

# СВЕТО

# 1·2016

# ТЕХНИКА

СВЕТОТЕХНИКА 1 · 2016



# МАГАЗИН «H. Stern»

КРОКУС СИТИ МОЛЛ  
МОСКВА, РОССИЯ



Ювелирные украшения "H. Stern" в наши дни настолько популярны, что в Латинской Америке вы не увидите ни одного пятизвездочного отеля, в холле которого нет бутика с вывеской этой марки. Объемные, крупные браслеты, кольца, часы и цепочки поражают не только своими внушительными размерами, но и сиянием превосходных драгоценных камней и необычной фактурностью, которую умело придают золоту мастера этой компании. Бразильский бренд "H. Stern" начал свою историю в 1945 году в Рио-де-Жанейро. Основатель компании – 22-летний эмигрант из Германии, ювелир и бизнесмен Ганс Штерн (Hans Stern). С 1964 года марка становится известной в Европе и на Ближнем Востоке, а журнал "Time" прозвал владельца «королём самоцветов». Бренд "H. Stern" стал одним из тех, без кого невозможно представить современную индустрию эксклюзивных украшений с натуральными самоцветами. На сегодняшний день продукция "H. Stern" встречается в 12 различных странах в 165 фирменных бутиках. Один из них открыт в Москве.

До внедрения светодиодного освещения в бутике использовали металлогалогенные лампы. Применение светодиодных модулей Vossloh-Schwabe "Shopline 111" позволило получить современное качественное освещение в кратчайшие сроки и без замены светильников.

В освещении салона использованы светодиодные модули "Shopline 111" со светодиодом COB с индексом цветопередачи CRI выше 90. Для общего освещения установлены модули с цветовой температурой 2700 К, а для подсветки витрин и демонстрационных зон - 3000 К. Это даёт интересный эффект - когда весь магазин выполнен в теплых тонах, белое и жёлтое золото в более холодном свете смотрится выигрышнее. Высокая цветопередача источников света делает весь салон более приятным для клиентов. Этому также способствует и использование драйверов Vossloh-Schwabe, которые позволяют убирать пульсацию излучения светодиодов.

## "ShopLine 111"

- **СВЕТОВОЙ ПОТОК: ОТ 1500 ДО 4000 ЛМ**
- **ТРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛА ИЗЛУЧЕНИЯ  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕТРОФИТ**
- **ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ:  
ДО 50 000 Ч (L90; В10)**
- **ВЫСОКАЯ СВЕТОВАЯ ОТДАЧА: ДО 132 лм/Вт  
ПРИ T<sub>p</sub> = 65 °C**



**Студия правильного света LILUX**  
121433, Москва | +7 (499) 991-75-77  
info@lilux.ru | www.lilux.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Ю.Б. Айзенберг** — шеф-редактор, доктор технических наук, профессор, академик АЭН РФ  
**А.С. Шаракшанэ**, и. о. главного редактора, кандидат физико-математических наук  
**С.Г. Ашурков** — зам. главного редактора, кандидат технических наук  
**Г.В. Боос** — председатель редакционной коллегии, кандидат технических наук  
**В.Е. Бугров**, доктор физико-математических наук, профессор  
**В.П. Будаков**, доктор технических наук, профессор  
**Н.В. Быстрянцева**, кандидат архитектуры  
**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-tehnika.ru

Электронная версия журнала:

www.elibrary.ru

И.о. главного редактора

**А.С. Шаракшанэ**

anton.sharakshane@gmail.com

Зам. главного редактора

**С.Г. Ашурков**

svetlo-nr@yandex.ru

Научный редактор англоязычной версии

**Р.И. Столяревская**

lights-nr@inbox.ru

Редактор

**Е.И. Розовский**

Зав. редакцией

**Л.В. Шелатушкина**

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 21.01.2016

Подписано в печать 18.02.2016

Формат 60x88 1/8. Печ. л. 10,00

Тираж 1200

Отпечатано в типографии ООО «Агентство Море»

101898, Москва, Хохловский пер., д. 9

# СОДЕРЖАНИЕ

## В НОМЕРЕ

- Айзенберг Ю.Б.** На границе двух периодов жизни журналов **4**
- Бизнес и инновации** **7, 17, 20, 30, 44, 55**
- Матвеев Н.В., Прокопенко В.Т., Сапунова Н.П., Фридман Д.А.**  
Исследование влияния светомузыкальных спектаклей на психофизиологическое состояние человека **5**
- Озтюрк Л.Д., Эрбил Ф.А.** Экспериментальное исследование по освещению зеркал **8**
- Крюков О.В., Серебряков А.В.** Современные системы наружного освещения компрессорных станций **15**
- Бодроги П., Линь Я., Стоянович Д., Хан Т.К.** Цветовые температуры, предпочитаемые проживающими в Германии китайцами и европейцами **18**
- Сломинский С.** Некоторые аспекты современных методов измерения яркости светильников с большим количеством светодиодов **21**
- Лебедкова С.М., Лузина Ю.А.** Исследование эффекта «приукрашивания» цвета разноматричными излучениями **25**
- Мукхерджи А., Сони А.** О влиянии повышения температуры окружающей среды на срок службы светодиодов **31**
- Овчаров А.Т., Сеянин Ю.Н.** Технология *Solutube*<sup>®</sup>: перспективы в архитектуре и строительстве в России **35**
- Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В.**  
Электрические и излучательные характеристики лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой диаметром 16,6 мм **41**
- Блаттнер П., Даниленко К., Зак П., Текшева Л., Шаракшанэ А.**  
Световая среда для человека: наука, промышленность и закон **45**
- КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**
- Крылов В.Н., Ошевенский Л.В., Рыжакина А.Ю.**  
Влияние светового режима на вегетативный статус крыс **50**
- ОБМЕН ОПЫТОМ**
- Дергунова Н.Н., Кошин И.Н., Рожкова Т.А.** Технологии выхода из кризиса или новый стартап «НИИИС имени А.Н. Лодыгина» **53**
- Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И., Солотин А.В., Чайка С.В.**  
Применение аддитивных технологий для производства волоконно-оптических делителей **56**

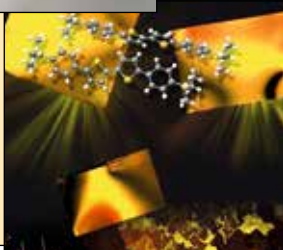


# 1 • 2016

## ЯНВАРЬ • ФЕВРАЛЬ

# СВЕТО ТЕХНИКА

## (LIGHT & ENGINEERING)



### ИНТЕРВЬЮ

**Интервью** журналу Министра энергетики Московской области  
В.Л. Неганова **59**

**Интервью** журналу директора департамента науки и технологии московского  
Представительства Тайбэйско-Московской координационной комиссии  
по экономическому и техническому сотрудничеству (ТМЕССС)  
д-ра Фу Чжао-мина **61**

### СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Пашковский Р.И.** ГОСТ Р 50571.4.42-2012/МЭК 60364-4-42:2010  
«ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ. ЧАСТЬ 4-42. Требования  
по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий» **64**

### ХРОНИКА

**К 90-летию** со дня рождения А.Б. Матвеева. Каменская Г.В. **58**

**Поздравляем** Л.Б. Прикупца **52**

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

**Подписывайтесь** на журнал «Светотехника» **86**

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Аккредитованная** испытательная лаборатория ГП «ЦСОТ НАН Беларуси» **49**

**Отчёт** о выполнении проекта «Проведение независимой проверки  
качества светотехнической продукции». Шаракшанэ А.С. **69**

«**Линейное**» светодиодное освещение – для офисных  
и торговых помещений (компания *Vossloh-Schwabe*) **4 с. обл.**

**Магазин «H. Stern».** Крокус сити молл, Москва, Россия  
(компания *Vossloh-Schwabe*) **1**

**Новинки GALAD** для освещения городов  
(холдинг *BL Group*) **3 с. обл.**

**Объявлен** конкурс на соискание Премии имени О.В. Лосева **55**

**Светильники GALAD «Cordoba LED»**  
(холдинг *BL Group*) **2 с. обл.**

**Специализированная** выставка «Промышленная  
Светотехника» впервые пройдет в Москве! **34**

«**Interlight Moscow powered by light+buildings**» **87**

## НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ПЕРИОДОВ ЖИЗНИ ЖУРНАЛА



Новый 2016 г. становится пограничным между двумя последними эпохами деятельности журналов «Светотехника» и «*Light & Engineering*». С 1969 г. по 2016 г. (47 лет) журналом руководил я, профессор Ю.Б. Айзенберг. За этот срок журнал полностью перестроен, изменил свой внешний вид и объём, заслужил высокий авторитет среди специалистов. Журнал организовывал научно-тематические конференции, обследования состояния освещения школ, метрополитенов, больниц, улиц, выносил на дискуссии и ставил перед правительством острые вопросы развития светотехники, организовывал презентации наиболее интересных фирм и интервью ведущих отечественных и зарубежных специалистов, ввёл ряд новых разделов, а также основал институт партнёров журнала, которые поддерживают журнал финансово и снабжают новейшей информацией. Удалось создать дружный творческий коллектив редакции. Наш журнал признан МКО одним из трёх лучших светотехнических журналов мира и награждён почётной грамотой МКО.

Важнейшие нововведения – основание в 1992 г. в США, а затем в России журнала «*Light & Engineering*» – англоязычной версии «Светотехники», создание иностранной редколлегии из ведущих в мире специалистов, подготовка и выпуск трёх изданий светотехнической энциклопедии – «Справочной книги по светотехнике».

Важным для развития журнала явилось выделение его в самостоятельное издательство с прямыми связями с крупнейшими агентствами печати.

Важнейшую роль в поддержке журнала сыграл его генеральный партнёр холдинг *BL Group*.

В связи с достижением возраста 84 лет (в 2015 г.) я выбрал приемника на должность главного редактора журнала – бывшего главного редактора журнала «Современная светотехника» и главного конструктора производственной компании «ЛидерЛайт» Антона Сергеевича Шаракшанэ.



А.С. Шаракшанэ – молодой (37 лет) физик, выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат физико-математических наук.

В порядке подготовки к новой работе А.С. Шаракшанэ: провёл основную работу по организации первого конкурса на Евразийскую светотехническую премию; завязал тесные взаимоотношения с Минэнерго РФ, Проектом ООН /ГЭФ/Минэнерго РФ, «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», «НИИИС им. А.Н. Лодыгина», «НИУ «МЭИ» и рядом других ведущих организаций; опубликовал несколько статей в нашем журнале; написал вспомогательный справочный материал (брошюру для учителей физики всех средних школ страны) – для проведения специального урока о свете ко «Дню света»; прочитал ряд лекций для студентов на кафедре «Светотехника» «НИУ «МЭИ»; вошёл в коллектив редакции.

Пожелаем А.С. Шаракшанэ успешной деятельности в редакции издаваемых нами журналов, дальнейшего развития и совершенствования любимого издания на основе расширения и сплочения авторского и читательского коллективов.

Я же остаюсь шеф-редактором журнала.

**Ю.Б. Айзенберг**

# Исследование влияния светомузыкальных спектаклей на психофизиологическое состояние человека

Н.В. МАТВЕЕВ, В.Т. ПРОКОПЕНКО, Н.П. САПУНОВА<sup>1</sup>, Д.А. ФРИДМАН

Университет ИТМО и Театр *Lux Aeterna*, Санкт-Петербург

## Аннотация

В современном мире каждый человек испытывает огромные нагрузки в связи с ритмом мегаполисов, стрессовыми ситуациями на работе, трудностями в семейной жизни, бытовыми конфликтами и многим, многим другим. Практическое применение целевого воздействия аудиовизуальных систем на ощущения и восприятие человека, а также возможность использовать оптико-электронные средства для немедикаментозной терапии позволяют улучшить уровень психоэмоционального состояния человека и тем самым качественно повысить уровень жизни.

**Ключевые слова:** колористика, психофизиология зрительского восприятия, звукодизайн, цветодизайн, светотерапия, звукотерапия.

