

SHOPLINE 111

МАГАЗИН «PRENATAL»

ТРЦ «КОЛУМБУС»

Г. МОСКВА, РОССИЯ



■ ЭКСПОЗИЦИОННЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ ДЛЯ ТОРГОВОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Специфическая фотометрия, характерная для современных светильников с разрядными лампами высокого давления и компактными люминесцентными лампами, создаёт наилучшие условия для презентации выставленного товара. Новое поколение светодиодных источников света имеет те же параметры и множество других преимуществ, которые способствуют оптимизации освещения в магазине.



Установлены светильники с модулями ShopLine 111 158, 3000 К для подсветки витрины, примерочных кабин и общего освещения в малом торговом зале. Применение отражателей различной формы позволило получить универсальный продукт, который можно использовать для выполнения широкого круга задач освещения объектов.

ShopLine 111

- **СВЕТОВОЙ ПОТОК: ОТ 1500 ДО 4000 ЛМ**
- **ТРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛА ИЗЛУЧЕНИЯ
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕТРОФИТ**
- **ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ:
ДО 50 000 Ч (L90; V10)**
- **ВЫСОКАЯ СВЕТООТДАЧА: ДО 132 ЛМ/Вт
ПРИ $T_p = 65^\circ\text{C}$**

В проекте освещения магазина «Prenatal» использовались светильники «LERO» от компании «СтартФиниш» со светодиодными модулями и блоками питания Vossloh-Schwabe:

- 555346.01 SHOPLINE 111 158 3000k 24°
- 555347.01 SHOPLINE 111 158 3000k 36°
- Блоки питания 186200 ECXe 700.022

Общее количество светодиодных модулей: 40 шт. Их суммарная мощность 1540 Вт. При использовании металлогалогенных ламп с сопоставимым световым потоком их энергопотребление составило бы около 3000 Вт при сроке службы около 12 000 ч (при B50I).



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ю.Б. Айзенберг – главный редактор, доктор технических наук, профессор, академик АЭН РФ
С.Г. Ашурков – зам. главного редактора, кандидат технических наук
Г.В. Боос – председатель редакционной коллегии, кандидат технических наук
В.П. Будаев, доктор технических наук, профессор
Л.П. Варфоломеев, кандидат технических наук
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. Шахпарунианц, 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

А.С. Шаракшанэ
anton.sharakshane@gmail.com

Редактор

Е.И. Розовский

Зав. редакцией

Л.В. Шелатуркина
zav.red@list.ru

Менеджер-референт

М.И. Титаренко
zav.red@list.ru

Администратор сайта

Е.М. Новикова

Стилист английской версии

М.Д. Виноградова

Секретарь редакции

А.В. Лукина
journal.svetotekhnika@mail.ru

Дизайнер-верстальщик

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 21.07.2015

Подписано в печать 18.08.2015

Формат 60x88 1/8. Печ. л. 10,00

Заказ 12-255. Тираж 1200

«Знак», 101000, Москва, Главпочтамт,
п/я 648, тел. 361-93-77Отпечатано в типографии ООО «Агентство Море»
101898, Москва, Хохловский пер., д. 9

СОДЕРЖАНИЕ

В НОМЕРЕ

- Бизнес и инновации** **4**
- Георгобиани С.А., Клыков М.Е., Лобанов М.В.** Пульсация светового потока светодиодов и особенности её измерения и нормирования **14**
- Юровских Д.** Деградация светодиодов: связь между условиями эксплуатации, реальным и декларируемым сроками службы **18**
- Лешхорн Г.** Проблемы современной стандартизации световых измерений осветительных приборов со светодиодами **23**
- Скумс Д.В., Чайкова Л.Д.** Экспериментальные исследования новых методов оценки качества цветопередачи энергосберегающих источников света **29**
- Демирбаш М., Чавуш Т.Ф., Явуз Д.** Обеспечение энергоэффективности внутреннего освещения офисов и промышленных зданий методами обработки изображений **35**
- Крупиньски Р.** Визуализация как альтернатива испытаниям проектируемого освещения в реальных условиях **41**
- Емелин А.А., Прикупец Л.Б., Тараканов И.Г.** Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры **47**
- Банья Р.Р., Тэтри Э., Халонен Л.** Исследование предпочтений по освещённости и коррелированной цветовой температуре в офисном освещении светодиодами **53**
- Алтайн М., Чакир Б., Шехирли Э.** Сравнение линейного и повышающе-понижающего преобразователей для питания светодиодов от сети переменного тока **59**
- СВЕТОВОЙ ДИЗАЙН**
ДИСКУССИИ
- Быстрянцева Н.В., Лекус Е.И., Матвеев Н.В.** Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики **65**
- КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**
- Арапов С.Ю., Арапова С.П., Тарасов Д.А.** Оценка применимости лампы *Decostar 51 Cool Blue 50W 36° (Osram)* в качестве специализированного источника излучения в полиграфии **67**
- СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
- Пашковский Р.И.** О ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов» **69**
- ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ**
- Письмо** Филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Иркутск в журнал «Светотехника» **72**
- Ответ** журнала «Светотехника» на письмо Филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Иркутск **73**

4 • 2015

ИЮЛЬ • АВГУСТ

СВЕТО ТЕХНИКА

(LIGHT & ENGINEERING)



Письмо в Государственную комиссию по вопросам развития Арктики.
Шаракшанэ А.С. **74**

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

Подписывайтесь на журнал «Светотехника» **52**

ХРОНИКА

Конкурс на Евразийскую светотехническую премию **12**

Минимум терминов и понятий от журнала «Светотехника» **11**

Защита диссертации **73**

Новый этап развития испытательной лаборатории ГУП
Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н. Лодыгина» **75**

Памяти

П.В. Пляскина **34**

А.М. Троицкого **64**

С.Г. Юров – 100 лет со дня рождения **28**

Н.П. Дмитриевской – 100 лет. Ильина Е.И., Частухина Т.Н. **77**

Электроэнергетика на ПМЭФ – 2015. Лесман Е.А. **52**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

XV Российский энергетический форум.

Международная выставка «Энергетика БРИКС и ШОС».

XXI специализированная выставка

«Энергосбережение. Светотехника. Кабель» **17**

Международная научно-практическая конференция

«Световой дизайн – 2015» **76**

Фирма «С.Е. Лютесс» ищет специалиста **68**

Инновации в уличном освещении (холдинг *BL Group*) **2 с. обл.**

Реализация концепции городского освещения любого
уровня сложности (холдинг *BL Group*) **3 с. обл.**

Инновационные энергосберегающие светильники и светодиодные лампы
SvetaLED® (компания «Светлана-Оптоэлектроника») **10**

Светодиодные лампы OSRAM **6**

Экспозиционные светильники для торгового освещения
SHOPLINE 111 (компания *Vossloh-Schwabe*) **1**

ENESS 2015 **22**

Interlight Moscow powered by Light+Building **79**

Lighting Kazakhstan – 2015 **40**

LUGA C/LUGA Shop – светодиодные модули
(компания *Vossloh-Schwabe*) **4 с. обл.**

Грядёт революция в освещении: учёные создали белый лазер

Лазеры не являются новинками в науке. Они были разработаны ещё в 1960-х годах прошлого века. Однако единственное, что пока не удавалось учёным, так это создать белый лазер. Не удавалось до недавнего времени. Группа исследователей из Аризонского университета доказала, что полупроводниковые лазеры способны излучать свет во всём диапазоне видимого спектра, обеспечивая все цвета, необходимые для создания белого луча лазера.



Новые разработанные лазеры состоят из трёх параллельно расположенных листов полупроводников, каждый из которых толщиной всего несколько микрометров. Каждый из этих листов может излучать один из трёх

цветов – красный, зелёный или синий. В зависимости от настройки, они способны создавать любой цвет спектра. При правильном сочетании и соединении всех трёх лучей, эти полупроводники также могут излучать и белый луч лазера. Результаты этих исследований были опубликованы в последнем номере научного журнала «*Nature Nanotechnology*».

Учёные отмечают, что это достижение не просто очередной успешный лабораторный эксперимент. Белый лазер может найти очень широкое практическое применение. Лазеры сами по себе весьма энергоэффективны, даже больше, чем светодиоды, поэтому, по крайней мере в теории, лазеры можно использовать для создания новых типов освещения и систем отображения (лазерных дисплеев).

Более того, отмечается, что в то время, как другие группы учёных, например из Сандийских национальных лабораторий, скрещивали лучи лазера для получения белого света, используя разные лазерные установки, новая технология позволяет уместить всё необходимое внутри одного-единственного блока, что только увеличивает перспективы использования лазеров для освещения и разработки новых технологий дисплеев.

Помимо этого, белый лазер можно использовать в сфере оптической связи, которую иногда называют технологией «*Li-Fi*», где информация кодируется и содержится в свете ультравысокой частоты, который освещает комнату. До сегодняшнего дня подобные системы требовали использования в зданиях светодиодного света, однако команда Аризонского университета предполагает, что за счёт лазеров данную технологию можно сделать ещё более совершенной, увеличив скорость передачи данных по таким каналам связи от 10 до 100 раз.

Конечно, загадывать наперёд пока рановато. Учёным предстоит преодолеть ещё немало испытаний перед тем, как лазеры смогут стать неотъемлемой и обычной частью нашей жизни. Тем не менее достижение аризонских учёных заслуживает упоминания, и можно надеяться, что разработки в этом направлении продолжатся.

<http://hi-news.ru/>
31.07.2015

Светодиоды на основе фосфорена

Фосфорен настолько тонкий и лёгок, что имеет прекрасные возможности для создания на его основе множества интересных устройств, таких как светодиоды или солнечные батареи.

В отличие от графена фосфорен является полупроводником, как и кремний, который является основой современных электронных устройств.



Команда исследователей из Австралийского национального университета создала фосфорен из чёрной кристаллической формы фосфора, неоднократно используя липкую ленту для создания слоёв толщиной в один атом.

Фосфорен гораздо тоньше и его создание проще, по сравнению с кремнием, кроме того его эмиссионные свойства изменяются с толщиной слоёв, что даёт большую гибкость для производства.

«Это свойство не было обнаружено ранее в других материалах. Изменяя число слоёв, мы можем чётко контролировать ширину запрещённой зоны, которая определяет свойства материала, например, такие как цвет изготовленного из него светодиода. Под микроскопом можно ясно видеть разные цвета образца, что говорит вам, как много там слоёв», – сказали исследователи.

Команда обнаружила, что ширина запрещённой зоны однослойного фосфорена равна 1,75 эВ, что соответствует красному свету с длиной волны 700 нм. После добавления нескольких слоёв, ширина запрещённой зоны уменьшилась. Например, для пяти слоёв ширина запрещённой зоны составляла 0,8 эВ, что соответствует «инфракрасной» длине волны 1,55 мкм. Для очень толстых слоёв она была около 0,3 эВ, соответствуя средней длине «инфракрасной» волны около 3,5 мкм.

Поведение фосфорена в тонких слоях превосходит кремний, считают учёные.

www.lightrussia.ru
28.07.2015

Компанию «Оптоган» потребовали признать банкротом

Петербургский системный интегратор ООО «Динамика» потребовал банкротства ЗАО «Оптоган», местного производителя светодиодных ламп, подконтрольного госкорпорации «Роснано».

ЗАО «Оптоган» в течение долгого времени не может выплатить 7 млн руб. за программное обеспечение *Microsoft*. Общие долги группы компаний (ГК) «Оптоган», которые кредиторы требуют вернуть через суд, исчисляются десятками млн руб.

В 2013 г. убытки некоторых её предприятий кратно превысили выручку. Проблемы усугубились в этом году, когда у ГК «Оптоган» сильно упало количество заказов, а рост курса валют привёл к резкому удорожанию зарубежных комплектующих. В результате предприятие в течение длительного времени не платит своим поставщикам товаров и услуг. В настоящее время к двум компаниям ГК «Оптоган» – ЗАО «Оптоган» и ЗАО «Оптоган Таллинское» – поданы десятки исков на взыскание нескольких десятков млн руб. Среди кредиторов компании группа охранных предприятий «Стаф Альянс», ООО «Ленинградское такси», московское кадровое агентство «Анкор Рекрутмент» (ООО), российское подразделение *Scan Global Logistics* и др. компании.

«Хотя в «Оптогане» уверяют, что всё выплатят, из разговоров с некоторыми сотрудниками компании нам стало ясно, что компания находится в тяжёлой финансовой ситуации. Это и повлияло на наше решение подать иск», – рассказал представитель ЗАО «Точка Опоры Промэлектро-свет» Александр Дряхнов. Компания поставляла «Оптогану» оборудование для светильников.

Примечательно, что компания с миллиардной выручкой испытывает сложности даже с погашением сравнительно небольших долгов. В частности, с некоторыми кредиторами «Оптогану» уже удалось договориться о рассрочке выплаты долгов размером 200–400 тыс. руб. О реструктуризации долга производитель попытался договориться и с петербургской ИТ-компанией ООО «Динамика». «Оптоган» уже больше года не отдаёт компании 7 млн руб. за программы *Microsoft*. При этом конечный получатель платежа – *Microsoft Ireland Operations Limited*.

«Так как деньги, по сути, «Оптоган» должен не нам, а *Microsoft*, ни о какой реструктуризации не может быть и речи. Нас устроит только полное



погашение долга в ближайшее время. Иначе мы будем банкротить компанию со всеми вытекающими последствиями», – поделилась гендиректор «Динамики» Наталия Майорова.

В конце декабря «Динамика» уже направила иск в суд о банкротстве ЗАО «Оптоган». 12 января он был принят к производству.

В «Роснано» признают проблемы своей дочерней компании. По словам представителей ГК, они связаны со снижением объёма заказов в связи с нестабильностью рынка, а также с резким увеличением рублёвой стоимости импортных комплектующих. Это привело к временной нехватке свободных денежных средств в компании.

«Предприятие предпринимает усилия для создания стабильного денежного потока в сложившихся условиях. К примеру, «Оптоган» и партнёры компании намерены увеличить долю энергосервисных контрактов в своём портфеле заказов. Комплексные решения в области осветительных систем позволят компании получать стабильную выручку и повысят энергоэффективность муниципальных предприятий, а также бюджетного сектора. ГК «Оптоган» намерена полностью погасить все существующие задолженности в течение 2015 года», – заявили в «Роснано».

Известно, что в декабре 2014 года руководитель «Роснано» Анатолий Чубайс обсуждал с руководителем «Газпрома» Алексеем Миллером возможность применения светильников «Оптогана» при строительстве газопровода «Сила Сибири». В самом «Оптогане» ситуацию пока не прокомментировали.

Optogan в 2004 г. основали Максим Одноблюдов, Владислав Бугров и Алексей Ковш. В 2008–2009 гг. в компанию, которая на тот момент занималась лишь разработками, инвестировали группа «ОНЭКСИМ» Михаила Прохорова, «Роснано» и ОАО «Республиканская инвестиционная компания» (принадлежит республике Саха). В группу «Оптоган» входили немецкая *Optogan GmbH*, финская *Optogan Oy*, петербургский завод по производству светодиодов и светильников ЗАО «Оптоган-Таллинское» и ЗАО «Оптоган», созданное для производства сверхъярких светодиодов. Основатели составили топ-менеджмент компании, в сумме владея около 3% акций. «ОНЭКСИМ» контролировал ГК «Оптоган», владея совместно с топ-менеджментом 50%+1 акцией.

О том, что у «Оптогана» не всё гладко с финансами стало известно в прошлом году после того, как контроль над компанией в результате допэмиссии получило «Роснано». Акционер оказался недоволен финансовыми показателями компании, которая за несколько лет своего существования так и не достигла рентабельности. Выручка ЗАО «Оптоган» в 2013 г. составила 583 млн руб. При этом её убытки за тот же период достигли 1,3 млрд руб. ЗАО «Оптоган-Таллинское» за тот же период продемонстрировало 279 млн руб. убытков при выручке в 272 млн руб. Остальные компании ГК «Оптоган», раскрывающие прибыль, также были убыточными.

В результате по решению «Роснано» Максим Одноблюдов, Алексей Ковш и Владислав Бугров покинули компанию. После их ухода производитель решил отказаться от планов по строительству завода по разработке и производству светодиодных кристаллов в Особой экономической зоне «Санкт-Петербург» стоимостью 3,3 млрд руб. Предприятие решило сосредоточиться на продаже светодиодов и светильников с ними.

www.lightrussia.ru
23.06.2015

Европейские нормы регулирования повышают энергоэффективность до 2-х раз



Регулирование Европейским Союзом продуктов, связанных с энергоэффективностью (*ErP*), приводит к выводу из ассортимента определённых ламп, не отвечающих требованиям, например, эффективности, срока службы и поддержания светового потока.

Таким образом, с целью перехода на энергоэффективные источники света с 2012 г. в Европе запрещено использование стандартных натриевых ламп ВД («ДНаТ»), а с июля 2015 г. запрещены лампы «ДРЛ»/«ДРВ». Тем не менее запрет касается только Европы, и российским потребителям беспокоиться не о чем – лампы имеются в наличии и доступны для заказа.

Немного подробнее о регулировании в Европе. Разрядные лампы «регулируются» законами ЕС245/2009 (с изменениями по ЕС347/2012), а лампы направленного света – ЕС1194/2012. Третий этап регулирования, ЕС245/2009, вступает в силу 13 апреля 2017 года, а последний, четвёртый, ЕС1194/2012, – с 1 сентября 2016 г.

Каково же влияние этого на портфолио разрядных ламп OSRAM в Европе?

- Большая часть разрядных ламп ВД на сегодня соответствует требованиям третьего этапа.
- Для остальной части ламп ведётся работа с тем, чтобы сделать их соответствующими будущим требованиям.
- Небольшая часть портфолио OSRAM не может быть улучшена настолько, насколько требуется, и впоследствии будет выведена из ассортимента после вступления в силу новых регулировок.

В России основным источником света для замены ламп «ДРЛ» остаются натриевые лампы ВД, характеристики которых продолжают улучшаться. OSRAM предлагает взамен «ДРЛ» натриевые лампы с шестилетним циклом замены «NAV-T/E6Y». Преимущества данных ламп неоспоримы. По сравнению со стандартными натриевыми лампами лампы «NAV-T/E6Y» имеют в 2,4 раза больший срок службы и повышенную на 20,7% световую отдачу. Соответственно, значительно снижаются расходы по закупке и замене ламп.

www.osram.ru
27.07.2015

Компания MiPow собирается предложить сверхдешёвую светодиодную лампу по цене \$8



Согласно отчёту, опубликованному на ZOL.com, актуальная концепция высокотехнологичной жизни не смогла проникнуть в быт из-за высокой стоимости интеллектуальных систем.

В целях внедрения интеллектуального освещения в быт, компания MiPow, производящая светодиодные лампы (СДЛ) с модулем Bluetooth, запустила на китайской платформе софинансирования «Hi Taobao» проект по сбору средств на создание сверхдешёвой подобной лампы.

Средняя цена интеллектуальных СДЛ может достигать нескольких сот юаней, однако указанный проект компании MiPow предполагает срезание цены таких ламп до 49 юаней (\$7,89). Возможно, компания нацелена на что-то большее, чем предоставление широкой публике возможности ощутить удобство интеллектуального освещения.

Компания MiPow уже вышла на рынок высокотехнологичного оборудования, причём её последние действия знаменуют собой резкое изменение стратегии. Данный проект на базе софинансирования сохраняет особенности старых моделей интеллектуальных СДЛ, такие как 16 млн цветов, четыре импульсных режима, режим сигнализации изменением цвета и автоматическое включение утром. Загрузив бесплатное приложение компании в смартфон, iPad или другое мобильное устройство, пользователь может управлять беспроводной СДЛ по протоколу Bluetooth. Пользователи могут менять цвет излучения ламп и уровень освещения и одновременно управлять до пяти СДЛ. Кроме того, интеллектуальные СДЛ могут экономить больше энергии и денег в сравнении со средней СДЛ прямой замены ЛН мощностью 40 Вт.



Светодиодные лампы OSRAM

Лучший свет от немецкого эксперта
по освещению



Технические характеристики СДЛ компании *MiPow*: лампа может работать как в полноцветном (RGB-) режиме, так и излучать тёпло-белый свет. Напряжение питания 100–240 В, мощность 5 Вт, *Bluetooth 4.0*, световой поток 280 лм, расчётный срок службы 20000 ч, цоколь *E 26/E 27*.

www.ledinside.com
07.07.2015

32% дохода от ламп для освещения офисов приходится на светодиодные

По последним прогнозам компании *IHS, Inc.*, на светодиодные лампы (СДЛ) в этом году придётся до 32% общего дохода от ламп для освещения офисов. Общий мировой доход от ламп для освещения офисов прогнозируется в размере \$3,5 млрд, из которых, как ожидается, \$1,2 млрд придётся на СДЛ. Остаток придётся главным образом на освещение люминесцентными лампами.

СДЛ всё шире используются в развитых странах в высококачественных осветительных установках. И проектировщики освещения всё чаще отказываются от люминесцентных ламп в пользу СДЛ.

При принятии решений по установкам для освещения офисов основную роль играют следующие факторы: стоимость начальных капиталовложений, эксплуатационные расходы (то есть стоимость электроэнергии), удобство и частота технического обслуживания. СДЛ хорошо показали себя в большинстве этих категорий за одним важным исключением – стоимость начальных капиталовложений в их случае выше, чем у других технических решений. В реализованных в 2014 г. проектах освещения офисов на техническое обслуживание приходилось 18% стоимости проекта по сравнению с 51, 25 и 6%, приходившимися, соответственно, на оборудование, монтаж и проектирование.

Растущее применение СД в освещении – это ещё не всё, так как светотехническая промышленность одновременно смещается в сторону интеллектуального освещения. Во всём мире интеллектуальные системы освещения пока применяются только в немногих офисах, но при этом есть много разновидностей подобных систем.

По мнению одного американского проектировщика освещения, «регистрация присутствия и отсутствия имеет очень важное значение, как и – в зависимости от того, в какой части страны вы находитесь, – регистрация естественного освещения». Интеллектуальное освещение чаще всего используется для удовлетворения нормативных требований в части энергосбережения. Там, где подобные требования отсутствуют, внедрение этого освещения всё ещё идёт очень медленно.

В области офисного освещения есть и технические проблемы, но ни одна из них не непреодолима. Один из главных актуальных вопросов – светорегулирование. Имеются многочисленные стандарты на управление освещением, но до тех пор, пока разные организации не придут к более ясному соглашению, рынок останется заторможенным. Согласно новому отчёту компании *IHS* по офисному освещению, для светотехнической промышленности было бы полезным исправить это положение в ближайшие несколько лет.

www.compoundsemiconductor.net
02.07.2015

Сервис «GALAD Office Light Online»



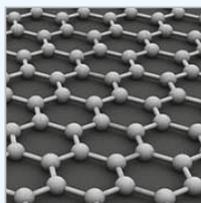
Холдингом *BL Group* разработан сервис «*GALAD Office Light Online*», доступный для любых устройств, имеющих доступ в Интернет, и предназначенный для расчёта освещения в офисных и других подобных помещениях. Для заданных геометрии и отражающих свойств потолка, стен

и пола помещения сервис позволяет выбрать из базы данных светильники, расставить их требуемым образом и рассчитать основные параметры освещения.

Имеется также режим автоматического определения количества светильников для обеспечения заданного уровня освещённости и их равномерной расстановки. База данных содержит около 150 наименований современных потолочных и встраиваемых офисных светильников со светодиодами марки «*GALAD*». Сервис доступен по адресу <http://lin.svsrv.ru/office>.

www.svetozone.ru
09.07.2015

Графеновая плёнка – новый метод отвода тепла в электронике



Исследователи из Технического университета Чалмерса (Гётеборг, Швеция) разработали метод эффективного охлаждения электронных компонентов с помощью графеновой плёнки.

Оказалось, что она проводит тепло в четыре раза лучше меди и легко прикрепляется к электронным компонентам, сделанным из кремния. Однако несколько слоёв атомов не в состоянии

обеспечить отвод большого объёма тепла. С увеличением же числа слоёв растёт риск отрыва плёнки от основы. Решить эту проблему удалось, добавив в графеновую плёнку силан *APTES* (вещество, традиционно применяемое для усиления сцепления битума со щебнем в асфальте). Подвергнутый нагреву и гидролизу, он не только улучшает сцепление, но и вдвое повышает плоскостную (*in-plane*) теплопроводность графеновой плёнки: до 1600 Вт/мК, при толщине плёнки 20 мкм.

На другом континенте сотрудники Университета Райса (Хьюстон, Техас) Ружбе Шахсавари и Навид Сахаванд завершили первый теоретический анализ возможности применения трёхмерного нитрида бора в качестве настраиваемого материала для отвода тепла от электронных устройств.

В двумерной форме гексагональный нитрид бора *h-BN* (или белый графен) выглядит так же, как монослой атомов углерода, но является не проводником, а естественным изолятором. Проведённые симуляции показали, что 3D-структуры из плоскостей *h-BN*, соединённых нанотрубками нитрида бора, будут способны переносить фононы во всех направлениях, как параллельно, так и перпендикулярно плоскости. При этом, чем больше нанотрубок или чем они короче, тем медленнее распространяется тепло, а длинные трубки ускоряют теплообмен.

Этот тип системы объёмного управления теплообменом открывает возможности создания тепловых вентиляторов или тепловых выпрямителей, в которых поток тепла в одном направлении будет отличаться от встречного потока. Благодаря изолирующим свойствам нитрида бора, он может стать удачным дополнением к графену в будущих устройствах трёхмерной нанoeлектроники.

Применение этих технологий сделает возможным появление более быстрых, миниатюрных и (или) экономичных мощных изделий электроники – светодиодов, лазеров и радиочастотных компонентов.

www.lightrussia.ru
27.07.2015

Открытие нового курорта «Красная Пахра», освещённого холдингом *BL Group*



03 июля состоялось официальное открытие нового курорта «Красная Пахра», на котором собраны уникальные природные лечебные факторы сети отелей «*AMAKS Hotels&Resorts*», используемые для лечения всех возрастных групп. Освещение территории выполнено при помощи оборудования «*GALAD*», производящегося на предприятиях холдинга *BL Group*, в том числе светильников серий «*Факел*» и «*Волна*».

www.bl-g.ru
16.07.2015

«Светлана-Оптоэлектроника» вошла в список флагманов экономики Петербурга

Решением Администрации Санкт-Петербурга Группа компаний «Светлана-Оптоэлектроника» включена в перечень предприятий, оказывающих существенное влияние на экономику города.

Данный перечень формировался путём двухступенчатого отбора на основании таких критериев, как инновационная и инвестиционная активность, стандарты качества, импортозамещение, а также количество сотрудников и объём налоговых отчислений в бюджет. Всего в список вошли около 200 петербургских предприятий.

Городская администрация планирует оказывать предприятиям, оказывающим существенное влияние на его экономику, помощь, в том числе в продвижении продукции, во взаимодействии с банковскими структурами и федеральными органами государственной власти.

www.svetozone.ru
28.07.2015



Ставропольский «Монокристалл» вырастил рекордный, трёхсоткилограммовый кристалл сапфира



Портфельная компания ОАО «РОСНАНО» «Монокристалл», глобальный лидер в выращивании и обработке синтетического сапфира, продемонстрировала первый в мире трёхсоткилограммовый кристалл синтетического сапфира, выращенный модифицированным методом Киропулоса по собственной технологии.

Метод Киропулоса традиционно используется для выращивания высококачественных синтетических сапфиров, т.к. более других подходит для масштабного серийного производства. Его суть заключается в плавном понижении температуры, а, следовательно, кристаллизации расплава оксида алюминия Al_2O_3 вокруг затравочного кристалла в вакууме. Охлаждаемая затравка становится основой будущего кристалла сапфира и вытягивается из расплава по мере роста кристалла. Модификация метода Киропулоса по собственной технологии позволила «Монокристаллу» увеличить максимально возможный вес получаемых сапфиров до 300 кг.

Благодаря высочайшему качеству производимого сапфира и лидерству по издержкам, «Монокристалл» является основным поставщиком ведущих мировых производителей светодиодов, оптических компонентов и радиочастотных интегральных схем.

«Мы помогаем нашим потребителям открывать возможности использования сапфировых компонентов больших размеров в производстве светодиодов и потребительской электроники. Кроме того, появление сверхбольших кристаллов в дальнейшем позволит нам существенно снизить издержки и откроет новые рынки, чувствительные к ценам. 300-килограммовые кристаллы выводят масштабируемость нашего производства на революционный уровень, что является ключевым фактором для начала более широкого применения сапфира в смартфонах и прочих мобильных устройствах, традиционно использующих упрочнённое стекло», – прокомментировал гендиректор Олег Качалов.

«Монокристалл» имеет 30-летний опыт производства сапфира, и внедрение технологии выращивания 300-килограммового кристалла стало значительной вехой в совершенствовании производственных компетенций.

В 2011 году «РОСНАНО» вошло в проект «Монокристалл» с целью расширения промышленного производства монокристаллического синтетического сапфира, сапфировых подложек для светодиодов и высокочастот-

ных интегральных схем, а также серебросодержащих и алюминиевых композиционных паст для металлизации кремниевых солнечных элементов.

www.nanonewsnet.ru
14.07.2015

Ценовые войны на рынке светодиодных ламп стимулируют перестройку бизнеса компании Cree

«Если конкуренция цен продолжится, то компании Cree в будущем придётся увеличить объём изделий, получаемых от азиатских производителей, – сказал Роджер Чу, руководитель исследовательского отдела компании LEDinside. – Например, она может увеличить заказ комплектующих у компании Lextar или у других азиатских компаний».

Конкуренция на североамериканском рынке светодиодных ламп (СДЛ) вынуждает Cree перестроить свой бизнес по изделиям с СД, с тем чтобы посредством уменьшения избыточных мощностей и накладных расходов улучшить структуру себестоимости продукции.

Данное решение связано с большим, чем прогнозировалось, падением средней продажной цены СД, недогрузкой выпускающих СД заводов компании Cree и ростом запасов этих изделий, что отражает агрессивную ценовую конъюнктуру. По оценкам Cree, перестройка обойдётся ей примерно в \$85 млн.

«На компанию Cree, производящую СД-компоненты для других производителей и для своего собственного производства СДЛ, особенно повлиял стратегический курс её основных конкурентов на снижение цен на СДЛ в Северной Америке», – сказал Чу.

Например, в мае 2015 г. компания Philips подорвала американский рынок СД ламп, предложив распространяемую по каналам розничной сети «Home Depot» упаковку с двумя СДЛ, эквивалентными ЛН мощностью 60 Вт, по специальной цене \$4,97, так что в течение трёхмесячной рекламной акции одна лампа стоила всего лишь \$2,48. Компания GE придерживалась той же стратегии, продавая в июне этого года через «Home Depot» упаковку с тремя СДЛ, эквивалентными ЛН мощностью 60 Вт, за менее чем \$10.

«Такое резкое падение цен обусловлено традиционным для производителей светотехнических изделий ростом применения азиатских комплектующих, что ставит компанию Cree в проигрышное положение, так как её производственная база расположена в США, где производственные расходы гораздо выше», – пояснил Чу.

Кроме того, Cree сдаёт свои позиции в розничной сети «Home Depot», где ранее она занимала выигрышное положение.

«Компания Cree вышла на рынок «Home Depot» примерно два года назад, и в то время она расширила ассортимент своих СДЛ, получив знак «ENERGY STAR», – сказал Чу. – Однако по мере того, как каналами «Home Depot» начинает пользоваться всё большее количество производителей СД, Cree теряет своё выигрышное положение».

www.ledinside.com
25.06.2015

Philips «Whitevision» и «X-TremeVision» – «галогенки» с эффектом «ксенона»

В то время как светодиодные и ксеноновые лампы, без сомнения, представляют собой большой шаг в развитии автомобильного освещения, большинство автомобилей на дорогах и сходящих с конвейеров заводов в ближайшем будущем будут использовать галогенные лампы накаливания (ГЛН).



Благодаря постоянному развитию компания *Philips* имеет возможность обеспечивать производителей автомобилей и потребителей ГЛН, которые максимально приближаются к уровню обеспечения безопасности и стилю «ксенона». Поэтому теперь при покупке нового автомобиля можно поменять головное освещение, которое будет гарантировать оптимальную яркость, долгий срок службы и стильный внешний вид автомобиля.

Лампы *Philips «WhiteVision»* с эффектом яркого белого «ксенонового» света для головного освещения – это не только великолепная видимость в тёмное время суток, но и эстетически привлекательный внешний вид автомобиля. Лучшую видимость на дороге обеспечивает на 40% более белый свет (4300 К), а также на 60% более длинный световой пучок. Благодаря повышенной цветовой температуре (4300 К) и новаторскому «ксеноновому эффекту» свет более интенсивно отражается от дорожной разметки и знаков, способствует концентрации и гарантирует комфортное вождение в ночное время.

Лампы «WhiteVision» производятся из кварцевого стекла с УФ-фильтром в соответствии с высокими стандартами качества *Philips*. Кварцевое стекло, являясь более прочным, чем обычное тугоплавкое, обеспечивает великолепную стойкость к экстремальным температурам и вибрациям. Это увеличивает срок службы ламп до 450 часов.

Линейка *Philips «WhiteVision»* – H1, H3, H4, H7, а лампы аварийной сигнализации – T4W и W5W.

Philips «X-TremeVision» – самые яркие ГЛН из всех, что представлены на рынке. Это на 130% более яркий и на 20% более белый (3700 К) свет. Эти характеристики обеспечивают водителю более комфортное вождение и оптимальную безопасность в тёмное время суток. Технология покрытия ламп обеспечивает повышенную цветовую температуру, которая способствует лучшей концентрации водителя. За счёт использования специального кварцевого стекла *Philips* с УФ-фильтром срок службы этих ламп почти такой же, как у ламп со стандартным световым потоком.

Линейка *Philips «X-TremeVision»* – H1, H4 и H7.

www.lightrussia.ru
24.07.2015

Светильники со светодиодами в гипермаркете: 50%-ная экономия электроэнергии в сочетании с мобильной информационной и навигационной системой



Общая торговая площадь гипермаркета компании *Carrefour* в Лилле (Франция) – 7800 м². В новой системе освещения – более 800 линейных светильников со светодиодами, которые функционируют с запатентованной концепцией *Philips* коммуникационной технологией «VLC». По сравнению с традиционными вариантами освещения

подобных магазинов (светильники с люминесцентными лампами) экономия электроэнергии достигает 50%. При этом: 1) светодиодная система в гипермаркете функционирует как сетка позиционирования; 2) каждый светильник (*Philips*), используя систему «VLC» («Visible Light Communication»), излучает уникальный (однозначный) идентификационный код; 3) камера мобильного телефона воспринимает этот поток цифровых данных (идентифицирует код излучения светильника) и определяет расположение покупателя (и, естественно, место светильника тоже, т.к. покупатель находится рядом с ним); 4) когда расположение покупателя определено, мобильное приложение (на основе полученных данных) предлагает ему информацию об ассортименте товаров, акциях, скидках и др. (например, оптимальный маршрут по торговому залу, исходя из заданного списка покупок).

Система «VLC» использует видимое излучение для связи со смартфонами покупателей, в отличие от протоколов беспроводной связи Wi-

Fi, Bluetooth, Zigbee (которые используют для передачи информации радиоволны).

Основа «VLC» – передача потока цифровых данных с помощью импульсов света на камеру смартфона. Частота пульсации излучения светодиодов такова, что зрением она не воспринимается.

В смартфоне устанавливается специальное программное приложение (во Франции, например, «Promo C'ou»).

Устройства управления светильников со светодиодами снабжены ВЧ-модуляторами, а программа в смартфоне оснащена демодулятором. Световое излучение, падая на фотокамеру смартфона, преобразуется в данные, обрабатываемые программой. Эта связь – односторонняя (информация поступает от светильника в смартфон, но не обратно).

Уже сегодня в странах Западной Европы, в США и Канаде 68% потенциальных покупателей используют свои смартфоны для поиска, навигации и покупки нужных продуктов в больших магазинах. Роль мобильных приборов в процессе повышения сбыта постоянно увеличивается.

Согласно прогнозу, в Европе и Северной Америке к 2017 г. доля клиентов супер- и гипермаркетов, использующих смартфоны с соответствующим программным приложением, может приблизиться к 80%.

www.k-to.ru
17.07.2015

НИС осветил главный ж/д вокзал Казахстана



Компания «Новый источник света» успешно реализовала проект модернизации освещения железнодорожного вокзала в Астане (Казахстан) в рамках масштабной модернизации на нём, стартовавшей в 2014 г., завершив установку энергоэффективной системы освещения

светодиодами.

Выполнена комплексная модернизация системы освещения с полной заменой устаревших светильников на современные энергоэффективные светильники марки «НИСлайт» производства компании «Новый источник света», что позволило значительно снизить энергопотребление осветительной системы. На платформах, при вокзальной площади и внутри здания вокзала смонтированы высокотехнологичные светильники марки «НИСлайт»: «Улица-155», «Улица-75», «Офис-6-41», «Офис-4-28», «Классик-6-41», «Классик-4-28».

www.svetozone.ru
19.07.2015

Синие светодиоды продлевают срок хранения продуктов питания



Команда учёных Национального университета Сингапура (*NUS*) обнаружила, что синие светодиоды (СД) имеют сильное антибактериальное действие на основных возбудителей пищевого происхождения и наиболее эффективны при температурах от 4 до 15 °С и рН около 4,5.

По мнению исследователей, это открывает новые возможности использования синих СД в качестве простого средства обработки продуктов питания. Кислотные продукты, такие как свежесрезанные фрукты и готовое к употреблению мясо, могут храниться под синими СД, в сочетании с нужной температурой, не требуя дополнительных химических обработок, которые обычно необходимы для сохранения пищи.



ПРОИЗВОДИТЕЛЬ:
ЗАО "Светлана-Оптоэлектроника"

✉ 194156, Санкт-Петербург,
а/я 78

☎ +7 (812) 374-99-99

📠 +7 (812) 374 99 99

@ marketing@soptel.ru

🌐 www.soptel.ru
www.svetaled.com



срок
службы



естественный
солнечный спектр



безопасен



нет мерцания



мгновенно
включается



устойчив к
перепадам



сделано в
России

НОВОЕ КАЧЕСТВО СВЕТА

Итак, в то время как СД широко известны как энергосберегающие источники света они способны и на антибактериальное действие. Бактериальные клетки содержат светочувствительные соединения, которые адсорбируют свет в синей области видимого спектра (400–430 нм). Воздействие синего света, следовательно, может начать процесс в клетках, который, в конечном счёте, вызывает их отмирание.

Сингапурские технологи впервые показали, что такие факторы, как уровень температуры и pH, могут влиять на антибактериальное действие СД. В своих экспериментах учёные поместили три основные пищевые патогена – *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* и *Salmonella Typhimurium* – под синий СД и меняли уровни pH от кислых до щелочных. Технологи обнаружили, что большая инактивация бактерий была достигнута при кислых и щелочных уровнях pH, чем при нейтральных.

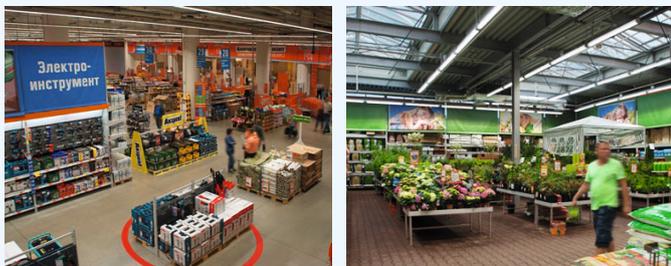
Более раннее исследование, проведённое в 2013 г. той же командой, рассмотрело влияние температуры на способность синего СД деактивировать бактериальные клетки и обнаружило, что антибактериальное действие наиболее успешно при невысоких температурах.

Учёные отметили: «Взяты вместе, наши два исследования указывают на потенциал для сохранения кислых продуктов в сочетании с нужной температурой без химических обработок. Это может удовлетворить растущий спрос на природные или минимально обработанные пищевые продукты, не полагаясь на химические вещества, такие как подкислители и искусственные консерванты, используемые для сохранности продуктов питания».

На следующем этапе учёные планируют испытать применение этой технологии для реальных образцов пищевых продуктов, таких как свежие фрукты, готовые к употреблению, или сырые морепродукты и мясные изделия, чтобы определить способность синих СД эффективно убивать болезнетворные бактерии без ухудшения пищевых продуктов.

www.lightrussia.ru
15.07.2015

Первая автоматизированная система освещения светодиодами в российском ритейл-бизнесе



Компания Philips реализовала первый в России проект полностью автоматизированного освещения светодиодами (СД) гипермаркета сети «OBI» в торговом центре «Авиа Парк». Благодаря использованию инновационных светильников с СД в сочетании с системой управления Philips «DynaLite» снижение энергопотребления достигнет 40%, а срок окупаемости, по расчётам экспертов, составит около года. Новый объект стал продолжением сотрудничества партнёров и ознаменовал собой знаковое для российского бизнеса внедрение полностью «умных» систем освещения в ритейле.

Интеллектуальная система управления «DynaLite» установлена в зоне сада, занимающей более 2000 м². Специальные датчики автоматически регулируют световой поток в зависимости от времени дня. «DynaLite» интегрирована в общий комплекс управления магазином, благодаря чему всего один сотрудник может осуществлять контроль всей системы освещения с единого пульта. Автоматизированная система позволяет включать и выключать группы светильников, а также создавать световые сценарии и следить за состоянием оборудования в режиме реального времени.

www.svetozone.ru
22.07.2015

Российская светодиодная лампа SvetLED® получает международное признание



Российская светодиодная лампа SvetLED® успешно патентуется за рубежом. К настоящему моменту получено 5 международных патентов в нескольких странах Азии (Бангладеш, Гонконг, КНР, Тайвань) и на всей территории ЕС. В ближайшее время ожидается получение патентов в США, Таиланде, Малайзии.

Наличие патентов позволяет защитить уникальную российскую разработку от кражи интеллектуальной собственности, что часто происходит с передовыми инновационными продуктами, а также подтверждает авторскую

чистоту изобретений петербургских инженеров-разработчиков конструкторского бюро ГК «Светлана-Оптоэлектроника».

От аналогов, помимо высокой энергоэффективности, отечественную светодиодную лампу отличает нетиповая расширенная гарантия – 10 лет, высокое качество света (максимально приближённое к естественному), полное соответствие по габаритам привычной для потребителей лампе накаливания, стабильная работа при любом пространственном положении (вертикально, горизонтально, «диагонально») и в широком диапазоне питающих напряжений. Рассеиватель лампы изготовлен из ударопрочного материала, обладающего высоким светопропусканием.

«Патентная работа в разных странах мира связана с нашими планами по продвижению российских светодиодных ламп на международные рынки», – отметил Валерий Молодцов, заместитель генерального директора по техническому развитию и разработкам ГК «Светлана-Оптоэлектроника».

В 2015 году петербургская светодиодная продукция уже появилась в Финляндии, Прибалтике, Аргентине, странах Ближнего Востока и Северной Африке.

«Востребованность отечественной продукции на международном рынке ещё раз доказывает, что по качеству и техническим характеристикам российские инновационные продукты могут не только соответствовать мировому уровню, но и превосходить лучшие зарубежные аналоги», – подчеркнул директор Центра импортозамещения в Санкт-Петербурге Станислав Невзоров.

Пресс-служба ГК «Светлана-Оптоэлектроника»
01.07.2015

Минимум терминов и понятий от журнала «Светотехника» к всероссийскому уроку, посвящённому Международному году света и световых технологий

Журнал «Светотехника» запускает проект по формированию необходимого минимума знаний, предлагаемого в качестве факультативного для всероссийского урока, посвящённого Международному году света и световых технологий.

Журнал предлагает непрерывное общественное обсуждение, наполнение и уточнение материалов.

Приглашаем к сотрудничеству всех, кто считает светотехнику своей специальностью и знает, что рассказать школьникам о свете. В перечне авторов документа будут указаны имена всех, кто внёс вклад в его развитие и формирование.

Предварительная версия текста доступна по адресу <http://www.sveto-tehnika.ru/art/20150813-1>.

Конкурс на Евразийскую светотехническую премию

Минэнерго России, Минпромторг России, Программа развития ООН в России в рамках «Международного года света и световых технологий», Проект Глобального экологического фонда «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения» и журнал «Светотехника» проводят конкурс на Евразийскую светотехническую премию.

Положение о Конкурсе опубликовано в журнале «Светотехника» № 3 за 2015 г, а в этом номере публикуются состав Оргкомитета и Порядок проведения Конкурса.

Оргкомитет Конкурса

- **Айзенберг Юлиан Борисович**, главный редактор журнала «Светотехника», председатель Оргкомитета
- **Шаракшанз Антон Сергеевич**, научный редактор журнала «Светотехника», ответственный секретарь Оргкомитета
- **Билялетдинов Амир Анверович**, заместитель ответственного секретаря Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО
- **Астахов Игорь Георгиевич**, заместитель руководителя Федерального дорожного агентства
- **Долин Евгений Владимирович**, генеральный директор НП ПСС
- **Зажигалкин Александр Владимирович**, заместитель руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии
- **Кабылбай Алибек**, управляющий директор Института развития электроэнергетики и энергосбережения Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан
- **Койнов Сергей Владимирович**, первый вице-президент СТА
- **Цветков Виктор Владимирович**, ведущий консультант отдела координации деятельности по разработке технических регламентов Департамента государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений
- **Митрейкин Александр Николаевич**, директор департамента энергосбережения и повышения энергетической эффективности Минэнерго России,
- **Алибеков Олжас**, руководитель управления энергоснабжения и энергоэффективности Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан
- **Онищук Александр Васильевич**, президент Ассоциации РАТЭК
- **Шевченко Анатолий Сергеевич**, менеджер ПРООН в России

Порядок проведения Конкурса

Этапы проведения конкурса

1-й этап – публичное обсуждение критериев оценки: с даты публикации до 12 июня 2015 г.

2-й этап – подача заявок на участие в Конкурсе: с даты утверждения формы заявки и перечня испытательных центров до 31 августа 2015 г.

3-й этап – закупка и проведение испытаний образцов продукции: с 10 августа по 09 ноября 2015 г.

4-й этап – проведение оценки продукции: с 10 ноября по 19 ноября 2015 г.

5-й этап – объявление результатов, награждение победителей: с 19 по 21 ноября 2015 г.

Порядок подачи заявок на участие в конкурсе

Заявки на участие подаются в электронном виде по форме, приведённой в приложении 1 «Форма заявки на участие в конкурсе», посредством направления на электронный адрес eurasiansvet@enes-expro.ru. Оригиналы направляются по почте по адресу (129626, РФ, Москва, проспект Мира, д. 106, а/я 34).

Заявки могут подаваться в отношении неограниченного количества видов продукции в любом количестве категорий конкурса в соответствии с критериями, указанными в приложении 2 «Категории и номинации».

Подача заявки в отношении какого-либо вида продукции не препятствует тому же участнику (Заявителю) подавать заявки в отношении других видов продукции. Каждая такая заявка рассматривается отдельно.

Заявки рассматриваются, как правило, в течение 5 рабочих дней. Организаторы оставляют за собой право запрашивать дополнительную информацию в целях подтверждения представленных Заявителем сведений, а также приниматься меры по проверке представленной Заявителем информации.

В отношении любого вида продукции на одинаковые изделия может быть допущена к участию только одна заявка. Продукция считается одинаковой, если совпа-

дают все существенные признаки продукции, указанные в форме заявки.

По итогам рассмотрения заявки на электронный адрес Заявителя направляется уведомление о соответствии заявки условиям Конкурса и допуска её дальнейшему участию в Конкурсе либо мотивированный отказ с указанием причин.

Сведения о перечне продукции, допущенной к участию в Конкурсе, регулярно публикуются на информационной странице Конкурса в сети Интернет.

Заявитель, которому отказано в принятии заявки, вправе подать её повторно после исправления имеющихся недостатков.

Заявитель, не согласный с отказом в принятии заявки, вправе обжаловать отказ в установленном порядке.

