимов Ю.В., Цвирко В.И. Критические точки современного этапа развития светодиодной техники. № 1/2. С. 126.

Моисеев Л.В., Одноблюдов М.А. Обзор современных светодиодных технологий источников света для общего освещения. № 1/2. С. 119.

Эргиноз Б.Т., Явуз С. Анализ качества энергии и совершенствование люминесцентных и светодиодных источников света. № 4. С. 28.

СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

Буторин В.А., Вовденко К.П., Царёв И.Б. Прогнозирование ресурса светильников со светодиодами, определяемого спадом светового потока. № 6. С. 57.

Легушко В.Н., Низовцев М.И., Стерлягов А.Н. Исследование тепловых режимов работы уличного светильника со светодиодами методом ИК термографии. № 5. С. 53.

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Ильина Е.И., Частухина Т.Н. Новые подходы к оценке освещения рабочих мест. № 5. С. 14.

Кнооп М. Качество освещения светодиодами. № 5. С. 20.

Коробко А.А., Ливинский П.А., Черняк А.Ш., Шахпаруянц А.Г. О нормировании и проверке освещения автомобильных дорог. № 1/2. С. 107.

Кхан Т.К. Качество освещения, создаваемого автомобилями. № 6. С. 10.

Ошурков И.А., Ошуркова Е.С. Управление светильниками со светодиодами в уличном освещении. № 5. С. 32.

Сётер М. Методика проектирования экологичного освещения. № 5. С. 28.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Гёргулу С., Дурсун Б., Кочабей С., Туна М., Юксек И. Оценка естественного освещения аудиторий в Университете Кыркларели. № 6. С. 32.

Дарула С., Киттлер Р. Классификация естественного освещения в условиях облачности. № 5. С. 37.

Римшин В.И., Сёмин С.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Практика нормирования солнцезащитных устройств. № 6. С. 27.

ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

Аллаш Е.Х., Варга Д.С., Новаковский Л.Г. Модернизация световых приборов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения). № 4. С. 56.

Быстрянцева Н.В., Матвеев Н.В. Выявление системы восприятия человеком освещённых пространств и объектов в городской среде. № 4. С. 52.

Пааккинен М., Тэтри Э., Халонен Л. Оценка освещения пешеходных дорожек. № 5. С. 65.

Прохоренко А.В., Соловьёв А.К. Энергоэффективные технологии на службе ЖКХ (на примере экономии энергии на освещение подъездов жилого дома). № 4. С. 46.

Рустемли С., Сенгиз М.С. Оптимизация освещения тоннелей. № 4. С. 64.

СВЕТ И ЗДОРОВЬЕ

Брэйнард Д.К., Ханифин Д.П. Использование энергии света: от фотонов к здоровью человека. № 4. С. 18.

Ли Ц. (Ч.), Пань Ц., Чэнь Ц. Основные аспекты определения фотобиологической безопасности. № 6. С. 20.

Слайни Д.Х. Почти все лампы безопасны, но безопасность новых ламп подвергают сомнению. № 4. С. 23.

ФОТОМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ

Вишневски А., Табака П. Измерение параметров светодиодных ламп при разных температурах окружающего воздуха. № 4. С. 39.

Жбанова В.Л., Ньюбин В.В. Метод улучшения цветопередачи цифровых фото- и видеокамер. № 4. С. 73.

Иванов В.Е., Широких Т.В. Сравнение равноконтрастных колориметрических систем. № 6. С. 44.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СВЕТОТЕХНИКА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Дёмётёр Г., Хорват А. Компьютерное моделирование сумеречного зрения на основе видеозаписей. № 4. С. 33.

Пеирсон С.Н., Прайс Л.Л.А. Первый международный семинар по циркадному и нейрофизиологическому воздействию света (2013 г.): взгляд физика на разработку стандартных единиц измерения. № 6. С. 48.

Ронки Л.Р. Тёплый и холодный свет и тонкая структура циркадности. № 3. С. 24.

Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? № 5. С. 23.

СВЕТОВОЙ ДИЗАЙН

Ауров В.В., Баушева М.Д., Щепетков Н.И. О световом образе высотного здания. № 5. С. 60.

Нарбони Р., Николас В. Ловушка света в вестибюле башни «Egho» в квартале Дефанс (Париж). № 4. С. 70.

Савельева Л.В. Свет как инструмент создания виртуальных образов в архитектуре. № 6. С. 15.

МАРКЕТИНГ И РЫНОК СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Джейкобсон А., Миллз Э., Радецки К., Элстоун П. Методы и результаты рыночного тестирования освещения светодиодами торговых точек в сельских районах Кении. № 6. С. 51..

ДИСКУССИИ

Шевченко А.С. Программа продвижения энергоэффективного освещения в России. № 1/2. С. 112.

По теме статьи Шевченко А.С. Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника.– 2014.– № 1/2. – С. 112–117 (Богданов А.А., Варфоломеев Л.П., Ганин И.А., Григорьев А.А., Малахов А.Д., Овчаров А.Т., Пашковский Р.И., Прикупец Л.Б. и Пятигорский В.М., Пчелин В.М., Юнович А.Э.). № 3. С. 61.