Исследования, проведённые в 2009–2012 гг. в рамках проекта «IO-SHA» («*Improving Occupational Safety and Health Awareness of Employers and Employees in CEE*»), показали, что ежегодно от заболеваний, получаемых на рабочем месте, в Европе умирают 167000 человек. Главным фактором (35,4%) является стресс (ежегодно 23 млн граждан ЕС нуждаются в неотложном лечении в связи со стрессом на рабочем месте); экономические потери составляют 4% от ВВП или более €500 млрд. При этом вопросами реабилитации на данный момент занимаются только 9,3% работодателей, а 20,3% планируют внедрять соответствующие программы [1]. Идеальное средство для расслабления – естественная аудиовизуальная стимуляция. Замечено, что спектральные составы природных звуков (шума водопада, пения птиц, пламени костра и т.д.) схожи с ритмами мозга в нормальном состоянии. Однако получить подобную стимуляцию в ус-

ловиях большого города бывает затруднительно. В связи с этим активно разрабатываются разные методы и средства аудиовизуальной стимуляции, которые могут применяться как самостоятельно, так и на базе медицинских учреждений.

Несмотря на то, что светомузыкальные идеи А.Н. Скрябина о взаимодействии света, звука и музыки возникли и развились ещё в XIX веке, на сегодня мысли о синоптической связи между звуком и цветом не нашли столь яркого выражения и применения, на которые в полной мере следовало бы рассчитывать с учётом потенциальных возможностей объединения искусств и современной техники [2].

Цвет и звук создают изменения в работе головного мозга, стимулируя его деятельность и воздействуя на основные чувствующие системы через слух и зрение. Иными словами, встаёт вопрос о взаимной связи, взаимодействии наших органов чувств или, говоря шире, о взаимодействии афферентных систем нашего организма [3]. Цвет и звук могут быть и грозной силой, способной приносить вред, и, конечно, мощнейшим оружием, работающим на пользу организма человека. Желательно одновременное воздействие звука и света, которое позволило бы реализовать возможности светового психофизиологического резонанса, усиливающего воздействие музыки (или, наоборот, света) [4]. Это создаёт удивительное ощущение, испытанное участниками представления «Звук и Свет» [5]. Кроме того, последние исследования показали, что светотерапия эффективно борется с определёнными расстройствами настроения, циркадных ритмов и сна. [6]

Используя разные виды и способы воздействия, можно вызывать резонанс в разных системах или частях нашего организма. Таким образом можно активизировать как физиологическую (системную), так и эмоциональную активность, непосредственно связанную с зоной воздействия.

В данной работе исследовалось влияние фрагментов светомузыкального спектакля театра *Lux Aeterna* («Люкс Этерна») на психофизиологическое состояние человека. Исследования проводились на базе Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО).

Световые образы в театре «Люкс Этерна» формируются при прохождении лазерного излучения через амплитудно-фазовые транспаранты (или при отражении от них), в роли которых выступают пластиковые или стеклянные поверхности, оптические элементы (в том числе с дефектами), плёнки, жидкости. Абстрактные картины, лежащие в основе световой формы, получаются, в основном, в результате дифракции излучения на неоднородностях транспаранта и представляют собой интерференционные картины. Базовым изображениям можно придавать динамику разными способами. В эксперименте в качестве источников света использовались два полупроводниковых лазера и один



Рис. 1. Сеанс цветозвукового воздействия

<sup>1</sup> E-mail: modernns@yandex.ru



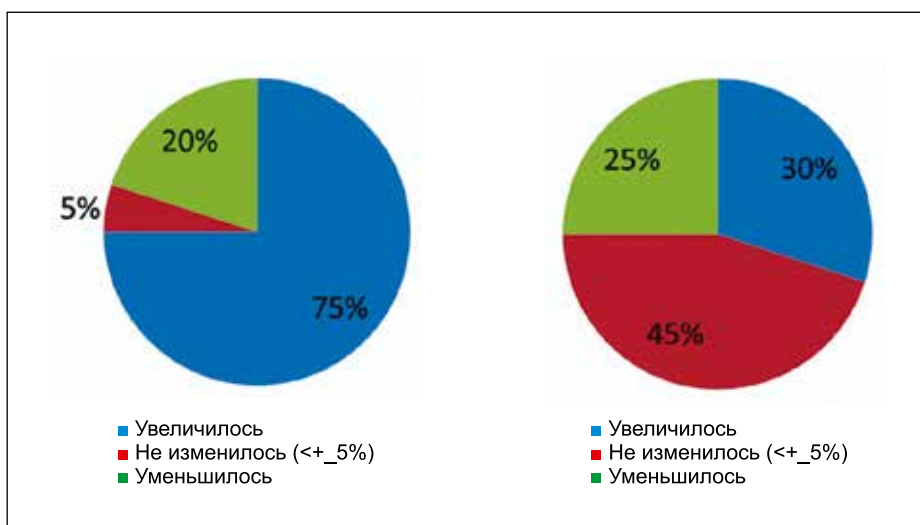


Рис. 2. Изменение показателя продуктивности после воздействия контентов первого (слева) и второго (справа) видов

твердотельный лазер с диодной накачкой на длинах волн 445, 650 и 532 нм соответственно.

Методика эксперимента состояла в поочередном предъявлении испытуемому тестового задания и воздействия на него звукоцветового контента двух разных видов. В качестве тестового задания респондентам давали тест «Кольца Ландольта», в котором испытуемому предлагалось, просматривая таблицу теста, найти и указать кольца определённого типа. Тип колец задавался случайным образом.

Результаты теста анализировались по скорости и точности, через которые выводился *показатель продуктивности*. После прохождения теста с испытуемым проводился сеанс цветозвукового воздействия.

Экспериментальная установка представляла собой прототип релаксационного кабинета, в котором в качестве экрана использовалась полусфера с диаметром основания 3 м. На рис. 1 показан респондент – в удобном кресле в полулежачем положении – во время сеанса цветозвукового воздействия.

Участниками фокус-группы были женщины и мужчины в возрасте от 21 до 34 лет в количестве 32 человек.

Действия и их последовательность в эксперименте:

1. Испытуемые проходили тест 4 раза подряд (для исключения эффекта «натренированности»).

2. Далее следовал сеанс цветозвукового воздействия 1-го вида.

3. Испытуемый снова проходил тест 4 раза подряд.

4. Затем снова следовал сеанс цветозвукового воздействия, но уже 2-го вида.

5. И в заключение, испытуемый снова проходил тест 4 раза подряд.

Испытуемым были предложены контенты двух видов, которые отличались как визуальными, так звуковыми рядами. Контент первого вида представлял собой визуально-звуковой ряд, сочетавший в себе взаимодействие звуковой дорожки с приятной спокойной мелодией и трёх цветов: зелёного, синего и красного. Контент второго вида представлял собой сочетание звуковой дорожки, отличной от первой, но сходной с ней по содержанию, и уже одного цвета – синего.

Важно отметить, что контенты звукоцветового воздействия имели не только разные цветомузыкальные характеристики, но и разные направления воздействия. А именно: контент первого вида имел задачу возбудить респондента эмоционально, повысить его психоэмоциональный и физический тонус, вселить состояние бодрости, энергичности и обеспечить, в целом, эффект «подъёма», что должно было оказать влияние на повышение уровня работоспособности. Контент второго вида, напротив, имел своей задачей успокоить и расслабить респондента, погрузить его в некое состояние внутреннего покоя, сходное с медитативным.

Изменения «продуктивности» в целом для всей контрольной группы, как и разбиение этих изменений по гендерной принадлежности, продемонстрировали прирост этого показате-

ля у 75% респондентов, что не может не говорить в пользу имеющегося положительного воздействия контента первого вида и выполнения им своей целевой функции – увеличения работоспособности. Рассматривая результат воздействия контента второго вида, можно также отметить целевой результат направленного цветомузыкального воздействия второго вида. Это подтверждается снижением показателя «увеличение продуктивности» до 30% и увеличением показателя «снижение продуктивности» до не менее чем 25%, что как раз и может свидетельствовать о падении уровня концентрации внимания под расслабляющим действием, оказанным контентом второго вида. Общие результаты по изменению показателя продуктивности приведены на рис. 2.

В проведённом исследовании доказан факт не только состоятельности положительного действия на участников эксперимента, но и возможности именно целевого применения определённого цветомузыкального воздействия как действенного инструмента воздействия на психоэмоциональное, функциональное и другие жизненно важные состояния человека.

Разработанный специальным образом контент может как повышать работоспособность (контент первого вида), так и расслаблять (контент второго вида человека).

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- IOSHA Survey Report. URL: [http://www.iosha.eu/upload\\_files/IOSHA\\_survey\\_report\\_final.pdf](http://www.iosha.eu/upload_files/IOSHA_survey_report_final.pdf) (дата обращения: 15.06.2015).
- Сапунова Н. П. Музыка и свет – назад в будущее // Сборник тезисов докладов Научно-практической конференции «Световой дизайн – 2014». – СПб, 2014. – С. 44.
- Кравков С. В. Взаимодействие органов чувств. – М. – Л.: Академия наук СССР, 1948. – 117 с.
- Юрьев Ф. И. Музыка света. – Киев: Музична Украина, 1971. – 98 с.
- Галеев Б. М. Представления «Звук и Свет» в системе искусств // Материалы третьей конференции по проблеме «Свет и Музыка». – Казань: СКБ «Прометей», 1975. – С. 191–194.
- Брэйнард Д. К., Ханифин Д. П. Использование энергии света: от фотонов к здоровью человека // Светотехника. – 2014. – № 4. – С. 18–22.

## «Лисма» начинает серийное производство декоративных светодиодных ламп



**Матвеев Николай Вадимович**, кандидат техн. наук. Окончил СПб НИУ информационных технологий, механики и оптики по специальности «Техническая физика».

Доцент кафедры «Световые технологии и оптоэлектроника» Университета ИТМО



**Прокопенко Виктор Трофимович**, доктор техн. наук, профессор. Окончил СПб государственный электротехнический университет «ЛЭТИ им. В.И. Ульянова

(Ленина) по специальности «Диэлектрики и полупроводники». Заведующий кафедрой «Световые технологии и оптоэлектроника» Университета ИТМО. Заслуженный деятель науки РФ



**Сапунова Наталья Петровна**, музыкант и инженер. Окончила факультет искусств СПб университета культуры и искусств и магистратуру СПб НИУ информационных технологий, механики и оптики по специальности «Техническая физика».

Инженер кафедры «Световые технологии и оптоэлектроника» Университета ИТМО. Солистка Государственного академического русского оркестра им. В.В. Андреева



**Фридман Даниил Арминович**, историк и инженер. Окончил исторический факультет (по специальности «История искусств») и политехнический факультет (по специальности «Электронная техника») Ужгородского университета.

Художественный руководитель и режиссер театра Lux Aeterna

19 января 2016 г. ГУП Республики Мордовия «Лисма» получило сертификат соответствия на новые модификации светодиодной филаментной лампы (СДФЛ) – декоративные СДФЛ с колбой В35, цоколем Е14, мощностью 2 и 4 Вт и коррелированной цветовой температурой (КЦТ) – 2700 и 4000 К (тёпло-белого и нейтрально-белого света соответственно).

«Декоративные лампы, так называемые «свечки», – долгожданная новинка для потребителей нашей продукции, – комментирует генеральный директор «Лисмы» Игорь Константинов. – Они востребованы для применения в современных системах освещения бытовых и офисных помещений, в первую очередь, в открытых дизайнерских светильниках. Предприятие уже приступило к серийному производству новых ламп. В феврале планируем выпустить 30 000 штук. Первая партия будет направлена в магазины Саранска и Рузаевки, а в течение месяца лампы появят-



ся у основных дилеров «Лисмы» – компаний «ЭТМ» и «Русский свет», которые реализуют нашу продукцию по всей России».

На предприятии уверены в том, что декоративные СДФЛ будут востребованы, поэтому предусматривается возможность значительного увеличения объёмов их производства. В настоящее время идёт подготовка образцов этих ламп для сертификации по европейским стандартам. Получение сертификата «СЕ» позволит «Лисме» реализовывать их на территории Евросоюза.