Претензия может направляться только участником Конкурса (Заявителем, чья продукция была допущена до этапа проведения испытаний) или Заявителем, которому было отказано в участии в Конкурсе.

Контрольная закупка конкурсных образцов

Для проведения испытаний по категории № 1 «Светодиодные лампы с цоколем E 27» приобретаются три единицы товара, а для проведения испытаний по остальным категориям приобретается один экземпляр товара.

Контрольная закупка образцов продукции, допущенной к проведению испытаний, производится на предприятиях розничной или оптовой торговли, у официальных дилеров или непосредственно у производителя.

Порядок приобретения образцов продукции должен обеспечивать случайную выборку образцов.

По решению Комитета по испытаниям при наличии возможности обеспечения выборки случайного образца вместо приобретения товара его образец может быть получен путём выборки на складе производителя или дилера.

Распределение расходов на проведение испытаний

Участие в конкурсе является бесплатным.

Приобретение и доставка продукции, а также проведение испытаний осуществляется за счёт Заявителей.

Заявителям рекомендуется в своей заявке указывать перечень официальных дилеров, осуществляющих розничную продажу продукции, и имеющиеся

у него сведения об уровне цен у данных дилеров.

Организаторы конкурса будут прилагать усилия к минимизации затрат участников конкурса на проведение испытаний.

В случае неоплаты Заявителем расходов на проведение испытаний, приобретение и доставку продукции в установленный срок заявка аннулируется, о чём Заявителю по указанному им адресу электронной почты направляется уведомление.

После подтверждения оплаты расходов, связанных с проведением испытания, приобретением и доставкой продукции в полном размере Заявителю направляется уведомление о допуске продукции к этапу проведения испытаний.

Участники не несут иных расходов, связанных с проведением Конкурса.

Порядок проведения испытаний и определения технических характеристик продукции

Комитет по испытаниям организует определение технических характеристик допущенной к испытаниям продукции:

- на основании документации, полученной от Заявителя, либо в ходе приобретения продукции у дилера, производителя;
- посредством проведения испытаний в испытательном центре. Список испытательных центров, в которых будут проводиться испытания размещается на информационной странице Конкурса в сети Интернет.

Перечень технических характеристик, оцениваемых на основании документации на продукцию и определяемых по итогам испытаний, порядок и регламент проведения испытаний приведены в приложении 3 «Процедура квалификации».

Оценка технических параметров продукции проводится в два этапа. На первом этапе Комитетом по испытаниям на основании имеющейся документации и результатов проведённых испытаний проводится проверка (сличение) соответствия фактических технических характеристик продукции характеристикам, заявленным производителем либо являющимся обязательными для данного вида продукции.

На каждый вид продукции, прошедший квалификационный отбор, Комитетом по испытаниям оформляется документ «Квалификационный протокол» под индивидуальным номером, подтверждающий соответствие фактических характеристик продукции заявленным производителем.

В протоколе приводится наименование и эмблемы организаторов Конкурса, указывается, что результат получен посредством измерений в сертифицированной

лаборатории образца, полученного при контрольной закупке.

В квалификационном протоколе приводится список всех представленных сертификатов, указываются заявленные и измеренные параметры, указывается и подчёркивается соответствие (или несоответствие) измеренных параметров заявленным. Приводится описание лампы или осветительного прибора в порядке, определённом процедурой оценки конкурсной продукции. В протоколах уличных светильников дополнительно приводятся результаты светотехнического анализа.

Сравнительные данные, относящиеся к изделиям других участников, в квалификационном протоколе не приводятся.

В квалификационном протоколе приводится ссылка на опубликованный на сайте Конкурса архив с технической документацией, предоставленными сертификатами, измерительными протоколами и *ies*-файлом. Также приводится ссылка на страницу производителя с описанием рассматриваемой лампы или осветительного прибора.

Все данные, позволяющие идентифицировать производителя или марку продукции, в том числе фотография общего вида лампы или осветительного прибора, приводятся на первом листе протокола, который изымается перед передачей протокола в Жюри Конкурса.

Перечень указанных недостатков приводится на отдельном листе протокола, который изымается перед публикацией протокола.

На 2-м этапе формируются отчёты по итогам испытания продукции и её критериальной оценки.

Указанные отчёты хранятся Комитетом по испытаниям и передаются Жюри единовременно в отношении всех образцов по окончании 3-го этапа Конкурса.

В целях контроля качества проведённых испытаний Комитетом по испытаниям может быть принято решение о выборочном проведении повторных испытаний отдельных экземпляров товаров, прошедших квалификационный отбор, в другой лаборатории.

Определение победителей

Комитет по испытаниям передаёт протоколы квалификационных испытаний в Жюри в обезличенном виде под индивидуальными номерами.

Оценку продукции с учётом результатов испытаний проводит Жюри на очном заседании. Заседание проводится в открытой форме, на него приглашаются члены Комитета по испытаниям, эксперты в области светотехнической продукции, иные заинтересованные лица.

Победители Конкурса определяются Жюри на основании итогов испытания продукции в соответствии с критериями изложенными в приложении 4 «Критерии определения победителей».

Решение Жюри принимается простым большинством голосов.

После голосования и определения номеров квалификационных протоколов победителей проводятся сопоставление номеров квалификационных протоколов и названий конкурсной продукции и составление списка победителей.

В квалификационные протоколы вносится лист с наименованием продукции и данными Участника Конкурса.

Объявление победителей и публикация результатов

Итоги Конкурса объявляются на форуме «ENES-2015» в период с 19 по 21 ноября 2015 г.

В течении 5 рабочих дней после объявления итогов и награждения победителей на сайте Конкурса публикуется перечень победителей. Подробный анализ результатов Конкурса проводится в следующем за объявлением победителей номере журнала «Светотехника».

Под обезличенными номерами без листа с информацией, идентифицирующей производителя и наименование прибора, публикуются протоколы дисквалифицированных образцов, образцов с худшими параметрами в Конкурсе, а также протоколы относительно которых не было получено согласие заявителя на публикацию протокола в полной форме.

Заключительные положения

Члены рабочих органов конкурса (Оргкомитета, Жюри, Комитета по испытаниям) вправе обращаться к организаторам конкурса с предложениями по внесению изменений в настоящий Порядок. Предложения по изменению условий проведения Конкурса направляются в Минэнерго России.

Претензии к организации и результатам Конкурса направляются по электронной почте на адрес eurasiansvet@enes-expo.ru и рассматриваются в течение месяца с момента поступления обращения.

Претензии к организации и результатам Конкурса принимаются до 01 декабря 2015 г.

Приложения к Порядку проведения Конкурса опубликованы на сайте <http://enes-expo.ru/ru/konkursnaya-dokumentatsiya.html>.

Заявки на участие в конкурсе принимаются с 10 августа.

Пульсация светового потока светодиодов и особенности её измерения и нормирования

С.А. ГЕОРГОБИАНИ, М.Е. КЛЫКОВ¹, М.В. ЛОБАНОВ

ООО «ВНИСИ», Москва

Аннотация

Рассмотрены особенности пульсации светового потока светодиодов, обусловленные характеристиками светодиодов и устройств их управления. Показано, что пульсации излучения светильников со светодиодами и с разрядными лампами могут существенно различаться. Вследствие этого делается вывод, что принятые сегодня методы измерения пульсации светового потока и её нормы, разработанные в середине 20 века для освещения разрядными лампами, в ряде случаев не могут быть применимы к освещению светодиодами и требуют переработки.

Ключевые слова: светодиоды, пульсация светового потока, стробоскопический эффект, устройства

¹ E-mail: klykov41@mail.ru

управления, линейные стабилизаторы тока, широтно-импульсное регулирование

Введение

Впервые человечество столкнулось с пульсацией светового потока (ПСП) в конце 19 века в связи с появлением ламп накаливания, питаемых переменным током. Однако в силу тепловой инерционности нитей накала эта ПСП была незначительна и не влияла на зрительное восприятие.

Вопрос ПСП источников света стал актуальным с 1950-х в связи с массовым внедрением разрядных источников света, питаемых переменным током с частотой 50 Гц, с электромагнитным ПРА (ЭМПРА). Из-за малой инерционности разряда и люминофора осциллограмма светового потока разрядной лампы близка по форме

к кривой выпрямленного тока и имеет поэтому значительную переменную составляющую с частотой 100 Гц (рис. 1).

Эта пульсация была сразу замечена из-за двух её вредных влияний: 1) дискомфорт, головные боли и повышенная утомляемость; 2) возможность возникновения оптического эффекта, заключающегося в кажущемся изменении скорости вращения наблюдаемых объектов, вплоть до их остановки или вращения в обратную сторону. В связи с этим в 1950-е гг. светотехниками совместно с врачами был проведён ряд работ по исследованию пульсаций освещённости [1–5]. В итоге были разработаны методы измерения уровня пульсации и установлены её допустимые нормы в зависимости от условий зрительной работы. Важно отметить, что эти методы и нормы были разработаны для пульсаций при частоте питания 50 (60) Гц (рис. 1).

Однако на сегодня опыт показывает, что уровень, форма и частота ПСП СД-источников света могут существенно отличаться от приведённых на рис. 1.

Особенности пульсации светового потока светодиодов

ПСП источников света определяется двумя факторами: их инерционностью и схемой управления (форма и частота тока).

Инерционность СД определяется временем нарастания его светового потока от 0,1 до 0,9 и спада от 0,9 до 0,1 его номинального значения при подаче и снятии напряжения. У современных СД без люминофора это время составляет от 10 до 50 нс [6]. У белых СД с люминофором оно теоретически (из-за инерционности люминофора) может быть выше. Для определения этого времени нами была проведена оценка инерционности нескольких типов широко распространённых СД. Схема и результаты соответствующих измерений приведены на рис. 2 и 3 и в таблице. Измерения проводились при частоте 20 кГц.

Из таблицы видно, что световой поток СД отстаёт от тока не более чем на 0,2–3,8 мкс. Поэтому на частотах до десятков кГц все СД (и цветные, и белые) можно считать безынерционными.

Рис. 1. Типичные формы тока и светового потока разрядной лампы при работе с ЭМПРА от сети частоты 50 Гц. Φ_{\max} и Φ_{\min} – максимальное и минимальное мгновенные значения светового потока за период колебаний T ; $\Phi_{\text{ср}}$ – среднее значение светового потока за период

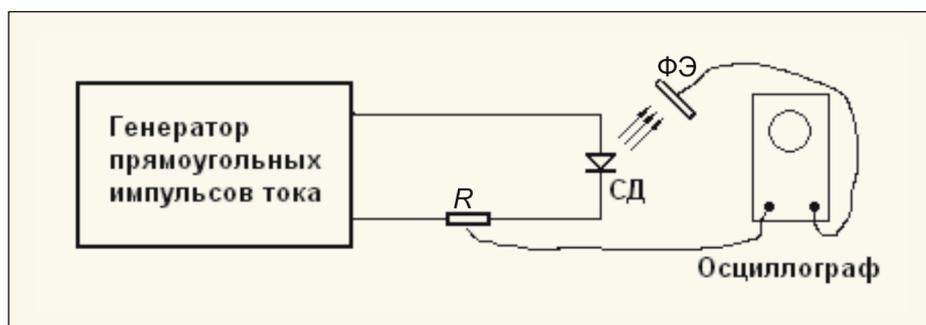
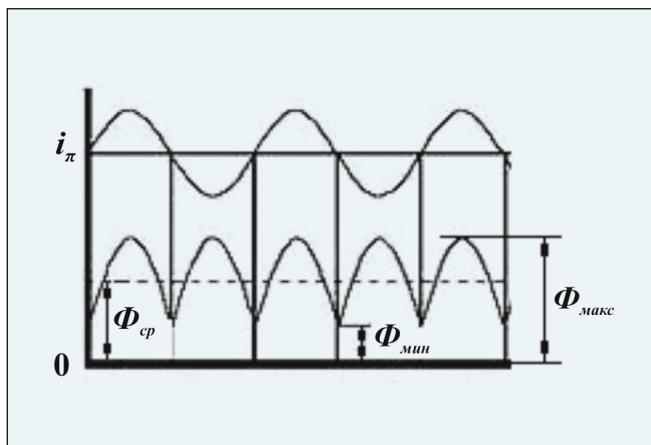


Рис. 2. Схема измерения уровня инерционности СД:

R – измерительный резистор; СД – измеряемый светодиод; ФЭ – кремниевый фотоэлемент

Варианты выходного тока наиболее распространённых современных устройств управления СД (и, соответственно, варианты осциллограмм светового потока СД):

- Постоянный ток с пульсацией от долей до нескольких десятков % на частоте 100 Гц (форма тока близка к синусоидальной). Такая форма характерна для нерегулируемых электронных и электромагнитных устройств управления, работающих от сети частоты 50 Гц, и практически совпадает с формой пульсации разрядных источников света с ЭМПРА (рис.1). Поэтому для их оценки применимы действующие нормы и методы измерения пульсаций.

- Пульсирующий прямоугольный ток с переменным коэффициентом заполнения (рис. 4). Такая форма тока характерна для линейных стабилизаторов, работающих от сети частоты 50 Гц, и электронных устройств управления, регулируемых по методу широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и работающих от сети как переменного, так и постоянного токов.

В случае линейных стабилизаторов f светового потока равна 100 Гц и $\gamma = 0,7-0,9$, а – регулируемых по методу ШИМ устройств управления $f \geq 100$ Гц и $\gamma = 0,01-1,0$.

Пульсирующий полусинусоидальный ток с паузами между импульсами (рис. 5). Такая форма характерна для широкого класса СД-модулей вроде «Acrich» (компания Seoul Semiconductor), непосредственно подключаемых к сети переменного тока без устройства управления.

Поскольку ПСП по рис. 4 и 5 существенно иные, чем у разрядных источников света с ЭМПРА, то для их оценки не применимы действующие нормы пульсаций.

Приведённая выше оценка особенностей ПСП СД подтверждается работами технических комитетов МКО ТК 3–50 «Показатели качества внутреннего освещения светодиодами» и ТК 1–83 «Визуальные аспекты работы модулированных во времени осветительных систем» и комитета PAR1789 Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). Большое внимание в этих работах [7–12] уделяется исследованиям влияния глубины и частоты ПСП на комфортность зрительного восприятия и возможность возникновения стробоскопического

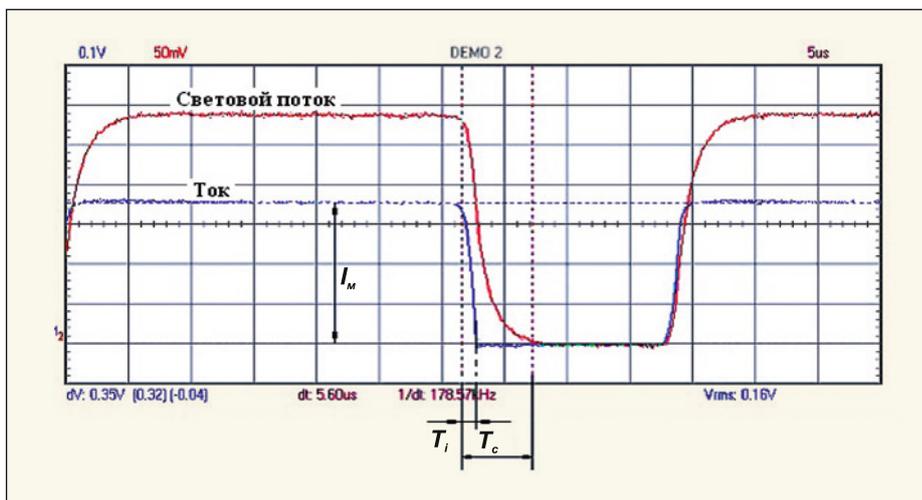


Рис. 3. Осциллограммы тока и светового потока светодиода: T_i – фронт спада тока; I_M – амплитуда тока; T_c – фронт спада светового потока

Рис. 4. Осциллограммы тока (а) и светового потока (б) СД при работе с линейным стабилизатором тока или с регулируемым по методу ШИМ устройством управления: T_u – длительность импульса тока; T – период следования импульсов; $f = 1/T$ – частота следования импульсов; $\gamma = T_u/T$ – коэффициент заполнения импульсов

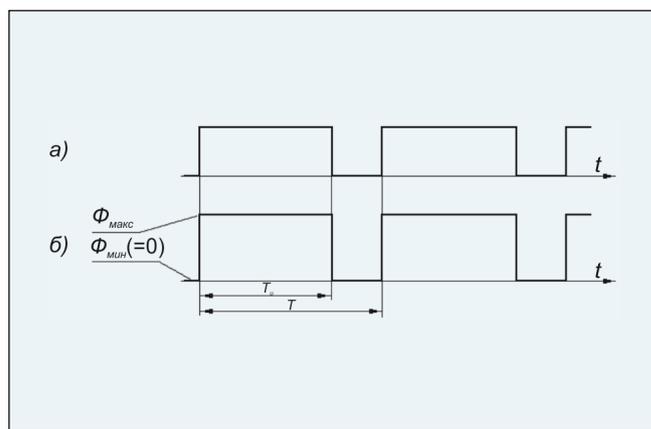
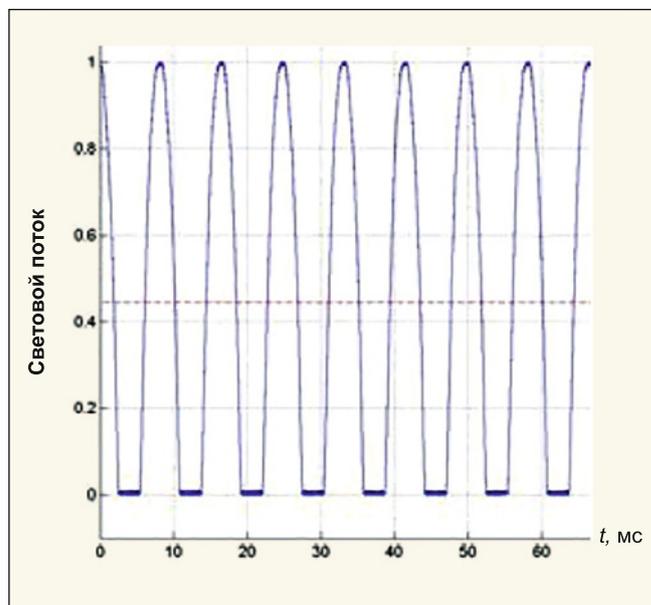


Рис. 5. Характер пульсации светового потока светодиодных модулей «Acrich»



эффекта. Показывается, что последний может проявляться при частотах пульсации до 1000–10000 Гц и отмечается неприменимость существующих методов измерения уровня ПСП к СД-источникам света.

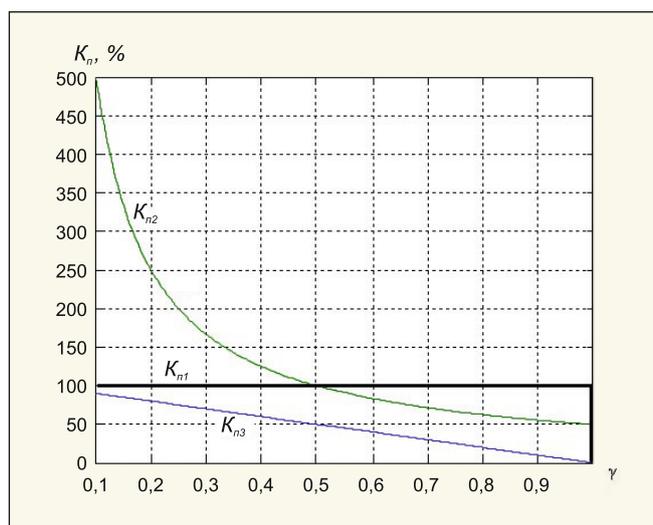
Особенности измерения пульсации светового потока светодиодов

В настоящее время известны 3 метода измерения коэффициента ПСП.

Результаты измерений по оценке инерционности светодиодов разных типов

№	Тип СД	I_m , А	T_i , мкс	T_c , мкс
1	Osram «LUW-W5AM»	0,35	1,2	1,5
2	SEOUL «W42182»	0,35	1,2	5,9
3	Nichia «NS2W157ART»	0,075	1	1,6
4	Nichia «STS-DA1-1459»	0,02	1,2	2,2
5	Nichia «NSPR310S» (красный)	0,02	1,2	1,2
6	Nichia «NSPW300DS» (белый)	0,02	1,2	1,2
7	BRIDGELUX «BXRА»	0,3	1,5	5,7
8	SEOUL «KWT801-S»	0,02	1,2	5

Рис. 6. Результаты измерения коэффициента пульсации светового потока (K_n), полученные по методам 1–3 при прямоугольной форме тока и изменяющимся от 0,1 до 1 коэффициенте заполнения импульсов γ



Метод 1. Метод отношения амплитуд.

Расчёт коэффициента ПСП – по формуле

$$K_{n1} = [(\Phi_{\max} - \Phi_{\min}) / (\Phi_{\max} + \Phi_{\min})] \cdot 100\%$$

Метод 2. Метод отношения амплитуд к среднему значению

Расчёт коэффициента ПСП – по формуле

$$K_{n2} = [(\Phi_{\max} - \Phi_{\min}) / 2\Phi_{cp}] \cdot 100\%$$

Метод 3. Метод средних значений

Расчёт коэффициента ПСП – по формуле

$$K_{n3} = [\Delta\Phi_{cp} / \Phi_{cp}] \cdot 100\%$$

где $\Delta\Phi_{cp}$ – среднее значение отклонения светового потока за полупериод от среднего значения за период Φ_{cp} .

Последний метод предложили Истмэн и Кэмпбелл (1952 г.) и детально рассмотрели Н.Н. Ткачук и Н.А. Тол-

стой [1] как наиболее точно отражающей реакцию глаза на ПСП [2].

При оценке ПСП разрядных ламп, характеризующихся постоянной частотой и близкой к синусоидальной осциллограммой светового потока, все 3 метода дают хорошо скоррелированные между собой результаты. У нас в стране были приняты 1-й и 2-й методы, как наиболее легко реализуемые.

Однако для освещения светодиодами, с его характерной осциллограммой светового потока, заметно отличающейся от синусоидальной и частотой от 100 Гц, все эти методы дают разные результаты. Так, в случае по рис. 5 коэффициенты ПСП, рассчитанные по разным методам таковы: $K_{n1}=100\%$, $K_{n2}=114\%$ и $K_{n3}=42\%$.

Ещё больше расходятся коэффициенты ПСП, рассчитанные по разным методам при прямоугольной форме тока (рис. 6).

Из рис. 6 видно, что 1-й и 2-й методы (а именно они используются сейчас для измерения) дают результа-

ты, противоречащие здравому смыслу (1-й метод вообще не реагирует на изменение формы импульса, а 2-й даёт скачки на краях диапазона изменений γ). 3-й метод качественно правильно отражает изменение формы, но пользоваться им тоже нельзя, так как корреляция его результатов с принятыми нормами не очевидна и требует проверки.

Выводы

1. СД при частоте тока до десятков кГц можно считать практически безынерционными элементами, поэтому их ПСП полностью определяются пульсацией выходного тока устройства управления

2. При работе с нерегулируемыми электронными и электромагнитными устройствами управления, работающими от сети частоты 50 Гц, ПСП СД по «форме» и частоте практически совпадают с ПСП разрядных источников света с ЭМПРА. Поэтому в этих случаях для них применимы действующие нормы пульсаций и методы их измерения.

3. ПСП большого класса светильников с СД (с регулируемым методом ШИМ электронным устройством управления, с линейным стабилизатором тока или непосредственно подключаемыми к сети переменного тока без устройства управления) по «форме» и частоте существенно отличаются от ПСП разрядных ламп, поэтому для их измерения и нормирования не применимы действующие методы измерения и нормы. В этих случаях требуется создание новых норм и методов измерения ПСП, для чего необходима совместная работа светотехников и врачей, аналогичная той, которая проводилась в 1950-е гг. для освещения разрядными лампами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткачук Н.Н., Толстой Н.А. Прибор для измерения относительной пульсации световых потоков // Светотехника. – 1955. – № 2. – С. 27–29.
2. Луизов А.В. Инерция зрения. – М.: Оборонгиз, 1961. – 249 с.
3. Ильянок В.А., Самсонова В.Г. Влияние пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека // Светотехника. – 1963. – № 5. – С. 1–5.
4. Свиридов Ю.И. Расчёт коэффициента пульсации в осветительных установках с га-

зоразрядными источниками света. – 1967. – № 6. – С. 10–15.

5. *Кроль Ц.И.* К вопросу ограничения колебаний светового потока в промышленных осветительных установках. – 1963. – № 6. – С. 7–13.

6. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с. 7. *Poplawski M., Miller N.* Exploring flicker in Solid-State Lighting / Documents, IES, poplawski-miller-FINAL. Pdf.

8. *Lehman B.* Flicker and IEEE PAR1789 Recommended Practices of Modulating Current in High Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers / IEEE ECCE paper, 2010.

9. *Lehman B.* Proposing measures of flicker in the low frequencies for lighting applications. 2011 IEEE.

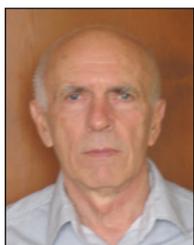
10. Исследование мерцания полупроводниковых систем освещения // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 3. – С. 58–59.

11. *Арексис Л., Китсинелис С., Циссис Ж.* О пульсациях выпускаемых ламп / Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 58–64.

12. *Кнооп М.* Качество освещения светодиодами // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 20–22.



Георгобиани Сергей Александрович,
кандидат техн. наук. Окончил в 1981 г. МЭИ. Зав. лабораторией ПРА ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова»



Клыков Михаил Евгеньевич,
кандидат техн. наук. Окончил в 1963 г. МЭИ. Ведущий научный сотрудник лаборатории ПРА ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова»



Лобанов Михаил Викторович,
инженер лаборатории ПРА ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова»



XV Российский энергетический форум
Международная выставка
Энергетика БРИКС и ШОС
XXI специализированная выставка
Энергосбережение. Светотехника. Кабель

20–23 октября 2015 г.

г. Уфа, ул. Менделеева, 158

ОРГАНИЗАТОРЫ

Правительство РБ
Башкирская выставочная компания

ПОДДЕРЖКА

Министерство энергетики РФ
Министерство промышленности
и инновационной политики РБ

СОДЕЙСТВИЕ

Торгово-промышленной палаты
Республики Башкортостан
ОАО «Башкирская электросетевая
компания»
ООО «Башкирская генерирующая
компания»

С 20 по 23 октября 2015 года в столице Республики Башкортостан г. Уфа пройдет XV Российский энергетический форум – один из крупнейших деловых Форумов, рассматривающих проблемы и пути решения основных вопросов большой и малой энергетик.

Мероприятия проводятся при поддержке Министерства энергетики РФ и Министерства промышленности и инновационной политики Республики Башкортостан. Организаторами Форума и выставок выступают Правительство Республики Башкортостан и Башкирская выставочная компания.

Выставка «Энергетика БРИКС ШОС» – проект международного уровня, включенный в Концепцию председательства РФ в межгосударственном объединении БРИКС в 2015–2016 годах и перечень основных мероприятий председательства РФ в БРИКС в 2015–2016 годах.

«Энергосбережение. Светотехника. Кабель» – специализированная выставка, экспозицию которой ежегодно представляют более 150 предприятий из всех регионов России, стран дальнего и ближнего зарубежья.

В работе выставки 2015 года новинки электротехнической и энергетической отрасли представят лидеры отрасли, компа-

нии которые уже не раз оценили высокий экономический эффект от выставки в Уфе: *Schneider Electric* (Москва), *Helukabel* (Москва), ЭКРА (Чебоксары), Свердловский завод трансформаторов тока (Екатеринбург), Ксена (Пермь), Энергосфера (Пермь) и др.

Деловая программа включает в себя пленарное заседание, круглые столы, научно-практические конференции, семинары и презентации участников выставки, и вызывает интерес на международном уровне. Соорганизаторами Деловой программы выступают отраслевые ассоциации и союзы, эксперты отрасли.

Посетители выставок – это заинтересованные в развитии, открытые для контактов и плодотворной работы специалисты. Ежегодно участники выставок отмечают большое количество и качественный состав посетителей.

Адрес места проведения:

450080, г. Уфа, ул. Менделеева,
158, 3 павильон
Тел./факс: (347) 246–41–77,
246–41–93, 246–41–80,
246–41–86, 246–41–95

Дополнительная информация:

тел. (347) 246–41–86,
246–41–77;
www.energobvk.ru;
e-mail: energo@bvkexpo.ru

Деградация светодиодов: связь между условиями эксплуатации, реальным и декларируемым сроками службы

Д.Ю. ЮРОВСКИХ¹

Представительство компании Cree Hong Kong Limited, Москва

Аннотация

Статья касается вопроса срока службы светодиодов и светильников с ними. Предлагаются подходы к оценке срока службы и рассматриваются некоторые основные причины отказов этих изделий, зависящие от конкретных условий работы светодиодов. Даются рекомендации, на что стоит обращать внимание при оценке долговечности светильников со светодиодами.

Ключевые слова: светодиоды, срок службы, светильники со светодиодами, критерии отказа, *Electrical Overstress*.

Сегодня уже можно уверенно утверждать, что светодиодная революция в освещении свершилась. Светодиоды (СД) проникли, в частности, и в уличное освещение, и в офисное, и в торговое, и в бытовое, и в промышленное, и в сферу ЖКХ. Причины для этого несколько, и они достаточно известны.

Однако потребитель настороженно относится к заявляемым уровням надёжности и долговечности светильников с СД (ССД). Оно и неудивительно, ведь в таких сферах, как уличное, промышленное и торговое освещение, установка ССД – своего рода инвестиция, т.к. их использование окупается довольно медленно: как правило, не менее чем за год. И отказ ССД гораздо неприятнее, чем перегорание простой лампы, хотя бы потому, что замена лампы – относительно простой и освоенный процесс, с которым потребитель, в большинстве случаев, может справиться самостоятельно, тогда как замена или ремонт ССД – дело, требующее участия сервисной организации или производителя ССД. Это обусловлено тем, что понятие «лампа» как таковое к ССД зачастую неприменимо. При этом отказ

в рамках данной статьи, рассказать не только о свойствах и долговечности СД, но и о сроке службы всего ССД.

Под сроком службы светильника с традиционным источником света понимают время его работы до момента катастрофического отказа, т.е. полного прекращения функционирования, например, из-за «перегорания» источника света или «поломки» ПРА. В отношении ССД, как правило, применяют понятие «параметрический отказ». Это связано с тем, что в общем случае «перегорание» источника света в ССД не рассматривается. То есть когда говорят что срок службы белого СД, скажем, – 50 тыс. ч по уровню L70, то имеют в виду, что по истечении этого срока, СД продолжает функционировать, но его световой поток становится меньше 70% от номинального (начального) светового потока. Иными

ССД одинаково неприятен как пользователю, так и поставщику осветительного оборудования, на плечи которого ложатся заботы (и затраты) по замене или ремонту ССД. Поэтому, как производителям, так и потребителям необходимо понимать, что такое срок службы ССД и от чего он зависит. В связи с тем, что потребитель зачастую не сильно разграничивает понятия «СД» и «ССД», постараемся,

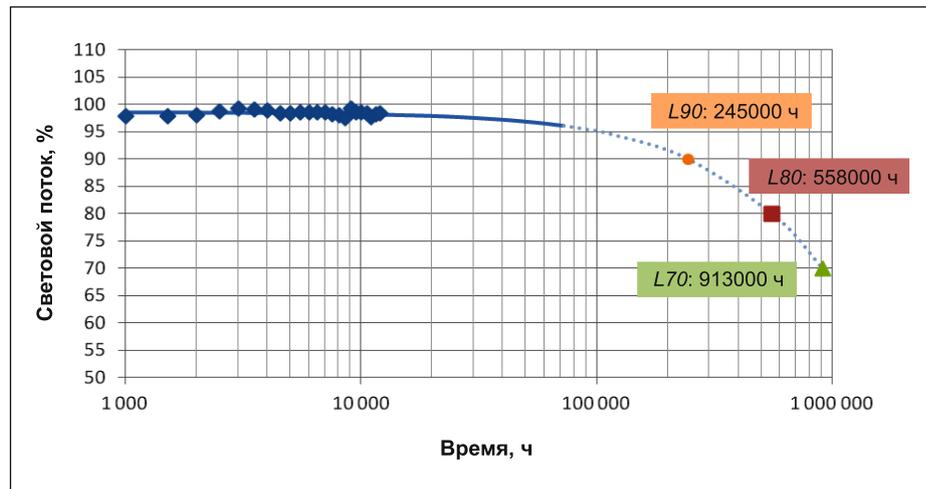


Рис. 1. Оценка срока службы светильника по спаду светового потока

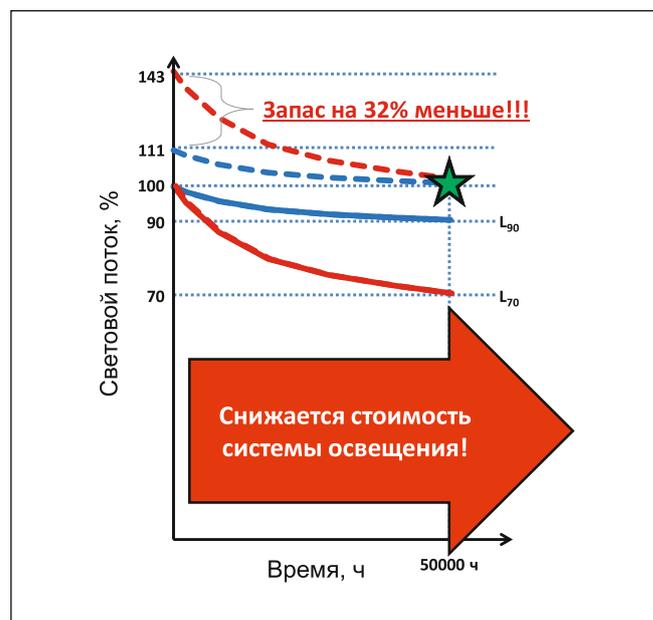


Рис. 2. Сравнение светового потока светильников с разными критериями оценки срока службы

¹ E-mail: Dmitry_Yurovskikh@cree.com

словами, проектировщикам осветительной установки (ОУ) необходимо знать, как долго ССД будут сохранять достаточно высокую долю от номинального (начального) светового потока, а не сколько времени пройдёт до выхода источника света из строя. Между прочим, некоторые производители СД сегодня уже рассматривают в качестве расчётного не общепринятый уровень в 70%, а более высокий – 80 или даже 90% (рис. 1).

И в этом есть свой резон, ведь если проектировщик рассчитывает уровень освещения на конец срока службы ОУ, то он должен предусмотреть запас по освещённости с самого начала. Поэтому при расчёте по уровню $L70$ изначальный запас должен составлять $(100/70-1) = 0,428$, т.е. около 43% от требуемой освещённости (рис. 2). А при расчёте по уровню $L90$ достаточен запас в $(100/90-1) = 0,111$, т.е. всего в 11%.

Таким образом, простое применение критерия $L90$ снижает необходимый изначальный запас по освещённости (световому потоку) на 32% (с 43 до 11%) и, соответственно, снижает коэффициент запаса (а следовательно, стоимость и мощность) ОУ. Вот такой интересный «побочный» эффект... [1]

Но вернёмся к сроку службы ССД. За него, в общем случае, принимается тот срок, при котором деградация (спад) светового потока ССД не превышает заданного значения. Известно, что для любого СД наиболее значимые показатели, определяющие его срок службы (скорость деградации) – температура и плотность тока кристалла. Причём оба параметра имеют чёткие верхние ограничения, обусловленные технологией производства СД². Существуют также ограничения совокупности этих факторов, т.е. скорость спада светового потока зависит от комбинации температуры и плотности тока кристалла.

В 2008 г. Североамериканское светотехническое общество (IES) предложило некую обобщённую методику измерений светового потока дис-

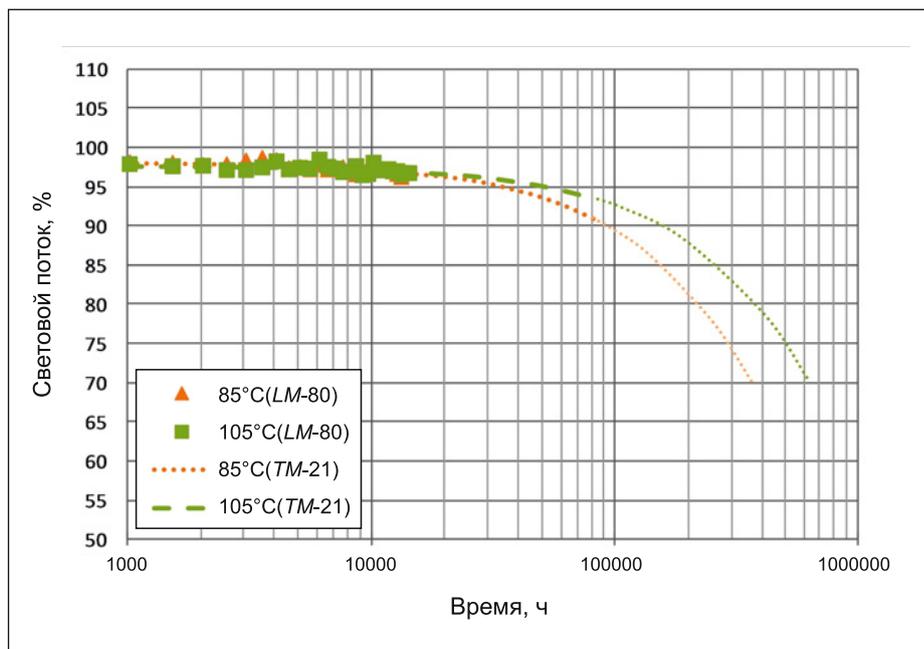


Рис. 3. График спада светового потока по результатам измерений по LM-80, экстраполяция и прогноз срока службы по TM-21

кретных СД, СД-матриц и отдельных СД-модулей – LM-80-08 [2], и на сегодня она является общепринятой для измерения динамики спада и значений светового потока. LM-80, в частности, требует от производителя наличия данных за период измерений, как минимум за 6000, а желательно, не менее чем за 10000 ч. Измерения проводят при нескольких значениях тока СД и регламентированных температурах в точке пайки (на выводе СД) – 55, 85 и выбранной производителем СД, например, 105 °С. Параллельно с этим IES предложило также методику измерений светового потока, входной мощности, распределения яркости и координаты цветности (КЦ) ССД – LM-79-08 [3]. Однако на основе этих методик можно только констатировать факт изменения (спада, деградации) светотехнических параметров СД или изделий с ними на момент измерения(ий), тогда как нас интересует достоверный прогноз спада светового потока для определения срока службы по выбранному нами уровню $L70$, $L80$ или $L90$. Для определения срока службы был разработан метод прогнозирования изменения светового потока во времени путём математической обработки данных, полученных по LM-80-08 – метод TM-21-11 [4, 5]. При этом, естественно, более поздние экспериментальные данные обеспечивают более точную экстраполяцию, чем более

ранние, поэтому при наличии данных за 6000–10000 ч измерения к расчёту принимаются данные за последние 5000 ч, а при более длительных измерениях – полученные за ещё более поздний период измерений. Поэтому стандарт предусматривает, что отчётный срок службы СД, СД-матрицы или отдельного СД-модуля не может превышать шестикратную длительность измерений³. Стоит учесть, что при разных комбинациях тока и температуры кристалла получаются разные сроки службы.

Но служит ли спад светового потока единственным критерием, определяющим «отказ» ССД? Конечно, нет. Второй важный критерий – это КЦ (да, именно координаты, а не коррелированная цветовая температура). Оказывается, КЦ тоже зависят от тока, температуры и времени. Причём этот тип отказа («по КЦ») гораздо видней, т.к. чувствительность че-

² Например, максимальная регламентированная рабочая температура кристалла, произведённого на кремниевой или сапфировой подложке, как правило, не превышает 125–135 °С, а произведённого на карбид-кремниевой подложке может достигать 150 °С.

³ Например, для СД Cree серии «XP-G2» имеются данные согласно рис. 3, полученные через 14112 ч в процессе измерений по стандарту LM-80 при токе 500 мА и температуре в точке пайки $T_{sp} = 105$ °С. Полученный расчётный срок службы по уровню $L90$ – более 233000 ч, но согласно TM-21 производитель может заявлять срок службы по $L90$ только 77600 ч, т.е. только в шесть раз превышающий период измерений (таблица).

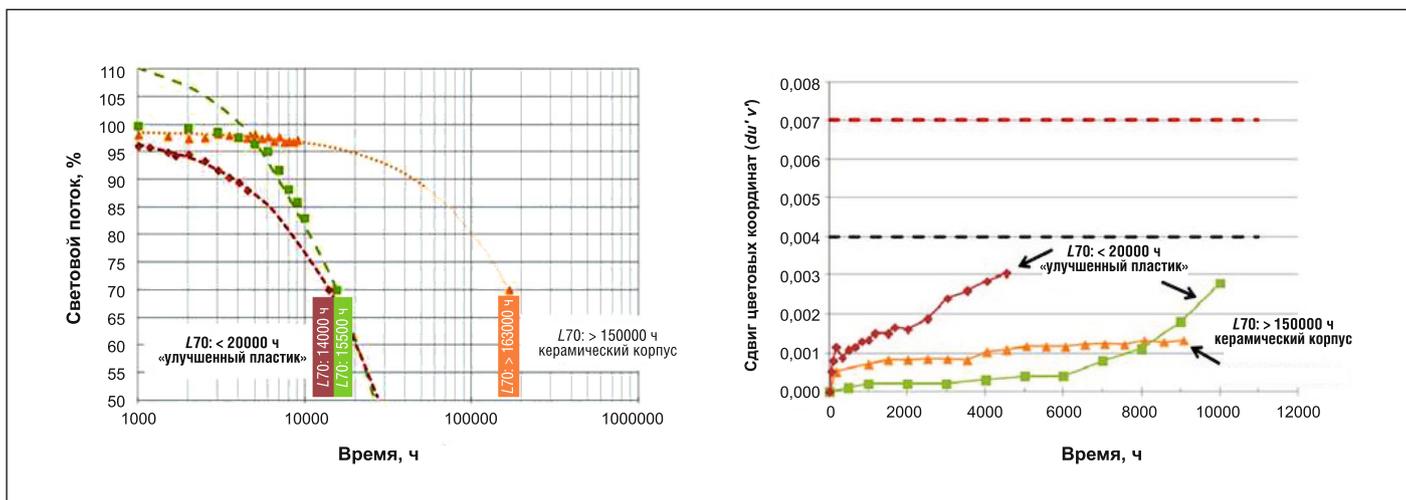


Рис. 4. Динамика спада светового потока и дрейф координат цветности при температуре в точке пайки $T_{sp}=105\text{ }^{\circ}\text{C}$

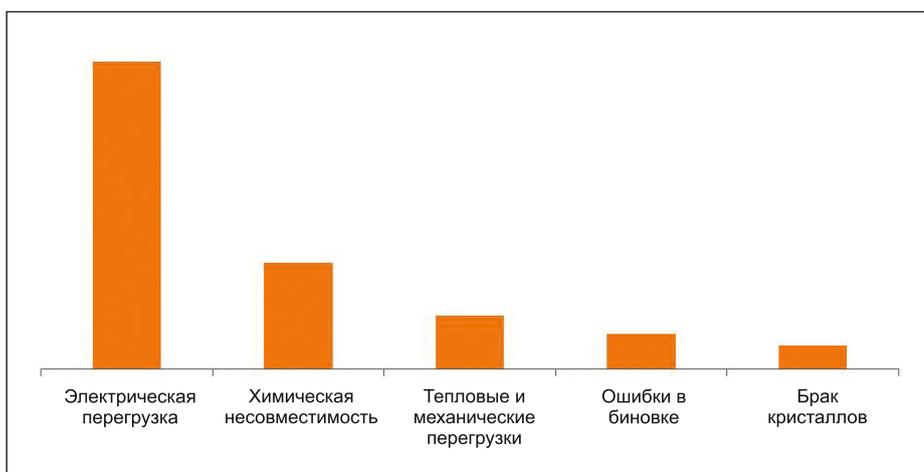


Рис. 5. Распределение причин отказов светодиодов в светильниках

ловека к цвету намного выше, чем к яркости. *LM-80* также предписывает измерение КЦ СД, СД-матриц и отдельных СД-модулей (но не готовых ССД) в течение не менее 6000 ч, но в нём ничего не говорится ни о допустимых сдвигах КЦ, ни о том, как экстраполировать результаты измерений. Единственно известный автору статьи международный стандарт, регламентирующий допустимый сдвиг КЦ – *Energy Star®* [7]. В нём определено, что КЦ не должны изменяться более чем на 0,007 (т.е. в пределах 7-шагового эллипса МакАдама⁴) в течение 6000 ч. В качестве базового этот стан-

⁴ Принято считать, что одношаговый эллипс МакАдама ограничивает область КЦ на цветовом графике x-y МКО, в которой человеческий глаз воспринимает цвета одинаковыми. Шаг Мак-Адама соответствует среднегеометрическому изменению КЦ u', v' на 0,001 на цветовом графике $u'-v'$.

дарт, возможно, приемлем, но в плане качественного света – т.к. срок службы современных СД намного больше 6000 ч – конечно, требуется более жёсткое регламентирование. При разработке критериев оценки срока службы СД необходимо иметь в виду, что для большинства людей изменение КЦ в пределах 2–3-шагового эллипса МакАдама (т.е. сдвиг КЦ на 0,002–0,003) остаётся незаметным [8].

Итак, мы определили, что считать отказом СД и какие данные производитель СД должен предоставлять для подтверждения заявленного срока службы. При этом производителю ССД надо чётко представлять, в каком именно температурном режиме будет работать его изделие и какова будет его температура в точке пайки (т.е. в месте контакта СД с печатной платой) при эксплуатации и др. Это очень важно, т.к. спад светового потока и смещение КЦ при высоких температурах очень сильно зависят от

технологии производства кристалла и материала корпуса СД. Например, СД с пластиковым корпусом, даже при использовании так называемого «улучшенного пластика», долго не выдерживают высоких температур – материал корпуса СД при этом меняет свою отражательную способность, и при высокой температуре кристалла световой поток СД может снизиться за 15000–16000 ч, а КЦ – выйти за пределы 2-шагового эллипса МакАдама (рис. 4). Методику измерения температуры в точке пайки можно найти, например, здесь: www.cree.com/xlamp_app_notes/solder_point_temp.

Но, и это ещё не всё. Дело в том, что, даже имея весь набор фотометрических характеристик по *LM-80* и *LM-79* и зная средний ток и температуру на СД, мы всё-таки не можем уверенно прогнозировать срок службы СД в ССД. Дело в том, что отказ СД может вызываться не только нарушением температурного режима. Даже, если тепловой режим нормален, существует ещё значительный набор факторов, могущих влиять на срок службы СД. Как видно из рис. 5, кроме несоблюдения температурных режимов, подавляющее большинство выявленных отказов вызывается электрической перегрузкой, называемой в англоязычной литературе *Electrical Overstress (EOS)* [9]. Это импульс, мощность которого превышает допустимый максимум для данного СД и имеет длительность 100–1000 нс (в отличие от электростатического разряда, длительность которого меньше: и находится в пределах 10^{-3} –10 нс. Повреждения СД, вызываемые *EOS*, могут быть и относитель-

Прогноз срока службы светодиода Cree «XPG2» при токе 500 мА и температурах в точке пайки T_{sp} 85 и 105°C

Ток	T_{sp}	Длительность теста, ч	α	β	Расчётный срок службы, ч	Отчётный срок службы (часов)		
						L90	L80	L70
500 мА	85°C	13608	9,148E-07	0,9798	>245000	>81600	>81600	>81600
	105°C	14112	5,271E-07	0,9762	>233000	>77600	>77600	>77600

но незаметны, и катастрофичны, т.е. приводят к полному отказу СД. Причём даже когда EOS вызывает слабые повреждения, но возникает неоднократно (например, если устройство управления (УУ) СД выдаёт периодически короткие токовые импульсы), то СД со временем приходит в негодность. Причинами EOS бывают переходные процессы, низкое напряжение пробоя печатной платы или УУ, ошибки в топологии печатной платы и компоновке ССД и т.п. И, конечно, вероятность отказа СД от EOS весьма температурозависима.