Ответ автора статьи. № 3. С. 72.

От редакции. № 3. С. 74.

Пашковский Р.И. О технических данных светильников со светодиодами. № 4. С. 75.

СТАНДАРТЫ

От редакции. № 1/2. С. 4.

ГОСТ Р 54350–2011 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний». № 1/2. С. 4.

ГОСТ Р 54814–2011/IEC/TS 62504:2011 «Светодиоды и светодиодные модули для общего освещения. Термины и определения». № 1/2. С. 35.

ГОСТ Р 54815–2011/IEC/PAS 62612:2009 «Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования». № 1/2. С. 43.

ГОСТ Р 55392–2012 «Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения». № 1/2. С. 50.

ГОСТ Р МЭК 60838–2–2–2011 «Патроны различные для ламп. Часть 2–2. Частные требования. Соединители для светодиодных модулей». № 1/2. С. 65.

ГОСТ Р МЭК 61347–2–13–2011 «Устройства управления лампами. Часть 2–13. Частные требования к электронным устройствам управления, питаемым от источников постоянного или переменного тока, для светодиодных модулей». № 1/2. С. 69.

ГОСТ Р МЭК 62384–2011 «Устройства управления электронные, питаемые от источников постоянного или переменного тока, для светодиодных модулей. Рабочие характеристики». № 1/2. С. 90.

ГОСТ Р МЭК 62560–2011 «Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Требования безопасности». № 1/2. С. 96.

ИСТОРИЯ СВЕТОТЕХНИКИ

Авраменко А.А. Лампе, рождённой в Петербурге, – 100 лет. № 3. С. 58.

Кузнецова Г.Н., Сазиков А.В. Памятник российского технического дизайна – видеоэкран «Элин». № 3. С. 52.

Лобатовкина Е.Г., Поповский Ю.Б. Становление российской светотехники в области нормирования естественного освещения в период конца XIX–начала XX вв. № 3. С. 34.

Рабинович О.И., Юнович А.Э. Об открытии полупроводниковых источников света (к истории создания светодиодов). № 3. С. 40.

Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Развитие светопрозрачных конструкций в России. № 3. С. 46.

ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОУ

Пашковский Р.И. О применении светильников с люминесцентными лампами и электронными ПРА. № 3. С. 33.

ПРЕЗЕНТАЦИЯ ФИРМ

ГУП Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина»: рынок в будущее... Грицай О.Л. № 5. С. 71.

ЗАО «Институт Градостроительства». А.В. Тихонова. № 3. С. 75.

ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

Письмо в редакцию. Клигман М.В. № 5. С. 57.

Об отклонениях напряжения и потере напряжения в электроустановках 0,4 кВ (ответ на письмо М.В. Клигмана). Пашковский Р.И. № 5. С. 58.

ХРОНИКА

В Ассоциации РАТЭК была создана Секция производителей светотехнических изделий. Гуськов А.Г. № 6. С. 74.

Выставка «Промышленная светотехника 2013» состоялась! Р.И. Столяревская. № 1/2. С. 68.

Защита диссертации. № 1/2. С. 109.

Итоги конкурса «Российский светодизайн». Федорищев П.А. № 6. С. .

«Ленсвет» отметил 80-летний юбилей (интервью). № 5. С. 73.

«Ленсвету» – 80. № 4. С. 78.

Масштабное международное сличение светотехнических лабораторий в рамках программы *IEA 4E SSL Annex 2013*. Барцев А.А., Беляев Р.И., Розовский Е.И. № 5. С. 76.

Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий «*Interlight Moscow powered by Light + Building*». Варфоломеев Л.П. № 1/2. С. 133.

Международные конференции и выставки в 2014 году (I полугодие). № 1/2. 3 с. обл.

Международные конференции и выставки в 2014 году (II полугодие). № 3. 3 с. обл.

Международные конференции и выставки в 2015 году (I полугодие). № 6. С. 75.

Москва новогодняя. № 1/2. 2 с. обл.

8-я Московская международная конференция «*LED FORUM*». Столяревская Р.И. № 6. С. 13.

Научно-практическая конференция «Световой дизайн – 2014». Быстрянцева Н.В. № 6. С.

О болгарской конференции по освещению «*BullLight 2014*». Велинов К. № 5. С. 36.

О выставке «*Interlight Moscow powered by Light + Building 2014*». № 5. С. 5.

О конференции МКО в Малайзии. Коробко А.А., Столяревская Р.И. № 5. С. 77.

О симпозиуме МКО («Определение погрешностей при фотометрических и радиометрических измерениях для производственных целей») и рабочей встрече участников проекта «*MESaIL*». Барцев А.А. № 6. С. 60.

О состоявшейся Всероссийской конференции «Метрология в нанотехнологиях». О.М. Михайлов. № 3. С. 57.

От редакции. № 4. С. 78.

Приглашаем новых партнёров журнала. № 5. С. 51.

Приложение № 1 к журналу «Светотехника». № 5. С. 70.

Приходите на читательскую конференцию. № 5. С. 19.