Отметим, СДФЛ с колбой В35 и цоколем Е14 дополнили линейку СДФЛ «Лисмы», которая сейчас насчитывает 18 наименований, включая лампы мощностью 2, 4, 6, 8 Вт с двумя КЦТ, с «классическими» колбами А50 и А60 и цоколем Е27. Уже ведётся работа по созданию опытного образца СДФЛ с матовой колбой. Новые продукты сохраняют ключевые преимущества предшествующих модификаций – энергоэкономичность (до 90% по сравнению с лампой накаливания), гарантия сроком на два года, наиболее благоприятные для зрения световые параметры и безртутьность.



**Пресс-служба ГУП Республики Мордовия «Лисма»**

21.01.2016



# Экспериментальное исследование по освещению зеркал

Л.Д. ОЗТЮРК<sup>1</sup>, Ф.А. ЭРБИЛ

Технический университет Йылдыз, Стамбул, Турция

## Аннотация

Цель данной работы – экспериментальное определение предпочтительных вертикальной освещённости и расположения светильников для освещения (подсветки) зеркал. Для этого на стене полномасштабного макета комнаты было повешено зеркало, окружённое тремя линейными светильниками, два по бокам и один сверху зеркала. Были разработаны 27 вариантов освещения с использованием трёх окружающих зеркало светильников (местное освещение) и четырёх подвесных светильников отражённого света, обеспечивающих общее освещение комнаты. В основу выбранных вариантов освещения положены шесть разных способов организации освещения и шесть значений вертикальной освещённости, лежащих в диапазоне 300–2000 лк. Проведён опрос для выявления мнений наблюдателей относительно освещённости, тенеобразования и блёскости для каждого из вариантов. Выполнен анализ результатов опроса и сформулированы рекомендации по проектированию освещения зеркал.

**Ключевые слова:** освещение зеркал, вертикальная освещённость, блёскость, тень.

## 1. Введение

Зеркала – важный элемент интерьера, используемый в повседневной жизни, например, для бритья, нанесения макияжа, причёсывания и оценки своего внешнего вида. Хотя большинство зеркал служит именно для этих целей, они широко используются и как декоративные архитектурные детали. Благодаря своим функциональным особенностям зеркала широко используются в ванных комнатах, спальнях, фойе жилых домов, комнатах отдыха различных зданий, примерочных, театральных уборных.

Важное значение, особенно в случае недекоративных зеркал, имеет получение абсолютно точного отражения. Для получения правильного отображения критичны тип, количество и расположение окружающих зеркало светильников и создаваемая ими вертикальная освещённость.

В литературе предлагается реализовывать освещение зеркал линейными светильниками, установленными вертикально по бокам от зеркала [1–4]. В зависимости от положения этих светильников в поле зрения наблюдателя они могут создавать прямую блёскость, а обеспечиваемое светильниками прямое освещение может приводить к образованию теней на лице. Во избежание блёскости рекомендуется ограничивать угол между линией зрения и отражением светильника в зеркале интервалом 30–60° [1, 2, 4]. Согласно европейскому стандарту на внутреннее освещение, обобщённый показатель дискомфорта *UGR* не должен превышать 25 в таких помещениях, как гардеробные, умывальные и ванные комнаты [5]. Упомянутый стандарт рекомендует обеспечивать в этих помещениях освещённость на горизонтальных рабочих поверхностях в 200 лк, но не содержит никаких предложений по вертикальной освещённости на плоскости лица. Было предложено [1, 2] значение освещённости на вертикальной плоскости лица, равное 500 лк. Опубликованный Североамериканским светотехническим обществом справочник рекомендует для возрастных групп < 25 лет, 25–65 лет и > 65 лет освещённость на вертикальной плоскости лица, соответственно, равную 100–200, 200–400 и 400–800 лк [3].

Хотя зеркала и играют немаловажную роль, их освещению часто не уделяют должного внимания. Многочисленные примеры неправильного освещения можно встретить на практике, в популярной литературе и каталогах светотехнических и мебельных компаний. Целью этой работы является экспериментальное определение

предпочтительных вертикальной освещённости и расположения светильников для освещения зеркал. Для этого в полномасштабном макете комнаты (далее – комната) реализованы разные варианты освещения и проведён опрос, позволяющий определить предпочтения наблюдателей [6].

## 2. Макет комнаты и расположение светильников

На первом этапе исследования на основе проведённого анализа литературных данных, интернет-информации и результатов реальных наблюдений были отобраны многочисленные примеры освещения зеркал, различающиеся типами ламп и светильников и расположениями светильников. Они были собраны воедино и разделены на 18 групп. Типичные представители всех групп общим числом 18 моделировались с помощью программы «*DIALux*», что выявило три варианта, наиболее благоприятные по уровню вертикальной освещённости на плоскости лица и/или блёскости. Эти варианты предполагают использование линейных источников света, расположенных вокруг зеркала.

Освещение зеркал должно сочетаться с общим освещением. Последнее должно быть рассеянным, чтобы создавать вертикальную освещённость, обеспечивающую как хорошую видимость во всей комнате, так и возможность осуществления определённых действий, таких как одевание, уборка или купание в ванне, которые не обязательно производятся перед зеркалом. Однако почти во всех помещениях с освещаемыми зеркалами широко применяется прямое общее освещение, в первую очередь, с использованием встраиваемых потолочных светильников. Этот подход считается экономичным и, кроме того, предпочтительным из-за простоты его реализации. В этом исследовании было рассмотрено общее освещение отражённым светом, требующееся для примерочных, театральных уборных и салонов красоты, где особенно важны исключение резких теней, достаточная вертикальная освещённость и, соответственно, создание ощущения удовлетворённости.

Оценка вариантов освещения производилась в комнате размером 5,55×5,35×2,55 м, которая ранее была меблирована в рамках другого иссле-

<sup>1</sup> E-mail: dokuzer@yildiz.edu.tr

Перевод с англ. Е.И. Розовского.

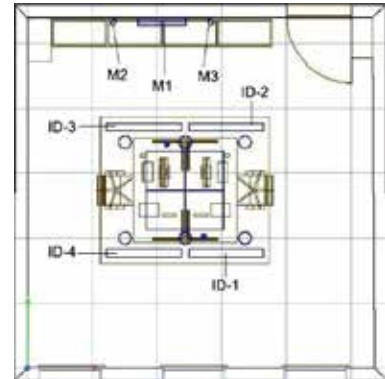


Рис. 1. Полномасштабный макет комнаты

дования как офис для двух человек [7]. На стене комнаты было закреплено зеркало размером 1,50×1,30 м, с трёх сторон которого установлены линейные светильники с люминесцентными лампами, обеспечивающие местное освещение. В комнате уже имелось 16 светильников, четыре из которых использовались для общего освещения. Эту четвёрку можно было отрегулировать таким образом, чтобы они обеспечивали освещение прямым, преимущественно прямым, рассеянным, преимущественно отражённым и отражённым светом. По указанным выше причинам было выбрано освещение отражённым светом.

Поверхности стоящих под зеркалом шкафчиков высотой 0,90 м было решено считать поверхностями туалетных (*vanity tables*) или туалетных с зеркалом (*dressing tables*) столиков (рис. 1). Ниже приведены характеристики светильников, использовавшихся для местного и общего освещения (рис. 2):

- Местное освещение: 3 установленных на плоскости светильника прямого света с рассеивателем, КПД = 0,7, с одной люминесцентной лампой мощностью 39 Вт в каждом из них (*M1*, *M2* и *M3* на рис. 1).

- Общее освещение: 4 подвесных светильника отражённого света с рассеивателем, КПД = 0,61, с тремя люминесцентными лампами мощностью 54 Вт в каждом светильнике (*ID-1*, *ID-2*, *ID-3* и *ID-4* на рис. 1).

Для выбора угла между линией зрения и отражением светильника в зеркале, то есть для выбора расположения светильника, был рассмотрен рекомендованный ранее диапазон 30–60° (рис. 3). Для углов 30, 45 и 60° посредством программы «*DIALux*» были рассчитаны значения как вертикальной и полуцилиндрической

Рис. 2. Кривые силы света использовавшихся светильников

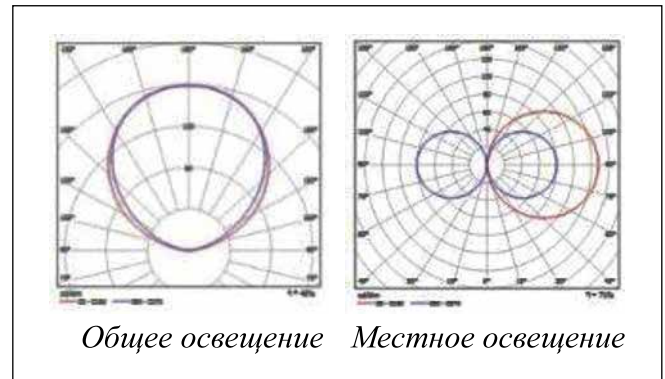
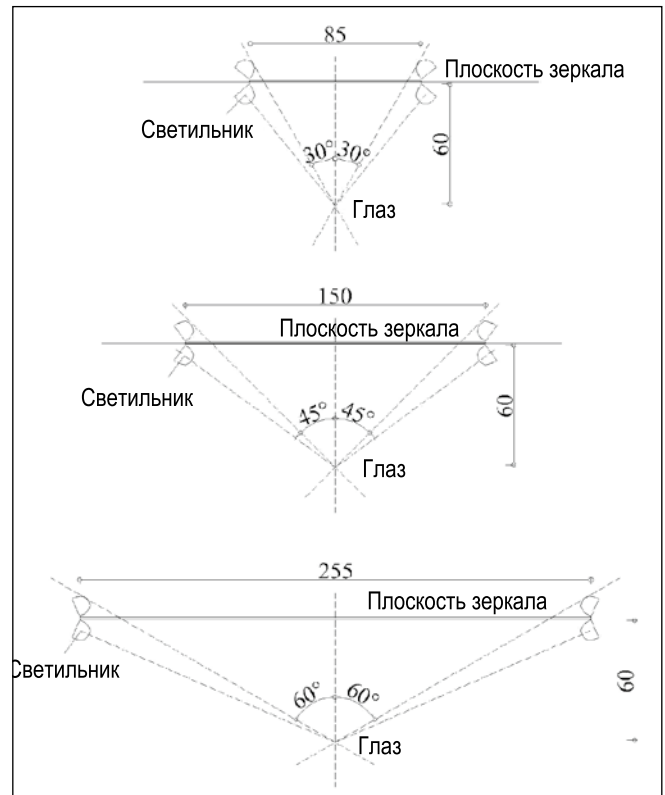


Рис. 3. Анализ расположения светильников местного освещения



освещённости на плоскости лица, так и *UGR*. Результаты показали, что при угле 60° необходимое расстояние между двумя вертикальными светильниками требует слишком много места и что в этом случае трудно обеспе-

чить выбранные для исследований освещённости, а при угле 30° значения *UGR* оказываются намного выше допустимых. Соответственно, было решено расположить светильники так, чтобы для каждого из них угол меж-

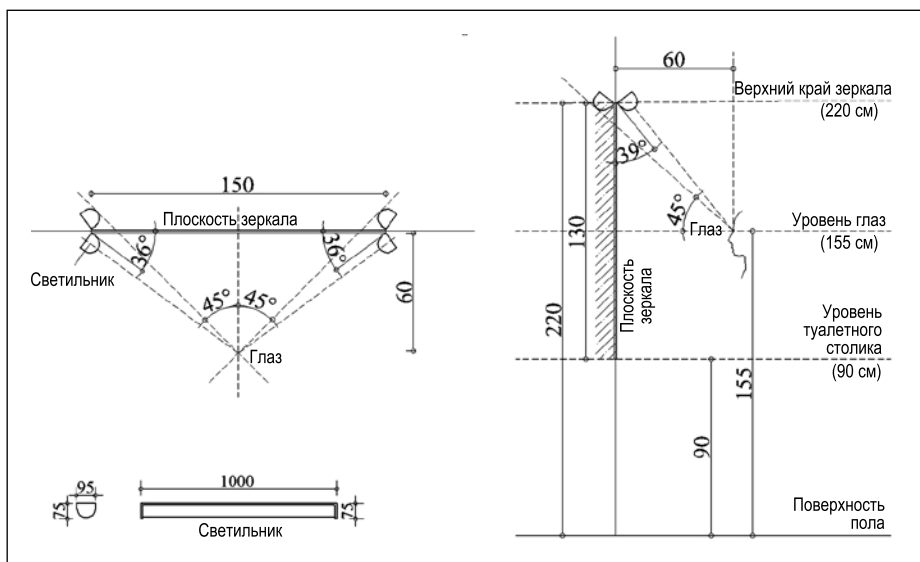


Рис. 4. Выбранное расположение светильников местного освещения

ду линией зрения и отражением светильника в зеркале составлял  $45^\circ$ . При установке светильников параллельно плоскости стены освещённость от них оказалась недостаточной. Для получения больших освещённостей и вертикальные, и горизонтальные светильники были повернуты в сторону наблюдателя (рис. 3–4).