Ещё одна «популярная» причина отказа СД – химическая несовместимость. Часто СД используются со вторичной оптикой или закрываются герметично крышкой, и в таких случаях используется некий материал (клей или прокладка), обеспечивающий герметичность и (или) крепление оптики и защитной крышки. При нагреве в процессе эксплуатации, этот материал может выделять летучие вещества. При этом существует вероятность того, что, вступая во взаимодействие с силиконом, люминофором и корпусом СД, эти вещества изменяют свойства СД, вызвав снижение светового потока и сдвиг КЦ. Кроме того, если СД, например, с пластиковым корпусом или содержащие серебряные проводники будут использоваться в ССД, подверженным воздействию коррозионных газов, например сернистых, то такие СД также деградируют намного быстрее (как по световому потоку, так и по КЦ), чем СД с корпусом на керамической подложке.

Распространённая причина преждевременного отказа СД – его повреждение при монтаже на печатную плату или в процессе последующих операций со спаянным СД-модулем.

Кроме отказа или деградации СД, нельзя забывать и о том, что используемая оптика, рассеиватель или за-

щитная крышка (защитное «стекло»), также могут со временем, в процессе эксплуатации, менять свои оптические и физические свойства, что неизбежно влияет на светотехнические параметры ССД.

Говоря о сроке службы ССД, следует учитывать все параметры, влияющие как на деградацию СД, так и на срок службы ССД в целом. Для этого надо чётко знать, каковы температуры СД и УУ (особенно электролитических конденсаторов, как наиболее «слабого звена» в конструкции УУ), и оценивать температурный режим СД с учётом рабочего тока и имеющихся данных по *TM-21-11*. Кроме того, необходимы обязательные проверки процесса и качества пайки, а также химической совместимости используемых герметиков, теплопроводных материалов и клеев с используемыми СД. Разумеется, использование СД с пластиковым корпусом, должно настораживать, если речь идёт об уличных или промышленных ССД. Необходимо также проверять данные о: входном диапазоне напряжения УУ в ССД, т.к. чем шире диапазон напряжения, тем при больших колебаниях напряжения сети ССД будет работать стабильно; молниезащите – в соответствии с *EN61000-4-5*. Рекомендуется защита от кратковременных импульсов напряжения до 6 кВ и выше. Необходимы и данные о сроке службы УУ в том температурном режиме, в котором оно работает в данном ССД. Нужно обязательно проводить тесты на «горячее включение», пробой УУ, печатной платы и ССД, измерять пусковой ток и анализировать переходные процессы в ОУ. И, конечно, предоставляемые данные о параметрах УУ должны подтверждаться протоколами испытаний. В отдельных случаях целесообразно самостоятельно организовывать испытания образцов ССД в професси-

ональных испытательных лабораториях и центрах. Довольно подробные рекомендации по выбору надёжных ССД даны в публикации [10].

Выводы

Реальный срок службы как СД, так и ССД зависит от множества факторов. Вполне возможно, покупатель ССД не будет проводить тщательную проверку или требовать все необходимые документы, подтверждающие их заявленные надёжность и долговечность. Но производители и продавцы светотехнических изделий с СД просто вынуждены иметь всё это в виду и следовать рекомендациям, хотя бы для того, чтобы спокойно предоставлять гарантию на свои изделия и заключать энергосервисные контракты с уверенностью в получении прибыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деградация светодиодов. Связь между условиями эксплуатации, реальным и прогнозируемым сроком службы / Доклад на открытой дискуссии Светотехнической торговой Ассоциации. URL: http://www.lta.ru/images/Presentations/%D0%A1%D0%A2%D0%90_%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BB%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB_2014-11.pdf (дата обращения: 02.04.2015).

2. Approved Method: Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources* + Addendum A. URL: <http://www.ies.org/store/product/approved-method-measuring-lumen-maintenance-of-led-light-sources-1096.cfm> (дата обращения: 02.04.2015).

3. Approved Method: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products. URL: <http://www.ies.org/store/product/approved-method-electrical-and-photometric-measurements-of-solid-state-lighting-products-1097.cfm>

ies.org/store/product/approved-method-electrical-and-photometric-measurements-of-solidstate-lighting-products-1095.cfm (дата обращения: 02.04.2015).

4. Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources + Addendum. URL: <http://www.ies.org/store/product/projecting-long-term-lumen-maintenance-of-led-light-sources-1253.cfm> (дата обращения: 02.04.2015).

5. The elusive "life" of LEDs: How TM-21 contributes to the solution. URL: <http://www.ledsmagazine.com/articles/2012/11/the-elusive-life-of-leds-how-tm-21-contributes-to-the-solution-magazine.html> (дата обращения: 02.04.2015).

6. Cree XLamp Long-Term Lumen Maintenance. URL: http://www.cree.com/xlamp_app_notes/lumen_maintenance (дата обращения: 02.04.2015).

7. ENERGY STAR Luminaires Final Draft Version 1.0 Specification. URL: http://www.energystar.gov/sites/default/files/specs/Luminaires_V1_0_Final_Draft%20Specification.pdf (дата обращения: 02.04.2015).

8. Color Maintenance of LEDs in Laboratory and Field Applications. URL: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2013_gateway_color-maintenance.pdf (дата обращения: 02.04.2015).

9. Analysis on Failure Modes and Mechanisms of LED. URL: http://www.csaa.org.cn/uploads/xiazai/lwj/ICRMS'2009/section_09/09-15.pdf (дата обращения: 02.04.2015).

10. «Коммюнике по результатам 2-го Круглого стола Светотехнической Торговой Ассоциации (СТА)» от 13.11.2014. URL: <http://www.lta.ru/index.php/novosti/46-communicate-2014> (дата обращения: 02.04.2015).



Юровских Дмитрий Юрьевич,
инженер-испытатель. Окончил в 1996 г. МАИ. Региональный менеджер по продажам Представительства компании Cree Hong Kong Limited, Москва



Международный форум по энергоэффективности и энергосбережению «ENES 2015»

19–21 ноября 2015, г. Москва, Гостиный двор

Минэнерго России официально начало подготовку крупнейшего в стране Международного форума по энергоэффективности и энергосбережению «ENES 2015». Соответствующий приказ главы министерства Александр Новак подписал 20 апреля.

Мероприятие, техническим оператором которого определён ОАО «Выставочный павильон «Электрификация», состоится в Москве в Гостином дворе с 19 по 21 ноября. К настоящему моменту сформирована рабочая группа по подготовке форума, которую возглавил заместитель министра Антон Инюцын. В её состав также вошли руководители профильных департаментов Минэнерго России, руководитель департамента топливно-энергетического хозяйства города Москвы Павел Ливинский, генеральный директор ОАО «Выставочный павильон «Электрификация» Владимир Затынайко.

В ходе исполнения приказа министра уже сформулированы ключевые темы деловой программы форума. Департамент энергосбережения и повышения энергетической эффективности Минэнерго России будет координировать организацию в рамках «ENES 2015» заседаний рабочих органов по вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности межправи-

ТЕЛЬСТВЕННЫХ КОМИССИЙ, МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ОБЪЕДИНЕНИЙ. Кроме того, данный департамент непосредственно курирует конкурсную программу форума. В этом году её ключевыми событиями станут Всероссийский конкурс реализованных проектов в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, традиционно проходящий в рамках «ENES», Первый всероссийский конкурс «МедиаТЭК» и конкурс на Евразийскую светотехническую премию в рамках «Международного года света и световых технологий». В 2015 году в рамках Форума впервые пройдёт Всероссийское совещание «О ходе подготовке субъектов электроэнергетики к отопительному сезону 2015–2016 годов», организацию которого традиционно осуществляет Департамент оперативного контроля и управления в электроэнергетике Минэнерго России.

Основные работы по обеспечению работы форума «ENES 2015», наполнению выставочной экспозиции, информационному и рекламному обеспечению события, организационно-технические задачи по подготовке мероприятия возложены на ОАО «Выставочный павильон «Электрификация».

<http://smartmetering.ru>
07.2015

Проблемы современной стандартизации в световых измерениях изделий со светодиодами

Г. ЛЕШХОРН¹

Компания *Instrument Systems*, Мюнхен, Германия

Аннотация

Выполнение основного условия успешной разработки и развития хороших систем освещения обеспечивается наличием точной и надёжной системы измерений. Международные стандарты гарантируют, что лаборатории всего мира применяют одинаковые условия измерений и что получаемые результаты можно сравнивать друг с другом. В прошлом в области светодиодных ламп и светильников со светодиодами стандарты подобного типа отсутствовали. Эта эра «недостандартизации» завершилась несколько месяцев назад, когда МКО разработала проект соответствующего стандарта, который был впервые опубликован в сентябре 2014 г. и имеется в продаже. В будущем новый стандарт ляжет в основу международной стандартизации в области фотометрических измерений светотехнических изделий со светодиодами. В статье приводятся основные положения этого стандарта и проблемы с его применением. В ней также даются примеры правильного применения нового стандарта.

Ключевые слова: спектрорадиометр, гониофотометр, стандарты.

1. История стандартизации методик измерений, применяемых при испытаниях изделий со светодиодами

В прошлом, из-за отсутствия альтернатив, при измерении характеристик изделий со светодиодами (СД) эффективно применялась, с 2008 г., в качестве международного стандарта методика испытаний *LM-79–2008*, разработанная подкомитетом «Освещение светодиодами» комитета «Комитет по методам испытаний» Североамериканского светотехнического

общества. Однако, будучи чисто американским стандартом, *LM-79* международного распространения в качестве основы при проведении аккредитации не получила. Параллельно этому североамериканскому стандарту существовали и такие национальные стандарты, как проект стандарта *DIN5032–9* в Германии, стандарты *CQC* и *GB* в КНР и методы испытаний *JIS* в Японии.

На протяжении многих лет комитеты по стандартизации работали над устранением этого недостатка путём создания национальных стандартов. В результате в 2013 г. был опубликован европейский стандарт *prEN13032–4:2013*, разработанный рабочей группой *WG7* «Фотометрия» технического комитета *CEN/TC169* «Свет и освещение». Секретариат этого комитета возглавляет немецкая организация по стандартизации *DIN German Standards Organization*. Рабочий комитет «Фотометрия» Комитета по стандартизации в области светотехники (*FNL*), входящего в состав

DIN German Standards Organization, отвечал за разработку национального немецкого варианта. Одновременно, в тесном взаимодействии с рабочей группой *WG7*, над имеющим такое же содержание стандартом работал технический комитет *TC2–71* МКО. Осенью 2014 г. был опубликован проект стандарта *CIE DIS025:2014* [1]. Это было важной вехой в разработке международного стандарта, посвящённого анализу и представлению фотометрических данных СД-ламп, светильников с СД и СД-модулей. В отличие от *LM-79*, который не охватывает СД-модули, этот стандарт охватывает и их, и СД-лампы, и так называемые СД-световые машины (*light engines*), и светильники с СД. Единственные устройства, которые не были включены в проект стандарта, – это СД-сборки и изделия на базе органических СД. Утверждение стандарта МКО ожидается в течение 6 мес², после чего *CIE S025* планируется опубликовать как «тройственный» стандарт ИСО/МКО/МЭК. Новый стандарт будет первым международным руководством по методам измерений характеристик изделий с СД и окажет значительное влияние на предлагаемую гармонизацию (рис. 1).

² Стандарт МКО *CIE S025/E:2015* «Методы испытаний СД-ламп, светильников с СД и СД-модулей» был утверждён в марте 2015 г. – Прим. пер.

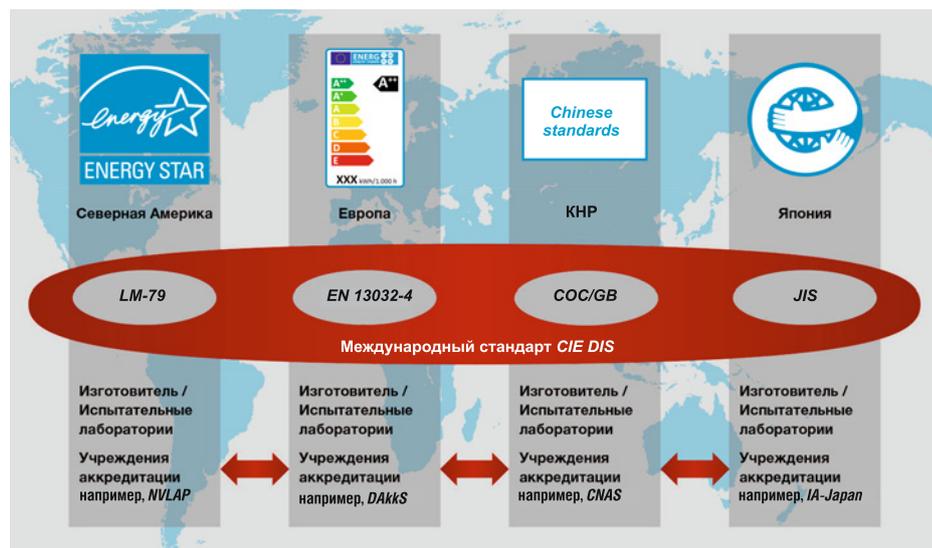


Рис. 1. Упрощённая ситуация в области международной стандартизации светотехнических измерений. Новый международный стандарт окажет существенное влияние на желательные гармонизацию и сопоставимость разных метрологических и аккредитирующих учреждений (обозначены красными стрелками)

¹ E-mail: boris@biquantex.com
Перевод с англ. Е.Н. Розовского

Стандартные условия испытаний и доверительные интервалы согласно [1]

	Стандартные условия испытаний	Доверительный интервал	Применимо к
Температура окружающего воздуха	25,0 °C	± 1,2 °C	СД-лампам/светильникам, световым машинам
Температура на поверхности	Номинальная рабочая температура t_p	± 2,5 °C	СД-модулям
Движение воздуха	Неподвижный воздух	0–0,25 м/с	
Испытательное напряжение/Испытательный ток	Номинальное напряжение, номинальный ток	± 0,4% для среднеквадратичного (действующего) значения в случае переменного напряжения; ± 0,2% для постоянного тока и напряжения	

2. Новый стандарт и его содержание

LM-79–2008 содержит ограничения, накладываемые на измерительное оборудование, что, принимая во внимание последние достижения в области проведения исследований, не является абсолютно необходимым для получения точных и надёжных результатов измерений. Кроме того, многие пользователи стандарта строго придерживаются приведённых в нём формулировок. В результате некоторые измерительные системы и испытательные установки, способные обеспечивать получение эквивалентных и даже улучшенных результатов измерений, могут оказываться дисквалифицированными.

CIE DIS025:2014 не содержит вышеуказанные ограничения стандарта *LM-79*. В принципе, разрешены любые методы проведения измерений. Однако иногда требуется подтверждение того, что используемый метод обеспечивает получение результатов, эквивалентных получаемым при использовании общепринятого метода измерений.

Измеряемые характеристики, охватываемые новым стандартом, включают в себя световой поток (включая парциальный световой поток и производные параметры, такие как световая отдача), распределение силы света, яркость и колориметрические величины, такие как координаты цветности, коррелированная цветовая температура T_c , расстояние от линии чёрного тела Duv , индексы цветопередачи и угловая однородность цвета. Приведены схемы испытательных установок, рекомендуемых для измере-

ния всех этих характеристик, и некоторые ограничения. Так, для измерения светового потока СД-модулей, СД-ламп и небольших светильников с СД рекомендуется использовать фотометры и спектрорадиометры в сочетании с интегрирующей сферой. Однако для измерений светового потока крупногабаритных светильников и распределения силы света необходимо использовать гониофотометры или гониоспектрорадиометры. При этом следует пользоваться системой координат (C, γ) МКО. Разрешающая способность измерений, то есть указанный пользователем угловой интервал, определяется с учётом типа распределения силы света и его симметрии, с тем чтобы сделать возможной проведение интерполяции при последующей обработке данных. Классический трёхцветный колориметр не входит в число приборов для определения значений колориметрических величин, и для их измерения разрешено применять только интегрирующие сферы со спектрорадиометрами и гониоспектрорадиометрами.

3. Стандартные условия испытаний и коррекция условий испытаний

Для исключения ненужных ограничений в выборе методов испытаний, с одной стороны, при одновременном обеспечении точности, надёжности и сопоставимости результатов измерений – с другой, *CIE DIS025:2014* регламентирует как единообразные стандартные условия испытаний (табл. 1), так и особые требования и пользование приборами (табл. 2). Эти условия касаются лабораторий,

окружающей среды и испытательного оборудования. Для каждого стандартного условия испытаний указываются соответствующие номинальное значение и допустимое отклонение, задаваемое доверительным интервалом. Так как в определении понятия «доверительный интервал» ничего не говорится о погрешности измерения, то для измерительного прибора можно использовать другую характеристику точности. Интервал, определяемый посредством преобразования расширенной погрешности градуировки (двойное среднеквадратичное отклонение) используемого прибора, известен как интервал приемлемости (рис. 2). При проведении удовлетворяющих требованиям стандарта измерений измеренное значение параметра должно лежать в пределах интервала приемлемости. Для уменьшения погрешности измерения результаты измерения могут корректироваться так, чтобы получать лежащее в пределах доверительного интервала номинальное значение. В ряде случаев можно вносить коррективы и в особые требования к испытательной установке.

Проводящий испытания работник отвечает за определение суммарной погрешности измерения. Следует принимать во внимание побочные факторы, вносящие вклад в погрешность измерения, например, возникающие в результате проведения коррекции. Стандарт рекомендует проводить анализ погрешности измерения в соответствии с *ISO/IEC Guide 98–3* или *CIE198*. Определять суммарную погрешность измерения очень трудно, особенно для колориметрических параметров, определяемых на основе спектральных данных. МКО работает

Сводка особых требований, предъявляемых стандартом [1] к измерительным приборам

Погрешности градуировки вольтметров и амперметров	Переменный ток: $\leq 0,2\%$ Постоянный ток: $\leq 0,1\%$
Погрешность градуировки и частотный диапазон ваттметра переменного тока	$\leq 0,5\%$ Частотный диапазон ≥ 100 кГц ¹
Полное внутреннее сопротивление вольтметра	≥ 1 Мом ²
Смещение и флуктуации источника питания	В приемлемых для испытательного напряжения и испытательного тока пределах
Коэффициент гармоник и неопределённость частоты рабочего напряжения	$\leq 1,5\%$ ³ $\pm 0,2\%$ от нужной частоты
Переменная составляющая в случае источника постоянного тока	$\leq 0,5\%$ (среднеквадратичное значение)
Электрическая и фотометрическая стабилизация испытываемого устройства	СД-лампы и светильники: ≥ 30 мин, причём относительная разность максимального и минимального значений рассматриваемой величины, измеренных в предшествующие 15 мин, должна быть $< 0,5\%$ СД-модули: рабочая температура t_p , достигнутая и сохраняющаяся в течение 15 мин в интервале ± 1 °С
Спектральная чувствительность фотометра	Показатель качества коррекции под $V(\lambda) f_l' \leq 3\%$
Площадь поверхности испытываемого устройства при измерениях в интегрирующей сфере	4π : $\leq 2\%$ площади внутренней поверхности сферы 2π : диаметр апертуры сферы $\leq 1/3$ диаметра сферы
Косинусная коррекция приёмника для интегрирующей сферы	Коэффициент косинусной коррекции $f_2 \leq 15\%$
Повторяемость при открывании/закрывании сферы	$\pm 0,5\%$
Стабильность спектральной чувствительности сферы между калибровками	$< 0,5\%$
Диапазон и неопределённость длин волн в случае спектро радиометра	380–780 нм $\leq 0,5$ нм ($k = 2$)
Интервал длин волн и интервал сканирования спектро радиометра	≤ 5 нм
Угловое смещение и разрешение угловой шкалы гониофотометра	$\leq 0,5^\circ$ $\leq 0,1^\circ$
Расстояние фотометрирования	Ширина луча $\geq 90^\circ$: $\geq 5 \times D$ Ширина луча $\geq 60^\circ$: $\geq 10 \times D$ Узкий луч/резкие изменения: $\geq 15 \times D$ Большие несветящиеся участки с максимальным расстоянием S : $\geq 15 \times (D + S)$
Положение горения	Измерения производятся в оговоренном положении горения или с поправкой для приведения результатов в соответствие с поведением испытываемого изделия при его работе в оговоренном положении горения ⁴

¹ При отсутствии высокочастотных компонентов допустимы 5 или 30 кГц.

² При испытаниях устройств с высокими значениями полного сопротивления необходимо использовать измерительные приборы с даже более высокими значениями полного внутреннего сопротивления.

³ $\leq 3\%$ при коэффициентах мощности $> 0,9$.

⁴ Не обязательно в случае СД-модулей с регулировкой температуры.

над так называемой Технической запиской (*Technical Note*), которая в будущем должна дополнить стандарт для помощи в этом деле.

Следующий пример поясняет правильность применения стандартных условий испытаний, номинального значения, доверительного интервала

и интервала приемлемости. Для температуры окружающего воздуха стандартом задаётся доверительный интервал $\pm 1,2$ °С при номинальном значении этого параметра, равном 25 °С. Используя термометр с расширенной (коэффициент запаса $k = 2$) погрешностью градуировки в 0,2 °С получа-

ем интервал приемлемости в ± 1 °С. Так что показания этого термометра, лежащие в пределах от 24 до 26 °С, соответствуют условиям измерения, удовлетворяющим требованиям стандарта. Если, например, термометр показывает 25,5 °С, то коррекцию проводить не обязательно, и в суммар-

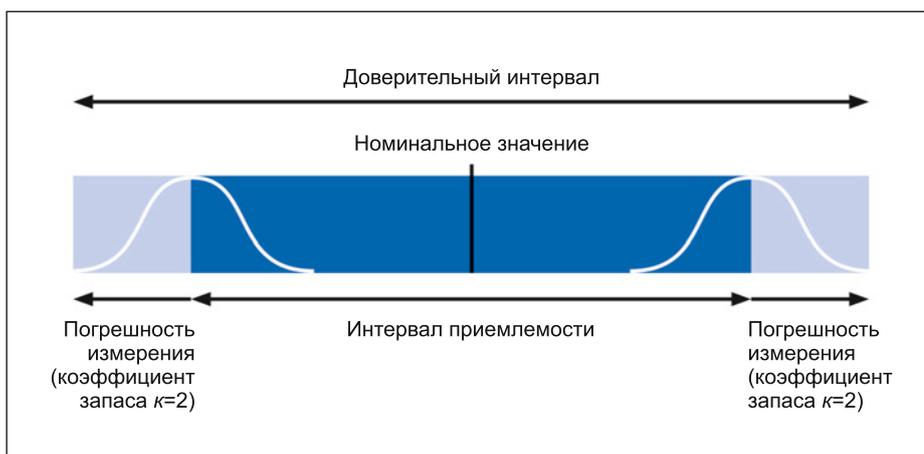


Рис. 2. Связь между номинальным значением, расширенной погрешностью измерения, доверительным интервалом и интервалом приемлемости. Доверительный интервал не учитывает погрешность измерения



Рис. 3. Схема корректировки положения программным обеспечением

ную погрешность измерения следует включить значение $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в качестве отклонения от номинального значения и $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ как погрешность измерения).

Если испытатель хочет снизить суммарную погрешность измерения даже при соблюдении стандартных условий испытаний, сделать это можно дополнительной коррекцией. Для приведения значения, измеренного при $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, к значению, измеренному при $25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, следует провести соответствующее испытание, которое позволяет определить поправочный множитель, зависящий от коэффициента чувствительности испытуемого прибора. Световому потоку СД-лампы обычно соответствует относительная чувствительность к изменению температуры окружающего воздуха, равная $0,5\%/^{\circ}\text{C}$.

Если условие проведения испытания выходит за рамки соответствующего доверительного интервала или не были удовлетворены частные требования к измерительным приборам, то испытание для определения кор-

ректирующего множителя может проводиться по этой же методике. В следующем разделе приведён пример применения подобной коррекции.

4. Пример: коррекция положения в случае гониоспектро радиометра

Если требования *LM-79* понимать дословно, то в области гониоспектро радиометрии разрешается использовать только гониометры с поворачиваемым приёмником или гониофотометры с поворачиваемым зеркалом. Недостатки такого подхода, такие как ограничение максимального размера образца, помещаемого в гониометр с поворачиваемым приёмником, или строгие требования к испытательной лаборатории и большие капиталовложения в случае гониофотометра с поворачиваемым зеркалом, хорошо известны. Как уже отмечалось, в новом стандарте строгие ограничения отсутствуют. Это означает, что в дополнение к упомянутым выше гониометрам разрешено ис-

пользовать и оборудование других типов, например гониометры с системой поворачивания светильника (гониометры с поворачиваемым светильником). Эти компактные и сравнительно недорогие гониометры дальнего поля позволяют избавиться от упомянутых недостатков, которые присущи гониометрам других типов.

К недостаткам гониометров с поворачиваемым светильником можно отнести невозможность исследования некоторых испытываемых образцов при требуемом положении горения. Однако новый стандарт, в принципе, разрешает проведение измерений этого типа. Хотя реализуемые условия испытания выходят за рамки допустимых отклонений, поведение испытуемого прибора в заданном положении горения может корректироваться введением соответствующих поправок. Один из вариантов осуществления подобной коррекции – так называемый метод вспомогательного фотометра. Помимо реального приёмника используется ещё и контрольный вспомогательный фотометр. Положение последнего относительно испытуемого прибора поддерживается постоянным на всём протяжении измерений. Так называемое опорное значение определяется на 1-м этапе корректировки (рис. 3). Опорное значение – это значение фототока вспомогательного фотометра, измеренное после стабилизации источника света в заданном положении горения. Так что в положении горения требуется провести только одно единственное измерение, что легко осуществимо на дополнительной установке.

Результирующий поправочный коэффициент измеряется на 2-м этапе корректировки. Он определяется на основе отношения опорного значения (фототока) к значению фототока вспомогательного фотометра для каждой пары углов (*angle pair*), задаваемой гониометром (и, следовательно, для любого положения, не совпадающего с заданным положением горения). Так что предложенная методика позволяет проводить измерения в соответствии с требованиями стандарта, а её качественная реализация позволяет легко корректировать результаты измерений: проводить коррекцию положения при помощи специальной компьютерной программы, что является существенным достоинством с точки зрения пользователя. Поми-



Рис. 4.
Гониофотометр
LGS1000

мо очевидных достоинств, заключающихся в простоте реализации и наличии конкретных указаний о порядке действий, это программное обеспечение позволяет оператору сберечь ценное время, затрачиваемое на проведение измерений, и избежать ненадлежащей реализации процесса внесения поправок. Сокращение времени измерения обусловлено двумя обстоятельствами:

- Во-первых, причиной того, почему работа некоторых СД-источников света зависит от их положения, является возможное нарушение конвективного потока воздуха через рёбра радиатора. Однако в случае гониометров с поворачивающимся светильником, относящихся к типу *C*, изменения угла γ не приводят к каким бы то ни было изменениям ориентации испытываемого прибора по отношению к направлению силы тяжести. Поэтому следует ожидать, что для определения поправочных коэффициентов требуется только одно дополнительное измерение, занимающее несколько секунд (поворачивание вокруг оси *C* при фиксированном угле γ).

- Во-вторых, если проводятся испытания нескольких относящихся к одной партии идентичных источников света, стандарт разрешает использовать поправки, соответствующие

типовому источнику света. В результате существенно сокращается время, требующееся для определения поправочного коэффициента.

Для примера, на рис. 4 показан гониофотометр *LGS1000* с интегратором светового потока, фотометром и радиометром, в котором реализован данный подход к проведению измерений.

Интегратор светового потока – вспомогательное оборудование, предоставляющее возможность «компактным» образом определять полные световые потоки ламп и модулей, установленных в требуемом положении горения. Положение образца в процессе измерений остаётся неизменным, а приёмник движется вокруг испытываемого образца по окружности этот образец сферической поверхности.

Сообразно требованиям конкретной задачи интегратор может поставляться в двух вариантах. В первом из них в качестве приёмника используется быстродействующий фотометр, и это экономически эффективный вариант. Второй вариант содержит фотометр и спектрометр, обеспечивающие полный набор возможностей. Он сочетает быстродействие фотометра и возможность проведения очень точных спектрорадиометрических расчётов всех характеристик.

Как и в случае стандартной конфигурации, испытываемый образец может питаться от источника переменного тока, а электрические характеристики образца могут измеряться при помощи комбинированного измерителя мощности и в случае использования интегратора светового потока.

5. Заключение

Новый стандарт на фотометрические испытания светотехнических изделий с СД уже может быть внедрён на европейском и международном уровнях. Требования к методам измерений и оценки уже сформулированы. Новый стандарт предоставляет большую свободу выбора, но при этом требует от пользователя большей ответственности. Сложность обеспечения рабочих условий, требования в методиках измерений и определение полной погрешности требуют высокой квалификации. Приведённые в статье примеры, в частности введение поправки на положение горения, должны помочь правильному пониманию требований нового стандарта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CIE DIS025/E:2014, Test Method for LED Lamps LED Luminaires and LED Modules, CIE Wien, 2014 (<http://www.techstreet.com/cie/products/1883425>).
2. EN18032-4:2013, Light and Lighting-Measurement and presentation of photometric data. Part4: LED lamps, modules and luminaires.
3. IES LM-79-08, Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products.



**Гюнтер
Лешхорн
(Günther
Leschhorn), Ph.D.**

Окончил
Мюнхенский университет по специальности «Физика».
В компании

Instrument Systems в начале работал менеджером по продукции для спектрометрии, спектрорадиометрии и освещения светодиодными, а в настоящее время руководит менеджментом всей продукции этой компании. Специалист в области спектроскопии единичных молекул и сверхбыстрого лазерного взаимодействия

Сергей Гаврилович Юров

100 лет со дня рождения (1915–1993)

Сергей Гаврилович Юров – доктор технических наук, профессор, один из ведущих светотехников страны, родился 15.08.1915 в Москве в семье инженера-электрика, уроженца станицы Ахтубинской.

В 1939 г. он с отличием окончил МЭИ, но ещё в 1938 г. начал работать техником в ВЭИ, где через год был переведён на должность инженера, в 1942 г. стал научным сотрудником, а в 1943-м – после защиты кандидатской диссертации – старшим научным сотрудником. Работы С.Г. Юрова во время Великой Отечественной войны носили сугубо закрытый характер и были связаны с проблемой светомаскировки.

С 1945 г. Сергей Гаврилович параллельно со своей основной работой начал преподавательскую деятельность на кафедре физики МЭИ, которую с небольшими перерывами продолжал в течение 32 лет. Много лет он вёл большую работу в Методическом совете по физике при Минвузе СССР.

В конце 1940-х – начале 1950-х основные усилия С.Г. Юрова направлялись на: выделение светотехники в самостоятельную научную дисциплину (соответственно, им были подготовлены курсы «Геометрическая оптика для светотехников» и «Основы телевизионной фотометрии и светотехники») и организацию светотехнического института. Приказ об организации ВНИСИ датирован 10.10.1951. В новом институте отдел светоизмерительной техники возглавил С.Г. Юров (с 01.03.1952). Вскоре (с 12.1953) он становится заместителем директора института по научной работе – руководит научной деятельностью института и курирует работу ряда производственных предприятий – на целых 15 лет (до 03.1969). Назначение беспартийного специалиста на руководящую должность было совершенно не типично для того времени, что, наверное, ослабляло его работу.

С.Г. Юров являлся общепризнанным специалистом в вопросах метрики реакций приёмников излучения, теоретической и экспериментальной фотометрии. Его труды внесли большой вклад в развитие этой области светотехники и были во многом обобщены им в докторской диссертации «Цикл работ по светотехнике (теоретиче-



ская и экспериментальная фотометрия, осветительные приборы и установки, проблематика)», защищённой в 1967 г.

Осуществляя руководство научной деятельностью ВНИСИ и светотехнической подотрасли, С.Г. Юров уделял постоянное внимание развитию и укреплению связей светотехнической науки с производством, ускорению внедрения в практику результатов научных исследований, выполнению институтом функции головного (с 1959 г.) в отрасли. Его деятельность во многом способствовала созданию и становлению светотехнической промышленности, развитию научно-исследовательской базы и, прежде всего, ВНИСИ, объединению и координации работ различных организаций в области светотехники.

Сразу после ухода с поста заместителя директора в 1969 г. С.Г. Юровым в ГК по науке и технике СМ СССР была выдвинута новая научно-техническая проблема «Свет как элемент жизненной среды человека». Под его непосредственным научным руководством исследования в этой области получили значительное развитие. Долгое время он возглавлял секцию научного совета ГК НТ по данной проблеме и организовал две всесоюзные конференции (1971 и 1973 гг.), которые подвели итоги проведённых исследований и подтвердили их значимость. В последние годы работы С.Г. Юров занимался рядом важных научных вопросов: метрикой экспериментальных оценок психологических и эстетических

параметров световой среды, разработкой принципов музейного освещения, проблемами светотехнической терминологии.

Сергей Гаврилович принимал самое деятельное участие в работе международных общественных светотехнических организаций. В 1955 г. он возглавлял первую советскую делегацию на сессии МКО (во Франции) и в дальнейшем представлял нашу страну на многих международных конгрессах и совещаниях. В статусе председателя технического комитета 1.4.1 МКО он представлял доклады на сессиях МКО 1959, 1963 и 1967 гг. (С.Г. Юров хорошо подходил для такого рода деятельности не только как специалист-светотехник, но и как человек с широким кругозором и знанием иностранных языков: кроме немецкого, он достаточно хорошо знал английский, чтобы делать на нём доклады, участвовать в дискуссии и вести заседания своей секции.)

В течение многих лет Сергей Гаврилович Юров был членом редколлегии журнала «Светотехника» и внёс большой вклад в его развитие.

Многогранность интересов Сергея Гавриловича выражалась и в пристрастии к чтению (особенно литературы средних веков: Тристан и Изольда, рыцари короля Артура, Роланд и его друг Оливье, герои скандинавских саг – его любимые персонажи), и в любви к путешествиям, и в постоянном изучении памятников русского зодчества и искусства (особенно старинных работ из бисера), большим знатоком которых он был.

Деятельность С.Г. Юрова по развитию и пропаганде светотехники, исключительные порядочность и интеллигентность, выдающиеся ораторские способности, умение привлекать и выдвигать людей снискали ему большую известность среди светотехников, любовь и благодарность его коллег и учеников.

Сергей Гаврилович умер 09.06.1993 после тяжёлой болезни, постепенно развивавшейся в течение двадцати лет. И только его близкие люди могли в достаточной мере оценить то удивительное мужество и благородство, которые он проявил в течение этого времени.

Экспериментальные исследования методов оценки качества цветопередачи

Д.В. СКУМС¹, Л.Д. ЧАЙКОВА

РУП «Белорусский государственный институт метрологии», Минск, Республика Беларусь

Аннотация

Рассмотрены принципы оценки качества цветопередачи энергосберегающих источников света. Показаны недостатки действующего метода оценки качества цветопередачи и описаны альтернативные метрики. Приведены результаты визуальных экспериментов по оценке качества цветопередачи светодиодных источников света и их сравнения с теоретическими предсказаниями. Показаны возможные направления модернизации метода оценки цветопередачи CQS.

Ключевые слова: светодиодные источники света, индекс цветопередачи, МКО, CQS.

Введение

До 20 % потребляемой электроэнергии в Республике Беларусь приходится на освещение улиц и помещений [1, 2]. В последнее время широкое распространение получили КЛЛ. Однако их применение сопряжено с рядом трудностей. В частности, они являются ртутьсодержащими, и требуются специальные меры для их утилизации, что, безусловно, снижает экономический эффект от внедрения этих ламп и загрязняет окружающую среду. Подобных недостатков лишены светодиодные источники света (СДИС), обладающие рядом хорошо известных достоинств [3, 4]. Анализ действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА) показал, что к значению индекса цветопередачи (ИЦП) для источников света предъявляется ряд требований, выход за рамки которых влечёт запрет на применение таких источников. В то же время отсутствуют какие-либо ТНПА, нормирующие методику измерения ИЦП современных энергосберегающих источников света. Единственным ТНПА, нормирующим методы измерения цветových

характеристик источников света, является устаревший ГОСТ 23198–94 [5]. (Он был основан на публикации МКО 1974 года «Методы измерения и спецификации свойств цветопередачи источников света», тогда как действующей является версия 1994 года.) По аналогичной причине Минэнерго США рекомендовало просто не использовать ИЦП как показатель качества СДИС. Однако данное решение неприемлемо в Республике Беларусь, так как действует ряд ТНПА, регламентирующих значения ИЦП [5, 6].

Теоретические основы оценки качества цветопередачи

Как известно, ИЦП характеризует сходство или различие цветовых стимулов при восприятии наблюдателем, когда объект освещается исследуемым и опорным источниками света [6]. В качестве тестового объекта при определении ИЦП используются 8 стандартных образцов из атласа Мансела.

Общий ИЦП R_a , рекомендованный МКО, определяется как

$$R_a = \sum_{i=1}^8 R_i,$$

$$R_i = 100 - 4,6 \Delta E_a,$$

где R_i – частный индекс цветопередачи, рассчитанный для одного стандартного образца, ΔE_a – цветовое различие между исследуемым и опорным источниками света, рассчитанное в колориметрической системе $W^*U^*V^*$ [7] (рис. 1). Коэффициент 4,6 был подобран таким образом, чтобы R_a люминесцентных ламп с галофосфатным люминофором составлял 50.

R_a имеет ряд существенных недостатков, заложенных в основу метода. Цветовое пространство, применяемое при расчёте цветовых различий, больше не рекомендуется МКО, так как имеет большую неоднородность в красной области. Большим источником погрешности результатов измерений служит и то, что в качестве опорного рекомендовано использовать источник света с той же или максимально близкой коррелированной цветовой температурой (КЦТ), что и у испытуемого. До КЦТ 5000 К это абсолютно чёрное тело, а при КЦТ выше 5000 К – излучения типа D (разные фазы дневного света). Расчёты показывают, что источник с КЦТ 4999 К и $R_a=100$ получит R_a , значительно меньший, если его КЦТ поднимется всего на 2 К [8]. Большим недостатком R_a является то, что он рас-

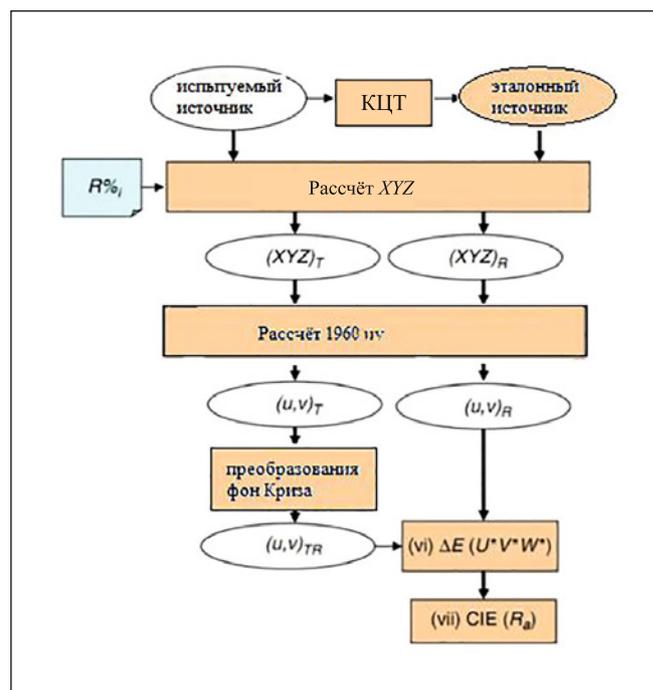


Рис. 1. Блок-схема расчёта R_a

¹ E-mail: dmitri_scums@mail.ru, optic@belgim.by

считывается как среднее арифметическое 8 частных ИЦП. Таким образом, источник света с крайне низкой цветопередачей в какой либо части спектра получит за счёт усреднения высокий ИЦП. При этом потребитель не может всесторонне оценивать качество источника света. Особенно ярко эта проблема проявляется при расчёте ИЦП современных энергосберегающих источников света, таких как КЛЛ и СДИС. Спектр излучения последних существенно иной, чем у абсолютно чёрного тела и стандартных источников света МКО. В публикации [9] эта проблема наглядно показана. При этом в качестве испытуемого был взят СД-кластер на основе СД голубого (460 нм), зелёного (540 нм) и оранжевого (605 нм) свечения, имеющий КЦТ 3300 К и R_a 81. После этого была построена математическая модель аналогичного излучателя с пиками излучения на длинах волн 455, 534 и 616 нм и с R_a 67. (Что делает такой источник света неприемлемым для жилых помещений.) Однако исследования частных ИЦП R_i показали, что данный СД-кластер значительно лучше передаёт большинство цветов за исключением сине-голубой области, что и вызвало существенное снижение ИЦП. При этом потребители отдадут предпочтение именно таким источникам света. Кроме того, в процессе расчёта цветового сдвига применяются устаревшие преобразования фон Криза. В настоящее время МКО рекомендует применять две модели цветового преобразования: *Colour Measurement Committee's Chromatic Adaptation Transform of 2000 (CMCCAT2000)* и *CIE's Chromatic Adaptation Transform (CIE CAT02)*.

Опираясь на все вышеизложенные доводы, МКО в 2007 г. опубликовала технический отчёт CIE177:2007 «Измерение цветопередачи белых светодиодов». В его результирующей части сказано, что ИЦП МКО R_a нельзя применять для оценки цветопередачи источников света на основе белых СД (или имеющих их в своём составе). МКО рекомендует разработать новый ИЦП или другую метрику оценки качества цветопередачи. Новый дополнительный ИЦП (или набор ИЦП) должен быть применим ко всем типам источников света, а не только к белым СДИС [10].

Альтернативные метрики оценки качества цветопередачи

Из анализа литературы следует, что взамен действующего ИЦП R_a предложены следующие метрики:

- **Rank-order based color rendering index (RCRI)** [11]. Является модификацией действующего метода с 17 тестовыми образцами (1–12 из набора «Color checker» фирмы *GretaghMacbeth* и 13–17 из набора «Color Set» *NIST*). Для расчёта цветовых различий применена модель цветового восприятия *CAM02UCS*. Опорные источники света аналогичны источникам для действующего метода МКО. После расчёта цветовых различий по специальной формуле они переводятся в ранговую шкалу от 1 до 6, где 1 означает прекрасную цветопередачу, а 5 – очень плохую, абсолютно неприемлемую.

- **Feel of contrast index (FCI)** [12]. Данный ИЦП численно выражает ощущение контраста цвета тестовых образцов от перехода от опорного источника к испытуемому. В качестве опорного источника света используется источник типа *D65*. Тестовые образцы – *5R4/12*, *5Y8.2/10*, *5.5G 5/8* и *4.5PB3.2/6* (красный, жёлтый, зелёный и синий) из атласа Мансела. Рассчитывается по формуле

$$FCI = (G(T, E_t = 1000 \text{ Lx}) / G(D65, E_t = 1000 \text{ Lx})),$$

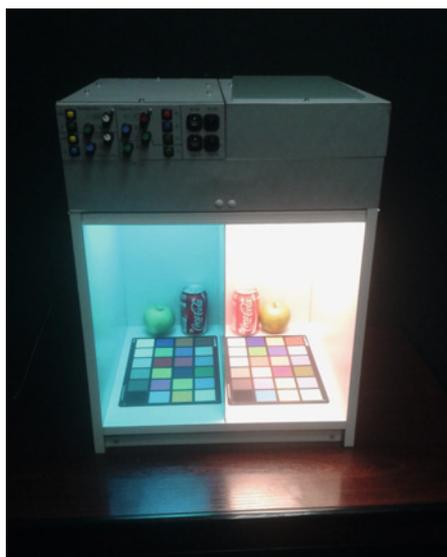


Рис. 2. Внешний вид камеры визуальной оценки цветопередачи, подготовленной к эксперименту. Правая половина камеры освещена опорным источником, а левая светодиодным источником света «3»

где $G(T, E_t = 1000 \text{ Lx})$ – суммарная площадь фигуры, образованной в цветовом пространстве *LAB* соединением точек с координатами цветности тестовых образцов при освещении их испытуемым источником, значение освещённости – 1000 лк, $G(D65, E_t = 1000 \text{ Lx})$ – суммарная площадь фигуры, образованной в цветовом пространстве *LAB* соединением точек с координатами цветности тестовых образцов при освещении их излучением D_{65} .

- **CRI-CAM02UCS** [13]. Модификация ИЦП МКО R_a . Процедура расчёта этого ИЦП – как в расчёте R_a за исключением того, что преобразования фон Криза заменены на *CIE CAT02* и применяется модель цветового восприятия *CAM02UCS*. Общий ИЦП *CRI-CAM02UCS* рассчитывается как

$$CRI-CAM02UCS = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (100 - 8 \Delta E_{iCRI-CAM02UCS}),$$

где $\Delta E_{iCRI-CAM02UCS}$ – цветовое различие тестовых образцов при переходе от света опорным источником к испытуемому, рассчитанное согласно модели *CAM02UCS*, i – номер стандартного образца.

- **Color quality scale (CQS)** [14]. Данная метрика идейно близка к методу расчёта R_a . Однако в отличие от своей первоосновы учитывает разные аспекты качества цвета, такие как цветопередача, цветовая дискриминация и предпочтения наблюдателей. Шкала основана на 15 манселовских образцах, имеющих более насыщенный цвет, чем в методе расчёта R_a . Преобразования фон Криза заменены на *CMCCAT2000*. Расчёты цветовых различий проводятся в цветовом пространстве *LAB*. Общий ИЦП Q_a рассчитывается по формуле

$$Q_a = M_{CCT} \cdot 10 \ln(\exp((100 - 3,1 \cdot \Delta E_{RMS}) / 10) + 1),$$

где ΔE_{RMS} – среднеквадратическое отклонение цветовых различий тестовых образцов при переходе от света опорным источником к испытуемому, M_{CCT} – поправочный коэффициент, штрафующий источники с экстремально низкой КЦТ. Последний

вводится для того чтобы источники с низкой КЦТ и спектральным распределением близким к планковскому не получали высокий конечный ИЦП вследствие особенностей расчётного метода. Вычисляется по формуле

$$M_{CST} = T^3(9,2672 \cdot 10^{-11}) - T^2(8,3959 \cdot 10^{-7}) + T(0,00255) - 1,612$$

(при $T < 3500$ K),
 $M_{CST} = 1$ (при $T \geq 3500$ K).

- **Harmony rendering index (HRI)** [14]. ИЦП определяется как разность в цветовой гармонии тестовых образцов при освещении опорным и испытуемым источниками света.

- **Categorical color rendering index (CCRI)** [15]. В основе метода лежит визуальная оценка наблюдателями большого количества (в экспериментах авторов использовалось 295) образцов при освещении их опорным и испытуемым источниками света.

- **Memory CRI (MCRI)** [16]. Метод основан на эффекте памяти цвета. В качестве тестовых образцов используют реальные объекты (фрукты и т.п.).

Следует отметить, что каждый из этих методов, исправляя те или иные недостатки ИЦП МКО R_a , не решает полностью задач, поставленных в отчёте [10]. В связи с этим нами были проведены эксперименты с участием наблюдателей для выявления наиболее перспективных методик оценки качества цветопередачи.