«Российский светодизайн». Итоги конкурса. Федорищев П.А. № 6. С. 72.

Светодиодный форум 2013 года. № 1/2. С. 132.

С развитием производства и нормативной базы свет в России станет эффективнее и надёжнее. Авраменко А.А. № 6. С. 43.

Читательская конференции журналов «Светотехника» и «*Light & Engineering*». Титаренко М.И. № 6. С. 71.

Юбилейная светотехническая выставка в Москве. Л.П. Варфоломеев. № 6. С. 62.

BL Group принял участие в Открытой дискуссии СТА. № 6. С. 61.

«*ENES 2014*» – Третий международный форум по энергоэффективности и энергосбережению. № 5. С. 6.

«*Interlight Moscow*» пополнится двумя новыми павильонами!. № 3. С. 57.

Памяти

Э.М. Гутцайта, № 1/2. С. 139.

В.И. Рычкова. № 3. С. 79.

Поздравляем

В.Г. Бооса. № 1/2. С. 58.

В.П. Будака. № 6. С. 59.

О.М. Михайлова. № 1/2. С. 118; № 6. С. 50.

А.Т. Овчарова. № 3. С. 76.

В.М. Петрова. № 3. С. 78.

В.М. Пятигорского. № 3. С. 74.

А.Ш. Черняка. № 3. С. 45.

А.И. Рымова. № 4. С. 22.

А.Л. Вассермана. № 4. С. 22.

В.С. Мордюка. № 4. С. 38.

Т.Я. Машковскую. № 4. С. 43.

В.М. Лисицына. № 4. С. 72.

Г.Н. Гаврилкину. № 4. С. 43.

А.С. Букатова. № 4. С. 55.

Н.П. Елисеева. № 4. С. 51.

В.Н. Мартынова. № 4. С. 63.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

Содержание журнала «Светотехника» за 2013 год. № 1/2. С. 140.

Физические основы фотометрии. О.М. Михайлов, К.А. Томский. № 1/2. С. 58.

Правила оформления рукописей. № 3. С. 77.

Подписывайтесь на журнал «Светотехника». № 1/2. С. 39; № 3. С. 80; № 4. С. 55; № 5. 27; № 6. С. 47.

Содержание журнала «Светотехника» за 2014 год. № 6. С. 76.

Статьи из журнала «Светотехника» по проблеме воздействия света на организм человека (2006–2014 гг.). № 5. С. 78.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Винный погреб «MOEVENPICK» (компания *Vossloh Schwabe*). № 3. С. 1.

Интеллектуальная система управления освещением «LiCS Indoor» (компания *Vossloh Schwabe*). № 3. 4 с. обл.

Интеллектуальный многофункциональный светорегулятор «iMCU» (компания *Vossloh-Schwabe*) 4 с. обл.

Крупнейшее российское объединение на светотехническом рынке (компания *BL Group*). № № 4–6. 3 с. обл.

Лидер российского светотехнического рынка (компания *BL Group*). № № 4–6. 2 с. обл.

8-й Международный LED FORUM. № 5. С. 7.

«Мы гуляли по Неглинной, заходили на бульвар...». № 6. С. 56.

Поставка с собственного склада. Комплекты для построения светильников. Инженерные расчёты. Системы управления освещением. Распродажа остатков (компания *Rainbow Electronics*). № 5. С. 52.

Проектор для торговых помещений «Space Player» (компания *Vossloh-Schwabe*), № 5. С. 59.

Самый энергоэффективный в своём классе. № 6. С. 38.

Сетевые устройства управления «Light Controller IP/DALI» (компания *Vossloh-Schwabe*). № 5. 4 с. обл.

Современное освещение повышает продажи (компания *Vossloh-Schwabe*). № 6. С. 14.

Супермаркет X5-Group, Москва (компания *Vossloh-Schwabe*). № 4. С. 44.

Управление уличным освещением – LiCS Outdoor (компания *Vossloh-Schwabe*). № 6. 4 с. обл.

Экономика света (компания «АтомСвет»). № 5. С. 45.

Энергоэффективная система управления освещением «ECO – SOLUTION» (компания *Vossloh-Schwabe*). № 1/2. С. 1.

GALAD «Урбан LED»: «зелёные» технологии из России. № 6. С. 26.

Interlight Moscow powered by Light + Building 2014. № 3. 2 с. обл.; № 4. С. 79; № 5. С. 4.

LUGA C – светодиодные модули (COB) (компания *Vossloh-Schwabe*). № 4. 4 с. обл.

ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

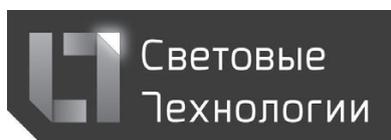
Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР ЖУРНАЛА



Холдинг BL Group

БРИЛЛИАНТОВЫЕ



ПЛАТИНОВЫЕ



**ГЛОБАЛ
ЛАЙТИНГ**

ЗОЛОТЫЕ



ZUMTOBEL



**GE
Lighting**

СЕРЕБРЯНЫЕ



**ИНСТИТУТ
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА**

БРОНЗОВЫЕ

ТОЧКА ОПОРЫ



НИИИС