Положение наблюдателя перед зеркалом над туалетным или туалетным с зеркалом столиком, зависит от размеров этой мебели. Согласно [8], глубина туалетных столиков рана 55–60 см, а по данным разных производителей мебели глубина туалетных с зеркалом столиков – примерно 40–45 см. Расстояние от зеркала до глаз как стоящего у туалетного столика наблюдателя, так и наблюдателя, сидящего за туалетным с зеркалом столиком, можно считать примерно равным 60 см. Поэтому считалось, что наблюдатель располагался на расстоянии 60 см от зеркала. Высота глаз наблюдателя от уровня пола считалась равной 1,55 м [4].

### 3. Варианты освещения

Были разработаны 27 вариантов освещения с использованием трёх окружающих зеркало светильников, которые обеспечивали местное освещение, и четырёх подвесных светильников отражённого света, обеспечивавших общее освещение комнаты. В основу этих вариантов освещения были положены шесть разных способов организации освещения (ОО), перечисленные ниже (рис. 5 и 6):

- ОО-1: местное освещение одним светильником, расположенным над зеркалом (рис. 5, а).
- ОО-2: местное освещение двумя светильниками, расположенными по бокам зеркала (рис. 5, б).
- ОО-3: местное освещение тремя светильниками, окружающими зеркало (рис. 5, в).
- ОО-4: местное освещение одним светильником, расположенным над зеркалом, и общее освещение (рис. 5, г).
- ОО-5: местное освещение двумя светильниками, расположенными по бокам зеркала, и общее освещение (рис. 5, д).
- ОО-6: местное освещение тремя светильниками, окружающими зеркало, и общее освещение (рис. 5, е).

При каждой организации освещения требовалось обеспечить освещённость 300–2000 лк на участке вертикальной плоскости размером  $37 \times 37$  см, равноудалённом от боковых краёв зеркала и находящимся от него на расстоянии 60 см. Размер этот был выбран, исходя из разности между полной высотой среднего мужчины и высотой до подбородка (*gill height*) средней женщины [9–11]. С учётом среднего роста мужчин и женщин расстояние между центром упомянутого участка плоскости и уровнем пола было выбрано равным 156,5 см.

На первом этапе в программе «DIALux» был смоделирован макет комнаты для оценки реализуемости всех выбранных значений освещённости. Было установлено, что не все выбранные значения освещённости мо-

гут быть реализованы при всех способах организации освещения. Значения вертикальной освещённости в 27 вариантах освещения приведены в табл. 1 и на рис. 6. Освещённость на упомянутом участке вертикальной плоскости от каждого из светильников, использовавшихся для освещения зеркала, и от общего освещения измерялась в каждом из вариантов освещения. На втором этапе в макете комнаты были реализованы все 27 вариантов освещения. Полученные ранее значения освещённости на указанном участке вертикальной плоскости были использованы для соответствующего регулирования светового потока светильников, расположенных в комнате. Измерение освещённости на рассматриваемом участке производилось люксметром «LMT Pocket-Lux».

В каждом варианте освещения общее освещение отражённым светом регулировалось так, чтобы оно давало 20% нужной полной вертикальной освещённости. Этого было достаточно для обеспечения рекомендуемого значения горизонтальной освещённости на поверхностях шкафчиков, расположенных в комнате, которые отождествлялись с поверхностями туалетных или туалетных с зеркалом столиков, при одновременном создании рекомендуемой вертикальной освещённости на плоскости лица [3]. Поддержание одинакового соотношения между прямым и отражённым светом при всех способах организации освещения и значениях освещённости представляется чрезвычайно важным.

### 4. Исследование по освещению зеркала

В комнате проводилась оценка 27 разработанных вариантов освещения, которые демонстрировались наблюдателям в порядке, приведённом в табл. 1, с периодическим увеличением освещённости. В проведении оценки участвовал 51 человек (33 женщины и 18 мужчин) (табл. 2). Средний рост группы в целом и женщин и мужчин по отдельности составлял 166,5; 162 и 174 см соответственно.

Мнения наблюдателей об их отображениях в зеркале выяснялись для всех вариантов освещения. Освещение зеркала, обеспечивающее достаточную освещённость при отсутствии блёскости и теней, считалось правильным. Поэтому для точной оценки



всех вариантов освещения наблюдатели должны были ответить на вопросы об освещённости, тенях и блёскости, приведённые в табл. 3.

## 5. Субъективная оценка вариантов освещения

Мнения наблюдателей об освещённости на плоскости лица, создаваемых тенях и прямой блёскости суммировались следующим образом.

### 5.1. Освещённость

Если говорить о мнениях всех наблюдателей, то варианты освещения «отражённое общее освещение, дополняющее местную подсветку зеркала» оказались предпочтительнее вариантов «только местное освещение зеркала». Другими словами, варианты освещения *ОО-6*, *ОО-5* и *ОО-4* были оценены выше вариантов *ОО-3*, *ОО-2* и *ОО-1* соответственно. В порядке убывания предпочтительности варианты освещения выстроились так: *ОО-6*, *ОО-3*, *ОО-5*, *ОО-4*, *ОО-2* и *ОО-1*. Предпочтительные значения вертикальной освещённости для возрастных групп 18–25 и 26–60 лет, соответственно, составили 500–750 и 750–1000 лк, что явно выше приводимых в литературе для возрастных групп < 25 лет, 25–65 лет и > 65 лет значений 100–200, 200–400 и 400–800 лк соответственно [3]. Гендерные различия не оказывают сколько-нибудь существенного влияния на оценки освещённости и вариантов освещения.

### 5.2. Прямая блёскость

Неприятные ощущения, вызываемые прямой блёскостью, усиливаются по мере увеличения освещённости во всех без исключения вариантах освещения. В порядке убывания предпочтительности в части прямой блёскости варианты освещения выстроились так: *ОО-4*, *ОО-6*, *ОО-5*, *ОО-1*, *ОО-3* и *ОО-2*. Сильнее всего прямая блёскость раздражала наблюдателей при включении обоих расположенных по бокам зеркала вертикальных светильников. Ощущение наличия прямой блёскости ослаблялось при включении всех трёх окружающих зеркало светильников. Освещение только одним светильником, расположенным горизонтально над зеркалом, оказалась наиболее пред-

а)



б)



в)



г)



д)



е)



Рис. 5. Расположение светильников. Организация освещения: *ОО-1* (а), *ОО-2* (б), *ОО-3* (в), *ОО-4* (г), *ОО-5* (д) и *ОО-6* (е)

почтительным. Прямая блёскость уменьшалась, если освещение зеркала дополнялось общим освещением отражённым светом. Не было заме-

чено никакого сколько-то существенного влияния гендерных различий на оценку прямой блёскости. Для наиболее предпочтительных вариантов ос-

Варианты освещения и светильники, включаемые в этих вариантах

Сценарий		Включённые светильники				$E_v$ , лк
		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>ID</i>	
1	<i>OO-1</i>	+	-	-	-	300
2	<i>OO-2</i>	-	+	+	-	300
3	<i>OO-3</i>	+	+	+	-	300
4	<i>OO-4</i>	+	-	-	+	300
5	<i>OO-5</i>	-	+	+	+	300
6	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	300
7	<i>OO-1</i>	+	-	-	-	500
8	<i>OO-2</i>	-	+	+	-	500
9	<i>OO-3</i>	+	+	+	-	500
10	<i>OO-4</i>	+	-	-	+	500
11	<i>OO-5</i>	-	+	+	+	500
12	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	500

*OO*: Организация освещения

$E_v$ : Средняя вертикальная освещённость

*M1*: Светильник над зеркалом

*M2*, *M3*: Светильники по бокам от зеркала

*ID*: Светильники отражённого света

Сценарий		Включённые светильники				$E_v$ , лк
		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>ID</i>	
13	<i>OO-1</i>	+	-	-	-	750
14	<i>OO-2</i>	-	+	+	-	750
15	<i>OO-3</i>	+	+	+	-	750
16	<i>OO-4</i>	+	-	-	+	750
17	<i>OO-5</i>	-	+	+	+	750
18	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	750
19	<i>OO-2</i>	-	+	+	-	1000
20	<i>OO-3</i>	+	+	+	-	1000
21	<i>OO-4</i>	+	-	-	+	1000
22	<i>OO-5</i>	-	+	+	+	1000
23	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	1000
24	<i>OO-3</i>	+	+	+	-	1500
25	<i>OO-5</i>	-	+	+	+	1500
26	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	1500
27	<i>OO-6</i>	+	+	+	+	2000

вещения (*OO-6*) и вертикальной освещённости (750–1000 лк) значение *UGR* было не больше 26.

### 5.3. Тени

Если учитывать варианты освещения, при которых наблюдатели не заметили никаких теней или при которых тени не раздражали наблюдателей, то в порядке убывания предпочтительности в части теней варианты освещения выстроились так: *OO-5*, *OO-2*, *OO-6*, *OO-3*, *OO-4* и *OO-1*. Дискомфорт из-за наличия теней возрастал при тех вариантах освещения, в которых включён был только светильник над зеркалом. Включение всех трёх окружающих зеркало светильников оценивалось положительно по сравнению со случаем только одного включённого светильника. Включение двух светильников, расположенных по бокам зеркала, не вызывало отрицательной реакции наблюдателей. Дискомфорт, обусловленный наличием теней, несколько снижался при включении общего освещения. Различия по освещённости, в общем, сказывались на оценке тенеобразо-

вания во всех вариантах освещения. Пол и возраст также не оказывали сколько-нибудь заметного влияния.

### 5.4. Оценка результатов

Как отмечено выше, ранжирование по предпочтительности шести оценивавшихся способов организации освещения зависит от того, какой параметр – освещённость, блёскость или тени – оценивался. Для того, чтобы совместить полученные результаты и выработать рекомендации, для каждого из вопросов по табл. 3 были выбраны наиболее характерные варианты ответов. Процентное количество таких ответов приведено в табл. 4, пятый столбец которой содержит суммарное количество положительных ответов на все три разных вопроса.

Три упомянутых положительных ответа таковы:

- На вопрос «Освещённость позволяет рассмотреть детали Вашего отражения в зеркале?»: «Освещённость достаточная».

- На вопрос «Есть ли на вашем отражении тени?»: «Нет», а на вопрос «Если тени образуются, то как это

воздействует на Вас?»: «Тени не беспокоят меня».

- На вопрос «Создаёт ли освещение прямую блёскость?»: «Нет».

Из приведённых в табл. 4 обобщённых результатов следует, что в наибольшей степени наблюдатели предпочли те способы организации освещения, в которых три светильника располагались вокруг зеркала и освещение зеркала дополнялось общим освещением отражённым светом (*OO-6*). В порядке убывания предпочтительности варианты освещения выстроились таким образом: *OO-6*, *OO-3*, *OO-5*, *OO-2*, *OO-4* и *OO-1*. Имелись отличия между возрастными группами в части предпочтительной вертикальной освещённости на плоскости лица. Возрастная группа 18–25 лет явно предпочла 750 лк и в несколько меньшей мере – 500 лк, а старшая группа – 1000 и 750 лк соответственно. 300 и 2000 лк не предпочёл никто из наблюдателей.