Экспериментальные исследования

Выбор той или иной методики оценки цветопередающих характеристик современных энергосберегающих источников света невозможен путём лишь теоретического анализа. Колориметрия лежит на стыке физической оптики и биологии. Зрительная система человека слишком сложна для численного моделирования, поскольку в основе её функционирования лежат не только легко поддающиеся моделированию законы геометрической оптики, но и сложные психофизиологические процессы. В связи с этим всякая модель должна пройти валидацию в экспериментах с наблюдате-

Приложение Б

Опросный лист участника эксперимента по визуальной оценке цветопередачи

Ваш возраст _____

Ваш пол: муж жен

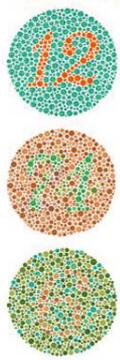
Имеете ли Вы дефекты зрения, если да то какие? _____

Укажите Вашу остроту зрения, можно приблизительно _____

По шкале от одного до десяти оцените свое психологическое состояние, где 1 - абсолютно спокоен, 10 - крайне раздражен _____

По шкале от одного до десяти оцените свое физическое состояние, где 1 - свежи и бодр, 10 - крайне устал, чувствую себя очень плохо _____

Напишите, какую цифру Вы видите на картинке



Источник 1:
 Видите ли вы различие между правыми и левыми цветовыми образцами:
 Да Нет

Если да, оцените близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 - совсем не похожи, 10 - абсолютно одинаковые _____

Источник 2:
 Видите ли вы различие между правыми и левыми цветовыми образцами:
 Да Нет

Если да, оцените близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 - совсем не похожи, 10 - абсолютно одинаковые _____

Источник 3:
 Видите ли вы различие между правыми и левыми цветовыми образцами:
 Да Нет

Если да, оцените близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 - совсем не похожи, 10 - абсолютно одинаковые _____

Источник 3+:
 Видите ли вы различие между правыми и левыми цветовыми образцами:
 Да Нет

Если да, оцените близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 - совсем не похожи, 10 - абсолютно одинаковые _____

Источник 123:
 Видите ли вы различие между правыми и левыми цветовыми образцами:
 Да Нет

Если да, оцените близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 - совсем не похожи, 10 - абсолютно одинаковые _____

Рис. 3. Опросный лист наблюдателей

лями. Основой для проведения экспериментов по оценке цвета с участием наблюдателей является камера визуальной оценки и сравнения цвета, или так называемый цветовой кабинет. Типовой цветовой кабинет представляет собой камеру, разделённую на два отделения, освещаемые испытуемым и опорным источниками соответственно. Внутренняя поверхность кабинета покрывается серой матовой краской, чтобы исключить явление контраста. Поверхность, на которой находятся образцы, должна иметь цвет от светло серого до средне серого и коэффициент отражения около 30%. Освещаемые образцы располагают как можно ближе друг к другу, а разделительную линию между ними делают как можно тоньше. Уровень освещённости, устанавливаемый для оценки цвета, должен составлять 700–3000 лк (большие уровни предпочтительны для оценки тёмных цветов) и быть одинаковым в обоих отделениях кабинета. Камера помещается на такой высоте, чтобы угол наблюдения для наблюдателя среднего роста составлял бы около 45% [17]. Исходя из вышеизложенных правил, совместно с Республиканским научно-производственным унитарным предприятием «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси» была создана камера визуальной оценки цветопередачи (рис. 2).

В качестве испытуемых нами было подготовлено 4 СДИС белого свечения с разной КЦТ. Опорным источником являлась ГЛН, работающая в режиме источника типа А МКО.

СДИС «1» – КЦТ (2856 ± 150) К. Содержит белые широполосные люминофорные СД. КЦТ источника подобрана так, чтобы соответствовать стандартному источнику типа А МКО.

СДИС «2» – КЦТ (6500 ± 250) К. Содержит белые широполосные люминофорные СД. КЦТ источника подобрана так, чтобы соответствовать стандартному источнику типа D65 МКО.

СДИС «3» – КЦТ (4500 ± 350) К. Содержит полноцветные (RGB-) СД. КЦТ специально не подбиралась.

СДИС «3+» – КЦТ (4500 ± 350) К. Аналогичен СДИС «3», но имеет улучшенную цветопередачу по МКО. КЦТ специально не подбиралась.

Кроме того, предусмотрена возможность включения всех СДИС одновременно – так называемый СДИС «123».

Источники света, ПРА и УУ, средства регулировки и индикации режимов работы камеры размещаются в её верхней части, над рабочей зоной. Освещённость на поверхности, на которой находились образцы – (2000 ± 15) лк. Образцами сравнения в эксперименте являлись набор эталонных цветов «Color Checker» фирмы

Результаты эксперимента по визуальной оценке цветопередачи

Метрика / Свето-диодный источник света	R_a	CQS	$NCRI$	FCI	$CRI-CAM02UCS$	Среднее арифметическое результатов оценки качества цветопередачи наблюдателями, баллы
«1»	93	80	88	71	77	8,3
«2»	45	40	44	44	45	3,8
«3»	38	32	32	21	32	2,7
«3+»	44	24	21	29	16	2,1
«123»	65	52	57	60	55	5,0

GretaghMacbeth (24 цветных образца из атласа Мансела), фрукты и ярко окрашенные банки прохладительных напитков. Наблюдатель, сидя перед камерой визуальной оценки, должен был оценить близость цвета левого образца в сравнении с правым по десятибалльной шкале, где 0 – совсем не похожи, 10 – абсолютно одинаковые. Левый образец – образец освещённый испытуемым источником, правый – опорным. Перед началом эксперимента наблюдатели заполняли опросный лист (рис. 3), в котором указывали: своё психологическое состояние по шкале от одного до десяти, где 1 – абсолютно спокоен, 10 – крайне раздражён; наличие дефектов зрения и его остроту, а также проходили тест Исихары на цветовую слепоту и дефекты цветового зрения. Результаты оценки качества цветопередачи заносились в опросный лист экспериментатором со слов наблюдателя.

Данные полученные от наблюдателей, сравнивались с результатами численного моделирования. Для проведения численного моделирования было разработано специальное программное обеспечение, обеспечивающее расчёт ИЦП R_a , CQS , $NCRI$, FCI , $CRI-CAM02UCS$. Данные метрики были выбраны по критерию «наличие чёткого алгоритма расчёта показателя качества цветопередачи». Измерения спектра излучения источников света (рис. 4) выполнены с помощью спектрорадиометра фирмы *Konica-Minolta* «CS-1000» из состава колориметрического блока Национального эталона единиц силы све-

та и освещённости Республики Беларусь НЭ РБ 8–02.

Полученные результаты и их обсуждение

В эксперименте приняло участие 38 человек (22 женщины и 16 мужчин). Средний возраст наблюдателей – 25 лет, самому старшему – 60, самому младшему – 18 лет. После отсела по критериям негативного психологического состояния и (или) наличия аномалий цветовосприятия по тесту Исихары для расчётов были использованы данные от 30 наблюдателей. Результаты приведены в таблице.

Из таблицы видно, что результаты, наиболее близкие к результатам эксперимента, показала метрика CQS . Она в наибольшей мере учитывает недостатки ИЦП R_a . Специально подобранные авторами образцы сравнения с цветами большей насыщенности, чем у применяемых ныне, использование новейшей общепризнанной модели цветовой адаптации – модели *CMSCAT2000*, а также оригинальный метод расчёта суммарного цветового сдвига, позволили решить почти все задачи поставленные в отчёте [10]. Вместе с тем данная метрика не устраняет один из основных недостатков определения ИЦП R_a – изменение нескольких принципиально разных видов опорных источников света. По нашему мнению, это особенный минус в случае оценки цветопередачи СДИС, поскольку, как указывалось выше, могут существовать ситуации, когда 2 визуально неразли-

чимых СДИС получают заметно разные оценки². В связи с этим встаёт вопрос о введении или нового опорного источника света, или единого для всех значений КЦТ испытуемого источника света. Первый вариант представляется нам более предпочтительным, но пока светотехническая промышленность не определится с основным методом создания белого света (который де-факто или де-юре, через международный стандарт, станет доминирующим) говорить о начале работ по стандартизации такого источника, условно названного нами источником типа *L (LED)*, не приходится. Поэтому нам представляется возможным использовать в качестве единого опорного излучения излучение *A* МКО

² Видимо, эта ситуация сложилась из-за того, что метод CQS получил опорные источники излучения по наследству от метода оценки R_a , в котором, как в зеркале, отразилась история развития искусственных источников света. Одними из первых таких источников стали угольные лампы и лампы накаливания, то есть источники излучения близкие по спектральным характеристикам к планковскому излучателю. Поэтому было вполне логично сравнивать их цветопередачу с цветопередачей планковского излучателя. После широкого внедрения люминесцентных ламп семейство опорных источников было дополнено источниками типа *D* (а не только *D65*) и введён калибровочный коэффициент 4,6 в формулу расчёта R_i . В настоящее время в связи с внедрением СДИС наблюдается третья революция в светотехнике.

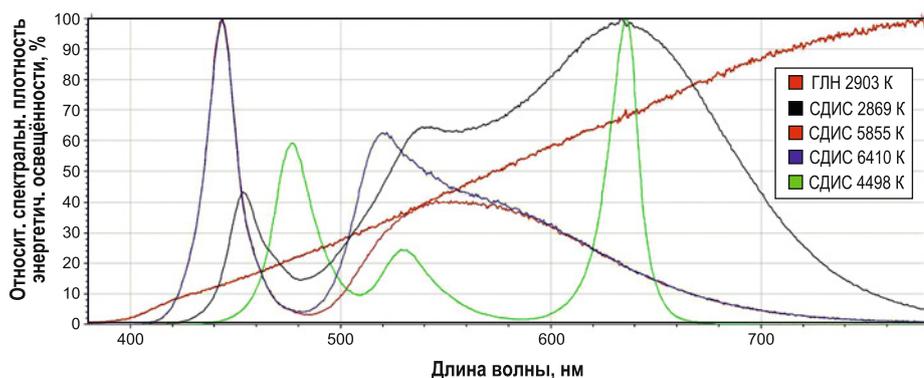


Рис. 4. Относительные спектры излучения опорного и испытуемых светодиодных источников света, установленных в камере визуальной оценки цветопередачи

(воспроизводимое лампой накаливания с КЦТ 2856 К) или излучение D65 (имитирующее свет дневного неба в северном полушарии). По нашему мнению, первое излучение предпочтительнее, поскольку представление наблюдателя о естественности цветов за последние более чем сто лет складывалось под влиянием именно ламп накаливания. Кроме того, излучение D65 ставит вопрос о корректности его применения в местах, где спектральная характеристика дневного неба может значительно отличаться от нормированной (например, в странах Африки и Южной Америки).

Заключение

Анализ результатов многих исследований показал, что действующий метод оценки качества цветопередачи МКО нельзя применять к источникам света со «сложным» спектральным составом. Взамен действующей метрики разными авторами было предложено 7 альтернативных. На основе анализа предложенных метрик нами были отобраны были 5 — по критерию «наличие чёткого алгоритма расчёта показателя качества цветопередачи». Их корректность была нами проверена в экспериментах с участием наблюдателей. Полученные данные показали, что результаты, наиболее близкие к результатам наблюдателей, обеспечивает метрика CQS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирвель И.И. Энергосбережение. Конспект лекций для студентов всех специальностей БГУИР всех форм обучения. — Минск: БГУИР, 2007. URL: http://www.bsuir.by/m/12_100229_1_65369.pdf (дата обращения: 03.03.2015).

2. Кузьминов А.С. Маркировка энергоэффективности как инструмент снижения энергопотребления электробытового оборудования // Энергосберегающие технологии. — 2010. — № 4. — С. 45–50.

3. Лишиук С.И. и др. О светодиодных лампах прямой замены // Светотехника. — 2010. — № 1. — С. 48–54.

4. URL: <http://technologyworld.blog.ru/80642627.html> (дата обращения: 03.03.2015).

5. ГОСТ 23198–94 Лампы электрические. Методы измерения спектральных и цветовых характеристик

6. ТКП 45–2.04–153–2009 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования.

7. CIE (Commission Internationale de l'Éclairage): Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources. 3ed ed. Publication CIE № 13 (E-1.3.2), 1994.

8. Davis W., Ohno Y. Approaches to color rendering measurement // Journal of Modern Optics. — 2009. — Vol. 56, No. 13. — Cnh 1412–1419.

9. Wood M. CRI and the Color Quality Scale, Part 2. URL: <http://www.mikewoodconsulting.com/articles/Protocol%20Spring%202010%20-%20CRI%20%20CQS.pdf> (дата обращения: 03.03.2015).

10. CIE177:2007. Technical report. Color rendering of white LED light sources.

11. Khanh T.Q., Bodrogi P., Brückner S. Rank-order based description of colour rendering: definition, observer variability and validation. CIE2010 «Lighting Quality & Energy Efficiency», 17.März 2010, Wien. Wien [Conference or Workshop Item], (2010).

12. Hashimoto Yano, Shimizu Nayatani. New method for specifying color-rendering properties of light sources based on feeling

of contrast // Color Research & Application. — 2007. — Vol. 32, No.5. — P. 361–371.

13. Cheng Li, Ming Ronnier Luo, Changjun Li. Assessing Colour Rendering Properties of Daylight Sources Part II: A New Colour Rendering Index: CRI-CAM02UCS. URL: <http://cie2.nist.gov/TC1-69/Leeds/CIE-CLi%202-final.pdf> (дата обращения: 03.03.2015).

14. Szabo F. New Metric on Light Source Colour Quality: Colour Harmony Rendering Index. URL: http://www.create.uwe.ac.uk/norway_paperlist/szabo.pdf (дата обращения: 03.03.2015).

15. Hirohisa Yaguchi, Nanako Endoh, Takayoshi Moriyama, Satoshi Shioiri. Categorical Color Rendering of LED Light Sources / CIE Expert Symposium on LED Light Sources: Physical Measurement and Visual and Photobiological Assessment, 2004

16. Smet, Forment, Hertog, Deconinck, Hanselaer. Validation of a color rendering index based on memory colours / CIE Conference on «Lighting Quality and Energy Efficiency», vol: x035:2010 pages:136–142

17. Цвет в промышленности. Под ред. Р. Мак-Дональда. М.: Логос, 2002. — 596 с.



Скумс Дмитрий Валентинович,

физик. Окончил в 2006 г. физический факультет Белорусского государственного университета. Учёный-хранитель

национальных эталонов в области фотометрии и колориметрии, Белорусский государственный институт метрологии



Чайкова Любовь Дмитриевна,

инженер. Окончила в 2013 г. факультет приборостроения Белорусского национального технического университета.

Инженер отдела физико-химических и оптических измерений Белорусского государственного института метрологии

ПАМЯТИ ПАВЛА ВЛАДИМИРОВИЧА ПЛЯСКИНА (15.02.1921–13.06.2015)

13 июня ушёл из жизни видный организатор отечественной светотехники, инженер и учёный, кандидат технических наук Павел Владимирович Пляскин.

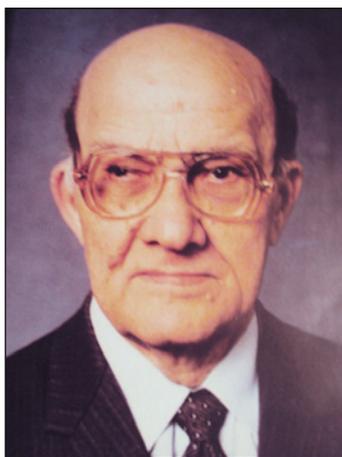
Вся трудовая и научная деятельность П.В. Пляскина была неразрывно связана с развитием светотехнической промышленности и головных научно-технических центров отрасли – ВНИИИС и ВНИСИ.

В 1944 г. по окончании Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева он был направлен на работу технологом цеха на Томский электроламповый завод, где прошёл путь до главного инженера предприятия.

Высокая ответственность за порученное дело, организаторские способности и глубокие знания позволили ему в 1961 г. возглавить коллектив созданного в это время Всесоюзного института источников света (ВНИИИС). П.В. Пляскин внёс большой вклад в становление и развитие этого института, укрепление его материально-технической базы, формирование и воспитание коллектива.

В 1972 г. П.В. Пляскин был назначен директором ВНИСИ. Он быстро укрепил роль института как головного в отрасли, направив его усилия на решение наиболее актуальных задач.

Круг научных интересов П.В. Пляскина был широк и многообразен. Более 50 его статей посвящены проблемам оптимизации и повышения эффективности тепловых источников света, прогнозированию, научным основам управления развитием светотехники. Под руководством П.В. Пляскина впервые в нашей стране были созданы промышленные производства галогенных и светоизмерительных ламп накаливания, разрядных, в частности металлогалогенных, ламп ВД, что потребовало решения целого ряда вопросов – разработки новых технологий и материалов, механизации и автоматизации производственных процессов и др. Реализуя разработанные



принципы управления, он, как руководитель комплексной программы по созданию, внедрению высокоэффективных осветительных систем для спортивных сооружений Олимпиады-80, внёс большой вклад в обеспечение высокой эксплуатационной надёжности светотехнических установок на объектах, координации всех этапов работ – от научных исследований до серийного производства и монтажа светотехнических изделий. При непосредственном участии П.В. Пляскина была разработана и успешно внедрена автоматизированная система управления «АСУ – ВНИСИ». Как главный светотехник Минэлектротехпрома П.В. Пляскин многое сделал для улучшения освещения предприятий электротехнической промышленности.

Долгое время П.В. Пляскин был главным редактором научно-технического реферативного сборника «Электротехническая промышленность. Светотехнические изделия». В течение многих лет был членом редколлегии журнала «Светотехника» и внёс большой вклад в работу журнала. Павел Владимирович – автор ряда передовых статей и многих научно-технических публикаций, отличающихся ясностью и убедительностью изложения.

П.В. Пляскин уделял постоянное внимание подготовке кадров светотехников, особенно, высшей

квалификации. При его непосредственном участии был организован факультет светотехники и источников света Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. На протяжении многих лет он успешно руководил работой Специализированного совета при ВНИСИ по присуждению учёной степени кандидата технических наук по специальности «Светотехника и источники света». На своей последней должности учёного секретаря ВНИСИ Павел Владимирович многое сделал для подготовки научных кадров высшей квалификации в аспирантуре института.

Большой вклад внёс П.В. Пляскин в укрепление международного сотрудничества в области светотехники. Он являлся председателем Советского национального комитета МКО, неоднократно представлял СССР за рубежом.

Широк был диапазон общественной деятельности П.В. Пляскина. В частности, он был одним из организаторов всесоюзных светотехнических конференций и проводил большую работу по созданию Всесоюзного (перешедшего во Всероссийское) светотехнического общества.

П.В. Пляскин был награждён орденом Трудового Красного Знамени и медалями.

Ему были присущи такие черты, как исключительная скромность и трудолюбие, высокая ответственность за порученное дело, требовательность к себе и окружающим, принципиальность. Он щедро делился со своими товарищами огромным опытом работы. Благодаря этим личным качествам Павел Владимирович пользовался высоким авторитетом и уважением учёных и специалистов светотехнической промышленности.

Светлая память о Павле Владимировиче Пляскине навсегда сохранится в наших сердцах.

*Редакция и редколлегия журнала,
светотехническая
общественность России*

Обеспечение энергоэффективности внутреннего освещения офисов и промышленных зданий методами обработки изображений

М. ДЕМИРБАШ, Т.Ф. ЧАВУШ, Д. ЯВУЗ¹

Компания *Arcelik R&D*, Университет Сакаръя, Турция

Аннотация

Экономия энергии, расходуемой на внутреннее освещение, особенно правительственных и неправительственных учреждений, важна для всех стран. Рост потребления электроэнергии ускоренно сокращает запасы традиционных источников энергии, а выброс парниковых газов при этом увеличивается. Поэтому следует серьёзнее относиться к возможностям экономии энергии, расходуемой на освещение. В данной работе эти возможности исследуются в офисном здании с использованием электрических параметров, измеряемых с помощью автоматизированной системы управления освещением, снабжённой видеокамерой, и на основе результатов обработки изображений достигается снижение энергопотребления. Задачи данного исследования состояли в улучшении энергетических характеристик осветительной установки и повышении её энергосберегающих возможностей.

Ключевые слова: экономия расходуемой на освещение энергии, управление освещением, метод обработки изображений, световод.

1. Введение

Мировые энергетические ресурсы ограничены. Потребность в энергии непрерывно возрастает с ростом численности населения и ускорением технического прогресса. Поэтому эффективное использование энергии и энергосбережение в последние годы были одной из наиболее актуальных проблем. Известно, что ресурсы, используемые в Турции для выработки электроэнергии, импортируются, и потребность в них растёт с каждым днём. Для развития

турецкой экономики и снижения зависимости от других стран эффективное использование электроэнергии очень важно.

2. Описание задачи

Экономия электроэнергии в освещении очень важна. Технический прогресс и экспоненциальный рост количества проводимых исследований позволяют повышать эффективность осветительных приборов и, как следствие, снижать энергопотребление. Кроме того, энергосбережение стало частью национальной и международной политики [1]. Международные организации, такие как основанное в 1974 г. Международное энергетическое агентство (МЭА) и Международная комиссия по освещению (МКО), основанная в 1913 г. и в последнее время удвоившая свои усилия, направленные на подъём энергоэффективности освещения, работают совместно с такими союзами государств и организациями, как Евросоюз (ЕС), Организация объединённых наций (ООН) и Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [2]. Важной целью этих исследований является максимально возможное повышение эффективности осветительных установок (ОУ) и ограничение расходуемой на освещение энергии.

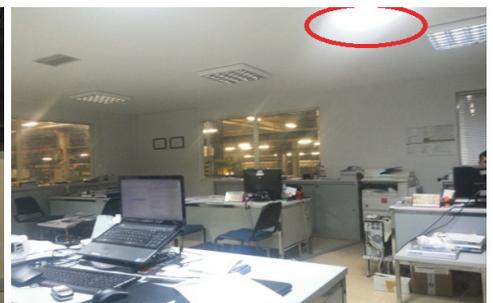
Последними примерами предпринимаемых в этом направлении усилий служат программа «Зелёный свет» (*Green Light Programme*), которая была инициирована и проводится ЕС, и учреждение правительством Канады Канадского совета по экологическому строительству (*CaGBC*) [4].

Энергосбережение – одна из важнейших проблем как для Турции, так и для Европы. Этому вопросу посвящено немало исследований [5]. Турецкая национальная комиссия по освещению и Палата инженеров-электриков проводят важные исследования и активно работают в области энергоэффективности освещения и экономии расходуемой на освещение энергии. Они проводят мероприятия, направленные на улучшение понимания широкими массами важности экономии расходуемой на освещение энергии. Кроме того, для развития научного и технического прогресса в области освещения, они проводят конгрессы и конференции, поддерживают многочисленные научные совещания и семинары и стараются направлять научные и технические исследования. Для понимания важности этих усилий полезно рассмотреть национальные и международные статистические данные. Согласно статистическому отчёту Турецкого института статистики, в 2010 г. полное потребление энергии составило 172 ТВт·ч, причём на офисные здания приходилось примерно 16% от этого количества [6]. Примерно 15–20% приходилось на искусственное освещение. Простые расчёты показывают, что в 2010 г. на освещение офисных зданий было израсходовано 5,5 ТВт·ч электроэнергии.

При рассмотрении Справочника по энергопотреблению [7], который был опубликован Научно-исследовательским строительным институ-



а)



б)

Рис. 1. Наружный (а) и внутренний (б) виды офиса

¹ E-mail: cyavuz@sakarya.edu.tr.

Перевод с англ. Е.И. Розовского

Рис. 2. Общая структура аппаратных средств

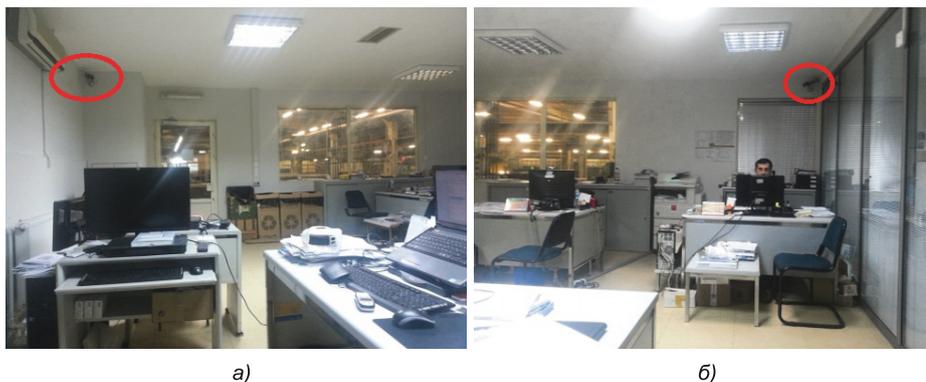
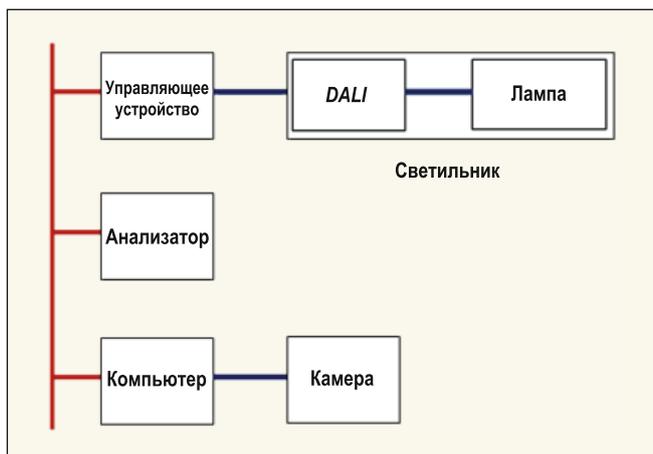


Рис. 3. Внутренний вид офиса

том (BRE) в 2007 г., и предшествующих отчётов Аккредитованного института специалистов по инженерному оборудованию зданий (CIBSE) [8] можно заметить, что от 20 до 40% от всего энергопотребления приходится на освещение. В США на общественные здания приходится более 30% от всей потребляемой в стране электроэнергии, и 25–40% от этой энергии расходуется на искусственное освещение [9]. Канадские статистические данные говорят о том, что в 2006 г. 10% энергии, потребляемой коммерческим сектором, расходовалось на освещение [10]. Если исключить жилые дома, то в Европе годовой

расход энергии на освещение составляет примерно 160 ТВт·ч, и 40% от этого количества потребляется офисными зданиями [11]. Последние статистические данные и прогнозы относительно уровня энергопотребления в будущем можно найти в отчёте по энергоэффективности, опубликованном МЭА [12]. Эти данные подтверждаются регламентом Европейского парламента по энергоэффективности [13]. Согласно этому документу, 19% потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение, и упомянутые исследования говорят о том, что в ближайшем будущем эта доля может возрасти.

В Турции, как и в других странах, энергопотребление на очень высоком уровне. А учитывая рост численности населения, можно ожидать, что этот уровень поднимется ещё выше. Так что для экономии энергии, расходуемой на внутреннее освещение, следует улучшать существующие сейчас условия освещения. Кроме того, при проектировании и строительстве зданий необходимо предусматривать энергоэффективное освещение.

Один из наиболее серьёзных подходов состоит в переводе ОУ в существующих зданиях на энергоэффективное осветительное оборудование и во внедрении там, где можно, управления освещением, учитывающего естественное освещение. Предыдущие исследования показали, что благодаря подобному управлению можно экономить от 35 до 42% расходуемой на освещение энергии [14, 15].

С другой стороны, естественный свет очень важен для здоровья пребывающих в помещениях людей. Разные исследования показали, что наличие или отсутствие естественного света оказывает разное влияние на поведение людей. Люди нуждаются в зрении для восприятия многих факторов окружающей среды. И ещё естественный свет им нужен для создания наилучших условий зрительной работы [2].

Учитывая вклад расходуемой на освещение энергии в общее количество потребляемой энергии, было решено провести исследование, направленное на создание энергосберегающей и гибкой осветительной установки, в которой использовался бы метод обработки изображений.

3. Анализ и применение современных методов

Эксперименты проводились в офисном помещении фабрики, располо-

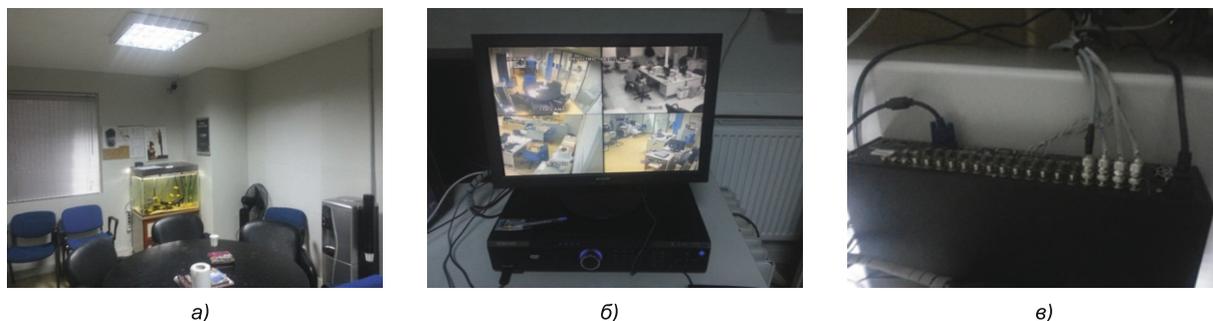


Рис. 4. Помещение для совещаний (а) и блоки системы видеонаблюдения (б, в) системы наблюдения

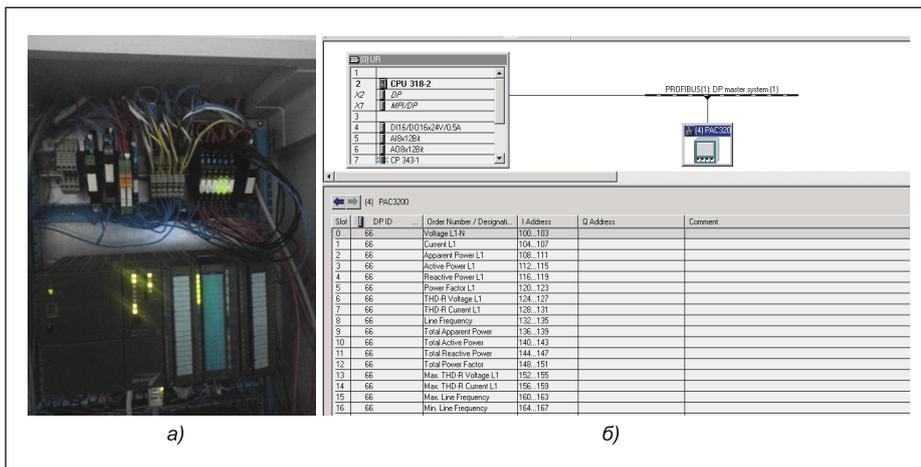


Рис. 5. ПЛК (а) и структура аппаратных средств ПЛК (б)

женной в г. Болу, Турция. Как видно из рис. 1, через окна в офис попадает ограниченное количество естественного света. Оно не обеспечивает требуемое для работы освещение в любое время суток. Вследствие этого и того, что искусственное освещение отрицательно сказывается на здоровье работников, в офисе, помимо окон, был установлен световод диаметром 50 см с зеркалами внутри, специально созданный для проведения данных исследований. Это обеспечило постоянное наличие в офисе естественного освещения в дневное время суток. Наличие естественного света в центре помещения уменьшило потребность в искусственном освещении при требуемых уровнях освещённости. Офис был разделён на три зоны освещения. При использовании метода обработки изображений авторы старались уравнивать уровни освещённости в разных зонах, чтобы обеспечить равномерное освещение рабочего пространства. Офис работал с 8 до 18 ч, то есть 10 ч в день. Освещаемая площадь офиса составляла $6 \times 10 = 60 \text{ м}^2$ при высоте потолка 2,80 м.

3.1. Структура системы

При проведении экспериментов использовались: подключённые к интернет-сети компьютер, управляющее устройство и устройство ввода-вывода данных; подключённые к компьютеру камеры и энергоанализатор (рис. 2).

3.2. Принцип действия системы

В светильниках использовался DALI-управляемый ПРА. В рассма-

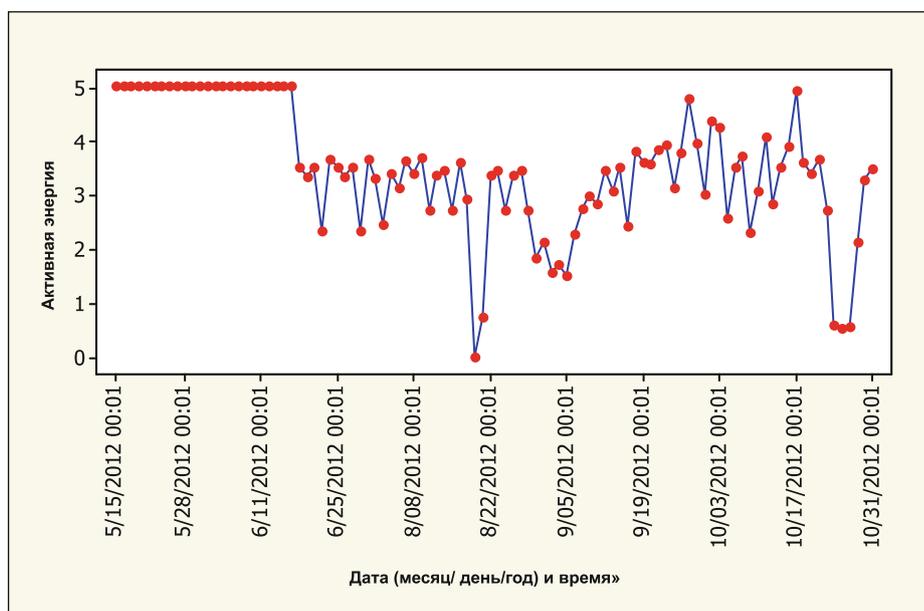


Рис. 7. Посуточное потребление активной энергии

триваемых зонах офиса освещение включалось и выключалось при помощи ПРА и DALI-управляющего устройства. Светильники содержали 4 люминесцентные лампы мощностью по 18 Вт с коррелированной цветовой температурой 3300 К и параболические зеркальные экранирующие решётки. В двух углах офиса на высоте 2,80 м были установлены камеры, которые наблюдали за помещением и создавали изображения, по результатам обработки которых принималось решение о включении или выключении светильников (рис. 3). Как упомянуто выше, офис был разделён на три зоны. 7 светильников включались и выключались группами из 2-х, 2-х и 3-х светильников в зависимости от наличия движения в зонах и результатов обработки изображе-



Рис. 6. Энергоанализатор

ний. Кроме того, в случаях достаточного естественного освещения светильники выключались даже при наличии в офисе персонала.

3.3. Экспериментальная установка

В первую очередь была смонтирована установка естественного освещения (световод показан на рис. 1), после чего электронные ПРА были заменены на DALI-управляемые, а видеочамера и устройство управления были установлены согласно рис. 4.

3.4. Интерфейс

Для обеспечения возможности автоматизированного управления освещением авторами был разработан

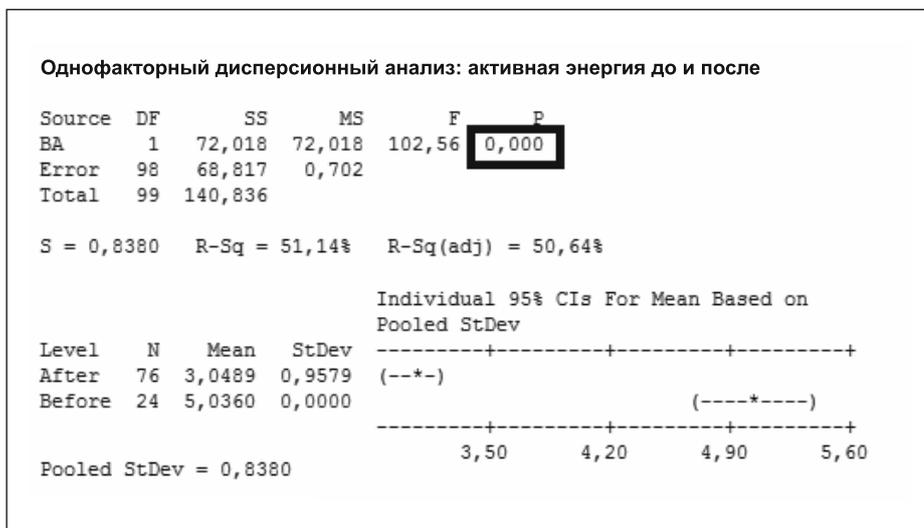


Рис. 8. Дисперсионный анализ потребления активной энергии до и после внедрения оптимизируемого метода

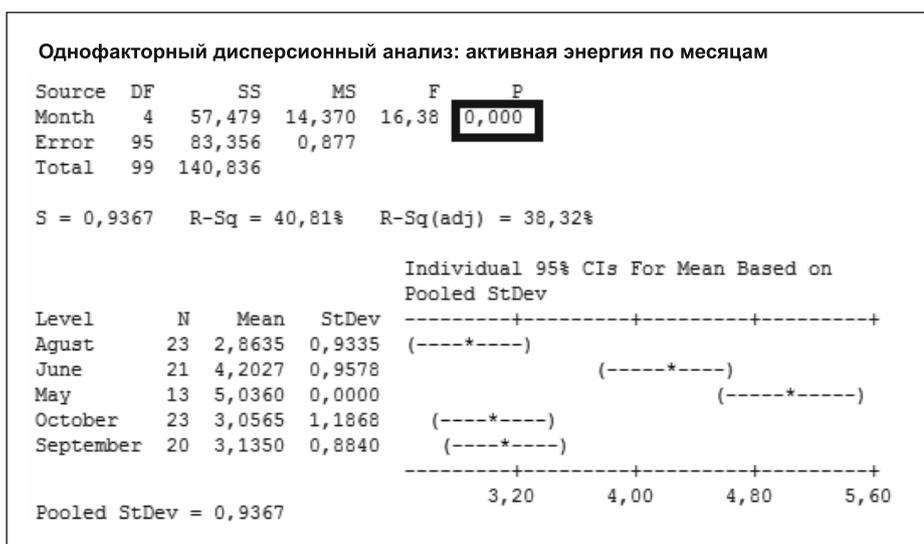
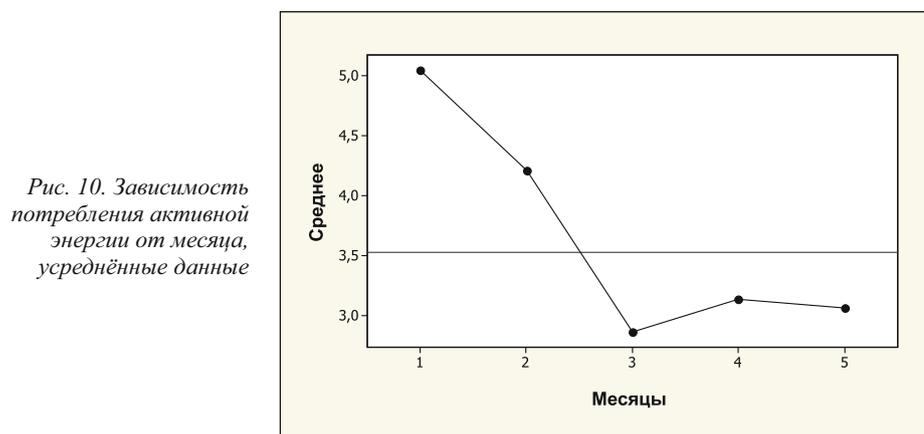


Рис. 9. Дисперсионный анализ помесечного потребления активной энергии



специальный интерфейс. Управление ОУ осуществлялось посредством программируемого логического контроллера (ПЛК) (рис. 5), последовательно соединённого с системой управления

видеокамерой, и включение светильников обеспечивалось сигналами, подаваемыми на ПЛК после регистрации движения. Видеокамера давала размер изображения 5 Мпикс и регистриро-

вала малейшие движения и жестикуляцию в помещении. Если освещённость в освещаемой зоне была требуемой или в помещении не было людей и (или) движение не регистрировалось в течение 30 с, то установка выключалась. Если кто-то входил в помещение, светильники в активной зоне включались с задержкой в 1 с. При использовании видео камер для регистрации уровня освещённости на ПЛК подавался сигнал 0 или 1. На основании информации об освещённости и наличии движения интерфейс осуществлял включение или выключение светильников. Энергопотребление установки отслеживалось энергоанализатором PAC 3200. Данные, получаемые ПЛК в сети «PROFIBUS», сохранялись на сервере при помощи программного обеспечения «SCADA». ПЛК, структура его аппаратной части и энергоанализатор отображены на рис. 5 и 6.

Для отслеживания уровней энергосбережения и качества энергии регистрировались поступающие от энергоанализатора данные о полном потреблении энергии и полном коэффициенте гармонических искажений. Измеренные значения считывались с энергоанализатора ПЛК и сохранялись в базе данных с периодичностью в 10 с. В базе данных сохранялись мгновенные значения тока и напряжения, мощность, частота, энергия, гармоники тока, гармоники напряжения, максимальные значения полных коэффициентов гармонических искажений тока и напряжения и дата.

4. Результаты эксперимента

Результаты, полученные по новому методу включения/выключения освещения только на основе поступающих от видеокамеры данных, приведены ниже. Перед реализацией этого метода суточное потребление энергии при работе 7 светильников по 10 ч в сутки составляло 5040 Вт·ч. Из рис. 7 видно уменьшение энергопотребления по сравнению с 5 кВт·ч, расходовавшимся перед применением метода. За более чем 4 месяца проведения экспериментов по использованию метода включения/выключения освещения на основе данных, получаемых обработкой изображений, было сэкономлено в среднем 40% электроэнергии. В такие летние месяцы, как июль и август, эта экономия достигала 60% и более (рис. 7).

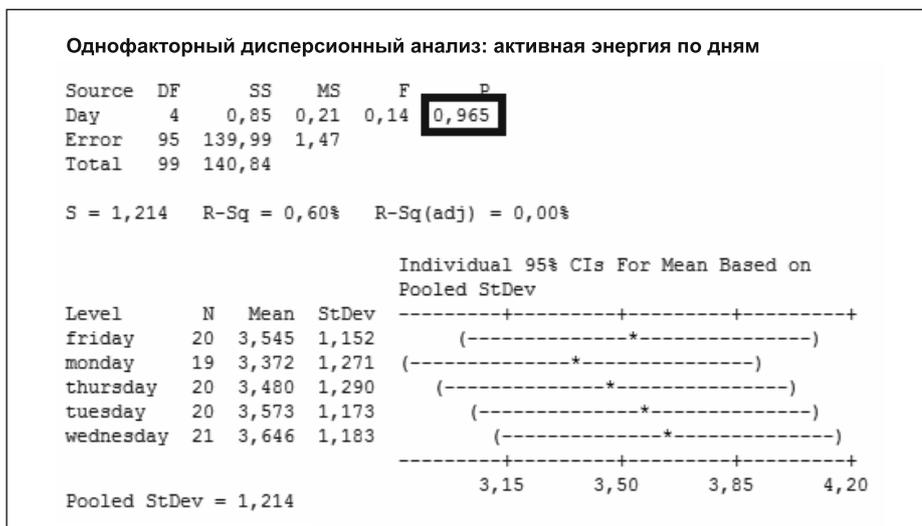


Рис. 11. Дисперсионный анализ посуточного потребления активной энергии при проведении исследований энергоэффективности

Для статистического подтверждения отличий был применён дисперсионный анализ (*Anova*), служащий одним из инструментов методики «шесть сигм» [16] (рис. 8).

Так как анализ посуточных данных даёт значение $p < 0,05$, можно признать наличие *Ha* (разности значений, полученных до и после внедрения нового метода). Наблюдается реальное различие между значениями, полученными до и после внедрения нового метода, и среднее потребление электроэнергии после внедрения упало на 40%.

Для подтверждения несовпадения месячных результатов был проведён соответствующий анализ (рис. 9).

Так как анализ помесечных данных даёт $p < 0,05$, можно признать наличие *Ha* (то есть данные, соответствующие по меньшей мере одному из месяцев (июню), отличны от остальных). Для наглядности, на рис. 10 приведён график помесечного потребления активной мощности. Экспериментальная часть данного исследования продолжалась около 5 месяцев, начавшись в июне и закончившись в октябре 2012 г. Представленные на рис. 10 данные получены с помощью энергоанализатора и программируемого интерфейса, в качестве исходной точки рассматриваются результаты, соответствующие одному месяцу. После начала работы системы (10 июня) наблюдалось резкое уменьшение энергопотребления.

Во время исследований работа установки ежедневно анализировалась (рис. 11).

5. Заключение

Как видно из графиков энергопотребления, ОУ со световодом и системой управления, содержащей ПЛК с подключённой к нему видеокамерой, обеспечивает экономию 40% энергии по сравнению с существующей традиционной ОУ.

Если проводить сравнение с результатами предшествующих исследований [14, 15, 17], естественное освещение в которых шло через окна и которые проводились примерно в таких же географических точках и при таких же условиях естественного освещения, то указанные 40% можно считать многообещающим достижением для установки совмещённого освещения подобного типа, в которой естественный свет поступает не напрямую, а в основном опосредованно.

Применение подобных установок на промышленных предприятиях может явиться энергосберегающей альтернативой установкам, работающим с автономными датчиками движения, и служить хорошим дополнением к системам управления, учитывающим естественное освещение. Установки этого типа могут реализовываться не только с *DALI*-управляемыми ПРА, но и с менее дорогостоящим управлением включением/выключением методом подачи напряжения 1–10 В.

Дальнейшие исследования должны направляться на измерения уровней энергосбережения и полных коэффициентов гармонических искажений тока и напряжения в случаях сниже-

ния искусственного освещения, когда измерения яркости говорят о достаточности естественного освещения.

Данная работа является результатом выполнения научно-исследовательского проекта 2012–50–02–043 Университета Сакарьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 2023 Energy goals of Turkey. URL: // <http://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Energy-Efficiency>, access date June 2015.
- Daylight in buildings a source book on day lighting systems and components / A Report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, 2000.
- THE EUROPEAN GREENLIGHT PROGRAMME. URL: // web site, <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/greenlight>, access date January 2013.
- Canada Green Building Council, LEED Green building rating system: reference package for new construction & major renovations: LEED Canada-NC version 1.0, Ottawa, Canada, Green Building Council, 2009.
- Turkish energy efficiency road map and goals, Koç University. URL: <http://www.enver.org.tr/UserFiles/Article/90dfee6d-4004-4165-99c0-5642a4e90ed0.pdf>, access date June 2015.
- TUIK, Turkey 2010 Energy Consumption Statistics, Ankara, 2012.
- BRE energy consumption guide 19, 2007.
- Guide F: Energy efficiency in buildings, Chartered Institute of Building Service Engineers, 1999.
- Krarti, M. Energy audit of building systems: an engineering approach. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000.
- National Resources Canada, Commercial/Institutional secondary energy use by energy source, end use and activity, Canada, 2000.
- Bertoldi, P., Ciugudeanu, C.N. Five Year Report of the European Greenlight Programme, EUR21648 EN, European Commission, DG JRC, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, 2005.
- International Energy Agency. Guidebook on energy efficient electric lighting, Annex45, 2009–12–09.
- European Parliament a Council, Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings, 16 December 2002.
- Гюлер Ё., Явуз С., Яникоглу Е. Определение реальных потенциальных возможностей экономии энергии в случае совмещённых осветительных установок – взгляд из Турции // Светотехника. – 2010. – № 3. – С. 51–56; Yavuz, C., Yanikoglu, E., Guler, O. Determination of Real Energy Saving Potential of Daylight Responsive Systems: A Case Study From Turkey // Light & Engineering. – 2010. – Vol. 18, No. 2. – P. 99–105.
- Гюлер Ё., Явуз Д., Яникоглу Е. Оценка систем управления совмещённым

освещением на основе результатов долгосрочных экспериментов // Светотехника. – 2013. – № 1. – С. 41–50; Yavuz, C., Yanikoglu, E., Guler, O. Evaluation Of Daylight Responsive Lighting Control Systems According to the Results of a Long Term Experiment // Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 4. – P. 75–83.

16. Minitab* 16.2.1* 2010 Minitab Inc. MINITAB* and MINITAB logo* are trademarks of Minitab Inc.

17. Onaygil, S., Güler, Ö. Determination of the Energy Saving by Daylight Responsive Lighting Control Systems with an Example from Istanbul // Building and Environment. – 2003. – Vol. 38, No. 7. – P. 973–977.