### 6. Заключение

Зеркала – важный элемент интерьера, используемый людьми в повсед-

Возраст, пол и образование наблюдателей

Возраст	Начальная школа		Средняя школа		Студент		Высшее образование		Магистр		Доктор		Всего
	Ж*	М**	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	
18–25				1			6	2	1	0	0		10
26–30						1	5	3	4	2	1		16
31–40							2		4				11
41–50		1						3	1		4	2	5
51–60						1	1			2	5		9
Всего	0	1	0	1	0	2	14	8	10	4	9	2	51

\*Ж – женский, \*\*М – мужской

невной жизни, так что освещению зеркал следует уделять особое внимание во избежание появления прямой блёскости или теней. Чтобы освещение зеркала можно было считать удачным, оно должно создавать достаточную вертикальную освещённость без наличия блёскости и теней. Однако в литературе содержится недостаточное количество рекомендаций относительно требуемых значений освещённости на плоскости лица и правильного расположения светильников.

Целью данного исследования было определение предпочтительной освещённости и наилучшего расположение светильников для освещения зеркал. Для этого были выбраны 6 способов организации освещения и разработаны 27 вариантов освещения, в которых использовались три окружающих зеркало линейных светильника (местное освещение) и четыре подвесных светильника отражённого света, обеспечивающих общее освещение комнаты. В основу выбранных вариантов освещения были положены шесть разных способов организации освещения и шесть значений вертикальной освещённости, лежащих в диапазоне 300–2000 лк. Был проведён опрос, целью которого было выявление того, в каких вариантах на лице образуются тени или появляются блёскость, и того, обеспечивают ли эти варианты достаточную освещённость. Результаты опроса позволили выявить варианты, наиболее предпочтительные в части освещённости, блёскости или тенеобразования.

Анализ полученных ответов показал, что наиболее предпочтителен вариант освещения, в котором зеркало



Рис. 6. Порядок вариантов освещения в вопроснике



## Вопросник

Освещённость	Тени		Блёскость			
Освещённость позволяет рассмотреть детали Вашего отражения в зеркале?	Есть ли на вашем отражении тени? Если Вы ответили «Да», то где образуются тени?		Создаёт ли освещение прямую блёскость?			
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Освещённость гораздо меньше нужной мне.</li> <li>▪ Освещённость меньше нужной мне.</li> <li>▪ Освещённость достаточная.</li> <li>▪ Освещённость больше нужной мне.</li> <li>▪ Освещённость гораздо больше нужной мне.</li> </ul>	Да	Нет	<ul style="list-style-type: none"> <li>Да</li> <li>▪ Слабая блёскость</li> <li>▪ Средняя блёскость</li> <li>▪ Сильная блёскость</li> </ul>	Нет		
	Если тени образуются, то как это воздействует на Вас?					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Из-за теней я не могу чётко рассмотреть своё отражение.</li> <li>▪ Тени не беспокоят меня.</li> </ul>					

Таблица 4

## Сводка ответов на вопросы

ОО	Утвердительные ответы, %			
	Освещённость	Блёскость	Тени	Всего
ОО-1	12	28	9	49
ОО-2	22	25	34	81
ОО-3	35	28	33	96
ОО-4	23	35	16	74
ОО-5	24	29	35	88
ОО-6	35	31	34	100

оказывали три светильника и освещенные зеркала дополнялись общим освещением отраженным светом. Если говорить о вертикальной освещенности на плоскости лица, то более молодые наблюдатели в основном предпочли 750 лк, тогда как наблюдатели старше 25 лет – 1000 лк. Поэтому освещение зеркал следует регулировать так, чтобы удовлетворять потребности пользователей разного возраста и сокращать бесполезный расход электроэнергии. Ранее предполагалось, что из-за большей потребности в зеркалах и большего времени, проводимого перед ними, женщины будут гораздо сильнее мужчин реагировать на образование теней и что им потребуется более высокий, чем мужчинам, уровень освещенности. Однако в данном исследовании не было замечено больших гендерных различий.

Проект «Исследование по освещению зеркал» финансировался Исследовательским фондом Технического университета Йылдыз (номер проекта 2012–03–01–YL04).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dokuzer-Ciztirik, L. Bathroom lighting (на турецком языке) // *Arredamento Dekorasyon Dergisi*, Banyo 91, Periyodik Cizel Sayilar 1, 1991, P. 128–129.
2. Sirel, S. Visual comfort in homes (на турецком языке) // *Yapı Fiziği Konuları II*, Istanbul, 1996.
3. IESNA. Illuminating Engineering Society of North America. Lighting Handbook Reference and Application, New York, 2010.
4. IESNA. Illuminating Engineering Society of North America. Lighting Handbook Reference and Application. New York, 2000.
5. TS EN12464–1. Light and lighting – lighting of work places – Part 1: Indoor work places, CEN/TC169, 2011.
6. Dokuzer-Ciztirik, L., Azari, F. An investigation on mirror lighting (на турецком языке) // YTU, BAPK, Research Project no: 2012–03–01–YL04, Istanbul, 2014.
7. Dokuzer-Ciztirik, L., Aydın-Yağmur, S. An approach for definition and evaluation of shadow characteristics as a design criterion occurred under artificial lighting (на турецком языке) // YTU, BAPK, Project number: 2011–03–01–DOP01, Istanbul, 2012.

8. Neufert, E., Neufert, P. Architect's Data. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2002. – 262 p.

9. Disabled world, height chart of men and women in different countries. URL: <http://www.disabled-world.com/artman/publish/height-chart.shtml>, 2008.

10. Center for disease control, human body statistics. URL: <http://www.statisticbrain.com/human-body-statistics>, 2013.

11. Wikipedia, average height around the world, human height. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_height](http://en.wikipedia.org/wiki/Human_height).



**Лейла Докузер Озтюрк (Leyla Dokuzer Ciztirik),**  
Dr., проф. Окончила Университет Йылдыз. Лектор архитектурного факультета этого вуза. Одна из основателей

Турецкой национальной комиссии по освещению, представитель Турции в Отделении 3 МКО. Научные интересы: физика зданий, энергоэффективность, конструирование светильников, цвет



**Филиз Ачари Эрбил (Filiz Azari Erbil),**  
M. Arch. (физика зданий, 2014 г.). Окончила в 2005 г. Ближневосточный технический университет. Работает

в управлении по проектированию инфраструктуры муниципалитета Стамбула

# Современные системы наружного освещения компрессорных станций

О. В. КРЮКОВ<sup>1</sup>, А. В. СЕРЕБРЯКОВ

АО «Гипрогазцентр» и Нижегородский государственный технический университет (НГТУ)  
им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород

## Аннотация

Рассмотрены принципы проектирования современных систем наружного освещения компрессорных станций магистрального транспорта газа. Представлены особенности применения аппаратных и схемотехнических решений для освещения площадок и зданий компрессорных станций.

**Ключевые слова:** источники света (ИС), осветительные приборы (ОП), системы управления освещением, энергосберегающие ОП, компрессорные станции, проектирование.

В настоящее время одним из крупнейших потребителей электроэнергии магистральных газопроводов являются компрессорные станции (КС) [1, 2]. Большинство современных КС оснащены газотурбинными перекачивающими агрегатами. Мощность, потребляемая КС из сети при газотурбинном приводе, составляет 2–4 МВт, в зависимости от числа агрегатов. Из них 10–20% приходится на освещение (наружное освещение (НО) КС и освещение зданий производственного и вспомогательного назначения) [2, 3]. Поэтому от энергоэффективности осветительных установок (ОУ) КС во многом зависит энергоёмкость всего технологического процесса дальнего транспорта газа и его себестоимость у потребителей [3–6].

ОУ КС должны обеспечивать: нормы уровня и качества освещения; бесперебойность освещения; удобство обслуживания и управления ОУ.

Нормирование НО КС осуществляется в соответствии с СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» и СТО Газпром РД 1.14–127–2005 «Нормы искусственного освещения» [1–3].

Основными источниками света (ИС) на КС служат (рис. 1):

- в НО – НЛВД (суммарная мощность которых – около 25% от суммарной потребляемой мощности сети освещения КС);

- в освещении производственных помещений – ЛЛ и лампы «ДРЛ» мощностью до 150 Вт, а также светодиоды (СД). (На это расходуется около 35% от суммарной потребляемой мощности сети освещения КС.);

- в освещении административных зданий в основном используются ЛЛ и КЛЛ, потребляемая мощность которых составляет около 50% от суммарной потребляемой мощности сети освещения КС.

Электроснабжение сети НО производится по III категории надёжности электроснабжения от комплектных трансформаторных подстанций энергетического и ремонтно-эксплуатационного блоков и аппаратов воздушного охлаждения газа.

Для питания ОУ НО чаще всего применяется напряжение 220 или 380 В переменного тока. Кроме того, на мачтах с большим количеством прожекторов (рис. 2) для повышения надёжности работы прожекторы разделяются на отдельные группы, по 2–3 прибора, и подключаются к групповым распределительным щиткам. Последние устанавливаются в низу мачты, что позволяет включать необходимую часть прожекторов и производить ремонтные работы на мачте в тёмное время суток без выключения всех прожекторов. Кроме того, в случае короткого замыкания в одном из прожекторов или кабеле включаются только прожекторы одной группы.

При НО площадок КС и баз линейных производственных участков применяются прожекторы с НЛВД мощностью 1000 Вт, установленные на мачтах высотой 20–30 м. Определённые достаточности уровня НО производится на основании нормативных документов.

Достоинства данного типа ОП – длительный срок эксплуатации; высокая световая отдача, до 150 лм/Вт;

большой срок службы, порядка 20–30 тыс. ч; широкий диапазон мощностей, до 1000 Вт; время выхода на рабочий режим после включения менее 7 мин; стабильность параметров ИС в течение срока эксплуатации; возможность эксплуатации лампы в разных температурных и погодных условиях; надёжность зажигания ИС.

В настоящее время на вопрос о возможности использования ОП с СД взамен прожекторов промышленного назначения с РЛВД однозначного ответа нет.

Конечно, ОП с СД обладают рядом преимуществ [1–3]: большой срок службы, что сводит к минимуму их обслуживание; широкий температурный диапазон эксплуатации СД (–50 – +60) °С; стойкость к механическим воздействиям; высокая световая отдача; направленность излучения – выпускается широкий ассортимент СД с углами излучения 10–140° (поэтому часто не требуется специальных отражателей или рассеивателей); безынерционность и повышенная возможность свето- и цветорегулирования; повышенные экологическая и пожарная безопасность.

Однако некоторые факторы технического характера ограничивают применение ОП с СД в НО КС, что связано с особенностями монтажа прожекторов. Как правило, прожекторные мачты НО расположены далеко друг от друга, а высота установки прожекторов составляет 20–30 м. В результате нормируемая освещённость во многих проектах реально недостижима при замене прожекторов с РЛВД на прожекторы с СД. Мощные прожекторы с СД, необходимые для освещения площадок КС, требуют специального охлаждения в силу известных особенностей СД. При этом в таких ОП НО из-за перепадов температур происходит образование конденсата на всей поверхности платы с СД, что способствует выходу их из строя. Поэтому следует учитывать, что эксплуатировать ОП с СД лучше всего в стабильных климатических условиях.

СД весьма восприимчивы к высоковольтным скачкам напряжения и грозовым разрядам, способным вызывать отказы и параметрические изменения, ухудшающие работу этих ИС. Сбои из-за перегрузки и электрических разрядов – очень большая проблема в применении СД.

<sup>1</sup> E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru

Рис. 1. Структура применения источников света на КС



Кроме того, у СД происходит временной спад светового потока, достигающий до 50–60% от его начального значения.

Вопреки ложному мнению о том, что ОП с СД не нуждаются в обслуживании, обслуживать их совершенно необходимо, и порою чаще, чем ОП с РЛВД; особенно при низких рабочих температурах окружающей среды и увлажнении их поверхности. Для решения проблемы загрязнения в проектах используются ОП с СД со степенью защиты IP55 и выше.

Недостатками СД на сегодня также являются низкое качество цветопередачи, относительно высокая «цена люмена», относительно сложная организация теплоотвода от СД и др.

ОП с СД нашли применение в освещении, например, узлов подключения, водозаборных сооружений, газораспределительных станций и пунктов. Для данных объектов характерны небольшие освещаемая площадь и высота установки ОП.

В соответствии с СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95\*», СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» и СТО Газпром РД 1.14–127–2005 «Нормы искусственного освещения» в проекте НО должны обеспечиваться следующие значения освещённости, лк:

- запорная и регулирующая аппаратура – 10;
- площадки и сходы с рабочих площадок – 5;

- дороги между резервуарами – 2;
- пульты и щиты управления – 50;
- отдельно стоящие приборы контроля – 50 лк.

Для выполнения светотехнических расчётов обычно применяется программа «DiaLux».

Управление всей осветительной сетью НО КС должно быть, по правилам и нормам, централизованным – из одного или минимального количества мест. В пунктах управления НО предусматривается сигнализация о состоянии НО – «включено/отключено». Централизованное дистанционное управление НО ведётся из помещения для обслуживающий персонал.

В зависимости от количества ОП (прожекторов) и, особенно, режима работы выбирается вариант их управления. Как правило, управление осуществляется всеми ОП одновременно. Широко используется фотоавтоматическое управление – с установкой магнитных пускателей в линиях освещения и программных реле, включающих ОП в зависимости от уровня естествен-

ного освещения или от времени суток. Для этого устанавливается система управления НО на базе ящиков управления ЯОУ-9600, которые обеспечивают включение/отключение ОУ: от сигнала фотодатчика при достижении заданного уровня освещённости; кнопками, установленными на дверях ящика, вручную; посредством устройств телемеханики от диспетчерских пунктов энергетических служб.

Однако современная тенденция энергосбережения диктует новые требования к проекти-

рованию НО. В настоящее время релейные системы дистанционного централизованного управления НО заменяются автоматизированными системами управления НО (АСУ НО).

Внедрение автоматизированных систем управления НО позволяет: централизовывать управление НО (управлять режимами горения ОП, дистанционно управлять освещением площадок по заранее заданному графику с учётом погодных условий); повышать экономичность за счёт сокращения энергозатрат на НО и снижение расходов на техобслуживание ОУ; управлять объектами, группируя их, или управлять индивидуально; обеспечивать необходимый уровень бе-

Рис. 2. Мачта с прожекторами на площадке КС





зопасности сети; создавать протоколы событий и действий операторов; блокировать включение объектов на время монтажных и пусконаладочных работ.

Повышение энергоэффективности НО может достигаться, по мнению авторов, за счёт: рационального подбора, размещения и оптимизации мощности ОП с помощью специального программного обеспечения; замены устаревших ЛН и ламп «ДРЛ» на НЛВД и МГЛ; использования систем автоматизированного дистанционного управления и контроля за работой ОУ; повышения стабильности характеристик ИС; улучшения эксплуатационных свойств ОП; использования энергоэффективных ПРА (ЭПРА).

Кроме того, энергосбережение в проектируемых ОУ с ОП с НЛВД и ЭПРА достигается за счёт стабильности потребляемой мощности в стабилизированном по напряжению номинальном режиме работы и в режиме редукиции мощности, потребляемой ОУ. Системы редукиции мощности постепенно понижают мощность и световую отдачу в заданных пределах. Поскольку системы редукиции мощности регулируют освещение постепенно, они более приемлемы для НО, хотя и дороже простых систем коммутации мощности.

В целом, опыт проектирования, эксплуатации и результаты исследований по освещению КС показывают, что:

- большая часть нештатных ситуаций, возникающих при использовании ОУ, связана с нерациональным выбором и применением осветительного оборудования и систем управления ОП;
- инновационные ОУ на базе прожекторов «ЖО-07» и «ПСД 220/250» доказали свои надёжность и пригодность для объектов КС. Заявленная наработка на отказ этих прожекторов доходит до 50 тыс. ч;
- один из главных недостатков ОП (прожекторов) с СД – их относительно высокая стоимость и недостаточный световой поток для НО КС; тем не менее направление по внедрению ОП с СД на КС актуально и перспективно (в плане повышения энергоэффективности и надёжности ОУ объектов магистрального транспорта газа);
- применение энергосберегающих решений в управлении освещением

даёт существенную экономию электроэнергии и повышает срок службы ИС, надёжность ОУ и комфортность световой среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: монография, в 3 томах. Т. 2 / Под ред. О. В. Крюкова. – Н. Новгород: Вектор ТиС, 2011. – 664 с.
2. Энергетические установки и электрооборудование объектов транспорта газа: Монография серии «Научные труды к 45-летию ОАО «Гипрогазцентр», Т. 3 / Под ред. О. В. Крюкова. – Нижний Новгород: Исток, 2013. – 300 с.
3. *Калныньш Н. Н., Крюков О. В., Рубцова И. Е., Рябова Е. Ю.* Инновационные решения в проектировании систем освещения компрессорных станций // Автоматизация в промышленности. – 2011. – № 9. – С. 19–21.
4. *Васенин А. Б., Крюков О. В., Серебряков А. В.* Системы электроснабжения на принципах SMART GRID для объектов магистральных газопроводов // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 4. – С. 36–38.
5. *Крюков О. В., Титов В. В.* Разработка АСУ автономными ветроэнергетическими установками // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 4. – С. 35–37.
6. *Серебряков А. В., Крюков О. В.* О новых возможностях технологий SMART GRID // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 2. – С. 47–48.



**Крюков Олег Викторович,**  
доктор техн. наук.  
Окончил в 1978 г.  
с отличием  
Горьковский  
политехнический  
институт им.  
А.А. Жданова.  
Главный специалист  
АО «Гипрогазцентр»



**Серебряков Артём Владимирович,**  
кандидат техн.  
наук. Окончил  
в 1978 г. НГТУ им.  
Р.Е. Алексеева.  
Доцент кафедры  
«Электрооборудование, электропривод и автоматика»  
этого вуза

## Резидент ОЭЗ «Дубна» начал строить ламповый завод

Компания «Сила» строит в ОЭЗ «Дубна» завод по разработке и производству светодиодных ламп и светильников со светодиодами, «доступных по цене».



ООО «Сила» (светодиодная исследовательская лаборатория) реализует в особой экономической зоне проект по разработке современной осветительной техники на основе светодиодов уже седьмой год. Сейчас компания взялась за строительство здания, где разместится Светодиодный научно-производственный комплекс, с дизайн-бюро, опытным производством, светодиодным рейтинговым агентством «СВЕРА», редакцией журнала «Светодиодная биржа» и выставочным комплексом «WORLD OF LEDS».

Основная продукция компании «Сила» – светодиодные лампы и светильники со светодиодами. Лампы намереваются делать как дешёвые, так и дорогие. Дешёвые будут служить два года, дорогие – пять лет. Производители гарантируют, что светодиодная лампа в отличие от лампы накаливания тратит электроэнергию в 10–15 раз меньше, поэтому будущее за светодиодными лампами.

В компании «Сила» также работают над аналогом люминесцентных ламп, которыми оснащены практически все офисы. Чтобы заменить их на светодиодные, сейчас приходится полностью демонтировать старый светильник. В Дубне разработали «трубки» прямой замены, которые просто устанавливаются в уже существующий корпус.

Вероятно, вскоре продукция ООО «Сила» появится в сетевых магазинах Дубны.

<http://open-dubna.ru/>  
07.02.2016

# Цветовые температуры, предпочитаемые проживающими в Германии китайцами и европейцами

П. БОДРОГИ<sup>1</sup>, Я. ЛИНЬ, Д. СТОЯНОВИЧ, Т.К. ХАН

Дармштадтский технический университет, Дармштадт, Германия;  
Фуданьский университет, Шанхай, КНР

## Аннотация

Различия между культурами в части предпочтения цветовых температур источников света (например, тепло-белый, нейтрально-белый или холодно-белый свет) в литературе уже описывались. Данное исследование посвящено поиску зависимости восприятия объектов и сцен от тональности освещающего их белого света и от положения наблюдателя на географической оси Европа – Китай. Целью исследования является создание и применение светотехнических изделий, которые бы лучше воспринимались потребителями на мировом рынке.

**Ключевые слова:** белый цвет, цветовая температура, предпочтение, разные культуры.

## 1. Введение

Известно, что люди, относящиеся к разным культурам, по-разному воспринимают цветовую температуру или тональность белого света, напри-

мер, тепло-белый, нейтрально-белый или холодно-белый свет<sup>2</sup>. Данное исследование посвящено поиску зависимости восприятия объектов и сцен от тональности освещающего их белого света и от положения наблюдателя на географической оси Европа – Китай. Целью исследования являлось создание и внедрение светотехнических изделий, которые бы лучше воспринимались потребителями на мировом рынке. При этом ставилась задача выявления зависимости предпочитаемой наблюдателями цветовой температуры (то есть тональности белого света) от цвета объектов и сцен (красноватые и синеватые объекты или сцены с объектами разных цветов) для наблюдателей разных культур (европейской или китайской) и полов (мужчины, женщины).

## 2. Метод

Были рассмотрены три комбинации искусственных цветных объектов (красных и оранжевых, синих и лиловых, а также «многоцветных»), кото-

рые приклеивались к трём белым пластиковым панелям. Объекты включали в себя шкалу цветов компании MacBeth (*MacBeth ColorChecker Chart*<sup>®</sup>), искусственные цветы, свечи, горшки, вазы, нитки, перчатку, мыло и т.д. (рис. 1).

Эти комбинации цветных объектов равномерно освещались в белой камере просмотровой кабины рассеянным светом семи белых светодиодов (СД) спектрально настраиваемого стабильного СД-источника света (*LED Light Engine*) (рис. 2), создающего свет с семью вариантами коррелированной цветовой температуры (КЦТ): 2719, 2960, 3501, 3985, 4917, 5755 и 6428 K (рис. 3). Все эти семь спектров давали индексы цветопередачи  $R_a > 97$  и  $R_g > 97$ . Яркость белого эталона, расположенного на дне кабины, составляла  $(743 \pm 9)$  кд/м<sup>2</sup>.

Наблюдатели, принадлежащие к китайской и европейской культурам (38 мужчин и 38 женщин возрастом от 22 до 52 лет, 30 китайцев и 46 европейцев, живущих в Германии и имеющих нормальное цветовое зрение), смотрели в камеру просмотровой кабины, в которую по одной помещались все три комбинации объектов (рис. 1 и 2). К каждому из семи спектров излучения СД (рис. 3) наблюдатели адаптировались в течение 1 мин.

После адаптации к одному из семи спектров излучения СД наблюдатели оценивали свои предпочтения в части цветового облика демонстрируемых комбинаций объектов при освещении их белым светом с этим спектральным распределением излучения. Наблюдатели должны были карандашом отмечать свои оценки на шкале от 0 (наихудший вариант) до 100 (на-

<sup>1</sup> По материалам доклада на 28-й Сессии МКО, 29.06–04.07.2015. Манчестер, Великобритания

E-mail: bodrogi@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Перевод с англ. Е. И. Розовского

<sup>2</sup> Bodrogi, P., Khanh, T.Q., Stojanovic, D., Lin, Y. Intercultural Colour Temperature Preference (2300 K-5800 K) of Chinese and European Subjects Living in Germany for Different Light Sources // SSL China 2014, Guangzhou, China, 2014.