Муса Демирбаш (Musa Demirbas),

*M.Sc. (2003 г.).
Окончил в 1996 г.
Технический университет
Иылдыз.
Докторант (Ph.D.)
Научно-технического*

института Факультета электротехники и электронной техники Университета Сакарьи. С 1997 г. работает в научно-исследовательском отделе завода электроплит компании Arçelik A.Ş.



Туркер Федай Чауш (Turker Fedai Çavuş), Ph.D.

*(2004 г.). Окончил в 1995 г.
Стамбульский технический университет.
Доцент кафедры электротехники*

и электроники Университета Сакарьи. Научные интересы – применение освещения, надёжность электрических систем и высоковольтной техники. Член Турецкой палаты инженеров-электриков



Дженк Явуз (Senk Yavuz),

*Ph.D. (2010 г.).
Окончил в 2002 г.
Университет Сакарьи. Доцент кафедры электротехники и электроники Университета*

Сакарьи. Научные интересы – применение естественного освещения, экономия энергии в освещении, энергоэффективность и качество освещения. Член Турецкого национального комитета МКО

«Lighting Kazakhstan 2015»



27-29.10.2015 г. Алматы
5-я Казахская Международная выставка «Освещение, Светотехника и Светодиодные технологии»

Выставка «Освещение, Светотехника и Светодиодные технологии» – «Lighting Kazakhstan» является основной выставочной площадкой Казахстана в светотехнической области.

Перспективы для зарубежных компаний в освоении казахстанского светотехнического рынка открываются:

- практическим отсутствием конкурентной среды в производстве и поставке светотехнической продукции;
- отсутствием отечественных производителей;
- наличием на рынке Казахстана импортируемой светотехнической продукции низкого качества в ограниченном ассортименте и по значительно завышенной стоимости;
- существенным отставанием от развитых стран в области внедрения и спользования светодиодной продукции и энергосберегающих технологий;
- значительным потенциалом энергосбережения в Казахстане – по оценкам специалистов он составляет 30% от общего уровня энергопотребления.

Энергосберегающая светотехническая продукция становится главной темой казахстанских закупщиков и потребителей (наиболее потребляющие сферы – жилые, административные и общественные здания; промышленность).

Основными секторами выставки являются:

- Техническое освещение
- Декоративное освещение

- Освещение промышленных объектов различных отраслей
- Освещение улиц, подземных переходов, дорожных развязок, транспортных магистралей
- Ландшафтное освещение
- Освещение торговых залов, театров, мест отдыха и развлечений
- Источники света
- Светодиодное осветительное оборудование
- Дизайн и светотехническое проектирование
- Декоративные осветительные системы: световые сетки, гирлянды, завесы, электронные пушки и др.
- Светомузыка и световые эффекты
- Светодиодные табло и экраны
- Световой дизайн
- Системы управления освещением
- Аварийное освещение, дорожные знаки и светофоры
- Светотехника для транспортной инфраструктуры
- Компоненты и материалы для производства светотехнической продукции

Введение в действие с 2010 г. Таможенного союза Казахстана, России и Белоруссии открывает новые перспективы сотрудничества для казахстанских, российских и белорусских производителей и поставщиков светотехнического оборудования.

В настоящее время значительно возрос импорт/экспорт товаров в зоне действия Союза, включая и светотехническую продукцию в связи с упрощённой процедурой таможенной очистки и снижением транспортных расходов.

Визуализация как альтернатива испытаниям проектируемого освещения в реальных условиях

Р. КРУПИНЬСКИ¹

Кафедра светотехники электротехнического факультета Варшавского технического университета, Варшава, Польша

Аннотация

Сообщается о разработке метода моделирования освещения, занявшей более десяти лет с момента первого применения этого подхода. Хотя на это было затрачено так много времени, фотореалистичная компьютерная визуализация освещения всё ещё не нашла широкого применения. Последнее может объясняться сравнительно небольшим количеством публикаций на эту тему и ограниченным числом специалистов, обучающихся применению этого подхода к проектированию осветительных установок. Проектные организации, особенно связанные с архитектурным освещением, всё ещё предпочитают традиционные методы, основанные на проведении испытаний в реальных условиях с использованием реального осветительного оборудования. Сравняются оба эти метода и на примере сложного проекта освещения демонстрируются их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: освещение, освещение заливающим светом, светотехника, компьютерная графика.

Введение

Визуализация освещения представляет собой компьютерное графическое представление изображения проекта освещения с воспроизведением на экране компьютера или другом объекте как цветов, так и яркости. Современные мониторы компьютеров могут воспроизводить яркости, достигающие нескольких сотен кд/м^2 , тогда как создаваемые заливающим светом средние значения яркости составляют $10\text{--}20 \text{ кд/м}^2$. Это, конечно, не относится к некоторым исключениям, таким как внутреннее и уличное освещение, где можно столкнуться с изобра-

жениями светильников, яркости которых далеко выходят за границы этого диапазона.

В таких случаях оценка яркости может производиться так же, как в случае внутреннего [1, 2] или уличного [3] освещения. Но в общем случае можно утверждать, что светотехника – та область, в которой компьютерное моделирование может обеспечивать реальное воспроизведение освещения [4] и тем самым считаться фотореалистичным.

Моделирование освещения при помощи компьютерной графики известно и применяется более 10 лет. Оно всё ещё совершенствуется по мере появления новых методов и возможностей, позволяющих создавать геометрические модели. Кроме того, появились более совершенные и быстрые алгоритмы светотехнических расчётов. Всё это возможно благода-

ря очень быстрому развитию вычислительной техники. На заре существования 3-мерной визуализации проведение моделирующих расчётов одного варианта освещения занимал $10\text{--}20$ ч машинного времени. Теперь же, в зависимости от уровня сложности виртуальной сцены, количества используемого осветительного оборудования и, конечно, быстродействия компьютера, расчёты могут занимать всего несколько минут. Кроме того, при воспроизведении на экране результатов динамического моделирования могут меняться со временем и параметры освещения, и местоположения как светильников, так и видеокамер. Короче говоря, создаются анимации освещения.

2. Проектирование освещения заливающим светом посредством 3-мерной компьютерной графики

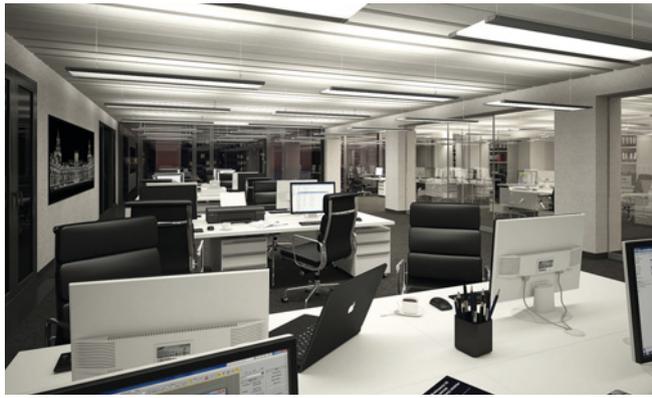
Разработанный автором проект освещения заливающим светом главного здания Варшавского технического университета (ВТУ) был первым в Польше, а, возможно, и в мире, проектом архитектурного освещения, выполненным методами компьютерной графики с использованием реалистичных моделей осветительного оборудования (рис. 1).



Рис. 1. Компьютерная модель освещения заливающим светом главного здания Варшавского технического университета – первая в Польше 3-мерная компьютерная модель освещения, сделанная в 1996 г.

¹ E-mail: rafal.krupinski@ien.pw.edu.pl.
Перевод с англ. Е.И. Розовского.

Рис. 2.
Фотореалистичная
модель внутреннего
освещения офиса



В 1996 г. 3-мерные компьютерные программы и светотехнические компании ещё не были готовы к реализации подобных проектов. Можно сказать, что так как использовалось всего 19 светильников, то не было никакого смысла проектировать архитектурное освещение заливающим светом посредством компьютерной графики. Проверку концепции освещения можно было успешно произвести в реальных условиях, но – и об этом не стоит забывать – только для данного варианта. В то время это было попыткой пополнить архитектурное проектирование новым методом проектирования освещения, позволяющим анализировать большое количество концепций освещения заливающим светом в виртуальной реальности. Основная проблема компьютерных приложений состояла в том, что при моделировании они не учитывали отражённый свет. При освещении архитектурных объектов игнорирование этого света не приводит к большим ошибкам, так как в большинстве проектов освещения отражённый свет не оказывает существенного влияния на точность моделирования. В настоя-

щее время при проектировании освещения архитектурных объектов этим методом часто бывает отказ от проведения расчётов на ранних стадиях проектирования. На практике, при выборе, размещении и нацеливании осветительных приборов (ОП), моделирование одной лишь прямой составляющей освещения также обеспечивает проектировщиков достаточно хорошим представлением картины освещения в режиме «онлайн». Графическое программное обеспечение не позволяло правильно задавать коэффициенты отражения и пропускания материалов реальных зданий. Однако основным недостатком этого метода была ограниченная возможность считывания основных характеристик освещения – освещённости и яркости, реализуемых в рамках рассматриваемой концепции. И светотехнические компании не учитывали возможность подобного способа проектирования. Они не предоставляли фотометрические файлы для своих осветительных приборов. При моделировании освещения заливающим светом или точечного освещения проектировщик был вынужден использовать тот набор источников

света, который имелся в программном обеспечении. Приложения позволяли только задавать углы расхождения лучей этих конкретных виртуальных «осветительных приборов». Визуализация была также основана на традиционных единицах измерения, а такие понятия, как сила света и световой поток, не использовались. Так что компьютерные модели представляли собой простые изображения, на основе которых можно было производить только общую оценку концепции. Провести полный светотехнический анализ было невозможно.

Современные компьютерные приложения содержат все перечисленные параметры [5]. Моделирование освещения отражённым светом и правильное описание материалов, обеспечивающее предоставление информации как о коэффициентах отражения и пропускания, так и о характере отражения, уже не являются проблемой [6, 7]. Как показано на рис. 2, визуализация может успешно применяться при проектировании внутреннего освещения и анализа осветительных установок на основе распределений яркости или силы света [8, 9], подобных изображённым на рис. 3.

Практически все светотехнические компании формируют полную базу фотометрических файлов для всех выпускаемых ими светильников. Файлы представлены, главным образом, в форматах *IES* или *LDT* (европейский формат файла, эквивалентный описанному в *IESNA LM-63*). Всё это делает возможной не только визуальную, но и количественную оценку проекта, осуществляемую на основе представленных в псевдоцветах распределений силы света или яркости. Каждое из значений яркости отображается своим цветом, оговорённым в пояснительной надписи к изображению. Результаты также могут представляться в серых тонах или в графическом виде с применением изокандел. Получаемые на основе этих данных средние уровни яркости могут считываться для выбранных плоскостей или точек. Это даёт возможность вести полный анализ проекта, проверять его точность как в части удовлетворения требований к уровню средней яркости [10], так и в части соблюдения принципов освещения архитектурных объектов заливающим светом в целом [11] и с выделением деталей [12, 13], и даже формировать генеральный

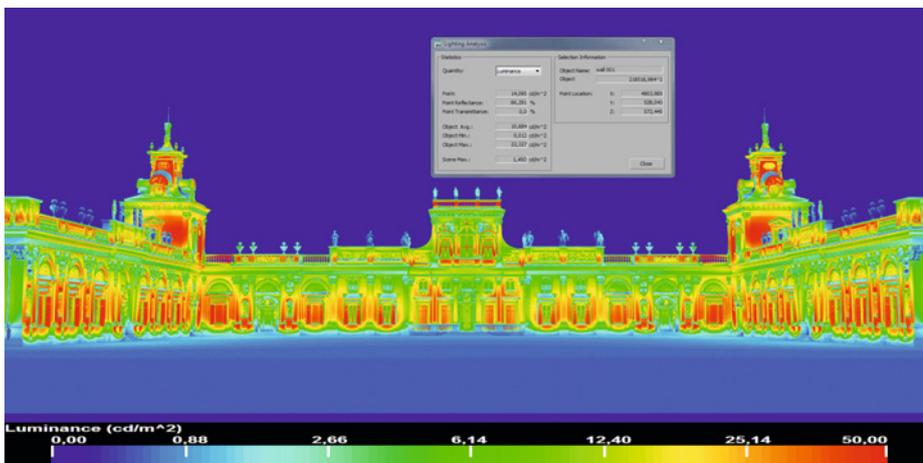


Рис. 3. Визуализация распределения яркости (проект освещения заливающим светом дворца-музея Виланов)



Рис. 4. Компьютерная модель освещения заливающим светом дворца-музея Виланов, вариант I

план освещения [14]. Распределение яркости в случае виртуального проекта освещения показано на рис. 3.

Посредством фотореалистичной визуализации был разработан один из последних проектов автора – проект освещения дворца-музея Виланов [15], который часто называют «Польским Версалем». Многогранный проект освещения этого дворца-музея заливающим светом был разработан на базе подготовленной ранее 3-мерной геометрической модели с использованием измеренных ранее коэффициентов отражения и пропускания материалов, которые применялись при возведении дворца. Ниже представлены только окончательная концепция и три её основных варианта. Путь, ведущий к созданию окончательного проекта освещения, был основан на выборе осветительного оборудования из предлагаемых разными компаниями вариантов, на расположении и нацеливании

этого оборудования. Это вряд ли можно было осуществить посредством полевых испытаний, проводимых в реальных условиях. Количество использованных ОП составляло, в зависимости от варианта, от 249 до 311 шт. Трудно представить, что кто-то из производителей осветительного оборудования имеет под рукой такое большое количество ОП, которые можно было бы использовать при проведении испытаний в реальных условиях.

Учитывая имеющиеся в здании точки и направления наблюдения, было решено использовать в этой концепции смешанный подход к освещению заливающим светом [11]. Профили, ведущие к верхнему карнизу, освещались заглублёнными в землю светильниками с МГЛ мощностью 70 Вт с максимальной силой света 3400 кд, углом излучения 40° и коррелированной цветовой температурой (КЦТ) 3000 К. Вариант I этой концепции

предполагал выделение светом ритма чередования колонн верхней части фасада. Освещение этих архитектурных элементов также осуществлялось с помощью заглублённых в землю светильников с МГЛ, имеющих ту же КЦТ. Светильники, установленные вдоль верхнего карниза, характеризовались углом излучения 10°, а для подчёркивания рельефа и архитектурных балясин использовалась система светящихся лент с СД. Цвет света соответствовал КЦТ МГЛ (3000 К). Главный выступ фасада освещался посредством общего освещения и имел большую по сравнению с остальными частями фасада яркость. Статуи и лужайки наверху здания освещались точно небольшими светильниками с СД. Две боковые башни освещались так, чтобы иметь повышенную яркость, подчёркивающую их глубину и высоту. Каждую из башен освещали по четыре прожектора с узким свето-



Рис. 5. Компьютерная модель освещения заливающим светом дворца-музея Виланов, вариант II, отказ от подчёркивания ритма колонн и тялястров



Рис. 6. Визуализация окончательной концепции освещения заливающим светом дворца-музея Виланов

вым пучком, в которых использовались МГЛ, причём два прожектора освещали фасад башни, а два других – её покрытое патиной навершие. Для подчёркивания голубовато-зелёного цвета покрытой патиной меди использовались МГЛ с большей КЦТ (до 4200 К). Компьютерное представление этой концепции приведено на рис. 4.

При реализации последней была замечена раздражающая неравномерность яркости карниза из-за наличия ОП, подчёркивающих чередование колонн и пилястров. Следующим шагом была попытка осветить только пилястры, воспользовавшись для этого ОП другого типа, и одновременно выделить промежутки между колоннами, в которых находятся бюсты и статуи. К сожалению, как показано на рис. 5, при этом не был полностью исключён эффект снижения яркости карнизов. Обсуждения возникшей проблемы с хранителем-реставратором привели к постепенному изменению концепции освещения. Оказалось, что освещение статуй и лужаек наверху дворца не могло быть реализовано при помощи предлагаемой осветительной установки по причинам, связанным с сохранностью здания. Кроме того, подчёркивание ритма пилястров и промежутков между колоннами получило отрицательную оценку, вследствие чего было принято решение отказаться от высвечивания этих архитектурных элементов прожекторами.

На рис. 6 продемонстрирован окончательный проект освещения. Результирующее освещение заливающим светом стало более мягким и согласованным, как это следует из рис. 3, отражающего соответствующее этому варианту распределение яркости.

Самым важным является то, что измеренная средняя яркость виртуального объекта составляет около 10 кд/м² и соответствует рекомендациям, которые содержатся в отчёте МКО [10].

Обсуждаемый проект служит демонстрацией того, насколько мощным инструментом в руках проектировщика освещения служит визуализация. Конечно, у неё есть и свои недостатки. На её реализацию уходит относительно много времени, и она требует наличия сложных и дорогостоящих компьютерных приложений, которые трудно освоить и использовать в полной мере. Время, требуемое для создания геометрической модели рассматриваемого объекта составляет примерно 100 ч. По завершении этого часто весьма трудоёмкого моделирования уточнение проекта освещения представляется гораздо менее трудоёмким, чем размещение осветительного оборудования на месте. Работа проектировщика преобразуется в использование файлов с фотометрическими данными, предоставляемых производителями светильников, и в надлежащее размещение и нацеливание светильников. Ограниченная возможность оценки блёскости всё ещё является недостатком компьютерного моделирования освещения. Это обусловлено двумя его базовыми особенностями. Первая из них связана с ограниченностью максимальных значений яркости, воспроизводимых проекторами и на экранах компьютеров, а вторая – с отсутствием информации о яркостях светильников. Файлы *IES* и эквивалентные им файлы *LDT* эти данные не содержат. Оценка яркости применительно к дискомфортной блёскости, световому загрязне-

нию и его проникновению внутрь зданий обычно возможна только на основе результатов измерений, подобных тем, которые осуществляются в смежных областях [3]. В принципе, методы, разработанные для оценки блёскости в случае уличного освещения, можно непосредственно распространять и на освещение архитектурных объектов, так что можно предположить, что упомянутые проблемы вскоре будут решены. Как бы то ни было, все недостатки теряются на фоне предоставляемых компьютерным моделированием преимуществ. Компьютерное моделирование предоставляет проектировщику возможность анализа практически бесконечного количества вариантов освещения с точки зрения удовлетворения существующих требований и рекомендаций, причём без забот о количестве используемого осветительного оборудования. Например, применительно к конкретному варианту освещения можно воспользоваться оборудованием, находящимся на стадии разработки. Если возникает необходимость проведения консультаций с хранителями-реставраторами и если здание находится под охраной государства, то этот метод обладает большими достоинствами, так как позволяет без ограничений во времени производить анализ большого числа вариантов. Он предоставляет как проектировщику, так и инвестору возможность выбора наилучшего проекта.

3. Испытания в реальных условиях

На 2-м Королевском фестивале света в Виланове, Варшава, [16] организаторы решили реализовать разра-



Рис. 7. Фотография реализации освещения заливающим светом дворца-музея Виланов во время 2-го Королевского фестиваля света, Варшава [16]

ботанный при помощи 3-мерной визуализации окончательный проект освещения.

На рис. 7 представлена сделанная в вечернее время фотография дворца, освещаемого заливающим светом. При сравнении компьютерной визуализации с реальностью следует учитывать, что картинка не прошла последующую обработку [17]. В данном случае не была проведена графическая обработка. Реализацию освещения дворца заливающим светом можно сравнить с результатом использования обычного метода проектирования освещения, основанного на проведении испытаний в реальных условиях. В течение двух дней до начала фестиваля света компания, ответственная за этот проект, собирала и временно размещала осветительную установку, содержащую почти 200 светильников, полученных от разных партнёров со всей Европы. Однако не было точного подобия между реальными и проектными распределениями силы света. Кроме того, КЦТ источников света отличались от проектных. От светотехнических компаний трудно ожидать способности «собрать» для занимающего всего несколько дней фестивального представления требуемые количество и ассортимент оборудования (которое в ряде случаев было нестандартным). Для неподвижного представления даже установка ОП не могла быть произведена именно в предусмотренных проектом местах. Эти обстоятельства демонстрируют слабые места этого метода, однако результаты сравнения достигнутого и планируемого эффектов могут считаться удовлетворительными. Вы-

сокие значения яркости соответствуют участкам над верхним карнизом, но это связано с использованием неподходящего осветительного оборудования. Вдоль карниза располагалась световая дорожка, состоящая из двух типов светильников с СД, ни один из которых не соответствовал проекту.

К сожалению, башни дворца были освещены не по проекту – реализация проектного освещения была невозможна при имеющемся осветительном оборудовании и трудности его установки. Следует отметить, что дворец находится в режиме консервации, и любое, даже временное, вмешательство в его конструктивную систему должно согласовываться.

Рассматривая ведущие к карнизу профили и сравнивая их с проектом, выполненным на основе фотореалистичной визуализации, следует отметить очень высокую схожесть результатов 3-мерного моделирования и испытаний в реальных условиях.

Компьютерное моделирование выполнялось с помощью программного обеспечения «Autodesk 3ds Max Design», являющегося одним из самых популярных при создании виртуальных сцен. Предоставляемые им возможности были оценены как кинопродюсерами, так и всеми пользователями, создающими неподвижные изображения, а также проектировщиками освещения.

Проводившиеся в рамках фестиваля испытания освещения дворца заливающим светом продемонстрировали надёжность метода моделирования. Конечно, всё зависит от качества визуализации, используемых алгоритмов вычислений и степени детализации

3-мерной модели. Что касается описываемого проекта, то все проектные параметры находились на высоком уровне. Это относится как к 3-мерной модели основной части объекта, так и к архитектурным элементам и скульптурам. Кроме того, было обеспечено точное моделирование коэффициентов отражения и пропускания материалов, значения которых были ранее измерены на реальном объекте.

Этот метод имеет множество достоинств, которые, конечно, внесли вклад в зрелищность представления. Согласно оценкам организаторов, трёхдневный фестиваль света в Виланове посетили 200000 человек, и освещение дворца произвело на них очень сильное впечатление.

Однако этот метод обладает и множеством недостатков. Его применимость ограничена. Если испытания освещения небольших объектов в реальных условиях ещё себе можно представить, то этот метод становится бесполезным в случае больших зданий, для освещения которых требуется много ОП. Хотя дворец Виланов и сравнительно невысок, его следует рассматривать как крупный объект с большим количеством архитектурных элементов. Что касается высоких зданий, то в их случае трудно представить себе проведение испытаний в реальных условиях при проектировании освещения архитектурных элементов. И особенно, если для их освещения используются прожекторы или если ОП устанавливаются на фасаде. Следующей проблемой является время, требуемое для подготовки к проведению испытаний. Если говорить о рассматриваемом проекте, когда доступ к ме-

стам установки светильников был не очень затруднён, а высота установки светильников была незначительной, то испытаниям в реальных условиях предшествовала двухдневная установка оборудования. Кроме того, нельзя и представить внесения в проект каких-либо изменений во время представления. С другой стороны, на основе фотографий, сделанных во время представления, некоторые изменения вносить можно [17].

Этот метод применяется к одному варианту освещения заливающим светом, и он ограничен как в количестве и типах светильников, которые могут использоваться во время представления, так и в возможности использования оборудования, которое светотехнические компании начали выпускать совсем недавно. Очередная проблема связана со временем года и погодными условиями, при которых могут проводиться испытания.

Заключение

Проект освещения дворца Виланов заливающим светом недвусмысленно показал, что проектирование архитектурного освещения при помощи визуализации 3-мерной модели в настоящее время наиболее удобно и надёжно. Если говорить об испытаниях в реальных условиях, то любые изменения подхода к освещению и расположения осветительного оборудования вызывают затруднения, особенно при использовании разрядных ламп, требующих время на остывание и повторное зажигание. Кроме того, переход при проведении испытаний к другой осветительной установке требует наличия сравнительно большого запаса осветительного оборудования. При сравнении визуализации описанного проекта с его испытаниями в реальных условиях разница результатов, конечно, заметна. Однако исходя из своего многолетнего опыта визуализации освещения, автор гарантирует, что при использовании именно включённых в проект светильников, их правильном расположении и нацеливании визуализация точно повторится в реальности. Трудно представить себе анализ нескольких вариантов освещения, использующих оборудование разных производителей, в рамках испытаний в реальных условиях, даже если эти испытания будут не столь сложными, как в рассмотренном случае. Кро-

ме того, трудно ожидать от инвестора и хранителя-реставратора, что во время непродолжительной демонстрации они смогут принять решение относительно выбора наиболее подходящей концепции освещения. А виртуальные изображения могут демонстрироваться, распечатываться и анализироваться без ограничений во времени.

Автор продолжает усовершенствовать метод визуализации путём реализации нескольких десятков проектов освещения заливающим светом [18–20], равно как и в процессе своей более чем десятилетней работы, тем самым совершенствуя этот метод и делая его всё более популярным. В настоящее время создание проекта посредством 3-мерной модели занимает довольно много, от десяти до нескольких сот, часов, в зависимости от сложности здания, однако следует ожидать постепенного сокращения этого времени. Сейчас автор занимается созданием нового метода моделирования, который позволит сократить продолжительность проектирования освещения заливающим светом до минимума и не потребует много времени для создания 3-мерной модели. Он также включает в себя исчерпывающую информацию о графических приложениях, предназначенную для проектировщиков освещения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tashiro, T., Kawanobe, S., Kimura-Minoda, T., Kohoko, S., Ishikawa, T., Ayama, M. Discomfort glare for white LED light sources with different spatial arrangements // Lighting Research and Technology. – 2014 – P. 1–22.
2. Sweater-Hickcox, K., Narendran, N., Bullough, J.D., Frayssinier, J.P. Effect of different coloured luminous surrounds on LED discomfort glare perception // Lighting Research and Technology. – 2013. – Vol. 45. – P. 464–475.
3. Słomiński, S. Laboratoryjne pomiary luminancji LED-owych i sodowych wysokoprężnych opraw oświetlenia ulicznego pod kątem określenia oślnienia przykrego // Przegląd Elektrotechniczny. – 2013. – No. 10. – P. 281–284.
4. Нарбони Р. Генеральный план освещения исторического центра Иерусалима // Светотехника. – 2012. – № 1. – С. 19–23; Narboni, R. The old city of Jerusalem lighting master plan // Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 1 – P. 50–57.
5. Krupiński, R. Modelowanie 3D dla potrzeb iluminacji obiektów // Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011 (ISBN978 83 7207 961 9).
6. Krupiński, R. Istotne etapy wykonywania wizualizacji komputerowych oświetlenia i ich wpływ na dokładność // Przegląd Elektrotechniczny. – 2009. – No. 11. – P. 297–299 (ISSN0033-2097).

7. Krupiński, R. Projektowanie iluminacji na podstawie trójwymiarowego obiektu geometrycznego // Przegląd Elektrotechniczny. – 2012. – No. 04a. – P. 212–214 (ISSN15066223).

8. Żagan, W., Krupiński, R. Oświetlenie pośrednie-wnękowe // Przegląd Elektrotechniczny – 2012. – No. 04a. – P. 204–208 (ISSN15066223).

9. Дехофф П. Качество освещения и энергоэффективность не противоречат друг другу // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 64–68; Dehoff, P. Lighting quality and energy efficiency is not a contradiction // Light & Engineering – 2012. – Vol. 20, No. 3. – P. 34–39.

10. Guide for Floodlighting, CIE94–1993 (ISBN978 3 900734 31 2).

11. Żagan, W. Iluminacja obiektów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003 (ISBN83 7207 360 0).

12. Krupiński, R. Iluminacja zespołów obiektów architektonicznych, rozprawa doktorska Politechniki Warszawskiej, 2003.

13. Kolodziej, M. Iluminacja neogotyckich obiektów architektury sakralnej, rozprawa doktorska Politechniki Warszawskiej, 2008.

14. Быстрянцева Н.В. Современное состояние проектирования световой среды городов // Светотехника. – 2011. – № 1. – С. 43–47; Bystryanczeva, Natalia V. Current state of urban luminous medium design // Light & Engineering. – 2011. – Vol. 19, No. 3. – P. 53–59.

15. Wilanów Palace Museum webpage. URL: <http://www.wilanow-palac.pl>.

16. Royal Festival of Light in Wilanów. URL: <http://www.festivalswiatla.wilanow.pl>.

17. Słomiński, S. The correct image of illuminated object registration – problems arising from software capabilities and equipment limitation // Przegląd Elektrotechniczny. – 2013. – Vol. R. 89, No. 8. – P. 259–261 (ISSN0033 2097).

18. Krupiński, R. Nowe projekty iluminacji zrealizowane w Zakładzie Techniki Świetlnej // Przegląd Elektrotechniczny. – 2011. – No. 04. – P. 63–65 (ISSN0033 2097).

19. Krupiński, R. Iluminacja obiektów użyteczności publicznej na przykładzie ratusza w Jaworze // Przegląd Elektrotechniczny. – 2014. – No. 01. – P. 273–276 (ISSN0033 2097).

20. URL: <http://www.rfalkrupinski.com>.



Рафал Крупиński (Rafał Krupiński),
Ph. D. Окончил в 2003 г. Варшавский технический университет. Доцент кафедры светотехники электротехнического факультета

Варшавского технического университета. Специалист в области проектирования освещения заливающим светом методами компьютерного графического моделирования, над популяризацией и усовершенствованием которых он непрерывно работает

Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры

А.А. ЕМЕЛИН, Л.Б. ПРИКУПЕЦ¹, И.Г. ТАРАКАНОВ

ООО «ВНИСИ имени С.И. Вавилова», ООО «БЛ ТРЕЙД», ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

Аннотация

Утверждая, что в настоящее время нет альтернативы экспериментальному методу поиска наиболее благоприятного спектра оптического излучения для выращивания определённых видов растений, авторы провели фотобиологические исследования в условиях светокультуры салата в фитотроне РГАУ – МСХА. В эксперименте использовались облучатели с НЛВД, а также с белыми и цветными (красно-синими) СД. Полученные результаты позволяют надеяться на снижение в перспективе на 40–45% затрат электроэнергии при использовании красно-синих фитооблучателей со светодиодами для выращивания салата в промышленных теплицах.

Ключевые слова: светодиод, светокультура, облучательная установка, световые кривые, салатно-зеленные культуры, фотобиологический эксперимент, НЛВД, фотосинтезный фотонный поток.

1. Введение

Появление светодиодных источников излучения позволяет надеяться на претворение в жизнь «сокровенной мечты» фотобиологов, светотехников и специалистов в области тепличного растениеводства о создании источников света с «оптимальным» спектром излучения для выращивания определённых видов растений [1–3]. Вполне логичным представляется выбор в качестве первого объекта для решения этой задачи зеленых салатных культур, относящихся к растениям с коротким периодом вегетации (25–30 суток), производящим полезную биомассу в виде листьев.

С определёнными допущениями, скорее, в порядке условной математической иллюстрации, конечную реакцию растений на действие оптического излучения (ОИ) можно записать в виде интегральной функции

$$N = q \cdot \eta_{\text{эф}} \times \int_{400}^{700} E_v(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdot K_{\text{ф}}(\lambda) \cdot d\lambda,$$

где $E_v(\lambda)$ – спектральная плотность облучённости на поверхности ценоза от источника излучения области ФАР (400–700 нм), $\alpha(\lambda)$ – спектральный коэффициент поглощения листьев, $K_{\text{ф}}(\lambda)$ – спектр действия фотосинтеза, N – сухой вес растений, T – продолжительность облучения, $\eta_{\text{эф}}$ – КПД синтеза сухой биомассы, q – энергетическая ценность сухой биомассы.

Характерные спектральные функции $K_{\text{ф}}(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$ представлены на рис. 1. Их вид побудил целый ряд производителей предложить для выращивания салатно-зеленных культур облучатели с комбинацией красных и синих СД, причём доля излучения в красной части спектра (630–690 нм) составляет 65–95%, а в синей (430–470 нм) – остальные 5–35% [4–6].

При этом неизменно утверждалось, что использование новых красно-синих облучателей с СД способно обеспечить существенно большую энергоэффективность и продуктивность растений по сравнению с применяемыми в тепличном растениеводстве в настоящее время светильниками с НЛВД.

В связи с этим приходится напомнить, что в практической фотобиологии давно уже доказан факт отсутствия, в большинстве случаев, корреляции между интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью растений, а проблема интеграции фотосинтеза и роста в продукционном процессе в значительной мере определяется организацией и регуляцией донорно-акцепторных отношений [7].

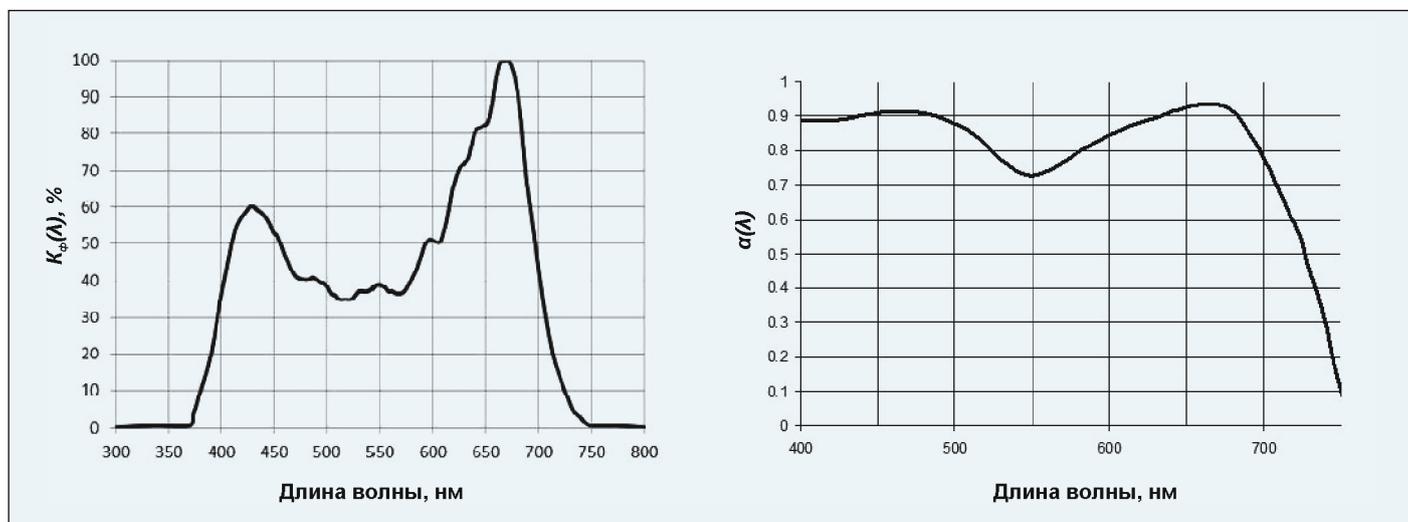


Рис. 1. Относительный спектр действия фотосинтеза (а) и спектральный коэффициент поглощения листьев (б)



Рис. 2. Внешний вид облучателя с красными и синими СД

В решении задачи поиска наиболее благоприятного спектра ОИ для определённого вида растений в настоящее время нет альтернативы экспериментальному пути. Именно он должен обеспечить получение результатов, на основе которых могут быть выработаны обоснованные требования к основным светотехническим параметрам фитооблучателей с СД.

По-видимому, важным и необходимым в этой связи явился этап пробных экспериментов, выполненных в ряде зарубежных исследовательских центров, в которых, как правило, при одном уровне освещённости (облучённости) сравнивалась продуктивность салатных культур при использовании «традиционных» источников света и цветных СД [8, 9]. Полученные при этом результаты не подтверждали радикальных преимуществ «цветных» композиций облучателей с СД и не учитывали энергетические параметры облучательной установки (ОУ).

С учётом изложенного авторами была поставлена задача провести собственные фотобиологические исследования в фитотроне кафедры физиологии растений РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

2. Методика и условия исследований и используемое оборудование

План исследований предусматривал проведение фотобиологического эксперимента по классической схеме, позволяющей получать «световые кривые» продуктивности растений салата, то есть зависимости последней от уровня освещённости (облучённости) от источников излучения с раз-



Рис. 3. Относительная спектральная плотность горизонтальной облучённости в 1,5 м от облучателя с белыми СД

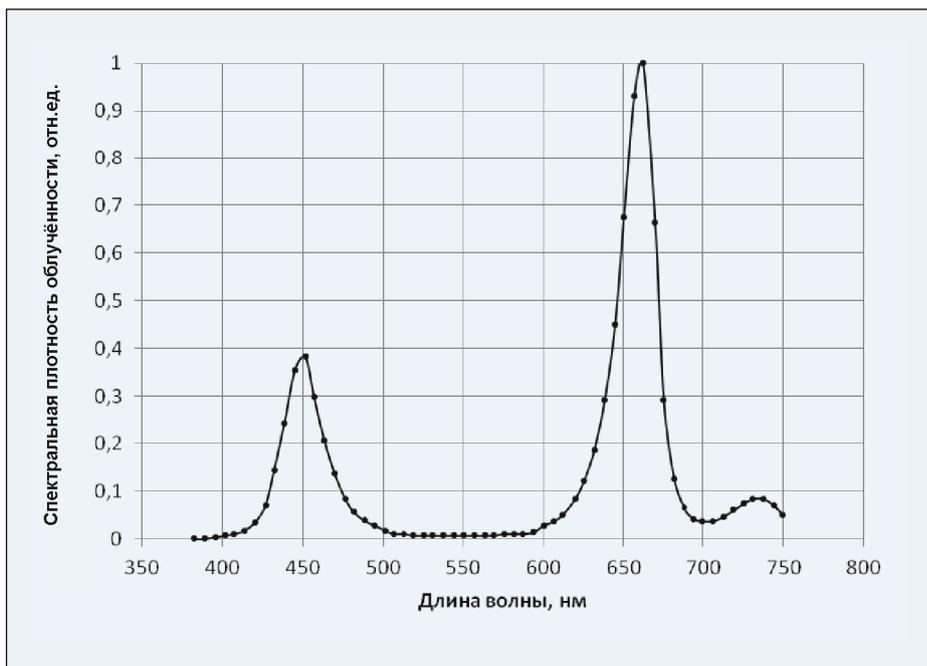


Рис. 4. Относительная спектральная плотность горизонтальной облучённости в 1,5 м от облучателя с красными и синими СД

ными спектрами. С учётом минимизации затрат было решено ограничиться тремя уровнями освещённости (облучённости) для каждого спектрального варианта и провести, соответственно, по три серии вегетаций.

Температура в фитотроне поддерживалась в пределах (24 ± 2) °С днём и (18 ± 2) °С ночью, влажность воздуха – $(85 \pm 5)\%$, фотопериод – 18 ч в сутки. Растения салата по 3 шт. выращивали на субстрате на основе нейтрального верхового торфа, за-

правленного удобрениями. Полив растений вели ежедневно до первой капли.

Сосуды с растениями размещали на столах размером 100×100 см каждый. В эксперименте, как указано выше, использовались три типа облучателей: аналоги используемых в теплицах для выращивания салата облучателей с НЛВД компании Osram серии «PlantaStar» мощностью 400 и 250 Вт (контроль), светильник типа ДОО1–80×1–04 Galad с белыми СД (коррели-

рованная цветовая температура (КЦТ) 5000 К) и изготовленный на его основе экспериментальный облучатель с композицией красных и синих СД.

Данный облучатель (рис. 2) состоит из 4-х «линеек» мощностью по 20 Вт каждая, общая потребляемая мощность – 95 Вт. В нём использовались СД серии «XR-C» мощностью 1 Вт компании Cree (США) красного и синего света, при этом доля красного излучения составляла 70, а синего – 30%. Спектры излучения облучателей приведены на рис. 3 и 4. Угол наклона боковых модулей СД-линеек приборов ДОО1–80×1–04 мог изменяться, что оказалось весьма удобным для обеспечения требуемой равномерности освещения (облучения) технологической поверхности. Облучатели подвешивали на необходимой высоте над поверхностью столов, высота регулировалась в пределах 50–120 см, позволяя обеспечивать требуемую освещённость (облучённость).

Все сорта салатов выращивали в течение 25 дней от рассады, полученной в идентичных условиях, до готовой продукции. По окончании срока вегетации стандартными методами определяли средние сырой и сухой веса полезной биомассы (листьев) на сосуд. Биологическая повторность – четырёхкратная (4 сосуда на вариант).

В репрезентативной технологической зоне выращивания салата изменение освещённости (облучённости) не превышало $\pm 10\%$ от среднего значения. На рис. 5 приведены фотографии фито-установок с разными облучателями.

Для исследования были отобраны 2 сорта салата – Афицион и Кармези, отличающиеся высокой продуктивностью и используемые в промышленных теплицах.

Исходя из собственных экспертных оценок и технологических требований к «салатным линиям» промышленных теплиц, для НЛВД и белых СД был принят диапазон варьирования освещённости в пределах 8–18 клк. В связи с тем, что использование системы световых величин для облучателей с красно-синим спектром едва ли возможно, для измерения облучённости мы пользовались фотосинтезной фотонной системой величин, используемой в Нидерландах, США и ряде других стран, но в России пока не получившей распространения. В этой системе облучённость



Рис. 5. Фотографии фито-установок, смонтированных для проведения эксперимента в РГАУ – МСХА. Слева направо: с «красно-синими» и белыми облучателями с СД и с облучателями с НЛВД

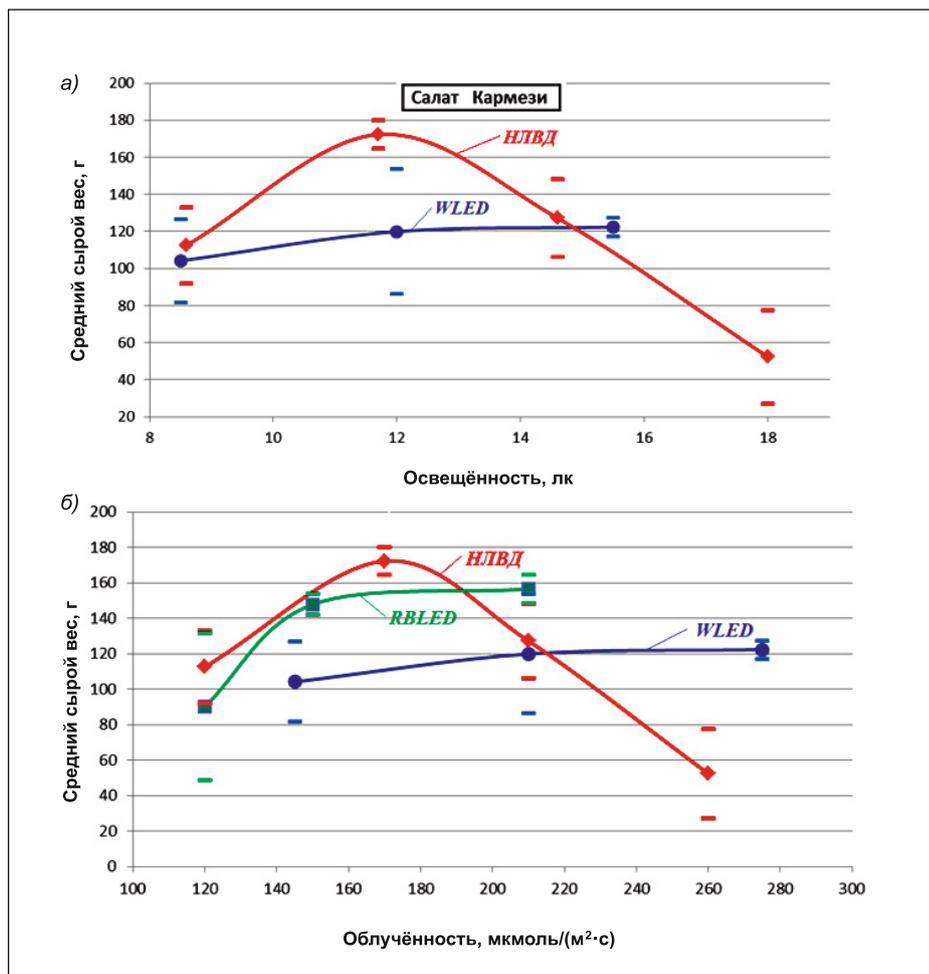


Рис. 6. Зависимость продуктивности салата сорта Кармези (г/сосуд) от освещённости (а) и фотосинтезной фотонной облучённости (б) от белых (WLED) и «красно-синих» (RBLVD) облучателей с СД и облучателей с НЛВД (НЛВД)

определяется как поверхностная плотность потока фотонов и измеряется в единицах мкмоль/(м²·с). На основе анализа данных зарубежных опытов

и собственных оценок в этом случае был выбран диапазон облучённости 100–300 мкмоль/(м²·с). Безусловно, чтобы получить данные для сравне-

Таблица

Вариант облучателя	H , (мкмоль·с ⁻¹)/Вт	$\eta_{обл}$	u_{OU}
Облучатель с НЛВД	1,85	0,9	0,9
Облучатель с красно-синими СД	2,24	1	0,9

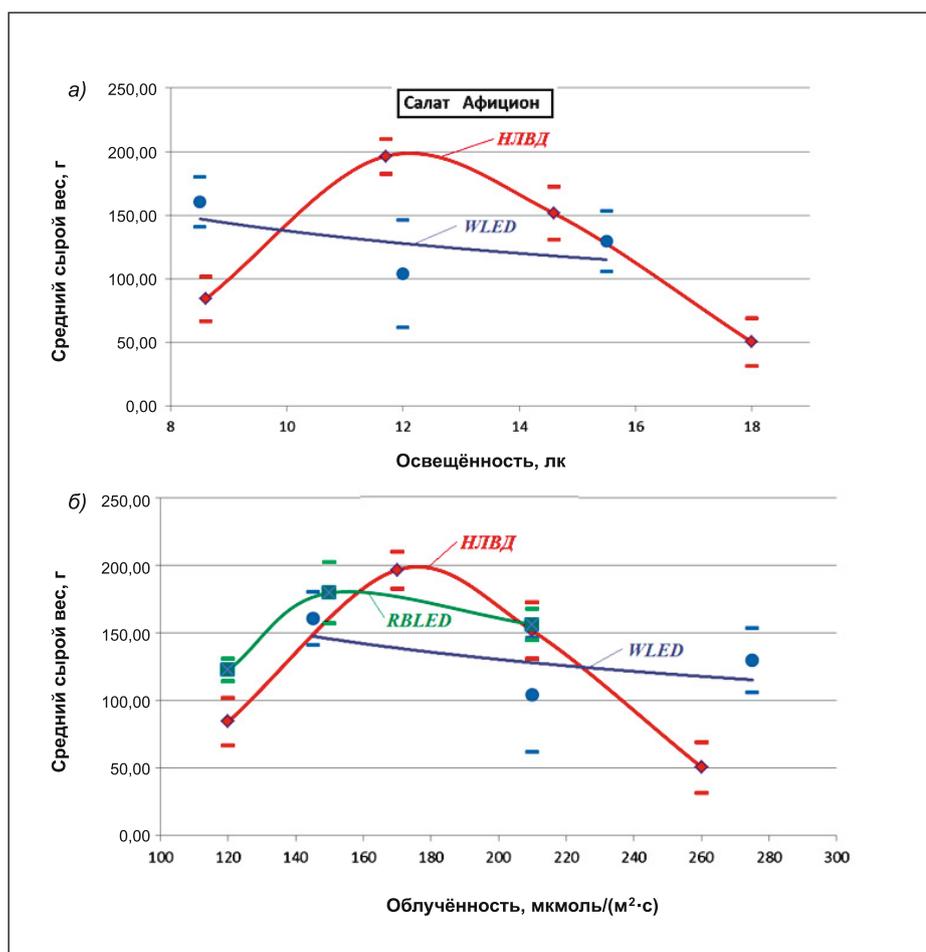


Рис. 7. Зависимость продуктивности салата сорта Афицион (г/сосуд) от освещённости (а) и фотосинтезной фотонной облучённости (б) от белых (WLED) и «красно-синих» (RBLED) облучателей с СД и облучателей с НЛВД (НЛВД)

ний, для измерения облучённости от облучателей с НЛВД и белыми СД наряду с фотометрической использовалась и фотосинтезная фотонная система. Экспериментально установленная связь между освещённостью, измеряемой в клк, и облучённостью, измеряемой в мкмоль/(м²·с), для облучателей с НЛВД и белыми СД описывалась, соответственно, следующими соотношениями:

$$E_v^{НЛВД} [\text{лк}] \approx 68-75 \cdot E_{ppf}^{НЛВД} [\text{мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})],$$

$$E_v^{\text{бел.СД}(5000\text{К})} [\text{лк}] \approx 55-60 \cdot E_{ppf}^{\text{бел.СД}(5000\text{К})} [\text{мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})].$$

Для измерения освещённости мы пользовались люксметром «ТКА-Люкс» (компания «ТКА», Санкт-Петербург), а для измерения фотосинтезной облучённости – прибором «Quantum Meter» (компания Spectrum Technologies, Inc., США).