Рис. 1. Три комбинации искусственных цветных объектов (слева: красно-оранжевые, в центре: сине-лиловые, справа: многоцветные), использовавшиеся при проведении исследований. Многоцветные объекты включают в себя шкалу цветов компании MacBeth



Рис. 2. Белая камера просмотровой кабины. Использовалась только одна камера (поз. 2), которая содержала комбинацию искусственных объектов (одна комбинация в конкретный момент времени, здесь показана комбинация «многоцветных» объектов). Наверху просмотровой кабины находился СД-источник света (поз. 1). Уровень яркости –  $(743 \pm 9) \text{ кд/м}^2$

лучший вариант). Отметки делались по три раза для каждой из трёх комбинаций объектов (красно-оранжевой, сине-лиловой и многоцветной) и всех КЦТ. В третий раз наблюдатели должны были при помощи ручки подытожить свои оценки на оценочном листе. Третья оценка «электронно» регистрировалась и оценивалась.

По завершению указанных действий набор данных о предпочтительной тональности белого цвета состоял из 1596 оценок предпочтительности –  $(7 \text{ спектров белого света}) \times (3 \text{ комбинации объектов: красно-оранжевая, сине-лиловая и многоцветная}) \times (76 \text{ наблюдателей})$ , нормированных по шкале от 0 до 100.

### 3. Результаты и обсуждение

Вначале методами дисперсионного анализа определялись степени влияния культуры или места происхождения (Китай или Европа), пола (мужской или женский), сочетания объектов (красные, синие или многоцветные) и КЦТ (семь значений между 2719 и 6428 K) на зависимую переменную *нормированное предпочтение*. Влияния культуры, КЦТ, культуры + пола, культуры + КЦТ, пола + КЦТ, комбинации цветов + КЦТ и культуры + пола + КЦТ оказались статистически значимы при уров-

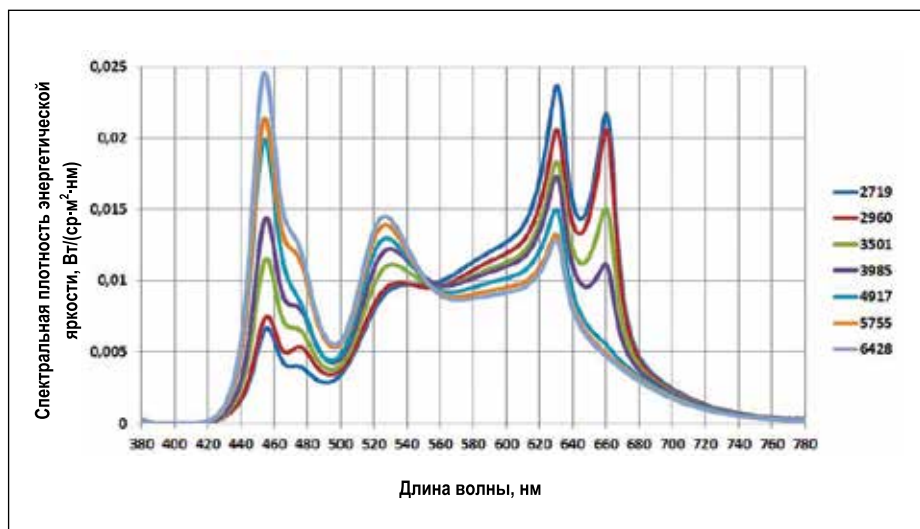


Рис. 3. Спектры излучения семи использовавшихся СД-источников света, измеренные при уровне яркости в  $(743 \pm 9) \text{ кд/м}^2$ . Значения КЦТ (в K) этих источников света приведены справа

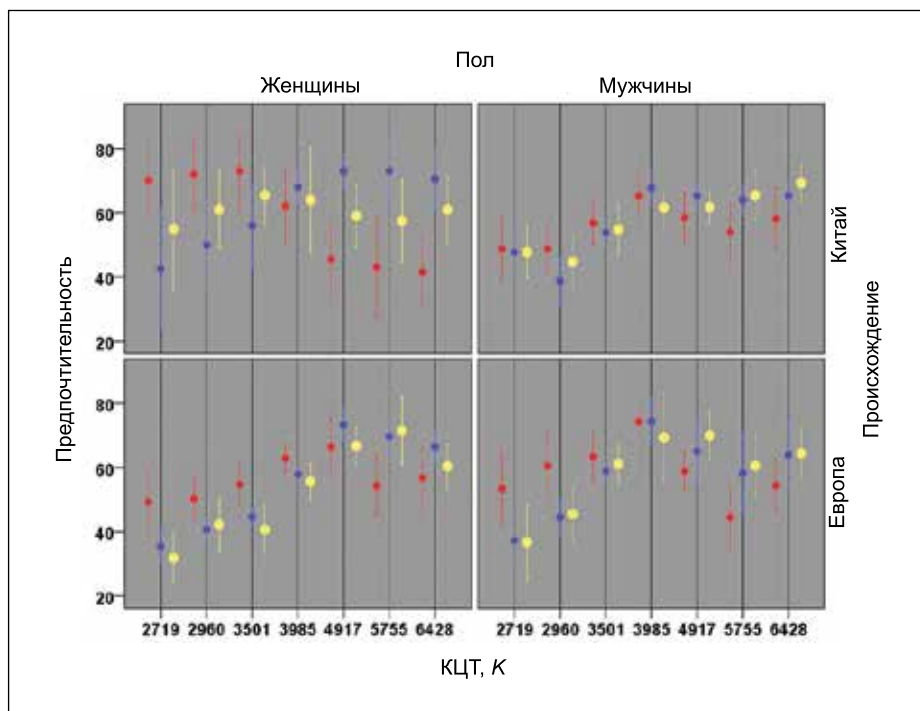


Рис. 4. Зависимость усреднённых оценок предпочтительности (P), выставленных наблюдателями, и их 95%-ных доверительных интервалов от КЦТ для всех комбинаций цветных объектов (первая точка – красный цвет, вторая точка – синий цвет, третья точка – несколько цветов, см. рис. 1) и разных происхождений (Китай или Европа) и полов (женщины или мужчины) наблюдателей

не значимости 5%. Для объяснения этих результатов и выявления применимых на практике тенденций изменения предпочтительности, усреднённые масштабированные оценки предпочтительности P и их 95%-ные доверительные интервалы были отображены по отдельности в функции КЦТ для всех сочетаний объектов (3), культур (2) и пола (2) (рис. 4).

Из 12 графиков на рис. 4 –  $(3 \text{ сочетания цветных объектов}) \times (2 \text{ пола}) \times (2 \text{ места происхождения})$  – следует, что:

1. Китайки предпочитают белый свет с КЦТ 2700–3500 K при освещении красноватых объектов, 4900–6400 K при освещении синеватых объектов и 3500–4000 K при освещении многоцветных комбинаций объектов.



2. Китайские мужчины отдают предпочтение белому свету с КЦТ порядка 4000 К при освещении красноватых и синеватых объектов и КЦТ 4000–6400 К при освещении многоцветных комбинаций объектов.

3. Европейки отдают предпочтение белому свету с КЦТ 4000–4900 К при освещении красноватых объектов, 4900–6400 К при освещении синеватых объектов и 4900–5800 К при освещении многоцветных комбинаций объектов.

4. Европейцы-мужчины отдают предпочтение белому свету с КЦТ порядка 4000 К при освещении красноватых объектов и 4000–5000 К в случае синеватых объектов и многоцветных комбинаций объектов.

#### 4. Заключение

В данном исследовании живущие в Германии китайские и европейские наблюдатели выразили свои предпочтения в восприятии красноватых и синеватых объектов и комбинации многочисленных объектов разного цвета при освещении их белыми СД с  $R_a > 97$  и  $R_g > 97$  и КЦТ 2700–6400 К. В случае красноватых объектов китайки, в отличие от европейцев и китайцев-мужчин, предпочли свет тёпло-белый (2700–3500 К). Если не считать эту тенденцию (китайки, красноватые объекты), предпочтительными оказались КЦТ порядка 4000 К (в некоторых случаях до 5000 К), что для синеватых и многоцветных объектов проявилось сильнее, чем для красноватых. Очевидно, случае синеватых и многоцветных объектов европейцы не отдают предпочтения тёпло-белому свету (2700–3500 К). Последняя тенденция не так однозначно проявилась в случае китайцев-мужчин и была не столь явно выражена для китайок. Эти результаты способствуют более осознанному применению светотехнических изделий с СД с разными значениями КЦТ для освещения разных объектов и лучшему принятию этих изделий на мировом рынке.

Авторы хотели бы выразить свою признательность проекту № 13N12725 («KnowLEDge») Федерального министерства культуры и исследований Германии и китайской

Программе международного научно-технического сотрудничества (№ 2014DFG62280).



**Петер Бодроги (Peter Bodrogi),**

Ph. D  
(информационные технологии) и Dr. Sc (оптимизация современных методов визуализации,

2010 г.). Окончил Университет им. Лорана Этвуша (Будапешт). Старший научный сотрудник Светотехнической лаборатории Дармштадтского технического университета (СЛ ДТУ). Автор многочисленных научных работ и патентов в области самосветящихся дисплеев и светотехники



**Яньдань Линь (Yandan Lin), Ph.**

D, профессор. Директор по научной работе Института электрических источников света Фуданьского

университета. Зам. директора Отделения 4 МКО («Освещение и сигнализация для транспорта») и директор Технического комитета ТС 1–91 МКО. Руководитель ряда важных научных программ. Область научных интересов: зрительный комфорт, интеллектуальное управление освещением



**Тран Куок Хань (Tran Quoc Khanh), Ph. D**

(светотехника) и Dr. Sc (колориметрия и обработка цветных изображений),

профессор. Окончил Технический университет Ильменау. Руководитель СЛ ДТУ. Организатор проводимых в Дармштадте широко известных международных симпозиумов по автомобильному освещению (ISAL). Член ряда технических комитетов МКО

## Исследователи из МГУ вырастили кристаллы для гибких электронных устройств

Учёные с физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с российскими и зарубежными коллегами вырастили органические полупроводниковые кристаллы с рекордно высокой светоизлучательной способностью. Более того, они применили для выращивания кристаллов простые и дешёвые технологии, которые до того считались бесперспективными. Об этом говорится в пресс-релизе университета, а сами результаты работы опубликованы в журнале «Applied Materials and Interfaces».

В качестве основного полимера для исследований были выбраны тиофен-фениленовые олигомеры. Нужные молекулы были синтезированы химиками – коллегами из МГУ и Института синтетических полимерных материалов РАН. Из этих молекул из раствора были выращены кристаллы и измерены их излучательные («люминесцентные») и электрические свойства.

До сих пор считалось, что органические полупроводниковые кристаллы, выращиваемые путём кристаллизации из паровой фазы, намного предпочтительнее выращиваемых из растворов, поскольку из пара можно получить более чистые, свободные от примесей структуры.

Главный результат исследования опроверг эту гипотезу: «растворные» кристаллы светили сильнее, чем «паровые» аналоги. Их квантовый выход (количество испущенных фотонов по отношению к поглощённым) достигал 60%, тогда как у тех же кристаллов «из пара» не превышал 38%.

Такое различие физики объясняют, в частности, тем, что, возможно, при растворном выращивании в кристаллах подавляются некие внутренние, безызлучательные каналы релаксации, забирающие на себя часть поглощённой энергии. Но это не единственная причина. «Мы уже нашли причины такого высокого квантового выхода, но ещё не готовы их обнародовать. Это дело нашего будущего исследования», – сказал руководитель исследовательской группы профессор Дмитрий Парашук.

Повышенная светоизлучательность – не единственный плюс «растворных» методик. В одном из своих прошлых исследований группа обнаружила, что можно выращивать кристаллы на поверхности раствора вместо твёрдой подложки – за счёт сил поверхностного натяжения. И эти кристаллы тоже не уступают по качеству кристаллам «из пара».