3. Анализ результатов исследований

Результаты исследований представлены на рис. 6 и 7 в виде серии световых кривых, связывающих продуктивность растений N с освещённостью E_v или фотосинтезной фотонной облучённостью E_{ppf} . Под продуктивностью в нашем случае понимается средний вес полезной биомассы растений салата из одного горшочка, ана-

логичного используемым в промышленных теплицах.

Анализ полученных данных позволяет говорить о наличии как общих закономерностей в реакции растений на уровень освещённости (облучённости) и спектр излучения, так и различий для каждого сорта салата. Отметим, что «классический» (наличие выраженного максимума продуктивности) вид для всех сортов салата имеют только световые кривые, полученные для облучателей с НЛВД и, в какой-то мере, с красными и синими СД.

Несмотря на достаточно длительное использование облучателей с НЛВД в ОУ для светокультуры салата, в литературе практически отсутствуют данные, обосновывающие выбор предпочтительной освещённости для салатных линий в теплицах. Например, в центре России в разных тепличных хозяйствах он может колебаться от 8 до 14–15 клк. В наших экспериментах показано, что наибольшая продуктивность всех трёх сортов салата обеспечивается при использовании облучателей с НЛВД при E_v порядка 12 клк (~170 мкмоль/(м²·с)), что, безусловно, представляет большой интерес для тепличных хозяйств.

В экспериментах с красно-синей комбинацией СД максимальная или близкая к ней продуктивность достигалась при несколько меньшей фотонной облучённости (порядка 150 мкмоль/(м²·с)) для обоих исследуемых сортов салата. Результаты по продуктивности, достигнутые при использовании излучения СД белого света с КЦТ 5000 К, уступали достигнутым в случаях НЛВД и красно-синей комбинации СД.

В целом вариант спектра, соответствующий НЛВД, оказался более эффективным, обеспечивая самую высокую продуктивность растений. Это несколько противоречит возникшим в последнее время поверхностным представлениям, что оптимальный спектр источника излучения должен быть по форме близок к спектру действия фотосинтеза. Напомним в связи с этим, что на процесс фотосинтеза уходит не больше 5–8% энергии поглощённого излучения, а продуктивность растений – сложный продукт воздействия излучения широкого спектрального диапазона. В частности, весьма важным для листовых растений, к которым относятся салатные культуры, является ближнее ИК

излучение НЛВД, поглощаемое листьями и влияющее на температуру и транспирацию последних.

Полученные зависимости продуктивности салата от спектральных характеристик и интенсивности падающего на ценоз излучения (рис. 6 и 7) – в известной мере «рафинированные»: не учитывают энергетические затраты по обеспечению определённого уровня освещения (облучения).

Задача практического использования результатов исследования делает необходимым выполнение соответствующих расчётных оценок для основных сравниваемых вариантов, то есть облучателей с НЛВД и комбинацией красных и синих СД. Данные оценки выполнялись по выражению

$$P_1 = \frac{E_{ppf}}{H \cdot \eta_{obl} \cdot u_{OU}}$$

где P_1 – установленная удельная мощность ОУ в теплице, Вт/м²; E_{ppf} – фотосинтезная фотонная облучённость, мкмоль/(м²·с); H – фотосинтезный фотонный поток источника излучения, отнесённый к сумме мощности и активных потерь в ПРА (фотосинтезная фотонная отдача), (мкмоль·с⁻¹)/Вт; η_{obl} – КПД облучателя; u_{OU} – коэффициент использования ОУ.

При расчётах использовались самые высокие из достигнутых значений H , как для НЛВД «PlantaStar» мощностью 600 Вт [10], так и для аналогичного параметра «красно-синего» облучателя с СД [11], а также данные по η_{obl} и u_{OU} , достигнутые на практике. Указанные значения приведены в таблице.

На рис. 8 приведены зависимости N от P_1 для двух основных сравниваемых вариантов для салатов Кармези и Афицион.

Как видно, замена шкалы E_{ppf} на шкалу P_1 приводит к определённой трансформации световых кривых. Становится более очевидным, что близкие, с учётом погрешности эксперимента, данные по продуктивности салатных культур могут получаться при использовании облучателей с красными и синими СД при установленной мощности на 30–35% меньшей, чем в случае облучателей с НЛВД. Это существенно повышает энергоэкономичность технологии светокультуры салата, где затраты на электроэнергию в себестоимости до-

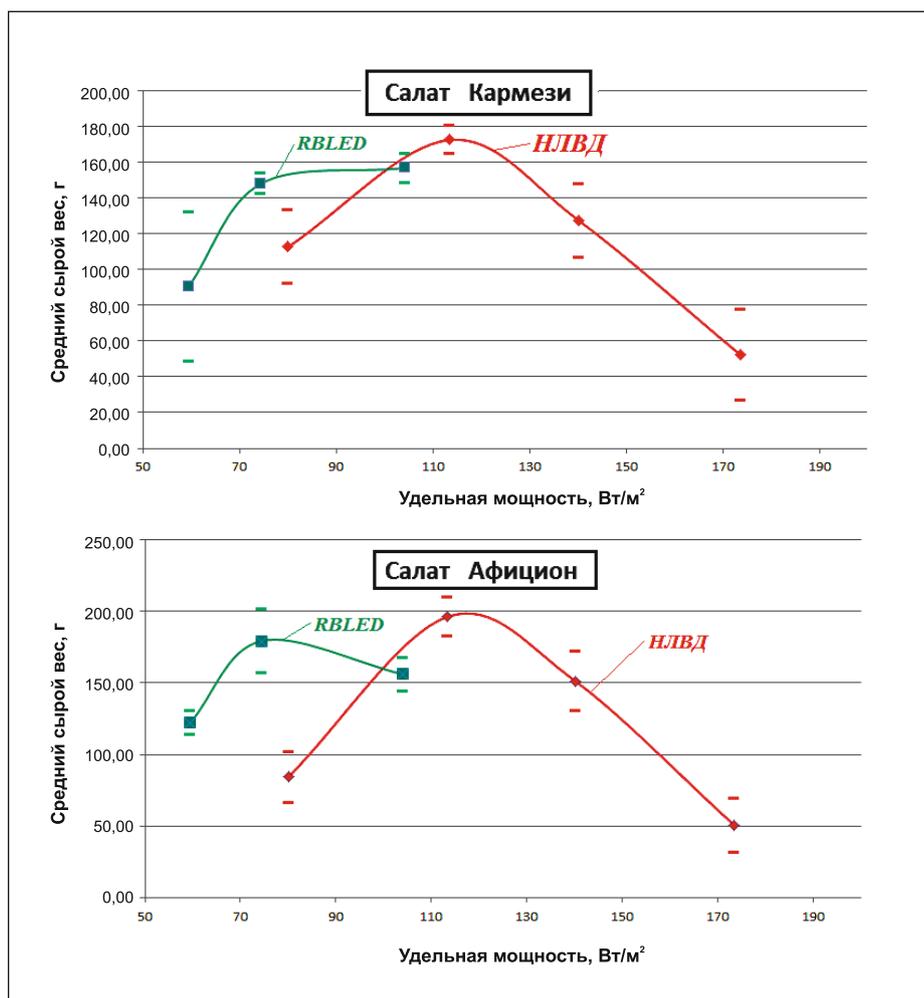


Рис. 8. Зависимость продуктивности разных сортов салата от удельной установленной мощности фито-установки с «красно-синими» облучателями с СД (RBLED) и с облучателями с НЛВД (НЛВД)

стигают 50%. Отметим, что, по существующим прогнозам [11], фотонная отдача красных и синих СД в ближайшие годы может возрасти ещё на 30%, что позволит снизить удельную установленную мощность в ОУ с СД, в сравнении с НЛВД, на 40–45%.

Ответ на вопрос, что препятствует в таком случае массовому внедрению облучателей с СД в тепличное растениеводство, очевиден. Разница цен облучателей с СД и существующих облучателей с НЛВД столь высока, что срок окупаемости подобной замены – не менее 6–7 лет [12]. Финансовые события последнего времени только усугубляют эту ситуацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прикупец Л.Б., Тихомиров А.А. Оптимизация спектра излучения при выращивании овощей в условиях интенсивной светокультуры // Светотехника. – 1992. – № 3. – С. 5–7.

2. Тихомиров А.А., Лисовский Г.М., Сидько Ф.Я. Спектральный состав света и продуктивность растений. – Новосибирск: «Наука», 1991. – 167 с. 3.

3. Tarakanov, I., Yakovleva, O., Kononova, I., Paliutina, G., Anisimov, A. Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production // Acta Horticulturae. – 2012. – Vol. 956. – P. 171–178.

4. Освещение светодиодами для теплиц. Каталог Phillips, изд. 09/2013.

5. URL: <http://kodosvet.ru/led-light-fixtures> от 25.02.2015 (дата обращения: 15.03.2015).

6. Plant Growth with LED Lighting. Каталог Parus (Южная Корея), изд. 05/2014.

7. Мокронос А.Т. Взаимосвязь фотосинтеза и функции роста // В кн.: Фотосинтез и производственный процесс. М.: Наука, 1988. – С. 109–121.

8. Sase, S., Mito, C., Okushima, L., Fukuda, N., Kanosaka, N., Sekiguchi, K.,

Odawara, N. Effect of overnight supplemental lighting with different spectral LEDs on the growth of some leafy vegetables // *Acta Horticulturae* – 2012. – Vol. 956. – P. 327–333.

9. *Lee, J.S., Lim, T.G., Kim, Y.H.* Growth and phytochemicals in lettuce as affected by different ratios of blue to red radiation // *Acta Horticulturae*. – 2014. – Vol. 1037. – P. 843–848.

10. Лампы «PlantaStar». Каталог Osram, 2014.

11. *Тон тен Хааф* (Light Interaction (Holland)), Всё о лампах досвечивания / Доклад на научно-техническом семинаре Ассоциации «Теплицы России», г. Малоярославец, 13.03.2014 г.

12. *Прикупец Л.Б., Емелин А.А.* Использование облучателей на основе светодиодов для светокультуры салата: экономический аспект // Теплицы России. – 2013. – № 2. – С. 66–68.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА НА ПМЭФ – 2015

С 18 по 20 июня 2015 г. в выставочном комплексе «Ленэкспо» с большим успехом прошёл 19-й ежегодный ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ. Его девиз – «ВРЕМЯ ДЕЙСТВОВАТЬ: СОВМЕСТНЫМИ УСИЛИЯМИ К СТАБИЛЬНОСТИ И РОСТУ!» Несколько цифр касательно этого мероприятия: 7500 участников из 114 стран, 42 делегации, 190 глав крупнейших корпораций, 72 мероприятия, на которых выступило около 500 докладчиков, 205 соглашений на сумму 293,3 млрд руб. В подготовке Форума участвовало 25000 человек. Аккредитовано 2000 журналистов.

Программа ПМЭФ – 2015 была обширна и разносторонняя и затрагивала ключевые вопросы мировой экономики. Большое внимание на Форуме было уделено и сердцу хозяйственной деятельности любой страны – её электроэнергетике. Краткие и принципиальные сообщения о некоторых её аспектах. Одним из кульминационных событий Форума, начиная с 2003 г., является вручение Президентом России МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРЕМИИ «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ». В этом году премии были удостоены двое учёных из США:

Сюдзи Накамура – профессор Калифорнийского университета, «За изобретение, коммерциализацию и развитие энергоэффективного белого освещения светодиодами». До 1990-х годов производители светодиодов могли выпускать только красные, жёлтые и зелёные диоды.

Джанаянт Балига – профессор университета Северной Каролины «За изобретение, разработку и коммерциализацию биполярного транзистора

с изолированным затвором, который является одной из наиболее важных инноваций в области управления и распределения управления и распределения электроэнергии».

С 2003 г. лауреатами премии стали 33 учёных из 10 стран. В 2015 г. премиальный фонд составил 33 млн руб.. Решение по выбору лауреатов принимает Международный комитет по присуждению премии «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ», в состав которого входят 25 авторитетных учёных из 13 стран.

На других многочисленных мероприятиях форума – деловых круглых столах, панельных сессиях, брифингах, саммите информационных агентств, арене, деловых завтраках, теледебатах «Россия 24» и др. – в той или иной степени затрагивались и вопросы электроэнергетики. Например: Минэнерго РФ и ОАО «Роснано» договорились о совместной работе по внедрению инновационных технологий и новых материалов в российскую энергетическую отрасль и по снижению зависимости топливно-энергетической отрасли от импорта технологий и оборудования; при поддержке ОАО «Россети» обсуждалась проблема энергоинтеграции Европы, России и Азии; значительное внимание было уделено росту и развитию атомной энергетики в условиях меняющегося глобального рынка, новым реалиям нефтегазовой отрасли, старту проекта «Федеральный испытательный центр» в п. Белоостров; не остался без внимания и вопрос энергосбережения.

Е.А. Лесман, инженер, корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге, участник ПМЭФ - 2015



Емелин Андрей Александрович, магистр. Окончил с отличием в 2014 г. магистратуру кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ». Инженер ООО «ВНИСИ имени С.И. Вавилова»

и технический консультант ООО «БЛ ТРЕЙД»



Прикупец Леонид Борисович, канд. тех. наук. Окончил с отличием в 1970 г. МЭИ. Зав. лабораторией ООО «ВНИСИ имени С.И. Вавилова» и ведущий

технический консультант ООО «БЛ ТРЕЙД»



Тараканов Иван Германович, доктор биол. наук, профессор. Окончил в 1978 г. МСХА имени К.А. Тимирязева. Зав. кафедрой «Физиология растений» ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Подписывайтесь на журнал

Светотехника

На 2-е полугодие 2015 года

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

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

Исследование предпочтений по освещённости и коррелированной цветовой температуре в офисном освещении светодиодами

Р.Р. БАНЬЯ¹, Э. ТЭТРИ, Л. ХАЛОНЕН

Университет Аалто, Эспоо, Финляндия

Аннотация

Для исследования предпочтительного сочетания освещённости E и коррелированной цветовой температуры T_u , а также предпочитаемой разными этносами T_u в офисном освещении, в освещённом светильниками со светодиодами (СД) помещении офиса был проведён масштабный эксперимент. 53 наблюдателя из 3-х этнических групп (азиаты, европейцы и африканцы) оценивали девять режимов освещения после выполнения разных офисных работ. Сочетание E 750 лк и T_u 4000 К оказалось статистически самым предпочтительным в офисном освещении. Было также установлено, что ощущение яркости с повышением T_u растёт и что более высокие T_u людей стимулируют лучше. Европейская группа предпочла офисное освещение с T_u 4000 К, тогда как предпочтения азиатской и африканской групп составили 4000–5000 К и зависели от E .

Ключевые слова: освещённость, коррелированная цветовая температура, СД, освещение, освещение офисов.

1. Введение

Предпочтения в освещении обусловлены большим количеством реакций людей на свет, таких как ощущение комфорта, эстетичность восприятия и работоспособность [1]. Обеспечение предпочтительного офисного освещения оказывает положительное влияние на работников, приводя к повышению работоспособности, производительности труда, творческих возможностей и улучшению социального поведения [2–4]. Освещённость E и коррелированная цветовая температура T_u – две важные характеристики света, которые следует учитывать при рассмотрении человеческого

зрительного восприятия [5]. Значения E в помещениях нормируются, а значения T_u нет. В то же время T_u – важная составляющая цветового облика пространства.

Евростандартом [6] рекомендуется для неспециализированных офисов E 500 лк. Для определения предпочтительной E офисов был проведён целый ряд исследований. В работах [7–9] сообщалось, что предпочтительная E выше рекомендуемого уровня, тогда как другие исследования [10–12] продемонстрировали предпочтительность значений E в офисных помещениях ниже рекомендуемого. Так что литература даёт противоречивые сведения о предпочитаемых уровнях E в офисах. Исследования влияния T_u на разные стороны восприятия освещения говорят о том, что T_u влияет на зрительное впечатление от освещённого пространства, а также на физиологическую реакцию и субъективное настроение человека [2, 13–15]. Кроме того, предпочтения по T_u сильно зависят от культуры и географического местоположения [16].

Для исследования предпочтительного сочетания E и T_u в освещённом светодиодами (СД) офисном помещении был проведён полномасштабный эксперимент. Дополнительная цель этого исследования – выявление пред-

почитаемых разными этническими группами значений T_u . В исследованиях участвовало 53 наблюдателя из 3-х этнических групп (20 азиатов, 20 европейцев и 13 африканцев). Наблюдатели выполняли разные офисные работы при девяти режимах освещения и оценивали освещение помещения. Полученные результаты можно использовать в автоматизации офисного освещения для поддержания предпочтительных режимов.

2. Исследование реакции потребителей

2.1. Экспериментальная установка

Исследование реакции потребителей проводилось в офисном помещении, организованном в Университете Аалто. Его размеры: 3,51 м в ширину, 4,22 м в длину и 2,80 м в высоту. В помещении было три окна, которые выходили на запад. Для предотвращения попадания в помещение естественного света окна были закрыты светлосерыми непросвечивающими шторами. Потолок и стены помещения были белого, а пол – серого цвета. Измеренные коэффициенты отражения потолка, стен и пола были равны, соответственно, 0,89; 0,85 и 0,25. Помещение было оборудовано и меблировано так, чтобы сформировать рабочее пространство (рис. 1). Прямоугольный стол цвета светлого бука и канцелярский стул, обтянутый красной тканью, были помещены около окон. Поверхность стола находилась на высоте примерно 0,72 м от пола. На столе были размещены 17-дюймовый жидкокристаллический монитор, цветовая таблица компании *Macbeth* (MCC)

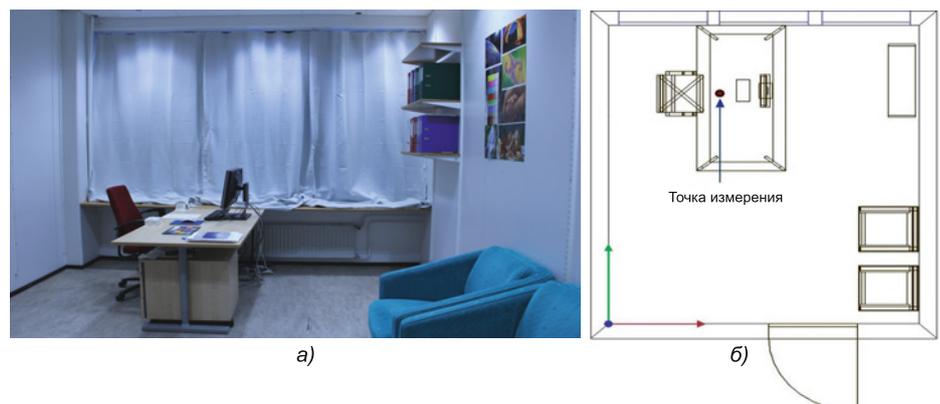


Рис. 1. Помещение для исследований: а – вид со стороны двери, б – план помещения

¹ E-mail: rupak.baniya@aalto.fi
Перевод с англ. Е.И. Розовского

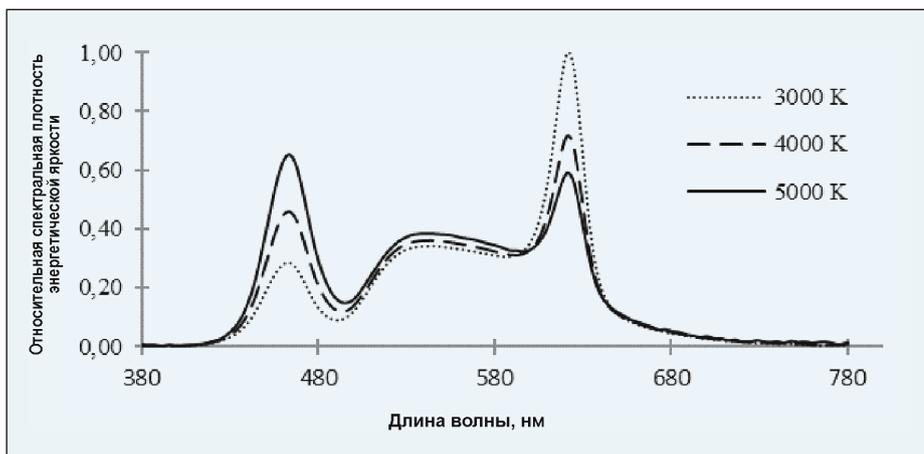


Рис. 2. Относительные спектральные распределения энергии излучения при трёх коррелированных цветковых температурах и освещённости 500 лк

1) Поставьте, пожалуйста, отметку в ячейке, наиболее точно описывающей Ваше впечатление от освещения в помещении для офисной деятельности

Очень неприятно	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень приятно
Очень тускло	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень ярко
Очень некомфортно (зрительно)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень комфортно (зрительно)
Не стимулирует	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Стимулирует

2) Для осуществления офисной деятельности свет в помещении:

Слишком слабый	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Слишком сильный
----------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------

3) При этом освещении помещение выглядит:

Не просторным	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Просторным
---------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------

4) При этом освещении:

а) рука выглядит:

Очень неестественно	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень естественно
---------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

б) таблица цветов выглядит:

Очень неестественно	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень естественно
---------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

5) Мебель и прочие объекты выглядят:

Очень неестественно	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Очень естественно
---------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

6) В целом для офисной деятельности я предпочёл бы это освещение:

Вовсе нет	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Наверняка
-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------

Комментарии

Рис. 3. Вопросник, который использовался в данном исследовании

и нужные в офисной работе материалы. Положения монитора и клавиатуры были неизменны, как и картинка на мониторе, на всём протяжении исследований. Кроме того, в помещении были ещё два одинаковых кресла в правом от двери углу, плакаты, книжная полка и картотека.

Для освещения помещения в нём были установлены девять круглых (27 Вт, Ø 200 мм) встроенных потолочных светильников с СД, объединённых в одну группу посредством цифрового интерфейса освещения с возможностью адресации (DALI). Этот интерфейс был подсоединён к компьютеру, на котором была установлена программа управления освещением.

Для изучения реакции пользователей были заранее сохранены девять режимов освещения, представляющих собой сочетания из трёх E (300, 500 и 750 лк)² и трёх T_c (3000, 4000 и 5000 К). E и T_c измерялись в точке, отмеченной на рис. 1, б. Относительные спектральные распределения энергии излучения, соответствующие E 500 лк и трём T_c , приведены на рис. 2.

² Евростандарт на внутреннее освещение [6] рекомендует для установления расхождений в зрительном восприятии использовать значения E , различающиеся в 1,5 раза.

Общие индексы цветопередачи МКО R_a равнялись 93 (3000 К), 94 (4000 К) и 92 (5000 К) при всех трёх E , а значения Div лежали в пределах $\pm 0,0054$. Равномерность E (E_{min}/E_{cp}) измерялась с использованием сетки с ячейками 60×60 см (всего 42 узла) на высоте 0,72 м от пола (высота рабочего стола).

2.2. Метод

Всего в эксперименте участвовало 53 наблюдателя в возрасте от 23 до 53 лет (в среднем 29 лет, среднеквадратичное отклонение – 6 лет). Из 53 наблюдателей 20 относились к европейской, 20 – к азиатской и 13 – к африканской этническим группам. Перед началом экспериментов все наблюдатели были проверены на остроту зрения и цветное зрение, и в экспериментах участвовали только те наблюдатели, которые имели нормальные остроту зрения (с очками или без очков) и цветное зрение. Наблюдатели были или офисными работниками, или студентами, и никто из них не работал в области освещения.

Наблюдателю в случайном порядке демонстрировали девять выбранных режимов освещения. Освещение включалось до того, как наблюдатель входил в помещение. После входа в помещение наблюдателю предлагали посидеть одну минуту в кресле в углу помещения. В это время ему устно объясняли вопросы и шкалу оценки. Затем он садился за рабочий стол и проводил пять минут, выполняя задачи считывания, сравнения и набора на клавиатуре: для ознакомления с работами, которые выполняются в офисе. Задача считывания заключалась в прочтении параграфа, отпечатанного на белой бумаге формата А4 чёрным шрифтом «Times New Roman» размера 12 с междустрочным интервалом 1,5. Задача сравнения заключалась в сравнении двух столбцов листа Excel, содержащих случайные сочетания из пяти букв и цифр, и определения того, в одном ли порядке эти сочетания расположены в столбцах, а задача набора на клавиатуре – в печатании предложенного параграфа в течение одной минуты. После выполнения этого задания наблюдателя просили заполнить вопросник и написать в свободной форме свои комментарии по поводу режимов освещения в помещении (рис. 3).

Вопросник был составлен таким образом, чтобы исследовать разные характеристики офисного освещения: приятность, яркость, зрительную комфортность, стимулирующее действие, количество света, воспринимаемую просторность помещения, естественность цветов и предпочтительность в целом. При этом использовались семибалльные шкалы, правые края которых обозначались терминами, соответствующими наиболее, а левые края – наименее благоприятному восприятию. После ответа на все вопросы наблюдателя просили выйти из помещения и подождать в коридоре в течение одной минуты. Окон в коридоре не было, так что условия освещения зоны ожидания оставались неизменными независимо от режимов освещения вне здания. Экспериментатор менял режим освещения в помещении на новый и приглашал наблюдателя снова войти в него по истечении упомянутой минуты ожидания. Этот процесс повторялся до тех пор, пока все девять режимов освещения не были продемонстрированы наблюдателю.

3. Результаты

Ответы на вопросы преобразовывались в оценки по семибалльной шкале между -3 и 3. Усреднённые оценки, соответствующие разным вопросам, приведены на рис. 4, а на рис. 5 приведены усреднённые оценки $T_{ц}$ наблюдателями из трёх этнических групп в плане естественности вида руки и общей предпочтительности при E 300, 500 и 750 лк.

3.1. Статистический анализ

Для определения статистической значимости оценок, произведённых наблюдателями при ответах на конкретные вопросы проводился дисперсионный анализ (ANOVA) при уровне значимости $p = 0,05$. При этом, если поставленные в ответах на вопросы усреднённые оценки значительно отличались друг от друга, то для определения того, какой режим освещения и какую $T_{ц}$ наблюдатели предпочитают, проводился апостериорный анализ с использованием критерия Дункана. Сводка результатов статистического анализа предпочтений, проведённого касательно девяти режимов освещения, $T_{ц}$ при E 300, 500 и 750

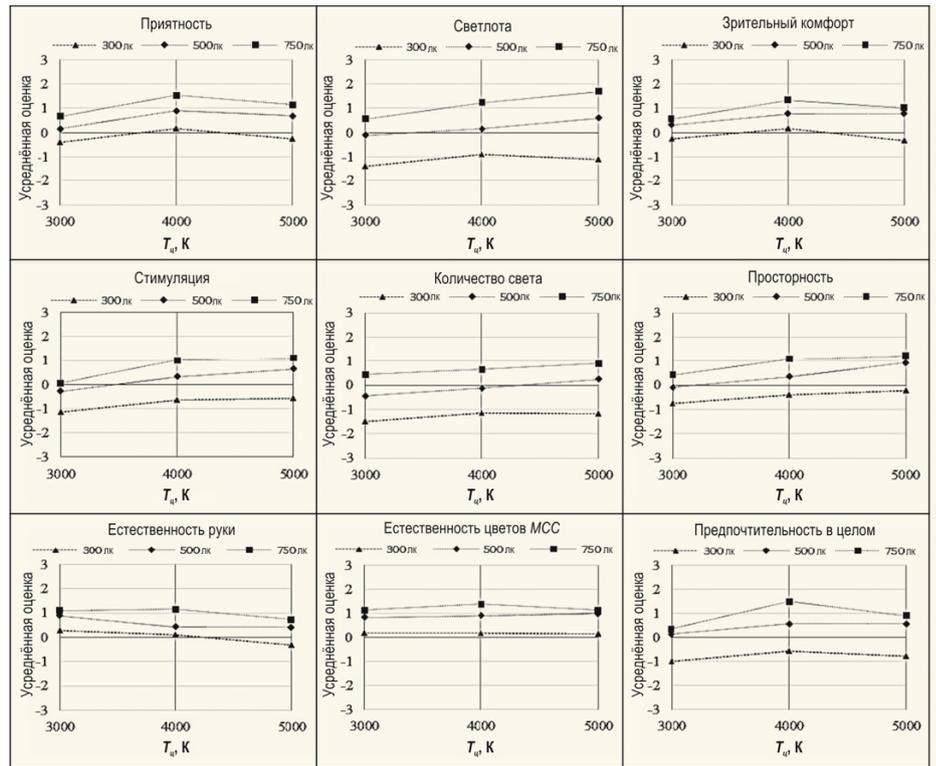


Рис. 4. Усреднённые ответы (оценки) наблюдателей на конкретные вопросы при разных режимах освещения

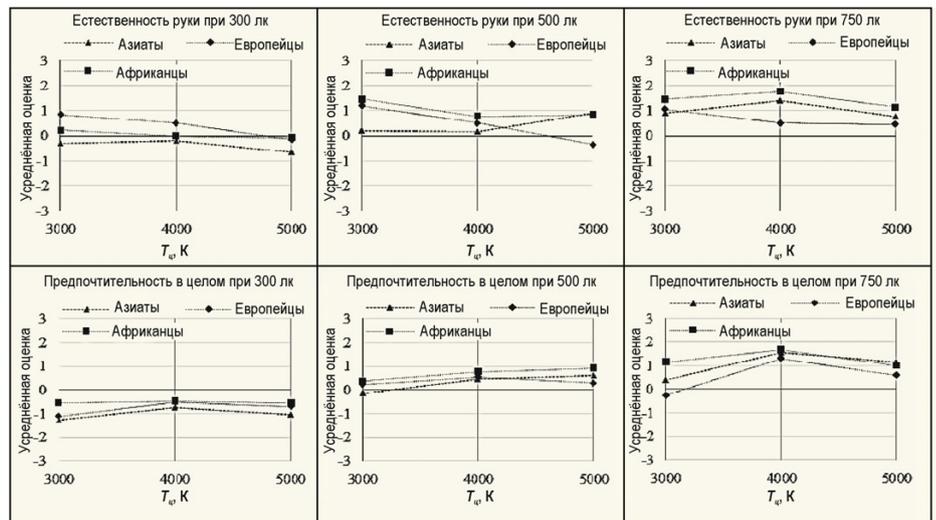


Рис. 5. Усреднённые оценки наблюдателей из трёх этнических групп (азиаты, европейцы и африканцы) предпочтительности трёх коррелированных цветовых температур $T_{ц}$ по естественности вида руки и общей предпочтительности освещения

лк и $T_{ц}$ для трёх этногрупп (азиаты, европейцы и африканцы) при E 300, 500 и 750 лк, приведена в табл. 1, 2 и 3 соответственно.

4. Обсуждение

Из всех режимов освещения сочетание E 750 лк и $T_{ц}$ 4000 К получило наивысшую усреднённую оценку наблюдателей по приятности освещённого пространства, зрительного комфорта, естественности вида руки наблюдателя, естественности цветов МСС и естественности вида мебели.

К тому же, по предпочтительности освещённого пространства сочетание E 750 лк и $T_{ц}$ 4000 К получило наивысшую по сравнению с другими статистически значимую оценку наблюдателей. Наивысшую по сравнению с другими сочетаниями E и $T_{ц}$ оценку

Таблица 1

Сводка результатов статистического анализа предпочтений наблюдателей применительно к девяти режимам освещения

Вопрос		Предпочтительные условия освещения
Приятность		750 лк, 4000 К
Яркость		750 лк, 5000 К
Зрительный комфорт		750 лк, 4000 К
Стимуляция		750 лк, 5000 К
Количество света		750 лк, 5000 К
Просторность		750 лк, 5000 К
Естественность	руки	750 лк, 4000 К
	цветов МСС	750 лк, 4000 К
	мебели	750 лк, 4000 К
Предпочтительность в целом		750 лк, 4000 К

Не выделенные жирным шрифтом условия освещения относятся к группе с наивысшими средними оценками по критерию Дункана и получили наивысшие средние оценки по сравнению с прочими входящими в эту группу условиями освещения.

Выделенные жирным шрифтом условия освещения получили наивысшую среди всех вариантов статистически значимую среднюю оценку.

по яркости, стимуляции, количеству света и просторности получило сочетание 750 лк и 5000 К. Следует также отметить, что хотя сочетание 750 лк и 3000 К соответствует более высокий уровень E по сравнению с сочетаниями 500 лк и 4000 или 5000 К, усреднённые оценки наблюдате-

лей по приятности, зрительному комфорту, яркости, стимуляции, просторности и предпочтительности у этого сочетания были ниже. А это значит, что на предпочтения наблюдателей в части освещения офисного помещения влияет не только E , но и $T_{ц}$, и для улучшения зрительного впечатления

от офисного помещения правильное сочетание E и $T_{ц}$ важнее только повышенной E .

Хотя статистически значимого различия в оценках наблюдателей по приятности освещения при E 300 лк и не было, наблюдатели в среднем оценили освещённое пространство при $T_{ц}$ 4000 К как приятное, а при $T_{ц}$ 3000 и 5000 К – как неприятное. Проводившиеся в кабине исследования освещения СД-панелями [13] показали, что при E 300 лк освещённое пространство при $T_{ц}$ 4000 К оценивалось как более приятное, чем при 2700 и 6500 К. При E 500 и 750 лк усреднённая оценка наблюдателей по приятности освещения при $T_{ц}$ 4000 К была статистически значимо выше, чем при 3000 К. При других проводившихся в кабине исследованиях освещения СД-панелями [17] были получены аналогичные результаты, согласно которым при E 500 лк освещённое пространство при $T_{ц}$ 3728 К оценивалось как более приятное, чем при 2855 К. В отличие от этого, в [13] было установлено, что при 600 лк освещённое пространство при 2700 К оценивалось как более приятное, чем при 4000 К. Следует отметить, что наше исследование, возможно, не полностью сопоставимо с исследованиями [13] и [17], так как последние проводились в освещённой

Таблица 2

Сводка результатов статистического анализа предпочтений наблюдателей применительно к $T_{ц}$ при E 300, 500 и 750 лк

Вопрос		300 лк	500 лк	750 лк
Приятность		4000 К	4000 К	4000 К
Яркость		4000 К	5000 К*	5000 К*
Зрительный комфорт		4000 К	4000 К и 5000 К	4000 К
Стимуляция		5000 К	5000 К	5000 К
Количество света		4000 К	5000 К*	5000 К
Просторность		5000 К	5000 К*	5000 К
Естественность	руки	3000 К	3000 К	4000 К
	цветов МСС	3000 К	5000 К	4000 К
	мебели	4000 К и 5000 К	4000 К	4000 К
Предпочтительность в целом		4000 К	4000К и 5000 К	4000 К*

Не выделенные жирным шрифтом значения $T_{ц}$ получили наивысшие оценки при ответах на соответствующий вопрос при указанном уровне E , однако расхождения оценок наблюдателей не были статистически значимыми.

Выделенные жирным шрифтом значения $T_{ц}$ относятся к группе с наивысшими средними оценками по критерию Дункана и при указанном уровне E получили наивысшие для соответствующей группы средние оценки.

Выделенные жирным шрифтом значения $T_{ц}^*$ получили наивысшую среди всех $T_{ц}$ статистически значимую среднюю оценку.

Сводка результатов статистического анализа предпочтений по T_u наблюдателей из трёх этнических групп

Уровень освещённости E	Этническая группа	Приятность	Яркость	Зрительный комфорт	Естественность руки	Предпочтительность в целом
300 лк	Азиаты	4000 и 5000 К	4000 К	4000 К	3000 К	4000 К
	Европейцы	4000 К	4000 К	4000 К	3000 К	4000 К
	Африканцы	4000 К	4000 К	4000 К	3000 К	4000 К
500 лк	Азиаты	5000 К	5000 К	5000 К	5000 К	5000 К
	Европейцы	4000 К	4000 К	4000 К	3000 К	4000 К
	Африканцы	5000 К	5000 К	5000 К	3000 К	5000 К
750 лк	Азиаты	5000 К	5000 К	4000 К	4000 К	4000 К
	Европейцы	4000 К	5000 К	4000 К	3000 К	4000 К
	Африканцы	4000 К	5000 К	4000 К	4000 К	4000 К

Не выделенные жирным шрифтом значения T_u получили наивысшие оценки при ответах на соответствующий вопрос при указанном уровне E , однако расхождения оценок наблюдателей не были статистически значимыми.

Выделенные жирным шрифтом значения T_u относятся к группе с наивысшими средними оценками по критерию Дункана и при указанном уровне E получили наивысшие для соответствующей группы средние оценки.

кабинке. По мнению авторов вышеуказанной работы [13], причина наибольшей оценки по приятности при наименьшей из рассматривавшихся ими T_u заключалась в ограниченности освещённого поля зрения в кабинке при больших размерах тёмного окружающего пространства.

При E 500 и 750 лк статистически значимая усреднённая оценка воспринимаемой яркости была наивысшей при T_u 5000 К. Это подтверждает полученные ранее результаты [18–20], согласно которым с ростом T_u росла и воспринимаемая наблюдателями яркость. Усреднённая оценка наблюдателями воспринимаемой просторности помещения также была наивысшей при T_u 5000 К при всех трёх E . Причина, по которой усреднённая оценка наблюдателями воспринимаемой просторности помещения оказалась наивысшей при T_u 5000 К, может быть обусловлена тем обстоятельством, что увеличение яркости усиливает ощущение просторности [21]. То, что при E 500 лк усреднённая оценка наблюдателей по количеству света говорит о его недостаточности для работы в офисе при T_u 3000 и 4000 К и достаточности при T_u 5000 К, также связано с тем, что воспринимаемая яркость при 5000 К выше, чем при 3000 и 4000 К. Статистически значимая усреднённая оценка по стимулирующему действию при T_u 5000 К была

существенно выше, чем при T_u 3000 К, при всех уровнях E . Причина того, что усреднённая оценка по стимулирующему действию оказалась выше при T_u 5000 К, может заключаться в повышении умственной активности, наблюдаемой при повышении T_u [22]. Было установлено, что статистически значимая усреднённая оценка наблюдателями зрительного комфорта при E 300 и 500 лк при T_u 4000 К была выше, чем при T_u 3000 К, а при E 750 лк она при T_u 4000 К была выше, чем при T_u 3000 К. Это подтверждает полученные ранее результаты [15], согласно которым при 600 лк усреднённая оценка наблюдателями комфорта при T_u 4000 К была выше, чем при 3000 К. Хотя между сделанными наблюдателями оценками и не было статистически значимых расхождений, при E 300 и 500 лк кожа руки наблюдателя выглядела естественней при T_u 3000 К, а при E 750 лк – при T_u 4000 К. При E 300 лк цвет мебели выглядел при T_u 4000 и 5000 К естественней, чем при T_u 3000 К, а при E 500 и 750 лк он наиболее естественно выглядел при T_u 4000 К.

Статистический анализ значений T_u , предпочитаемых по приятности света разными этногруппами, показал, что при E 750 лк оценка освещаемого пространства европейцами при 4000 К была существенно выше, чем при 3000 К, а при E 500 лк оцен-

ка освещаемого пространства азиатами при T_u 5000 К была существенно выше, чем при T_u 3000 К. В целом полученные результаты показали, что наблюдатели из Европы при T_u 4000 К сочли освещаемое пространство более приятным, чем при 3000 и 5000 К, а наблюдатели из Азии сочли это приятней при T_u 5000 К, чем при 3000 или 4000 К. При E 300 и 750 лк проведённые всеми тремя этногруппами оценки по зрительному комфорту, равно как и их предпочтения в целом, были наивысшими при T_u 4000 К. Однако при E 500 лк наблюдатели из Азии и Африки наиболее высоко оценивали зрительный комфорт и предпочтительность в целом при T_u 5000 К, а европейцы – при 4000 К. По естественности вида своей руки европейские наблюдатели предпочли T_u 3000 К при всех трёх уровнях E , что согласуется с данными [23], о том, что для ощущения естественности кожи руки европейца КЛЛ с T_u 3000 К предпочтительнее, чем с T_u 4000 или 5000 К. Было также установлено, что восприятие яркости всеми тремя этническими группами с ростом T_u усиливалось. Полученные результаты показали, что по приятности, зрительному комфорту и предпочтительности в целом европейцы выбрали офисное освещение с T_u 4000 К. Причём и азиаты, и африканцы предпочли офисное освеще-

ние с $T_u > 3000$ К, в зависимости от E выбирая то 4000, то 5000 К.

5. Заключение

Настоящее исследование показало, что сочетание E 750 лк и T_u 4000 К статистически наиболее подходит для офисного освещения. Имелись признаки того, что на предпочтения наблюдателей влияет не только E , но и T_u , и для улучшения зрительного впечатления от офисного помещения правильное сочетание E и T_u важнее только повышенной E . Было также установлено, что восприятие яркости с ростом T_u усиливается, усиливая ощущение просторности офисного помещения и стимуляцию.

Исследования предпочтения разными этногруппами T_u показали, что ни одна из них не предпочла для офисного освещения T_u 3000 К, если не считать при этом оценки естественности вида кожи руки. Кроме того, исследования показали, что по приятности, зрительному комфорту и предпочтительности в целом европейцы выбрали офисное освещение с T_u 4000 К. Однако и азиаты, и африканцы предпочли офисное освещение с $T_u > 3000$ К, в зависимости от E выбирая то 4000, то 5000 К.

Полученные результаты будут полезны при выборе предпочтительных для офисного освещения значений E и T_u , указывая на то, что люди в среднем предпочитают более высокие, чем нормируемые действующими стандартами на внутреннее освещение уровни E и что в офисном освещении они предпочитают T_u 4000 К.

Данное исследование проводилось в рамках программы «RYM Indoor Environment research program», финансируемой Финским агентством по финансированию технологий и инноваций (TEKES), Университетом Аалто и несколькими финскими компаниями. Более полную информацию об этой программе можно найти на сайте <http://rym.fi/program/indoor-environment/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Butler, D.L., Biner, P.M. Preferred Lighting Levels: Variability among Settings, Behaviours, and Individuals // *Environment and Behavior*. – 1987. – Vol. 19. – P. 695–721.
2. Manav, B. An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance // *Building and Environment*. – 2007. – Vol. 42, No. 2. – P. 979–983.
3. Veitch, J.A., Newsham, G.R. Preferred luminous conditions in open-plan offices: Research and practice recommendations // *Lighting Research and Technology*. – 2000. – Vol. 32, No. 4. – P. 199–212.
4. Baron, R.A., Rea, M.S., Daniels, S.G. Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: The potential mediating role of positive affect // *Motivation and Emotion*. – 1992. – Vol. 16, No. 1. – P. 1–33.
5. Barkmann, C., Wessolowski, N., Schulte-Markwort. Applicability and efficacy of variable light in schools // *Physiology & Behavior*. – 2012. – Vol. 105, No. 3. – P. 621–627.
6. European standard (EN12464–1) Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places. Brussels, Belgium, 14 April 2011.
7. Begemann, S.H.A., van den Beld, G.J., Tenner, A.D. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 1997. – Vol. 20, No. 3. – P. 231–239.
8. Leslie, R.P., Hartleb, S.B. Human response and variability in the luminous environment // *Proc. of the CIBSE National Lighting Conference*, Cambridge, England, 1990.
9. Saunders, J. The role of the level and diversity of horizontal illumination in an appraisal of a simple office task // *Lighting Research and Technology*. – 1969. – No. 1. – P. 37–46.
10. Moore, T., Carter, D.J., Slater, A.I. Long-term patterns of use of occupant controlled office lighting // *Lighting Research and Technology*. – 2003. – Vol. 35, No. 1. – P. 43–59.
11. Moore, T., Carter, D.J., Slater, A.I. A field study of occupant controlled lighting in offices // *Lighting Research and Technology*. – 2002. – Vol. 34, No. 3. – P. 191–205.
12. Slater, A. Lighting controls in offices: How to improve occupant comfort and energy efficiency // *Proc. of CIBSE National Lighting Conference*, Bath, England, 1996.
13. Viènot, F., Durand, M.L., Mahler, E. Kruithof rule revisited using LED illumination // *Journal of Modern Optics*. – 2009. – Vol. 56, No. 13. – P. 1433–1446.
14. Park, B.C., Chang, J.H., Kim, Y.S., Jeong, J.W., Choi, A.S. A study on the subjective response for correlated colour temperature conditions in a specific space // *Indoor and Build Environment*. – 2010. – Vol. 19, No. 6. – P. 623–637.
15. Lin, R.F., Chou, C., Wang, Y.T., Tu, H.W. Effects of LED colour temperature on office workers // *Proc. of the 2nd Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference*, Langkawi, Malaysia, July 9–12, 2012.
16. Commission Internationale de L'Eclairage. Review of lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting System. CIE Technical Report 205, Vienna, Austria: CIE, 2013.
17. Dikel, E.E., Burns, G.J., Veitch, J.A., Mancini, S., Newsham, G.R. Preferred Chromaticity of Colour-Tunable LED Lighting // *Leukos*. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 101–115.
18. Ju, J., Chen, D., Lin, Y. Effects of Correlated colour Temperature on spatial Brightness perception // *Colour Research & Application*. – 2012. – Vol. 37, No. 6. – P. 450–454.
19. Harrington, R.E. Effect of colour temperature on apparent brightness // *Journal of the Optical Society of America*. – 1954. – Vol. 44, No. 2. – P. 113–116.
20. Akashi, Y., Boyce, P.R. A field study of illuminance reduction // *Energy and Building*. – 2006. – Vol. 38. – P. 588–599.
21. Rea, M.S. The IESNA lighting handbook: reference & application. 9th Edition, New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
22. Deguchi, T., Sato, M. The effect of colour temperature of lighting sources on mental activity level // *Ann Physiol Anthropol*. – 1992. – Vol. 11, No. 1. – P. 37–43.
23. Quellman, E.M., Boyce, P.R. The Light Source Colour Preference of people of Different Skin Tones // *Journal of the Illuminating Engineering Society*. – 2002. – Vol. 31, No. 1. – P. 109–118.



Рупак Рэй Банья (Rupak Raj Baniya), M.Sc.
Докторант (Ph. D.)
Светотехнического блока
Университета
Аалто



Эйно Тэтри (Eino Tetri), D.Sc.
Окончил в 2001 г.
Хельсинкский технический университет. Руководитель группы по источникам света и энергоэффективным системам освещения

Светотехнического блока Университета
Аалто



Лииза Халонен (Liisa Halonen), Dr. Sc. (1993 г.), проф.
Руководитель Светотехнического блока
Университета
Аалто

Сравнение линейного и повышающе-понижающего преобразователей для питания светодиодов от сети переменного тока

М. АЛТИНАЙ, Б. ЧАКИР, Э. ШЕХИРЛИ¹

Университеты Кожазли и Кастамону, Турция

Аннотация

В статье сравниваются топологии устройств управления светодиодами источниками света мощностью до 8 Вт, построенных на линейных и повышающе-понижающих преобразователях, включаемых в сеть переменного тока через понижающий трансформатор 220/24 В (50 Гц). Приведены соответствующие вольт-амперные характеристики и сравнены значения коэффициента мощности и коэффициентов нелинейных искажений (КНИ) тока и напряжения обоих этих вариантов устройств управления.

Ключевые слова: устройство управления, светодиодный источник света, повышающе-понижающий преобразователь, линейный регулятор, коэффициент мощности.

¹ E-mail: esehirli@kastamonu.edu.tr

Сокращённый перевод с англ. А.С. Шаракшанэ.

Оригинал полностью опубликован в журнале «Light & Engineering» № 3.2015.

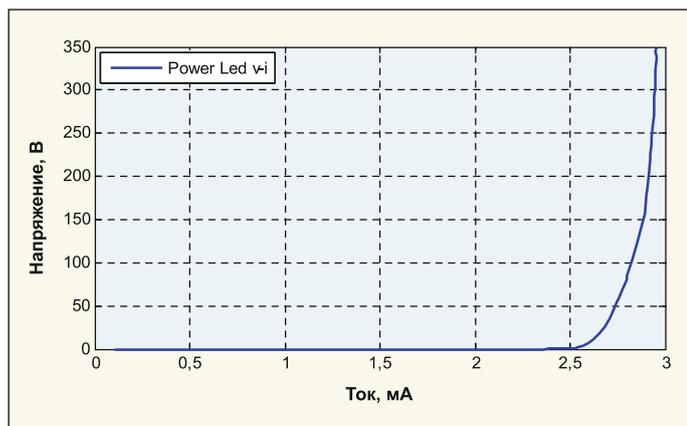


Рис. 1. ВАХ мощного светодиода



Рис. 2. Зависимость освещённости от СД от его тока

1. Введение

Применение светодиодов (СД) в освещении становится всё более распространённым. Но для работы СД от однофазной сети переменного тока необходимо при-

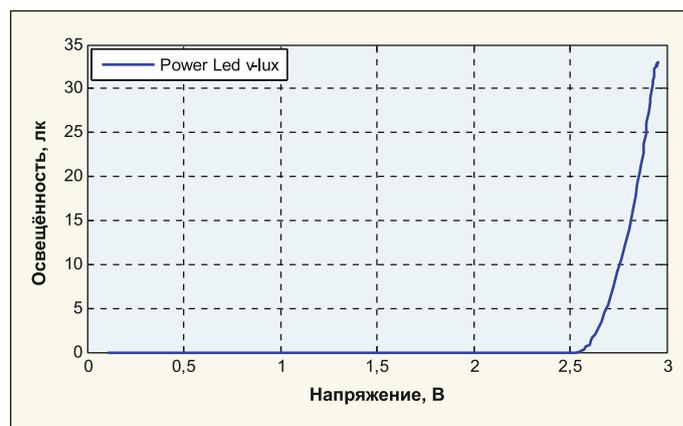


Рис. 3. Зависимость освещённости от СД от напряжения на нём.

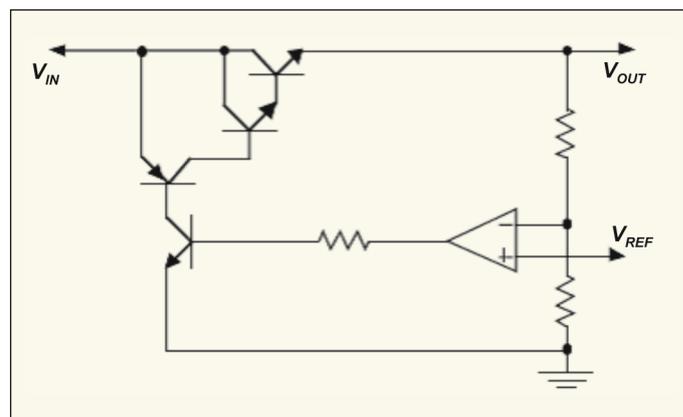


Рис. 4. Принципиальная схема линейного регулятора

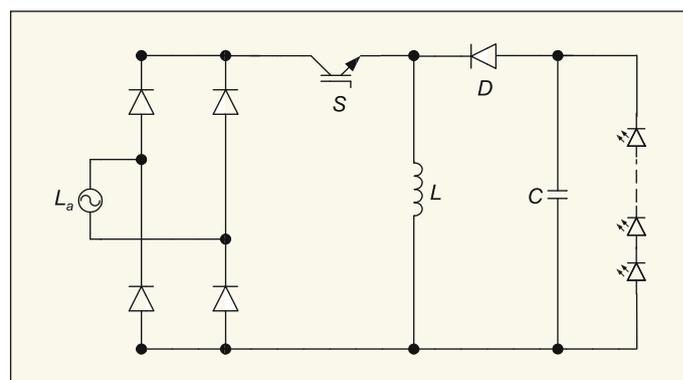


Рис. 5. Повышающе-понижающий преобразователь (ППП) с коррекцией коэффициента мощности

Рис. 6. Переключение состояния:
а – открыто, б – закрыто

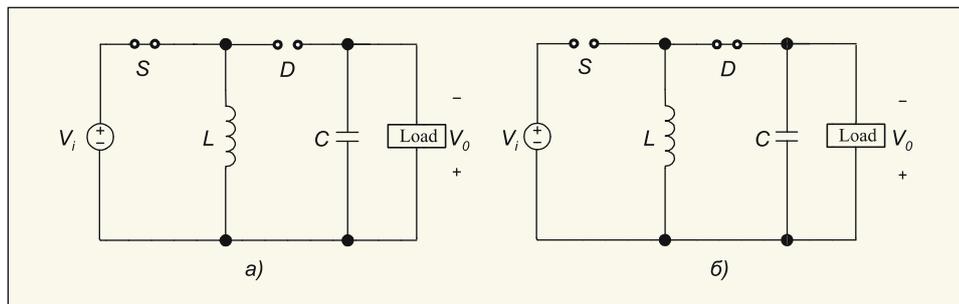


Рис. 7. Экспериментальная установка

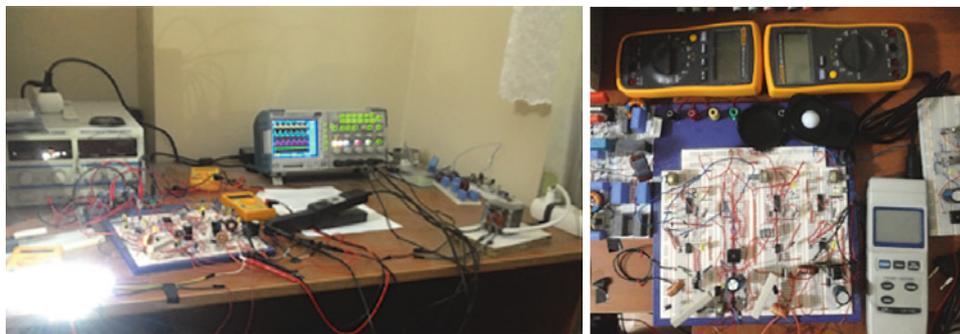


Рис. 8. Схема применения линейного регулятора

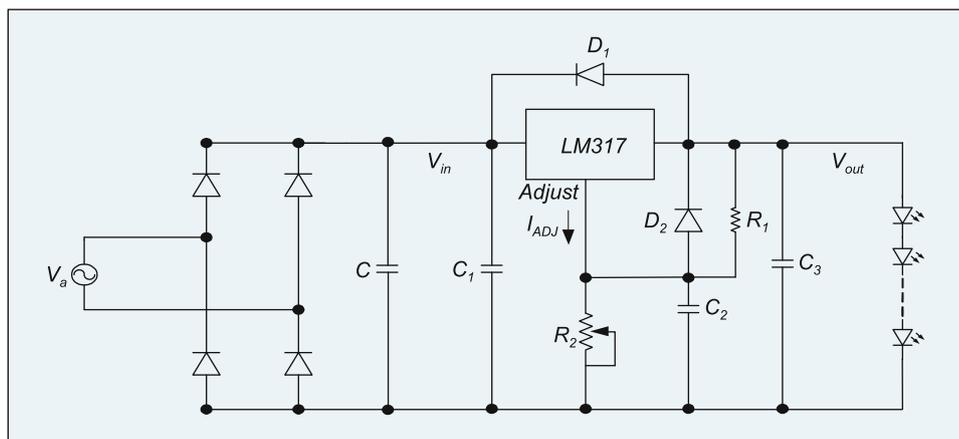
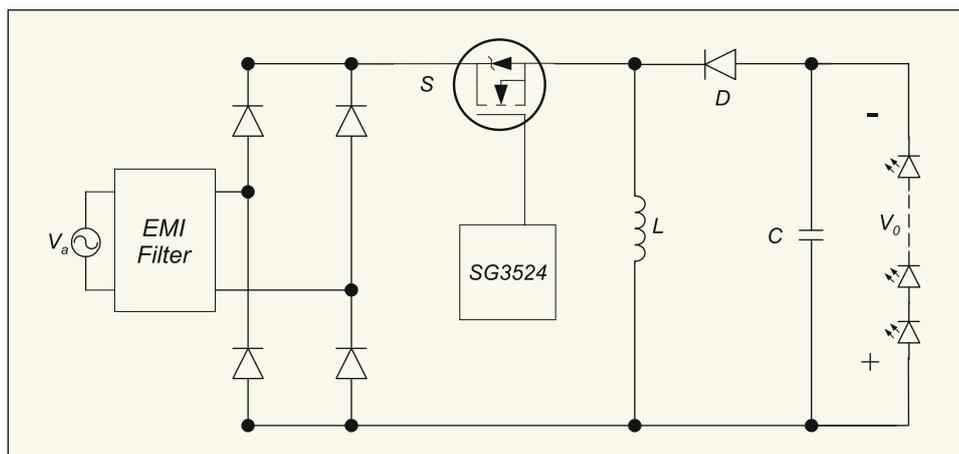


Рис. 9. Схема применения ППП с коррекцией коэффициента мощности



менять выпрямительные схемы, и после выпрямления использовать линейный или импульсный преобразователь. Но работа преобразователя может отрицательно влиять на сеть, снижая коэффициент мощности и повышая КНИ, нормированные такими стандартами, как IEC / EN61000–3–2. Тем не менее, применение преоб-

разователя постоянного напряжения (тока) в постоянное (постоянный) после однофазного выпрямителя позволяет избежать этих проблем. Наиболее подходит для этой цели повышающе-понижающий преобразователь (ППП), работающий как корректор коэффициента мощности.

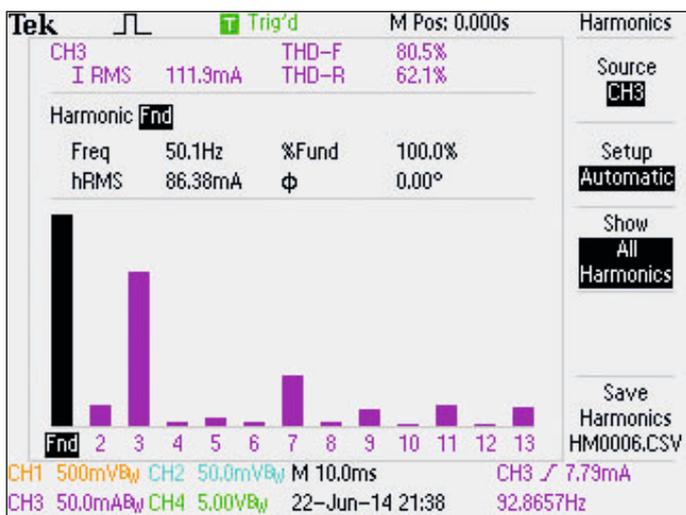


Рис. 10. КНИ тока сети при применении линейного преобразователя



Рис. 11. КНИ напряжения сети при применении линейного преобразователя

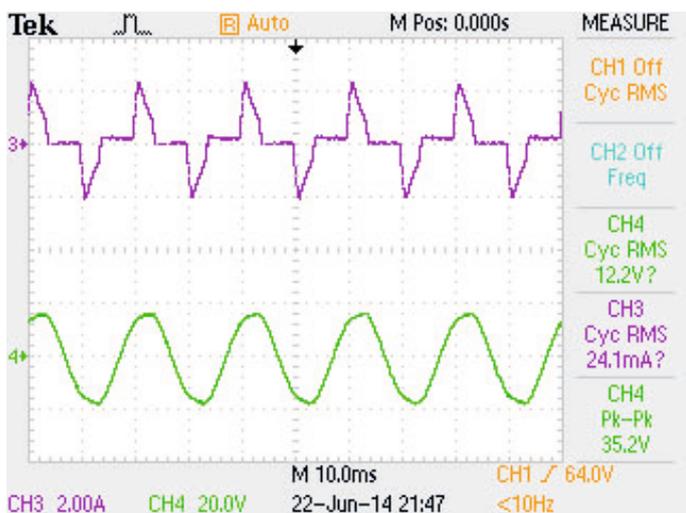


Рис. 12. Осциллограммы тока и напряжения сети при применении линейного преобразователя

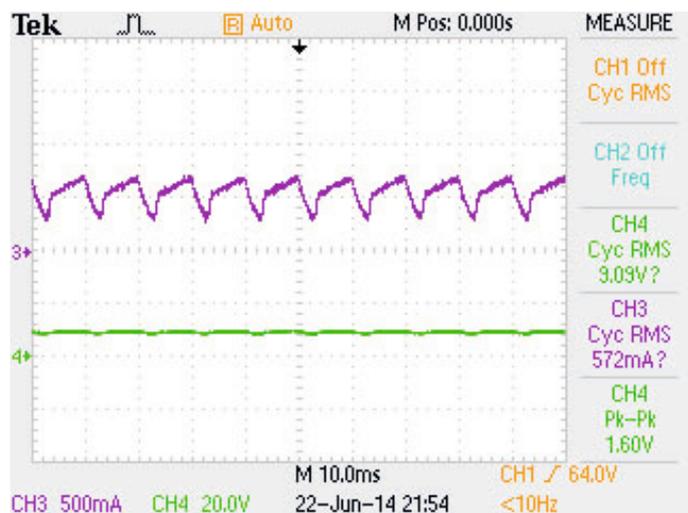


Рис. 13. Осциллограммы тока и напряжения на СД при применении линейного преобразователя

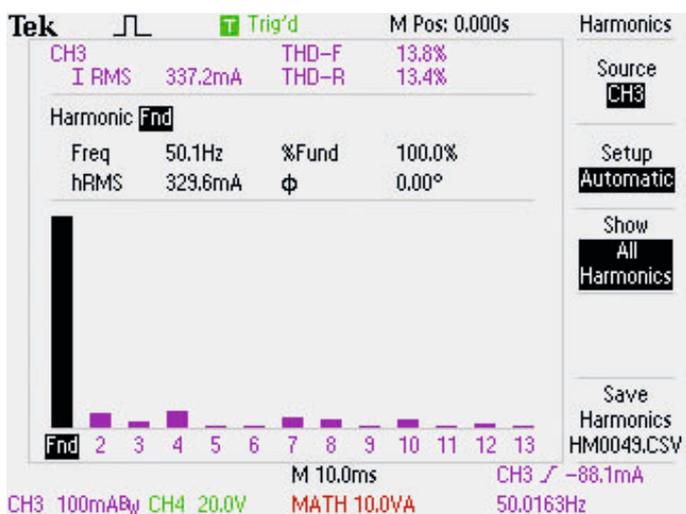


Рис. 14. КНИ тока сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности



Рис. 15. КНИ напряжения сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

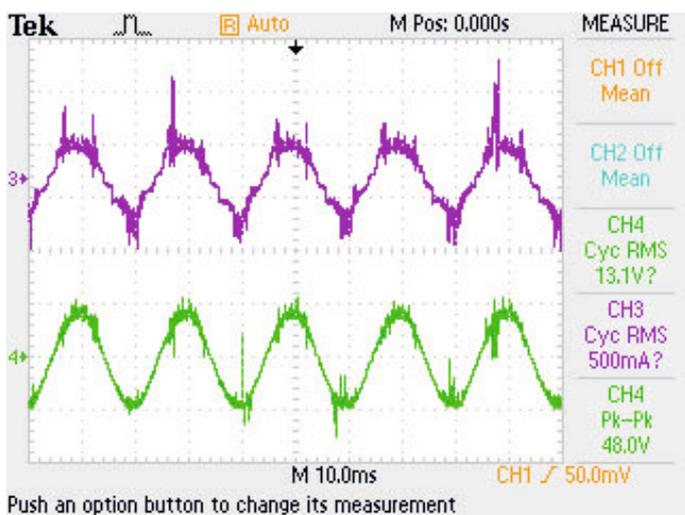


Рис. 16. Осциллограммы тока и напряжения сети при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

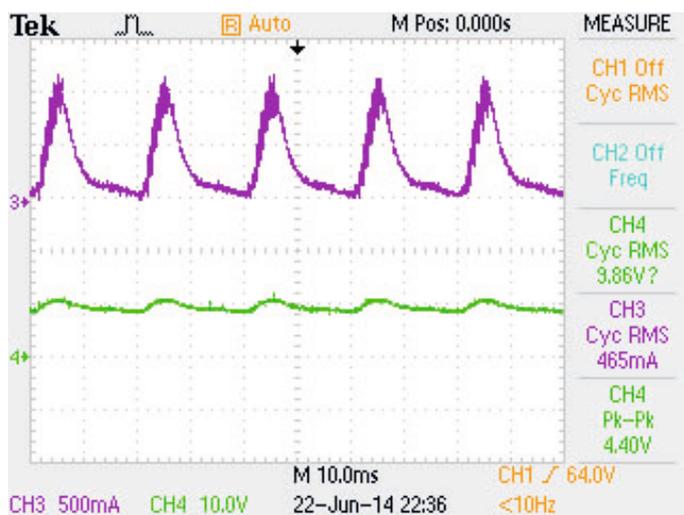


Рис. 17. Осциллограммы тока и напряжения на СД при применении ППП с коррекцией коэффициента мощности

Таблица 1.

Данные элементов схемы

D_1	D_2	C	C_1	C_2	C_3	R_1	R_2
1N4001 (тип)		2200 мкФ	0,1 мкФ	10 мкФ	1 мкФ	240 Ом	5 кОм (потенц.)

Таблица 2

Значения величин для расчёта L_{max} и C_{min}

R_{Lmin}	D_{max}	f_s	V_o	V_{cnp}	L	L_{max}	C	C_{min}
20 Ом	0,107	63 кГц	12 В	20 мВ	113,4 мкГ	126 мкГ	1000 мкФ	4 мкФ

2. Мощный светодиод

ВАХ, зависимость освещённости от тока и напряжения получены для мощного СД с помощью цифровых мультиметров *Fluke 15B*, *Fluke 17B* и люксметра *Lutron LX1102*.

Как видно из рис. 1, ток очень сильно зависит от напряжения. С ростом тока СД его световой поток растёт с замедлением (рис. 2), и формы кривых на рис. 1 и 3 близки друг к другу.

3. Светодиодное устройство управления

Линейный регулятор

Схема линейного регулятора, работающего как понижающий преобразователь, приведена на рис 4.

Повышающе-понижающий преобразователь

ППП (рис. 5) также включается в сеть через диодный мост и обеспечивает высокую частоту работы коммутатора постоянного напряжения, который питает СД. Преобразователь работает по принципу передачи энергии индуктивности (рис. 6). Когда переключатель включён, индуктивность запасает энергию, а переключатель отключает передачу этой энергии в нагрузку.

Напряжение на СД в зависимости от входного напряжения регулируется ШИМ. Более высокая частота обеспечивает высокий коэффициент мощности, но, так как напряжение на СД обратной полярности относительно входного, во избежание появления высокочастотных помех необходимо использовать входной фильтр.

4. Применение

На экспериментальной установке (рис. 7) оба преобразователя подключались к сети через понижающий трансформатор 220/24 В (50 Гц). Нагрузка – две параллельные цепочки из трёх последовательно соединённых мощных СД. Как следует из рис. 1, 2 и 3, напряжение на каждом СД для оптимальной работы должно составлять 3 В, а общее напряжение на нагрузке – около 9 В.

Линейный регулятор

В качестве линейного регулятора использовался стабилизатор тока *LM317* (рис. 8). Выходное напряжение V_{out} устанавливалось на желаемом уровне согласно выражению (1) с помощью потенциометра R_2 в качестве переменного резистора.

$$V_{out} = 1,25V \left(1 + R_2/R_1\right) + I_{ADJ}R_2. \quad (1)$$

Сведения об элементах схемы по рис. 8 приведены в табл. 1.

Повышающе-понижающий преобразователь

Схема ППП основывалась на микросхеме SG3524 (регулятор напряжения с ШИМ) (рис. 9).

Максимальная L для работы в режиме прерывистого тока, которая обеспечивает меньшие потери мощности на коммутаторе, может рассчитываться по уравнению (2), а минимальная ёмкость конденсатора – по уравнению (3) [1].

$$L_{max} = R_{Lmin} (1 - D_{max})^2 / 2f_s, \quad (2)$$

$$C_{min} = D_{max} V_o / f_s \cdot R_{Lmin} \cdot V_{crr}. \quad (3)$$

Как видно из рис. 9, для подавления высокочастотных помех используется входной фильтр. В табл. 2 приведены некоторые данные схемы [2–5], где L_{max} – максимальная индуктивность, C_{min} – минимальная ёмкость конденсатора, R_{Lmin} – минимальное сопротивление нагрузки, D_{max} – максимальный коэффициент заполнения, f_s – частота переключения, V_o – выходное напряжение, V_{crr} – напряжение пульсаций на конденсаторе C [1]. В качестве переключателя S и диода D использовались транзистор *IRF540N Mosfet* и ультрабыстрый диод *Mur460* соответственно.

5. Результаты измерений

Для измерений применялся осциллограф *TPS2024B* с программным обеспечением «*TPS2PWR1*».

Линейный регулятор

Рис. 10 характеризует уровень нелинейных искажений тока сети при использовании линейного регулятора, при этом КНИ равен 80,5%. Коэффициент мощности при этом составляет 0,70, а КНИ напряжения сети – 5,53% (рис. 11).

Формы тока и напряжения приведены на рис. 12, а напряжение и ток СД – на рис. 13. Как видно из рис. 12, напряжение сети синусоидально, и для снижения уровня гармоник и, соответственно, повышения коэффициента мощности следует и форму тока также приближать к синусоидальной.

Повышающе-понижающий преобразователь

Как видно из рис. 14, ППП обеспечивает коэффициент мощности 0,958 и КНИ 13,8%. При этом КНИ напряжения сети составляет 3,77% (рис. 15), формы тока и напряжения сети подобны друг другу и обе синусоидальны (рис. 16), а ток СД непостоянен и имеет заметные пики (рис. 17).

6. Выводы

Применение в качестве устройства управления светодиодным источником света линейного регулятора позволило получить КНИ тока и напряжения сети, соответственно, 80,5% и 5,32% и коэффициент мощности 0,701, а применение ППП с коррекцией коэффициента мощности – 13,8%, 3,77% и 0,958 соответственно, что соответствует стандарту *IEC61000 3–2*.

Оба варианта преобразователей могут относительно неплохо обеспечивать сглаженное напряжение постоянного тока, но для сети применение ППП более благоприятно. Управляющее устройство на основе линейного регулятора может обеспечивать ток СД лучшей формы, чем – на основе ППП. Однако он больше греется, чем ППП. В свою очередь, в ППП следует устанавливать входной фильтр (во избежание высокочастотных помех).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kazmierczuk, M.K. Pulse Width Modulated DC-DC Power Converters. – Singapore: Wiley, 2008.
2. Data sheet SG3524. Regulating Pulse-Width Modulators. Texas Instrument, 2003.
3. Data sheet IRF540N. IRF540N Power Mosfet. International Rectifier, 2001.
4. Data sheet MUR460. Ultrafast Plastic Rectifier. Vishay General Semiconductor, 2012.
5. Data sheet IR2117. Single Channel Driver. International Rectifier, 2007.



Мерал Алтинай (Meral Altınay), Ph.D.
(2005). Доцент Технологического факультета
Университета Коджаэли



Бекир Чакыр (Bekir Çakır), Ph.D. (1995).
Профессор Технического факультета
Университета Коджаэли



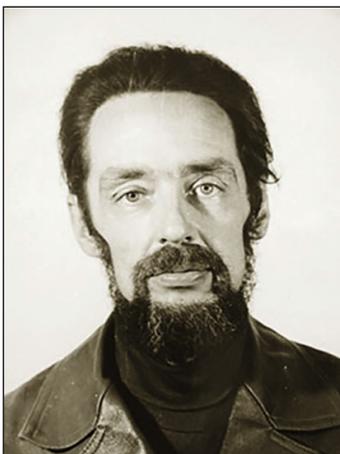
Эрдал Шехирли (Erdal Şehirli), M.Sc. (2009).
Преподаватель электронной технологии
Университета Кастамону. Докторант (Ph.D.)
Института электротехнического
образования Университета Коджаэли

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА МИХАЙЛОВИЧА ТРОИЦКОГО (15.01.1935 – 21.06.2015)

21 июня 2015 г. ушёл из жизни выдающийся специалист в области ПРА для разрядных источников излучения, замечательный педагог и организатор учебной работы на кафедре светотехники МЭИ, кандидат технических наук, доцент Александр Михайлович Троицкий. В памяти многочисленных студентов, аспирантов и соискателей навсегда останутся занятия и встречи с этим талантливым учёным, настоящим Учителем с большой буквы, разносторонне одарённым человеком. Он прекрасно знал искусство – от музыки и живописи до кинематографа, спорт – от футбола до рыбалки, технику и экономику, физику и математику. О чём бы он ни рассказывал и что бы ни делал – всё отличалось удивительным блеском: от лекций по ПРА до кафедральных вечеров звукозаписи, посвящённых его любимой итальянской опере, которые всегда собирали полную аудиторию. Он был удивительно профессионален: в светотехнике разбирался досконально и мог свои неожиданные и своеобразные идеи воплощать чёткими последовательными действиями, своими и своих учеников. А.М. Троицкий также мудро и чётко руководил на кафедре учебной работой. Он по праву считал себя учеником и последователем многолетнего заведующего кафедрой светотехники МЭИ В.В. Мешкова, не раз говоря о нём как о большом учёном и скромном человеке. Прошли годы, и сегодня мы можем сказать об Александре Михайловиче и как о крупнейшей фигуре в истории отечественной светотехники, и как о человеке большой скромности.

А.М. Троицкий родился 15 января 1935 г. Окончил в 1953 г. среднюю школу с золотой медалью и в том же году поступил в МЭИ на факультет электровакуумной техники и специального приборостроения. В 1959 г. он окончил с отличием МЭИ по специальности «Светотехника и прожекторостроение».

Вся дальнейшая трудовая деятельность Александра Михайловича была связана с кафедрой светотехники, на которой он сначала работал ассистентом, а с 1970 г. – доцентом, участвовал во всех видах педагогической деятельности: читал курсы «Источники оптического излучения», «Теория люминесценции», «Источники излучения



и ПРА», а также создал и читал курс «Пускорегулирующие аппараты», участвовал в проведении лабораторных работ со студентами и руководил производственной практикой. Он принимал активное участие в методической работе кафедры, являясь председателем методической комиссии, участвовал в разработке учебных планов и программ по специальности «Светотехника и источники света». Им написаны и изданы в МЭИ методические пособия по лабораторным практикам, производственной и преддипломной практике, и в соавторстве с В.С. Литвиновым – «Пособие по курсовому проектированию источников света».

А.М. Троицкий участвовал в научно-исследовательских работах кафедры, являясь ответственным исполнителем и руководителем ряда хозяйственных НИР. В 1965 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Методы исследования и расчёта схем включения люминесцентных ламп, питаемых от полупроводниковых преобразователей энергии», разрабатывал схемные решения, ставшие прообразами современных электронных ПРА.

За время работы в МЭИ Александр Михайлович руководил работой многих аспирантов, 13 из которых защитили кандидатские диссертации.

Совместно с учениками А.М. Троицкий разработал метод гармонического анализа и синтеза для расчёта многоэлементных схем электромагнитных и электронных ПРА, участвовал в разработке трёхфазных МГЛ и создал симметричные схемы их включения. Трёхфазные МГЛ «ДМ» разных моди-

фикаций, использовавшиеся в растениеводстве защищённого грунта, серийно выпускались на МЗЭВП, а ПРА на основе предложенных схем – на Московском электрозаводе и в его филиале в г. Раменское.

А.М. Троицкий опубликовал свыше 100 научных работ, включая десятки изобретений.

В 1961 г. А.М. Троицкий перевёл книгу К.Г. Штурма «Пускорегулирующая аппаратура и схемы включения люминесцентных ламп», в 1983 г. им была написана глава «Пускорегулирующие аппараты» для «Справочной книги по светотехнике» (под ред. Ю.Б. Айзенберга), а в 1988 г. в соавторстве с А.Е. Краснопольским и В.Б. Соколовым – опубликована монография «Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп».

В течение ряда лет А.М. Троицкий исполнял обязанности заместителя заведующего кафедрой по учебной работе.

Последние полтора десятка лет Александр Михайлович, уже не работая на кафедре, регулярно участвовал в работе Центра подготовки и переподготовки «Прикладная светотехника» НИУ «МЭИ». Он был самым профессиональным и в то же время ярким и понятным (даже для слушателей нетехнического склада ума) лектором раздела «Источники света и ПРА». Всегда получал также самые высокие оценки от учеников и на ежегодных курсах повышения квалификации «Техника и дизайн освещения» и в многочисленных выездных семинарах. Много раз Александр Михайлович участвовал, как лектор, в работе курсов повышения квалификации, организованных московским Домом Света.

Прощаясь с А.М. Троицким, мы говорим ему спасибо за талант и профессионализм, за то, что он долгие годы работал и помогал своим коллегам и ученикам в трудную минуту. Выражаем искренние соболезнования его родным и близким, и прежде всего дочери Ирине Александровне. Светлая память об Александре Михайловиче Троицком навсегда сохранится в наших сердцах.

*Редакция и редколлегия журнала,
коллектив кафедры
«Светотехника» НИУ «МЭИ»,
друзья и ученики*

Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики

Н.В. БЫСТРЯНЦЕВА¹, Е.И. ЛЕКУС, Н.В. МАТВЕЕВ

Кафедра Световых технологий и оптоэлектроники Университета ИТМО, Санкт-Петербург

Аннотация

В статье анализируется актуальная проблематика отечественного светового дизайна и рассматриваются перспективы создания школы российского светодизайна, её стратегии и тактики.

Ключевые слова: свет, светодизайн, школа, стратегии, тактики, развитие, комплексный подход, световая культура.

Проектирование предметно-пространственной среды имеет длинную историю, которая начинается в древних цивилизациях и продолжается до сих пор, демонстрируя изменение в понимании человеком роли света.

Традиционно работа со светом являлась одной из граней деятельности архитектора, который выступал одновременно и зодчим, и ландшафтным архитектором, и конструктором, и тем, кого сегодня называют светодизайнером. Развитие современного общества, формирование новых социальных потребностей, стремительный рост технологий и изменение предпочтений в эстетизации окружающей среды стали теми предпосылками, которые постепенно выделили светодизайн в новое междисциплинарное направление профессиональной деятельности, стоящее на стыке искусства, дизайна, архитектуры и светотехники.

Интегрируя в своей основе художественно-образную выразительность и композиционные приёмы искусства, эстетику функциональности, отличающую объекты дизайна, а также новейшие научные и технические достижения в области оптики и инженерии, светодизайн сегодня становится важнейшим элементом визуальной культуры.

Растущий социальный интерес к световому дизайну, его значимая роль в организации публичного пространства и способность влиять на общественное сознание превращают данное направление в отдельную область культуры, на «территории» которой становится возможным решение острых проблем современного общества. Так, диалектическая природа светового дизайна и его интеграционный характер предполагают разрешение целого ряда противоречий: между эстетическим и художественным (дизайн), симуляцией и архитектурной мировоззрения (световая культура), частным и общественным (общество и социальные институты), авторством и «публичной анонимностью» (субъектность).

Рассматривая в этом ракурсе ситуацию, сложившуюся в современном отечественном светодизайне, можно выделить его несколько основных характеристик:

- на фоне высокой активности в работе со световой средой очевиден дефицит оригинальных идей, как следствие отсутствующего целостного видения и комплексного подхода;
- не учитывается степень авторской ответственности за результаты своей деятельности в общественном пространстве и пространстве культуры – результат установки на частный интерес, угрожающей творческому потенциалу и изначально социально ориентированному характеру светодизайна;
- не хватает личных мотиваций для индивидуального профессионального роста;
- отсутствуют критерии профессионального качества как в образовательной, так и в проектной деятельности.

Анализ этих тенденций приводит к выводу: уровень развития отечественного светодизайна на дан-

ный момент не способен соответствовать уровню его социокультурной значимости. При этом нельзя не учитывать то, что даже в самом профессиональном сообществе (не говоря уже о широкой аудитории) сегодня не существует единого, разделяемого большинством, мнения о задачах светового дизайна, его философии, идеологии, методологических основаниях и общеобразовательных принципах подготовки по этой специальности.

Как показывает обзор характера и проблематики дискуссий в профессиональном светодизайнерском сообществе, состояния световой среды и общественного внимания к эстетике освещения, наиболее актуальной задачей на сегодня является разработка стратегии комплексного подхода к светодизайну как к средовой компоненте общественного пространства, формирующего особую область культуры – световую культуру.

Что подразумевает под собой разработка стратегии комплексного подхода? В первую очередь создание открытого дискуссионного пространства для совместного рассмотрения специалистами из разных областей (архитектуры, искусства, дизайна, светотехники) наиболее принципиальных аспектов этой деятельности, таких как идентификация, идеология, философия и методология светового дизайна, образование по специальности «световой дизайн».

Рассмотрение светового дизайна сквозь призму данных категорий позволит выявить стратегически важные основы для его дальнейшего развития – скорректировать цели, задачи и функции светодизайна в соответствии с современными условиями и требованиями к качеству световой среды, что, в свою очередь, позволит заявить о перспективности и самостоятельности школы отечественного светодизайна.

Сразу следует подчеркнуть, что понятие «школа» здесь используется в качестве термина, определяющего направление деятельности, характеризующее базовыми принципами и рядом отличительных свойств (например, школа «Баухауз», школа русского балета, школа конструктивизма и т.п.).

¹ E-mail: shu2005@mail.ru

На данный момент в России существует немало образовательных учреждений и организаций, занимающихся профессиональной деятельностью в сфере светового дизайна. Так, авторы статьи, будучи знакомыми с разными сторонами светодизайна – теоретической и практической – ими был проведён анализ современного состояния отечественного светодизайна по следующим критериям: актуальные проблемы, конкурентоспособность в мировом профессиональном сообществе и состояние современного рынка светодизайна; опыт наиболее крупных образовательных учреждений России и Европы (МЭИ, МАРХИ, СПГУТД, Университет ИТМО (Россия), *Sapienza, Lighting Academy* и *Laboratorio Luce* (Италия), *Hochschule* в Висмаре (Германия), *CFEA* и *I.A.E. de Lyon* (Франция), *Light & Space Academy* (Финляндия) и др.), специализирующихся, в частности, на подготовке светодизайнеров, и специфика современной социокультурной ситуации.

В результате проведённого исследования авторы, ставившие целью создание образовательной программы, отвечающей высоким требованиям, предъявляемым к уровню подготовки современных светодизайнеров, пришли к выводу, что одной из важнейших составляющих общей стратегии развития школы отечественного светодизайна выступает методология комплексной образовательной подготовки конкурентоспособных специалистов, способных активно участвовать в формировании световой культуры и повышать уровень социального запроса на качество световой среды.

Как базис методологии и реализации образовательных программ предлагается использовать следующие принципы:

- световой дизайн – это творческая «лаборатория», в которой происходит генерирование идей, зарождающихся на стыке науки, искусства и техники;
- интеграционная природа светодизайна предполагает создание новых оснований для совместного развития и взаимообогащения технического и художественного потенциалов, тем самым закладывая фундамент культуры XXI в.;

- световой дизайн создаёт открытое дискуссионное пространство, для совместного обсуждения актуальных проблем современного общества и поиска их решений.

Основанная на этих принципах методология комплексной подготовки призвана способствовать развитию у будущих специалистов определённого образа мышления – целостного мышления, предполагающего рассмотрение проекта с разных ракурсов: его творческого потенциала, технических возможностей реализации, а также социокультурных и экономических факторов.

Комплексный подход ориентирован на получение знаний по: техническим дисциплинам (светотехника, электроника и др.); специальным направлениям (световая среда города, световые технологии, психофизиология зрительного восприятия); гуманитарным дисциплинам (световая культура, эстетика предметного окружения, формообразование). Широкоаспектный характер образования предполагает обретение студентами умения и опыта самостоятельной постановки задач и их творческого решения, исходя из целостного видения конкретной ситуации.

Данный подход позволит не только развивать творческие способности, талант генерировать идеи и оригинально реализовывать их на практике, но и, что крайне важно, формировать у будущих светодизайнеров чувство авторской ответственности за результаты деятельности в общественном пространстве.

Заключение

Свет... Трудно представить себе другое явление, столь же важное для человека. Диалектика света, его способность быть одновременно Всем и Ничем делает его одним из мощнейших инструментов влияния на общественное сознание, постоянно ставя перед светодизайнером вопрос: манипулировать или мотивировать?

Говоря об объективной необходимости создания стратегии развития отечественного светового дизайна как формирования профессиональной школы и становления световой культуры, в первую очередь предполагается установка на утверждение

идеи нового гуманизма, в рамках которой возможно разрешение наиболее актуальных проблем современного общества: преодоление социального отчуждения; обоснование нового гуманистического фундамента, образующегося в результате естественного взаимоотношения научного, художественного и технического потенциалов; возрождение общественного характера публичного пространства; создание условий для групповой и личностной идентификации в современном пространстве общества и культуры.



Быстрянцева Наталья Владимировна,
архитектор-дизайнер. Окончила в 2004 г. Саратовский государственный технический университет.

Доцент кафедры Световых технологий и оптоэлектроники и руководитель Школы светового дизайна Университета ИТМО. Член Творческого объединения светодизайнеров RULD



Лекес Елена Игоревна,
кандидат культурологии. Окончила в 2000 г. Санкт-Петербургскую Государственную художественно-промышленную

академию им. А.Л. Штиглица. Доцент кафедры Световых технологий и оптоэлектроники и преподаватель Школы светового дизайна Университета ИТМО. Член Творческого объединения светодизайнеров RULD



Матвеев Николай Вадимович,
кандидат техн. наук. Окончил в 2010 г. СПбУ «ИТМО». Доцент кафедры Световых технологий и оптоэлектроники

и преподаватель Школы светового дизайна Университета ИТМО. Член Творческого объединения светодизайнеров RULD

Оценка применимости лампы *Decostar 51 Cool Blue 50W 36° (Osram)* в качестве специализированного источника света в полиграфии

С.Ю. АРАПОВ, С.П. АРАПОВА¹, Д.А. ТАРАСОВ

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

Аннотация

Экспериментально установлено, что ГЛН *Decostar 51 Cool Blue 50W 36° (Osram)* может использоваться в специализированных осветительных устройствах для полиграфии и фотографии. Приведены электрические и светотехнические характеристики лампы в перекальном режиме, полезные при конструировании специализированных систем освещения на её основе.

Ключевые слова: галогенная лампа накаливания, интерференционный фильтр, просмотровая камера, специализированное освещение, перекальный режим, спектральные характеристики.

Введение

Особенностью ГЛН *Decostar 51 Cool Blue 50W 36°* является наличие встроенного интерференционного фильтра. Это приближает её по спектру к стандартным источникам МКО серии «D» и повышает коррелированную цветовую температуру $T_{\text{ц}}$. Цель данной работы – оценка применимости ГЛН *Decostar 51 Cool Blue 50W 36°* для создания специализированного освещения в соответствии с основными требованиями стандарта *ISO 3664:2009*: координаты цветности стандартного источника *D50* – $u' = 0,2102$, $v' = 0,4889$, с хроматическим отклонением не более 0,005 по цветовому графику $u'v'$ МКО 1976 для стандартного наблюдателя 1964 г.; $T_{\text{ц}} \approx 5000$ К; общий индекс цветопередачи $R_a > 90$; специальные индексы цветопередачи $R1-R8 > 80$; индекс метамеризма $M_{\text{vis}} < 1$ (категория «С»);

индекс метамеризма $M_{\text{uv}} < 1,5$. Для решения поставленной задачи был собран простейший экспериментальный стенд с носимым спектрофотометром *X-Rite ColorMunki*. Питание лампы осуществлялось от источника постоянного тока с напряжением, регулируемым в пределах 0 до 24 В.

Полученные результаты

Как и ожидалось, экспериментами было установлено, что ГЛН *Decostar 51 Cool Blue 50W 36°* довольно неплохо переносит работу в перекальном режиме. С точки зрения поставленной задачи наиболее интересные уровни светового потока получаются при питающих напряжениях 14–18 В (повышенных). При этом почти линейно ток лампы меняется в диапазоне 4,5–5,3

А, мощность – 63–95 Вт, а сопротивление – 3,1–3,4 Ом. Испытания были проведены на ряде ламп. Выявлено, что электрические параметры обладают хорошей воспроизводимостью. К сожалению, того же нельзя сказать о цветности. При питающих напряжениях 14 и 18 В средние значения $T_{\text{ц}}$ испытанных ламп составили 4410 и 4950 К соответственно. В указанном интервале напряжений $T_{\text{ц}}$ менялось практически линейно, но для отдельных экземпляров отклонение от среднего составляло ± 200 К. Существенный разброс $T_{\text{ц}}$, возможно, обусловлен нестабильностью параметров интерференционного фильтра в конструкции ламп.

Спектральные характеристики пропускания интерференционных фильтров, как известно, зависят от угла падения светового потока, поэтому в плоскости измерений были определены спектры падающего излучения при разных отклонениях от оптической оси лампы. По полученным спектрам определялись освещённость и цветность. На увеличенном фрагменте цветового графика $u'v'$ (рисунок) приведено расположение координат цветности лампы относительно D- и планковского локусов. Измерения

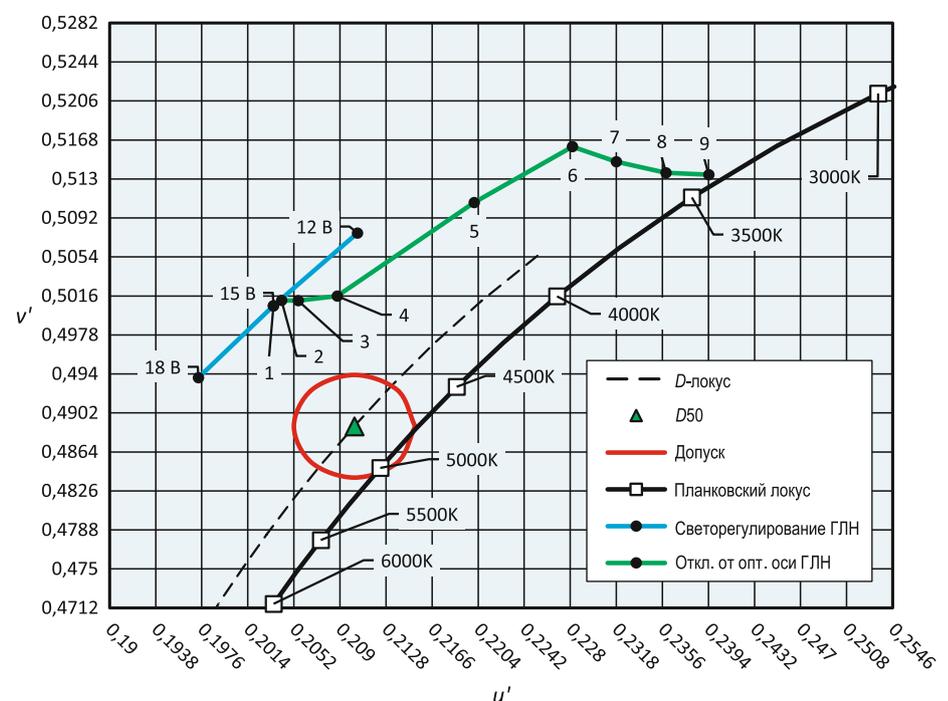


Рисунок. Влияние светорегулирования и отклонения от оптической оси ГЛН *Decostar 51 Cool Blue 50W 36°* на цветность её излучения

¹ Полный текст статьи депонирован в редакции.
E-mail: arapova66@el.ru

проводились при разных питающих напряжениях в девяти точках на отрезке 0,0–0,8 м с шагом 0,1 м (на рисунке номера точек с 1 по 9 – для напряжения 15 В).

Видно, что цветность ГЛН *Decostar 51Cool Blue 50W 36°* смещена в зелёную область относительно целевой (*D50*) и стабильна только в первых трёх точках (в круге радиусом 0,2 м). Таким образом, наиболее подходящий для решения поставленных задач спектральный состав имеет свет в пределах угла излучения 24–25° (точки 1–3 на рисунке), в этих же пределах лежит зона наиболее равномерной освещённости. Это несколько меньше номинального угла излучения 36°, заявленного в документации. Для создания фоновой освещённости в помещении перечисленные недостатки несущественны, а при оборудовании специализированных мест для просмотра оттисков и фотографий больших форматов могут потребоваться подбор согласованных экземпляров лампы и соответствующая конструкция светильников.

Значения всех индексов, регламентируемых *ISO 3664:2009*, определялись для оптической оси лампы при разных напряжениях питания. При этом значение R_a во всех случаях превышало 93, и значения $R1$ – $R8$ также укладывались в требования, превышая 90. Немного ниже требований стандарта оказалась категория индекса M_{vis} («D» вместо «C»), но неожиданно хорошими оказались значения индекса M_{uv} (0,1–0,24, при верхней границе 1,5).

Выводы

Эксперименты подтвердили основное достоинство ГЛН *Decostar 51Cool Blue 50W 36°* – близость спектрального состава излучения к стандартным источникам света МКО серии «D» с определёнными возможностями регулирования. Безусловный плюс – доступность лампы. Полученные данные позволяют рекомендовать её в качестве специализированного источника света для исследования визуальных характеристик полиграфических оттисков и фоторепродукций или создания специальных условий освещения

в других экспериментах. Практически такое освещение было реализовано в опытной конструкции универсальной просмотровой камеры для квалитметрических исследований.

В статье 11 с., 5 рис. и 15 библиографических ссылок.



Арапова Светлана Павловна,
инженер-физик.
Окончила в 1989 г.
физико-технический факультет Уральского политехнического

института. Старший преподаватель кафедры «Полиграфия и веб-дизайн» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: допечатная подготовка, типографика, колориметрия, особенности восприятия цвета в полиграфии, психофизика



Арапов Сергей Юрьевич,
инженер-физик.
Окончил в 1988 г.
физико-технический факультет Уральского политехнического

института. Старший преподаватель кафедры «Полиграфия и веб-дизайн» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: допечатная подготовка, системы управления цветом, колориметрия, мультиспектральная фотография



Тарасов Дмитрий Александрович,
инженер-физик.
Окончил в 1999 г.
физико-технический факультет Уральского политехнического

института. Старший преподаватель кафедры «Полиграфия и веб-дизайн» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Область научных интересов: квалитметрия, колориметрия, особенности восприятия текста и цвета в полиграфии и веб-дизайне, психофизиология

Фирма «С.Е. Лютесс» ищет специалиста

Senior Managerial Position Lighting

For Russian/Belorussian/Kazakhstan markets

Well Established Middle East Lighting distributor with major European and USA lighting principals is expanding its activities into the CIS market and has opened several vacancies for experienced lighting professionals for their operations in Russia/Kazakhstan/Belorussia.

Profile: Candidates with solid track of record in the field of lighting specification and sales.

Must have experience in specification sales through Municipalities, Government, Bodies, Architects, Consultants, Designers, High End Corporate Clients and Contractors

This is a senior position and candidates will have the tasks:

- to achieve the sales targets
- to set up operation and establish administrative processes and procedures - build up the team

Qualification: BE (Electrical)/Diploma (Electrical Engg) /MBA (Marketing) – Russian equivalent.

Native Russian speaker. Fluent English is a must.

Candidates to be based in Moscow/Moscow region.

Package: Attractive package to commensurate with experience linked to performance for high profile candidates.

Please send your applications to.....

Please note that only successful candidates will be contacted and invited for the interview.

О ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»

ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 [1] заменяет ГОСТ Р 50571.5.54-2011/МЭК 60364-5-54:2002 [2].

Ниже с рядом комментариев приведены выдержки из стандарта [1].

541.1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к заземляющим устройствам, защитным проводникам и защитным проводникам уравнивания потенциалов, применяемых для обеспечения безопасности в электроустановках.

542. Заземляющие устройства

542.1 Общие требования

542.1.1 Заземляющие устройства могут быть выполнены общими или отдельными для защитных и функциональных целей в зависимости от требований к электроустановке. Защитные цели всегда являются главными.

542.1.2 Для связи заземлителей (заземляющих электродов) с главной заземляющей шиной в пределах установки применяют заземляющие проводники.

542.2 Заземляющие электроды

542.2.1 Типы, материалы и размеры заземляющих электродов должны обеспечивать коррозионную и необходимую механическую прочность на весь срок службы.

Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространённых материалов с точки зрения коррозионной и механической стойкости, проложенных в земле и замоноличенных в бетон, приведены в таблице 54.1.

542.2.2 Эффективность конкретного заземляющего электрода зависит от характера грунта. Число заземляющих электродов выбирают в зависимости от характера грунта и сопротивления.

В приложении D приведены методы оценки сопротивления заземляющих электродов

542.2.3 В качестве заземлителей могут быть применены:

- замоноличенные в бетон фундаментные заземляющие электроды,
- заглублённые в грунт фундаментные заземляющие электроды,

- металлические электроды, заглублённые непосредственно в грунт вертикально или горизонтально (например, стержни, проволока, ленты, трубы или полосы),

- металлические оболочки или другие металлические покрытия кабелей в соответствии с местными условиями или требованиями,

- другие, проложенные в земле, металлические изделия в соответствии с местными условиями или требованиями,

- металлическая арматура железобетона (за исключением напряжённого железобетона), расположенного в земле.

Комментарий к пункту 542.2.3 и таблице 54.1

– В соответствии с требованием пункта С.1 приложения С «Заземляющие электроды железобетонных фундаментов» электроды из чёрного металла (стали), полностью встроенные в бетон, можно применять как заземлители при условии, что бетон не изолирует от грунта с помощью специальной теплоизоляции или другими способами.

– В соответствии с требованием пункта D.3 приложения D «Заземляющие электроды в земле» и таблицы 54.1 заземляющие электроды, заглублённые в грунт, могут быть выполнены из:

- стали горячего цинкования,
- стали в медной оболочке,
- стали с медным покрытием,
- нержавеющей стали,
- голлой меди.

542.2.6 Металлические трубопроводы с горючими жидкостями и газами не должны использовать в качестве заземлителей и их проложенная в земле часть не должна учитываться при расчёте параметров заземлителей.

542.2.7 Заземляющие электроды не должны быть непосредственно погружены в воду потока, реки, водоёма, озера и т. п. (см. также 542.1.6).

Комментарий

Пункт 542.1.6 отсутствует в тексте стандарта [1] отсутствует.

542.2.8 Если заземлитель состоит из частей, которые должны быть со-

единены вместе, соединение должно быть выполнено экзотермической сваркой, опрессовкой, зажимами или другим разрешённым механическим соединителем.

542.3 Заземляющие проводники

542.3.1 Заземляющие проводники должны удовлетворять требованиям 543.1.1 или 543.1.2 Площадь их поперечного сечения должна быть не менее 6 мм² для меди и

50 мм² для стали. Если голый заземляющий проводник прокладывается в грунте, его размеры и характеристики должны соответствовать указанным в таблице 54.1.

Алюминиевые проводники не должны использоваться в качестве заземляющих проводников.

Примечание – Если систему молниезащиты соединяют с заземлителем, то площадь поперечного сечения заземляющего проводника должна быть по крайней мере 16 мм² для меди или 50 мм² для железа.

Комментарий

В примечании к пункту 542.3.1 вместо слов «для железа» следует читать «для стали».

542.3.2 Соединение заземляющего проводника с заземлителем должно быть надёжным и с соответствующими электрическими характеристиками. Соединение может быть выполнено с помощью сварки, опрессовки, соединительного зажима или другим механическим соединителем. Механическое соединение должно монтировать в соответствии с инструкцией изготовителя. Установка соединительного зажима не должна приводить к повреждению электрода или заземляющего проводника.

Паяные соединения или паяные детали, которые зависят исключительно от припоя, не следует применять самостоятельно, поскольку они не обеспечивают требуемую механическую прочность.

Примечание – Если применяют вертикальные электроды, должна быть обеспечена возможность контроля соединения и замены вертикального стержня.

Таблица 54.2 – Минимальное сечение защитных проводников

Сечение линейных проводников S, мм ²	Минимальное сечение соответствующего защитного проводника, выполненного, мм ²	
	из того же материала, что и линейный	из материала, отличного от линейного
S ≤ 16	S	$k_1/k_2 \cdot S$
16 ≤ S ≤ 35	16 ¹⁾	$k_1/k_2 \cdot 16$
S > 35	S/2 ¹⁾	$k_1/k_2 \cdot S/2$

542.4 Главный заземляющий зажим (шина)

542.4.1 В каждой установке, в которой применяют защитное уравнивание потенциалов, следует предусматривать главный заземляющий зажим (шина) и к нему должны быть присоединены:

- защитные проводники уравнивания потенциалов,
- заземляющие проводники,
- защитные проводники,
- проводники функционального заземления, при наличии.

Примечание 1 – Не требуется непосредственно подключать каждый отдельный защитный проводник к главному заземляющему зажиму (шине), если они электрически связаны с ним через другие защитные проводники.

Примечание 2 – Главный заземляющий зажим в здании, как правило, применяют в целях функционального заземления. Для информационных технологий его рассматривают как базовую точку подключения информационной сети к заземлителю.

Комментарий

– Требования к основной системе уравнивания потенциалов, изложенные в пункте 542.4.1 стандарта [1], следует рассматривать совместно с пунктами 411.3.1.1 и 411.3.1.2 ГОСТ Р 50571.3–2009/МЭК 60364–4–41:2005 [3], в которых приведены требования по подключению к главной заземляющей шине открытых и сторонних проводящих частей.

– Содержание пункта 542.4.1 следует рассматривать совместно с приложением В «Пример размещения заземляющего устройства и защитных проводников».

543. Защитные проводники

543.1 Минимальное сечение

543.1.1 Сечение любого защитного проводника должно удовлетворять условиям автоматического отключения питания в соответствии с указаниями МЭК 60364–4–41 [3] и должно обеспечивать стойкость к протеканию токов короткого замыкания.

Сечение защитного проводника рассчитывают в соответствии с 543.1.2 или выбирают по таблице 54.2. Также следует выполнять условия 543.1.3.

Зажимы для защитных проводников должны соответствовать их размерам в соответствии с выбором по указаниям настоящего пункта.

В системе ТТ, где заземлители источника питания и открытых проводящих частей потребителя независимы (см. 312.2.2), площадь поперечного сечения защитных проводников должна быть не менее: 25 мм² для меди, 35 мм² для алюминия.

Комментарий к пункту 543.1.1 и таблице 54.2

– Целесообразно линейные и защитные проводники выполнять из одного материала.

– Целесообразно сечения защитных проводников выбирать по таблице 54.2.

– При необходимости значения коэффициентов k_1 и k_2 определяют по приложению А.

543.1.3 Сечение любого защитного проводника, который не является жилой кабеля или не проложен с линейными проводниками в общей оболочке с проводниками цепи, должно быть не менее:

- 2,5 мм² Cu и 16 мм² Al, если есть механическая защита,
- 4 мм² Cu и 16 мм² Al, если механическая защита отсутствует.

Примечание – Это не исключает возможность использования стали в качестве защитного проводника (см. 543.1.2).

Защитный проводник, не являющийся частью кабеля, считается механически защищенным, если он проложен в трубе, коробе или другим подобным образом.

543.2 Типы защитных проводников

543.2.1 Защитные проводники могут быть представлены одним из нижеследующих типов или их комбинацией:

- проводники (жилы) многожильного кабеля,
- изолированный или голый проводник, который проложен в общей оболочке с рабочими проводниками,
- стационарно проложенные голые или изолированные проводники,
- металлические оболочки кабелей, экраны кабелей, броня кабелей, проводочная оплетка, концентрические проводники, металлические трубы, объекты, удовлетворяющие требованиям перечислений а) и б) 543.2.2.

543.2.3 В качестве защитных проводников и защитных проводников уравнивания потенциалов не следует использовать следующие металлические части:

- трубы систем водоснабжения,
- трубопроводы с горючими газами и жидкостями,
- конструкции, подверженные механическим нагрузкам в нормальных условиях,
- гибкие или мягкие проводники, за исключением специально предназначенные для этих целей,
- гибкие части,
- поддерживающие конструкции электропроводок, кабельные лотки и кабельные лестницы.

543.3 Электрическая непрерывность защитных проводников

543.3.1 Защитные проводники должны быть соответствующим образом защищены от механических повреждений, ухудшения состояния из-за химических и электрохимических воздействий, от электродинамических и термодинамических сил.

Соединения не должны выполнять пайкой.

543.3.2 Соединения защитных проводников должны быть доступны для осмотра и испытаний, за исключением соединений:

- заполненных компаундом,
- находящихся в закрытых полостях,
- соединений в металлических трубах, коробах или сборных шинах,
- выполненных сваркой,
- выполненных опрессовкой.

Комментарий к пункту 543.3.2

В пункте 2.1.26 ПУЭ [4] отсутствует разрешение на соединение проводников, в том числе защитных, в закрытых полостях, в металлических трубах и коробах. Для соединений проводников следует применять соединительные (ответвительные) коробки, доступ к которым в соответствии с пунктом 2.1.23 ПУЭ необходим для осмотра и ремонта.

543.3.3 В цепях защитных проводников не следует устанавливать отключающие устройства, однако в них могут быть соединения, предназначенные для проведения испытаний и разбираемые с помощью инструментов.

543.3.4 В случае осуществления мониторинга заземления означенные устройства (например, датчики, катушки, трансформаторы тока) не следует включать последовательно в цепь защитных проводников.

543.3.5 Открытые проводящие части аппаратов не должны использоваться в качестве защитных проводников другого оборудования, за исключением указанного 543.2.2.

543.4 PEN, PEL или PEM-проводники

543.4.1 PEN, PEL или PEM-проводники можно применять только в стационарных установках и с точки зрения механической прочности их сечение должно быть не менее 10 мм² по Cu или 16 мм² по Al.

Примечания

1. По причинам электромагнитной совместимости PEN-проводник не следует применять после точки ввода в установку.

2. Не допускается применять PEN, PEL или PEM-проводники во взрывоопасных зонах.

543.4.2 Изоляция PEN, PEL или PEM-проводников должна быть рассчитана на напряжение линейных проводников.

543.4.3 Комментарий

Подключение PEN-проводника питающей линии к шинам PE и N ГРЩ следует выполнять так, как указано на рисунке 51а, а на рисунке 51с это подключение показано ошибочно. Подключение PEN-проводника на рисунке 51а соответствует требованию пункта 1.7.135 ПУЭ [5].

543.4.4 Сторонние проводящие части не могут использовать в качестве PEN-проводников.

543.5 Совмещённое защитное и функциональное заземление

543.5.1 При применении объединённых заземляющих проводников защитного и функционального заземления в первую очередь следует выполнять требования к защитным проводникам.

543.6 Токи в защитных заземляющих проводниках

Проводник защитного заземления не следует применять в качестве проводящего пути для тока в нормальных эксплуатационных режимах (например, в соединениях с фильтрами, уста-

навливаемыми по соображениям электромагнитной совместимости).

543.8 Размещение защитных проводников

Если для защиты от поражения электрическим током применяют устройство защиты от сверхтока, то защитный проводник должен быть объединён с фазными проводниками или проложен в непосредственной близости.

544 Защитные проводники уравнивания потенциалов

544.1 Защитные проводники уравнивания потенциалов, присоединяемые к главному заземляющему зажиму (шине)

544.1.1 Сечение защитных проводников уравнивания потенциалов, которые присоединены к главной заземляющей шине (ГЗШ), должно быть не менее половины сечения самого большого лопатинного проводника установки и не менее:

- 6 мм² – по Cu,
- 10 мм² – по Al,
- 50 мм² – по стали.

Сечение защитных проводников уравнивания потенциалов, которые присоединяют к ГЗШ, не должно быть больше 25 мм² Cu или эквивалентного для других материалов.

544.2 Защитные проводники уравнивания потенциалов для дополнительного уравнивания

544.2.1 Проводимость проводника уравнивания потенциалов, соединяющего две открытые проводящие части, должна быть не ниже минимальной проводимости защитного проводника из проводников, присоединённых к открытым проводящим частям.

544.2.2 Проводимость проводника уравнивания потенциалов, соединяющего открытую проводящую часть и стороннюю проводящую часть, должна быть не ниже проводимости соответствующего защитного проводника половинного сечения.

544.2.3 Проводник уравнивания потенциалов, соединяющий две сторонние проводящие части, должен соответствовать 543.1.3.

Комментарий к пункту 544.2.3

– Минимальные сечения защитных проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов, необходимо выбирать в соответствии с требованием пункта 543.1.3 ГОСТ Р 50571.5.54–2013 [1].

Комментарий к приложению В

– На схеме здания показаны: главная заземляющая шина, главный распределительный щит, распределитель-

ный щит, заземляющее устройство (заземлитель и защитный заземляющий проводник), защитные проводники, защитные проводники уравнивания потенциалов, открытые и сторонние проводящие части электроустановки.

– На схеме показано также присоединение системы молниезащиты здания непосредственно к заземлителю.

– В помещениях, в которых предусматривается дополнительная система уравнивания потенциалов, необходимо предусматривать от каждой открытой проводящей части оборудования (электроприёмника) прокладку защитного проводника к коробке с медной шиной.

Комментарий к приложению С

– В соответствии с пунктами 541.3.4 и 541.3.5 замоноличенный в бетон фундаментный заземлитель и заглублённый в грунт фундаментный заземлитель следует, как правило, выполнять в виде замкнутого контура.

– Применение заземляющих электродов железобетонных фундаментов позволяет получить заземлитель с большим сроком службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50571.5.54–2013/МЭК 60364–5–54:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов». – М.: Стандартинформ, 2014.

2. ГОСТ Р 50571.5.54–2011/МЭК 60364–5–54:2002 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов». – М.: Стандартинформ, 2013.

3. ГОСТ Р 50571.3–2009/МЭК 60364–4–41:2005 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–41. Требования для обеспечения электробезопасности. Защита от поражения электрическим током». – М.: Стандартинформ, 2011.

4. Правила устройства электроустановок / Издание шестое, переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

5. Правила устройства электроустановок / Издание седьмое. – М.: НЦ ЭНАС, 2002.

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

Письмо Филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Иркутск от 29.05.2015 в журнал «Светотехника»

(Просьба о разъяснении применения электрических систем с изолированной и глухозаземлённой нейтралью для осветительных установок)

Уважаемая редакция!

Просим разъяснить применение электрических систем с изолированной и глухозаземленной нейтралью для осветительных установок при проектировании и строительстве дробильных, обогатительных, агломерационных и окомковательных цехов (фабрик) (в каких случаях должна применяться изолированная, а в каких глухозаземленная нейтраль), так как есть разночтения в следующих документах:

1. Согласно п. 354 «Единых правил безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окомковании руд и концентратов» (ПБ 03–571–03), утверждённых постановлением Госгортехнадзора России от 04.06.2003 № 47: «Для осветительных сетей должна применяться электрическая система с изолированной нейтралью при линейном напряжении не выше 220 В».

2. Согласно п. 320 «Инструкции по безопасной эксплуатации электроустановок в горнорудной промышленности» (РД 06–572–03), утверждённой постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.2003 № 65: «Допускается применение сетей с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1 кВ для питания от отдельных трансформаторов установок освещения стационарных перегрузочных пунктов и отвалов, въездных (выездных) траншей, специальных осветительных установок и сетей сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). При этом заземляющее устройство этих установок не должно иметь гальванической связи с изолированной нейтралью.»

3. Согласно п. 1040 «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твёрдых полезных ископаемых», утверждённых приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599: «Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 Вольт переменного тока при заземлённой нейтрали и не выше 220 Вольт переменного тока при изолированной нейтрали и при постоянном токе».

4. Согласно письму Ростехнадзора от 13.07.12 № 07–00–04/2479 (см. приложение 1): «При составлении проектной документации, строительстве и эксплуатации дробильных, обогатительных, агломерационных цехов и фабрик, должна предусматриваться и применяться в осветительных сетях электрическая система в соответствии с требованиями ПБ 03–571–03».

Кроме того, просим разъяснить следующее:

1. Допускается ли на обогатительных фабриках (цехах) одновременное применение электрических систем с глухозаземленной нейтралью (для силового оборудования) и с изолированной нейтралью (для осветительного оборудования, питающегося через разделительный трансформатор)?

2. Допускается ли объединение заземляющих устройств электрических систем с глухозаземленной нейтралью и с изолированной нейтралью?

3. Частный случай: В здании обогатительной фабрики для электроснабжения силового оборудования 0,4 кВ применена система с глухозаземлённой нейтралью, для осветительных сетей применена электрическая система с изолированной нейтралью при линейном напряжении 220 В, питающаяся от разделительного трансформатора. Необходимо ли изолировать корпуса светильников от металлоконструкций, имеющих гальваническую связь с глухозаземлённой нейтралью силового оборудования?

Приложения:

1) Письмо Ростехнадзора от 13.07.12 № 07–00–04/2479.

С уважением,
директор филиала Н.С. Боков

 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ (РОСТЕХНАДЗОР)		Директору ООО «Томс» Ю.В. Бутько
ул. А. Луначова, д. 4, стр. 1, Москва, 105066 Телефон: (495) 411-60-45, Факс: (495) 411-60-52 E-mail: rostehnadzor@rosnadzor.ru http://www.rosnadzor.ru ОКПО 00083701, ОГРН 104776607650 ИНН/КПП 7709561778/770901001		672010, г. Чита, ул. Красноярская, д.32а
13.07.2012 № 07-00-04/2479 На № 139-ЗФ от 07.06.2012		
Об осветительных сетях обогатительных фабрик.		
Управление горного надзора рассмотрело запрос об осветительных сетях обогатительных фабрик и разъясняет. На основании требований п. 54 Единых правил безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов ПБ 03-571-03 (зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 г. № 4744) для осветительных сетей должна применяться электрическая система с изолированной нейтралью при линейном напряжении не выше 220 В. Применение напряжения выше 220 вольт, согласно пункта 319 «Инструкции по безопасной эксплуатации электроустановок в горнорудной промышленности» (зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 г. № 4736), разрешается при применении специальных осветительных установок для освещения отвалов и автодорог вне карьера, а также стационарных перегрузочных пунктов, при питании от отдельных трансформаторных подстанций в сети с заземленной нейтралью. При составлении проектной документации, строительстве и эксплуатации дробильных, обогатительных, агломерационных цехов и фабрик, должна предусматриваться и применяться в осветительных сетях электрическая система в соответствии с требованиями ПБ 03-571-03.		
Начальник Управления горного надзора В.С. Оксман (499) 261-35-46	 А.И. Перепелицын	

Ответ журнала «Светотехника»
от 15.06.2015 на письмо Филиала
ООО «ТОМС инжиниринг»
в г. Иркутск

1. Письмо Управления горного надзора Ростехнадзора от 13.07.2012 № 07–00–04/2479, приложенное к вашему письму и касающееся выполнения осветительных сетей обогатительных фабрик, написано 3 года назад. Целесообразно, с учётом возможных временных изменений в нормативных документах с 2012 г., направить в это же Управление обращение с указанными в вашем письме вопросами, касающимися осветительного и силового электрооборудования обогатительных фабрик

2. В приложении «Вопрос–Ответ» к № 6 журнала «Новости ЭлектроТехники» за 2007 год на с. 21 (см., напр., на сайте www.news.elteh.ru) сообщается следующее:

«Применение системы *IT* для ограниченного количества электроприёмников в электроустановке, в которой остальные электроприёмники питаются от трансформатора с глухозаземленной нейтралью (система *TN*), возможно при условии соблюдения одного из следующих условий:

- обе системы (*IT* и *TN*) имеют одно общее заземляющее устройство или

- исключена возможность прикосновения к открытым и/или сторонним проводящим частям, присоединённым к обособленному заземляющему устройству системы *IT*, и одновременно – к открытым и/или сторонним проводящим частям, соединённым с заземляющим устройством системы *TN*».

3. Официальный ответ Управления горного надзора и выполнение указанных в нём действующих нормативных требований обеспечат своевременный приём электроустановок обогатительных фабрик в эксплуатацию.

Защита диссертации

23 июня 2015 г. в МАРХИ (ГА) защитила диссертацию на соискание учёной степени кандидата архитектуры Н.В. Быстрянцева. Тема диссертации – «Комплексный подход в создании световой среды вечернего города».

Работа выполнена на кафедре «Дизайн архитектурной среды» МАРХИ (ГА) под руководством доктора архитектуры, проф. А.В. Ефимова. Официальными оппонентами выступили доктор архитектуры, проф. В.А. Нефёдов и кандидат архитектуры В.Е. Карпенко, а ведущей организацией – ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». По теме диссертации опубликовано 23 статьи, из них 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и отмечено участие в 7 научно-технических конференциях.

Диссертационная работа посвящена актуальной для развития современных городов теме – необходимости разработки комплексного научного подхода к формированию световой среды вечернего города. Автор работы поднимает важный вопрос ответственности архитектора и дизайнера за визуальное качество городского окружения человека в любое время суток. На сегодня в архитектурном проектировании всё большее внимание уделяется изучению искусственной световой среды, повышению качества наружного освещения. Однако существующий проектный опыт опирается, как правило, лишь на локальные теоретические разработки в области светового проектирования. Остаётся открытым вопрос определения комплексной взаимосвязи всех видов освещения в светопрозрачной организации города с учётом его средовой специфики. Предложенный комплексный подход к формированию световой среды города позволяет переводить акценты с градостроительного масштаба на более локальное средовое проектирование освещения и рассматривать световую среду как пространственно-временное явление.

Работа опирается на передовой практический и теоретический мировой и российский опыт в области архитектуры, градостроительства, дизайна городской среды, светотехники и светового дизайна.

Несомненным достоинством работы можно считать рассмотрение указанной проблематики не только с точки зрения существующих практических и теорети-

ческих разработок в области искусственного освещения, но и с учётом анализа композиционной роли света в произведениях живописи, сценографии и архитектуры в границах исследования. Это помогает уточнять представления о специфике и особенностях проявления света в разных формах художественной культуры, а затем эффективно использовать их в решении задач освещения городских пространств.

Автором разработаны критерии качества световой среды города, позволяющие оценивать её функциональную, информативную и эстетическую составляющие; определены факторы (природно-климатические особенности, образ жизни человека в вечернем городе, городская среда, световая культура), влияющие на комплексное формирование световой среды фрагмента вечернего города, и предложены средства её формирования; разработана и предложена интегральная модель комплексного формирования световой среды вечернего города и раскрыты проектные уровни её реализации, позволяющие в процессе работы над освещением отражать дух времени, дух места и архитектурный контекст городской среды.

Предложенные автором художественно-эстетические показатели световой среды содержат оценки целостности световой композиции и её информативной эффективности, образной выразительности световых решений и их рациональности по отношению к задачам и средствам реализации. Всё это, по мнению автора, позволяет не только эффективно проектировать, но и оценивать качество создаваемой световой среды.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждаются изучением теоретических источников и анализом практических разработок, а также практическим опытом автора: предложенный метод был успешно реализован им в ряде значимых проектов освещения в центральных районах Москвы и в Сочи. Основные результаты диссертационного исследования прошли апробацию в экспериментальных учебных курсах: впервые в 2011–2012 гг. на кафедре «Дизайн архитектурной среды» МАРХИ (ГА) и, далее, в 2014–2015 гг., в программе обучения магистров на кафедре «Твердотельная оптоэлектроника» Университета ИТМО.

Письмо в Государственную комиссию по вопросам развития Арктики

О требованиях к качеству искусственной световой среды для северных регионов

В связи с утверждением Президентом Российской Федерации В.В. Путиным Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года прошу рассмотреть моё предложение – **разработать и внедрить комплекс требований к искусственной световой среде с целью частично компенсировать недостаток естественного освещения, тяжесть работы и проживания на северной территории.**

Рост энергопотребления и одновременное повышение энергоэффективности современных светодиодных систем освещения, накопленный светотехнический опыт и квалификация, понимание значимости параметров качества световой среды позволяют пересмотреть количественные и качественные критерии качества искусственной световой среды для людей, по долгу службы испытывающих долговременный дефицит естественного освещения.

Территориальная обусловленность проблемы

В настоящее время приходит общественное осознание ценности Арктики как территории человеческой жизнедеятельности. Все программы и предложения устойчивого развития российской Арктики производятся или должны производиться, прежде всего, во благо живущих в ней людей. Повышение качества жизни – кратчайший путь к изменению сознания, без которого, как известно, не может быть модернизаций.

Повышать качество жизни и снижать территориально обусловленные тяготы особенно важно, если стоит задача заменить психологию временщика на самосознание коренного жителя, для которого Арктика – дом и родина следующих поколений.

На этой важнейшей территории, где природа не предполагает существования человека вне условий созданной им искусственной среды, требования и к искусственному освещению должны существенно отличаться от общемировых. Нормы не могут быть едиными для средних и северных широт, как из-за остроты проблемы тяжести проживания 5% населения РФ в северных регионах, так и потому, что на эти 5% приходится 11% ВВП.

Повышение качества искусственной световой среды отодвинет дальше на север невидимую границу, за которой главной целью населения является накопление средств для переезда на юг. И сделает более привлекательной пусть даже и вахтовую работу в более северных районах.

Любой масштабный проект улучшения здоровья, повышения качества и уровня жизни населения как часть поддержки населения в условиях Арктики должен включать в себя научно

обоснованное, обусловленное территориальной спецификой изменение качества искусственной световой среды. Работу необходимо начинать как можно раньше и проводить как можно интенсивней, поспевая за высокой скоростью социальных изменений.

Недостатки существующего решения

В исполняемых современных санитарных нормах требования к качеству спектрального состава света носят рекомендательный характер, других требований к качеству световой среды практически нет, а количественные требования разработаны для относительно комфортного выполнения рабочих операций сотрудником, имеющим возможность вне работы проводить время в условиях более полноценной естественной световой среды. Если такой возможности у человека нет, количественные и качественные показатели искусственной световой среды становятся критическими.

Очевидное доказательство значимого влияния качества искусственной световой среды на работоспособность – положительный опыт продолжительных школьных каникул в декабре и январе по опыту Сухомлинского.

Но элементарное решение – повышение на одну-две ступени уровня освещения рабочих поверхностей – недостаточно. Даже грубое описание наиболее комфортной световой среды, в т.ч. ради которой люди ждут отпуска и едут к морю, на дачу, на озеро или в сосновый бор не ограничивается возможностью выполнять рабочие операции. Необходимо комплексное и качественное улучшение искусственной световой среды, создание искусственного освещения по спектру и другим характеристикам, не уступающего естественному освещению.

Масштабируемость и гибкость проекта

Реализация программы не обязана одновременно затрагивать всю Арктическую зону, возможно выборочное и точечное повышение качества жизни в соответствии с имеющимися ресурсами в наиболее критичных направлениях – детские сады и образовательные учреждения, помещения с рабочими местами преимущественно для женщин или для наиболее ценных специалистов, помещения задействованные в международном сотрудничестве, помещения для работы временщиков в период акклиматизации.

Для некоторых специфических светотехнических задач требуются и НИОКР и апробация принципиально новых технических решений. Но значимый эффект может быть достигнут и на существующей технологической базе соблюдением более жёстких и широких требований к параметрам световой среды, выраженных в исполнимых нормах и кон-

кретных простых в реализации технических решениях.

Масштаб задач может корректироваться в зависимости от бюджета – от занятости малого числа специалистов и организаторов в течение года до бессрочной работы сотен исследователей, организаторов науки и разработчиков в рамках проектов ведущих светотехнических институтов – пока Арктика остаётся важнейшим направлением развития страны.

План разработки требований и технических решений

Унификация и упрощение формулировок, и повышение не менее чем на ступень имеющихся санитарных требований к искусственному освещению.

Определение максимально выполнимых, но экономически и технологически целесообразных требований к спектральному составу искусственного света.

Интегрирование и обобщение известных данных о роли света в регуляции циркадных ритмов, в том числе для разных возрастных категорий. Определение упрощённого массово применимого светотехнического решения ритмизации циркадной системы в условиях недостатка естественного освещения.

Обобщение принципов светодизайна, позволяющих создавать комфортную искусственную световую среду. Разработка упрощённых требований и технических решений, значимо повышающих уровень комфортности световой среды в помещениях.

Выработка алгоритмов оценки эффективности найденных решений.

Реализация требований и технических решений на пилотных объектах, анализ и публикация результатов в научной литературе. Доведение основных рекомендаций до населения в популярном виде публикациями на широко посещаемых интернет-ресурсах.

Содействие выполнению «арктических» требований к освещению на особо важных объектах средней полосы.

Выдача предложение по использованию результатов работы в очередной редакции свода Правил «Естественное и искусственное освещение».

Технический исполнитель проекта

За организацию общественного обсуждения, интегрирование компетенций специалистов, в т.ч. с привлечением экспертов ВНИСИ им. С.И. Вавилова, НИИИС им. А.Н. Лодыгина, НИИСФ РААНС и НИИОТ РГСУ, за формулировку решений, публикацию и рекламирование результатов проекта, взаимодействие с государственными органами, ответственными за разработку и утверждение Сводов Правил отвечает редакция журнала «Светотехника». Журнал «Светотехника» основан в 1932 г. и включён в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, а также в базы *Web of Science*, *Thomson Scientific*, *EBSCO Publishing House*, *Elsevier Publishing House* и *SCOPUS Journals Analyzer*.

**А.С. Шаракшанз, кандидат физ.-мат. наук,
журнал «Светотехника»**

Новый этап развития испытательной лаборатории ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»

Качество источников света и светотехнической продукции оказывает большое влияние на зрение и здоровье человека. Особое внимание необходимо уделять светотехническим изделиям с применением светодиодов и ультра-



фиолетовых ламп. Актуальность контроля качества светотехнической продукции обусловлена, прежде всего, ежегодно возрастающими объёмами потребления светотехнических изделий в Российской Федерации.



ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н. Лодыгина» – ведущий научно-технический центр страны в области источников света, располагающий современной научно-исследовательской и производственной базой. В распоряжении института имеется оснащённая современным испытательным оборудованием аккредитованная испытательная лаборатория ИЛ ЭЛСИ (№ РОСС RU.0001.22МЕ 33 от 21.08.2014), имеющая право проведения испытаний для целей сертификации и декларирования соответствия всех типов светотехнической продукции в Таможенном союзе.

В 2014 г. была проведена глобальная модернизация измерительного и испытательного оборудования в рамках Федеральной программы поддержки развития пилотных инновационных кластеров, реализуемой при поддержке Министерства экономического развития РФ и Министерства промышленности, науки и новых технологий Республики Мордовия. Закуплены и введены в эксплуатацию 11 единиц современного высокотехнологичного оборудования для контроля эксплуатационных параметров светотехнических изделий и оценки их устойчивости к внешним воздействующим факторам, в том числе гониофотометр, спектрорадиометры в составе измерительных

комплексов, камеры пыли, влаги, тепла и холода, термобарокамера, везерометр и др.

Примечательно, что климатические камеры изготовлены специально под максимальный размер серийно производимых светильников, что позволяет испытывать все типы источников света и световых приборов.

Испытательная лаборатория ЭЛСИ ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А. Н. Лодыгина» одна из немногих в нашей стране занимается работами по измерению и оценке излучения в УФ-области. Фотометрическое оборудование рассчитано на измерения оптической области спектра излучения, начиная с 200 нм. При измерениях специалисты лаборатории применяют существующие методики измерений, а также активно занимаются усовершенствованием и разработкой новых методик измерений УФ-излучения и методик ускоренных испытаний на ресурс бактерицидных ламп.

Обновлённый комплекс оборудования, опыт и компетенции специалистов позволяют испытательной лаборатории института проводить широкий спектр измерений и испытаний. Приглашаем заинтересованные компании к сотрудничеству. Будем рады видеть Вашу фирму в числе наших партнёров.

Контактная информация:

Адрес: Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Лодыгина, д. 3

Телефон: +7 (8342) 33-33-73, 33-33-60

E-mail: mail@vniis.su

Сайт: www.vniis.su



Международная научно-практическая конференция «Световой дизайн – 2015»

(8–9 октября • Санкт-Петербург)

Тема конференции – «Световая культура»



Международная научно-практическая конференция «Световой дизайн – 2015», проводится совместно Школой светового дизайна Университета ИТМО и Творческим объединением светодизайнеров RULD и посвящена обсуждению актуальных проблем светового дизайна и световой культуры в целом.

Творческое объединение светодизайнеров RULD совместно со Школой светового дизайна Университета ИТМО в 2014 г. провели научно-практическую конференцию «Световой дизайн – 2014». В ней приняли участие специалисты фирм *Cariboni* и *Griven*, преподаватели и студенты ведущих российских вузов в области архитектуры, дизайна и светотехники (Санкт-Петербург, Москва, Саратов, Владивосток), практикующие российские специалисты по освещению. Конференция «Световой дизайн – 2014» стала официальным мероприятием в преддверии Международного года света и световых технологий (IYL2015) и вошла в официальную программу мероприятий IYL2015.

В этом году RULD стало официальным партнёром международной конференции светодизайнеров PLDC –

2015 (Рим). На основе новых партнёрских отношений оно расширяет программу мероприятий этой конференции и приглашает **8–9 октября 2015 г.** посетить первую Международную научно-практическую конференцию «Световой дизайн – 2015», посвящённую теме «Световая культура». В рамках конференции впервые пройдёт Фестиваль световой культуры. Проведение мероприятия состоится на территории Александровского парка.

Предлагается рассмотреть следующие основные дискуссионные направления в срезе световой культуры: «Светодизайн и наука», «Светодизайн и искусство», «Светодизайн и город», «Светодизайн и общество». Тематики данных направлений предполагают обсуждение и выявление наиболее принципиальных аспектов деятельности светодизайна.

Программа мероприятий конференции включает доклады отечественных и зарубежных специалистов, проведение круглых столов, мастер-классов с ведущими светодизайнерами и светохудожниками, издание тезисов докладов участников конференции и проведение Фестиваля световой культуры.

Посетители Фестиваля приглашаются показать своё отношение к свету и его проблематике в двух социальных конкурсах: на создание инсталляций «СВЕТ: Мотивация или Манипуляция?» и – лучший видео ролик «Light&Movies».

Конкурс световых инсталляций «СВЕТ: Мотивация или Манипуляция?» предполагает создание концепции и технического описания светового арт-объекта, интерактивной световой скульптуры или освещения. Авторы могут выбрать любую волнующую их тему и предложить участникам окунуться в неё посредством света.

На протяжении всей истории человечества свет выступал важнейшим элементом общественной жизни и социокультурного пространства,

выявляя характерные особенности общественного сознания в разные периоды. Так, во второй половине XX столетия свет стал одним из мощнейших инструментов манипуляции общественным сознанием. Сегодня *манипуляция* и *мотивация* выступают диалектическим противоречием светового дизайна и световой культуры в целом, разрешение которого во многом зависит от выбора самого светодизайнера.

Социальный характер данного проекта и его экспериментальная направленность призваны привлечь внимание профессионального сообщества, административных структур и горожан к проблемам формирования световой среды современных общественных пространств.

Победившие проектные решения световых инсталляций будут реализованы в Александровском парке в рамках Фестиваля, приуроченного к конференции «Световой дизайн – 2015». Остальных участников ждут призы в разных номинациях.

Конкурс короткометражных фильмов и видео роликов «Light&Movies» предлагает авторам представить своё видение света в жизни каждого из нас. Жизнь в свете: события, люди, мысли, поступки, ощущения, эмоции... Что происходит с ними, с нами, с окружающим миром, когда они оказываются объектом осмысления светодизайнера!? Продолжительность ролика от 2 до 5 мин. Все короткометражные фильмы и видеоролики будут представлены на выставке «Магия света» (сентябрь 2015 г., Санкт-Петербург, <http://magicoflight.ifmo.ru/>). По результатам профессионального и общественного голосования лучшие фильмы удостоятся наград в разных номинациях и будут представлены в рамках программы конференции «Световой дизайн – 2015».

Сроки проведения конкурсов: с 8 июня по 8 сентября 2015 г. Победителей ждут призы в разных номинациях. Вся информация о проведении мероприятия можно найти на сайте Школы светового дизайна Университета ИТМО <http://CLD.ifmo.ru/> и на сайте Творческого объединения светодизайнеров RULD www.ruld.ru. Заявки на участие в конференции и конкурсные работы подаются через сайт Школы светового дизайна Университета ИТМО.

Нине Петровне Дмитриевской – 100 лет

Мы вам расскажем об удивительном человеке, человеке с большой буквы – НИНЕ ПЕТРОВНЕ ДМИТРИЕВСКОЙ (22.01.1915–13.04.2008).

Нам посчастливилось работать под её началом более 10 лет, более 10 лет счастливой жизни рядом с такой женщиной, которая была нам наставницей, учителем, коллегой, советчицей, помощницей и настоящим другом. И мы всё чаще и чаще вспоминаем её, мысленно советуемся с ней и всё больше и больше восхищаемся ею! Она была незаурядным человеком и настоящим учёным; удивительное чутьё помогало ей быть в гуще научных событий и открытий, она создала в Иванове школу своих последователей и открыла в трудном деле охраны труда целое научное направление.

Но обо всём по порядку. Юной выпускницей Шуйского индустриального техникума приступила Нина Петровна к делу реализации плана ГОЭЛРО, поехав на село, где принимала участие в электрификации жилых домов колхозников. Ощувив радость, которую свет несёт людям, она сразу и бесповоротно решила, что главное дело её жизни – светотехника.

В 1931 г. в СССР был организован ряд институтов охраны труда, в том числе институт в Иванове. Главными направлениями его работы были вопросы травмобезопасности, промышленной вентиляции и промышленного освещения. В 1934 г. лаборатория промышленного освещения выделилась в самостоятельное подразделение, деятельность которого ориентировалась на решение научно-технических задач по оптимизации световой среды на промышленных предприятиях. Анализ состояния ОУ в текстильной промышленности, проведённый в 1933–1937 гг., выявил необходимость нормирования искусственного освещения, разработки типовых схем и методов расчёта освещённости с учётом специфики производственного оборудования.



В 1941 г. к руководству лабораторией промышленного освещения пришла Нина Петровна Дмитриевская, которая оставалась на этом посту более 45 лет, и именно ею были заложены основные направления деятельности и стиль работы лаборатории, отличительная черта которого – тесная связь научных исследований с производством.

В трудные военные годы в институте работали только две лаборатории: промышленной вентиляции (нужно было заниматься бомбоубежищами) и промышленного освещения. В эти годы возникла насущная потребность в организации мероприятий по обеспечению условий освещения, способствующих росту производительности труда при соблюдении требований светомаскировки. Нина Петровна занималась светомаскировкой, в частности, ТЭС. Параллельно ей приходилось дежурить в госпитале,

овладев навыками медсестры, а в самый критический момент – работать на торфоразработке для обеспечения ТЭС топливом.

После войны продолжилась работа по нормированию и разработке режимов освещения промышленных предприятий, преимущественно текстильной отрасли, так как совершенствование технологического процесса требовало новых подходов к нормированию освещения, а возрастающая энерговооружённость страны и развитие техники освещения позволяли регламентировать уровни и показатели качества освещения, обеспечивающие благоприятную световую среду. В это время появились новые источники света – люминесцентные лампы, позволявшие существенно повысить уровень освещения. Нина Петровна поняла, что для текстильных предприятий, где нужно было различать тоненькие ниточки, такие лампы просто необходимы. Ведь она видела, как тяжело работали текстильщики с лучинами, свечами, да и лампы накаливания давали не очень много света и требовали частой замены. С чего-то надо было начинать, и Нина Петровна едет в Москву, чтобы добыть новые только что разработанные у нас лампы. И фактически с двух люминесцентных ламп, с трудом (и с «приключениями») добытых во ВНИСИ, началось до сих пор успешно применяемое освещение люминесцентными лампами (ОЛЛ) отечественных текстильных предприятий¹.

¹ Перед коллегией в Министерстве текстильной промышленности СССР, которую проводил Министр А.Н. Косыгин, начальник отдела энергетики министерства строго-настроено наказал Нине Петровне, чтобы она не смела и пикнуть об ОЛЛ – не время сейчас! Но когда по окончании коллегии Косыгин спросил, все ли вопросы рассмотрены, Нина Петровна тут же подняла руку и на одобрительный жест министра стала говорить об ОЛЛ в текстильной промышленности. Косыгин сказал, что данный вопрос не подготовлен отделом энергетики и пригласил её к себе на приём для подробной беседы. Как Нина Петровна ездила к Косыгину и как они обсуждали проблему – это отдельная история, но после этого Дмитриевской была объявлена война руководством отдела энергетики министерства – как посмела ослушаться! Ведь они из-за неподготовленности данного вопроса попали в немилость. Но лёд тронулся, Косыгин проявил большой интерес к поднятой проблеме, да и руководство отдела энергетики оказалось умным, болеющим за дело. Так что молодая, инициативная Нина Петровна была прощена, и начался трудный процесс внедрения. Когда в одном из цехов Ивановской текстильной фабрики сделали ОЛЛ, дающее много света, работницы стали жаловаться на головные боли, головокружение, боль в глазах, утомление. Жалобы продолжались, несмотря на повышение производительности труда ►

Да, смелость и, предприимчивость в делах, находчивость и необыкновенная память позволяли Н.П. Дмитриевской не теряться ни при каких обстоятельствах.

У Нины Петровны было неиссякаемое чувство юмора, она часто, смеясь, рассказывала нам интересные истории с приключениями, обычно далёкие от светотехники и, к сожалению, поэтому здесь нами опускаемые.

Но вернёмся к её основной деятельности. В первых же нормативных документах, разработанных при участии Нины Петровны, были предусмотрены уровни освещения, большие действовавшие в 2–4 раза и позволявшие поднять производительность труда в текстильной промышленности на 4–10%.

Новаторский дух Нины Петровны нашёл выражение в неутомимом стремлении использовать в научной и практической деятельности все самые передовые технологии, будь то люминесцентные лампы улучшенной цветопередачи, целевые световоды, профилактические УФ облучательные установки, лазеры, системы динамичного освещения или установки для утилизации разрядных ламп. Всё находило применение в цехах предприятий текстильной и лёгкой промышленности, повышая производительность труда и качество продукции и снижая утомление зрения и заболеваемость работающих. Чрезвычайно велика заслуга Н.П. Дмитриевской в том, что сотни тысяч отработавших люминесцентных ламп не были выброшены на свалки, а благодаря правильно организованному хранению и разработке установок по демеркуризации разрядных ламп утилизировались безопасным образом.

и улучшение качества продукции. И тогда Нина Петровна сказала: «Что ж, если это так, возвращаемся к лампам накаливания». Осветительную установку демонтировали и вновь установили лампы накаливания. Но при таком освещении работники работать уже не могли и не хотели, и устроили забастовку с требованием возврата ОЛЛ. Именно тогда учёные поняли, какое время требуется для адаптации к новому освещению. Уже потом, когда мы испытывали новые типы люминесцентных ламп, Нина Петровна вспоминала этот случай, и все свои эксперименты мы всегда планировали с учётом этого обстоятельства.

² Однажды она приехала в Москву, во ВНИСИ, и не увидела на рабочем месте молодую сотрудницу. Ей объяснили, что она родила ребёнка без мужа, ребёнок часто болеет, и потому она не может работать. «А на что же она живёт?» – спросила Нина Петровна. «Трудно сказать», – ответили ей. И тогда Дмитриевская пошла к директору института и добилась, чтобы этой молодой практически незнакомой ей сотруднице московского института разрешили работать на дому с сохранением зарплаты. Эту историю рассказала нам эта, уже немолодая, сотрудница, которая, как она сказала, по гроб жизни будет благодарна Нине Петровне за эту помощь.

Творческая деятельность Н.П. Дмитриевской нашла своё отражение более чем в ста научных публикациях, в том числе в пяти книгах, одна из которых была даже издана на китайском языке. Под её руководством и при непосредственном участии разработан ряд нормативных документов, нашедших широкое применение на предприятиях разных отраслей промышленности. Её знания поражали разносторонностью. Примечательно, что, работая в НИИ охраны труда по сугубо технической специальности, она окончила исторический факультет Ивановского педагогического института, настолько она знала и любила историю.

Творческий потенциал Н.П. Дмитриевской был настолько неиссякаем, что, даже находясь на заслуженном отдыхе, она всегда была в курсе современной светотехники, помогая сотрудникам своей родной лаборатории советами, и не случайно стало возможным авторское участие коллектива лаборатории во главе с Н.П. Дмитриевской (а ей тогда был уже 91 год) в составлении «Справочной книги по светотехнике» 2006 года издания.

Плодотворная научная и общественная деятельность Н.П. Дмитриевской отмечена орденами «Трудового Красного Знамени», «Знак Почёта», медалями, почётными грамотами президиума ВЦСПС, ЦК ВЛКСМ и АН СССР.

Очень активна была Нина Петровна и в общественной жизни. 25 лет она руководила партийной организацией ВНИИИОТ и его профсоюзным комитетом и более 10 лет трудилась в Районном комитете народного контроля.

В жизни она была очень отзывчивым и щедрым на доброту человеком, прекрасным товарищем, всегда готовым прийти на помощь всем окружающим её людям в любой ситуации². А для нас, её коллег-подчинённых, она была второй матерью: мы шли к ней за советом и помощью, делились своими проблемами, радостью и горем. Она знала про нас всё – и про наши семейные отношения, и про детей, и про наших родителей – и всегда умела дать нужный совет, порадоваться или погоревать вместе с нами. И коллектив нашей лаборатории, «посеянный» ею, до сих пор живёт её принципами и традициями, основой которых являются взаимопонимание и взаимопомощь.

Последние годы жизни Нина Петровна жила в родной Шуе. Ей помогала племянница, тоже удивительно красивый человек. Мы ездили к Н.П. Дмитриевской в гости практически до последних дней её жизни. И все наши поездки к этим замечательным женщинам были праздником души. Нина Петровна с какой-то очень тёплой материнской любовью относилась к нам, называя нас «мои светрики», и мы отвечали взаимностью. До конца своих дней она сохраняла ясный ум, очень светлую голову, юношеский задор и помогала нам советами, хлебосольно принимала нас у себя в гостях, даже и в свои добрые 93 года.

Н.П. Дмитриевская была очень сильным, смелым, активным, инициативным, напористым и в то же время скромнейшим человеком. Когда мы рассказали о ней известному теле- и радиожурналисту из Москвы, он сразу же собрался на встречу с ней взять интервью, но, к нашему величайшему огорчению, она категорически отказалась рассказывать о себе, о чём до сих пор мы очень жалеем.

Вот потому-то и рассказываем о ней мы – вам, её коллегам-светотехникам, занимающимся наукой, которую Нина Петровна так беззаветно любила... В этом году ей исполнилось бы 100 лет.

*Е.И. Ильина, кандидат техн. наук, и
Т.Н. Частухина, инженер,
ООО «НИИОТ в г. Иваново», Иваново*

interlight

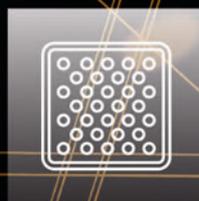
MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка декоративного
и технического освещения, электротехники
и автоматизации зданий

10–13 ноября 2015

ЦВК «Экспоцентр», Москва



messe frankfurt



www.interlight-moscow.ru

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

ПЛАТИНОВЫЕ



ГЛОБАЛ
ЛАЙТИНГ

ЗОЛОТЫЕ



ZUMTOBEL



СЕРЕБРЯНЫЕ

БРОНЗОВЫЕ