<http://scientificrussia.ru/>  
03.02.2016

# Некоторые аспекты современных методов измерения яркости светильников с большим количеством светодиодов

С. СЛОМИНСКИЙ<sup>1</sup>

Варшавский технический университет, Варшава, Польша

## Аннотация

В эпоху быстрого развития светодиодной техники возможны определённые проблемы, связанные с измерением распределения яркости светильников с большим количеством светодиодов (СД). Конструктивные особенности светильников, пространственное светораспределение которых формируется посредством линз, приводят к тому, что обеспечение высоких, до  $10^5$  кд, сил света в определённых направлениях связано с высокой яркостью, часто превышающей  $10$  Мкд/м<sup>2</sup>. Несмотря на быстрое совершенствование измерительной техники и широкое распространение яркомеров на приборах с зарядовой связью (ПЗС), измерение яркости светильников с большим количеством источников света часто производится с некорректным определением погрешности. В статье описываются технические проблемы, оказывающие существенное влияние на точность измерения яркости малых объектов, и, учитывая быстрое внедрение в светотехнику цифровых измерительных приборов, призывается обращать особое внимание на уменьшение погрешностей измерений.

**Ключевые слова:** светотехника, блёскость, яркомер на ПЗС.

## Введение

Развитие СД-техники и типичные проблемы, возникающие при разработке и реализации новых решений, способствовали непрерывному совершенствованию методов измерений. Высокие яркости СД [1, 2] делают возможным создание осветительных приборов, обеспечивающих в нужных направлениях большие силы света. В большинстве случаев сила све-

та усиливается более чем в 500 раз. Относительная лёгкость формирования светораспределения источников света (ИС) высокой яркости посредством линз, отражателей и гибридных оптических устройств приводит к повсеместному использованию светильников, создаваемых на основе новой техники. Это приводит также к совершенствованию методов измерений.

К сожалению, современные темпы развития фотометрии несопоставимы с темпами появления новых приборов на основе СД.

Это вызывает ряд проблем, требующих внимания, так как иначе развитие данной техники может хаотизироваться. Попадание в поле зрения ИС с яркостью более  $10^6$  кд/м<sup>2</sup> может вызывать проблемы, обусловленные дискомфортной блёскостью [3–5]. В некоторых областях, таких как автомобилизм, это может приводить к снижению комфорта и отрицательно влиять на безопасность дорожного движения. В этом случае очень хорошие технические решения по созданию ИС могут приводить, например, не к улучшению безопасности и комфорта, а к увеличению частоты ДТП.



Рис. 1. Примеры распределения яркости по поверхностям церкви (а) и улицы (б)

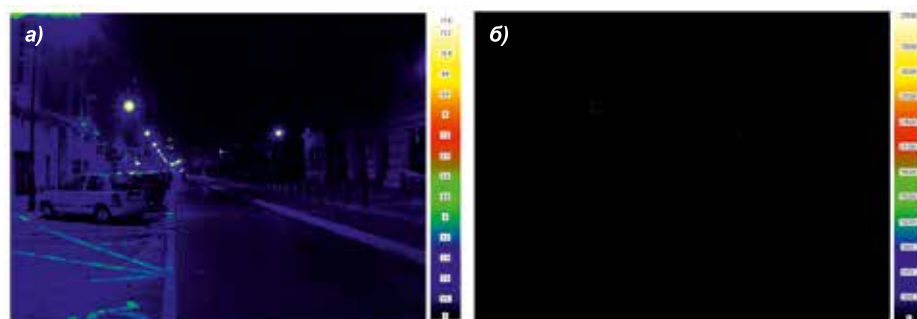


Рис. 2. Примеры распределения яркости по поверхности улицы. Экспозиция и диапазон измерений цифрового яркомера выбраны применительно к измерению: распределения яркости по поверхности дороги (а) и яркости светильников (б) (светильники отображены как отдельные пиксели)

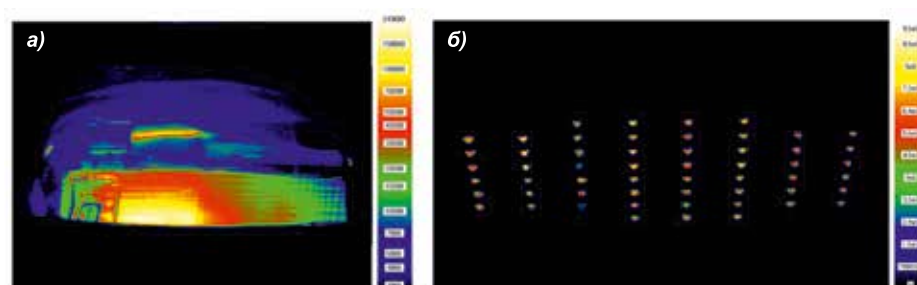


Рис. 3. Примеры распределения яркости по поверхности уличных светильников с натриевой лампой ВД (а) и с СД (б) (для плоскости С0–С180 и угла  $\gamma = 75^\circ$ )

<sup>1</sup> E-mail:

sebastian.slominski@ien.pw.edu.pl

Перевод с англ. Е. И. Розовского.

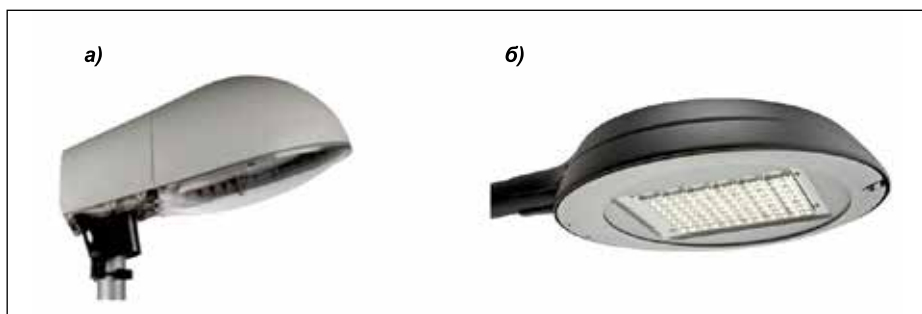


Рис. 4. Фотографии светильников, использовавшихся при проведении исследований: с натриевой лампой ВД (а) и с СД (б)

СД, 70 Вт (разрешающая способность исходного изображения – все пиксели имеют одинаковые размеры)		
а)		$L_{max} = 12,1 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$
		$\gamma = 0^\circ$
		Расстояние измерения: 0,33 м
б)		$L_{max} = 13 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$
		$\gamma = 0^\circ$
		Расстояние измерения: 3,3 м
в)		$L_{max} = 2,71 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$
		$\gamma = 0^\circ$
		Расстояние измерения: 8 м

Рис. 5. Распределение яркости по поверхностям единичного СД (а) и светильника с СД (б, в) (С0–С180), полученные при одном и том же направлении наблюдения и выбранных измерительных расстояниях (с помощью объектива с фокусным расстоянием 50 мм)

### Современные методы измерений

В настоящее время в светотехнике нет альтернативы цифровым яркомерам на ПЗС. Одно измерение ими может давать недостижимое ранее количество информации о яркости в поле зрения камеры (рис. 1) [6]. Однако, как и любая другая новая техника, цифровые яркомеры требуют специальной подготовки пользователей. Неправильный выбор измерительного оборудования и неквалифицированный персонал могут быть причиной получения абсолютно ошибочных результатов (рис. 2) без осознания и возможности решения этой проблемы.

На рис. 2 приведены результаты измерений характеристик уличного освещения (с одновременной регистрацией яркости светильников) [7–9], распределения яркости, при которых диапазоны измерений были выбраны так, чтобы как можно лучше отображать весь диапазон изменения яркости поверхности дороги (2–20 кд/м<sup>2</sup>) (рис. 2, а) или яркости светильников (рис. 2, б). При этом из рис. 2 ясно следует способность измерительного оборудования как регистрировать реальные значения яркости уличных светильников, так и точно измерять яркость поверхности дороги. Два разных времени экспонирования (0,77 с в первом случае

и 0,039 с во втором) явно позволяют регистрировать «все яркости» в поле зрения камеры.

Приведённые в обеих частях рис. 2 значения яркости поверхности дороги не соответствуют точным реальным, но, несмотря на это, в случае по рис. 2, б камера не сигнализировала о выходе за пределы диапазона измерения. На рис. 3, а представлено увеличенное изображение распределения яркости светильника, установленного на испытательной дороге. Кроме того, на рис. 3, б для того же угла наблюдения представлено увеличенное изображение распределения яркости светильника с большим количеством СД-источников света.

Исследования, проведённые в лаборатории кафедры светотехники Варшавского технического университета с использованием светильников двух типов, позволили выявить причины указанного. Тщательное исследование распределений яркости светильников и ИС было проведено как для уличного светильника компании *ELGO* с натриевой лампой ВД мощностью 250 Вт (рис. 4, а), так и для светильника компании *Philips* с большим (64 шт.) количеством СД, каждый из которых имел индивидуальную оптику (рис. 4, б).

Результаты исследований показали, что при использовании измерительного оборудования, характеристики которого приведены в табл. 1, и неизменном направлении измерения и объективе увеличение расстояния измерения (от 0,33 до 8 м) приводит к уменьшению измеренных значений как средней, так и максимальной яркости ИС (рис. 5).

Увеличенное изображение результатов измерений (рис. 6) даёт исчерпывающий ответ на вопрос о состоянии дел в случае измерения распределения яркости цифровыми приборами. Аналогичная ситуация наблюдалась и при измерении яркости поверхности горелки натриевой лампы ВД.

### Анализ

Локальное увеличение результатов измерений показало, что при неправильном выборе количества пикселей ПЗС-матрицы при заданном поле зрения цифрового яркомера (объектива) и расстоянии измерения отдельные пиксели измерительного прибора бу-



дуг регистрировать средние значения яркости, например, СД или его ближайших окрестностей.

При большом градиенте яркости [11], то есть когда регистрируемый ИС высокой (примерно  $10^8$  кд/м<sup>2</sup>) яркости окружён участком с яркостью 2–10 кд/м<sup>2</sup>, результаты измерения средней и максимальной яркостей значительно отличаются от реальных (рис. 2). Простой анализ углового поля зрения цифрового яркомера в целом и поля зрения отдельного пикселя ( $K = 2 \cdot \arctg(L/(2 \cdot F))$ ), где  $K$  – угловое поле зрения объектива/пикселя,  $L$  – диагональ или длина матрицы/стороны пикселя,  $F$  – фокусное расстояние противодисторсионного объектива (*rectilinear lens*)), позволяет однозначно выбирать измерительное оборудование и измерительное расстояние, удовлетворяющие предъявляемым требованиям (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что угловое поле зрения использовавшейся при проведении исследований цифровой камеры с 8-мм объективом составляет  $57,6 \times 44,8^\circ$ , а поле зрения отдельного пикселя –  $0,045 \times 0,045^\circ$ . После замены этого объектива на 50-мм противодисторсионный объектив поле зрения цифровой камеры уменьшилось до  $10,06 \times 7,55^\circ$ , а поле зрения пикселя стало равным  $0,0073 \times 0,0073^\circ$ . При расстоянии измерения 8 м это приводит к тому, что в случае 50-мм объектива поле зрения отдельного пикселя становится равным  $1,05$  мм<sup>2</sup>. Проведённые исследования показали, что для правильного измерения распределения яркости отдельного использовавшегося в данном проекте СД его изображение должно охватывать больше 1000 пикселей (рис. 7). И это всегда следует учитывать при измерении яркости исследуемого прибора. При этом необходимо помнить: чем сильнее неравномерность яркости поверхности ИС/светильника, тем большее количество пикселей следует использовать для регистрации распределения яркости.

Так как суммарная площадь поверхности кристалла и оптического элемента в СД составляет  $10$  мм<sup>2</sup>, то отдельный пиксель должен измерять яркость поверхности, размеры которой не превышают  $0,1$  мм<sup>2</sup>.

### Заключение

Результаты измерений и проведённый анализ говорят о том, что осмыс-

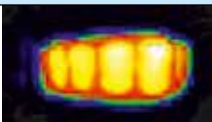
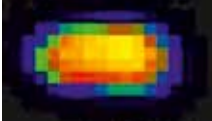

СД, 70 Вт (изображение СД увеличено, чтобы продемонстрировать изменение результатов измерения яркости одного и того же кристалла СД при увеличении измерительного расстояния)		
	$L_{max} = 12,1 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$	$\gamma = 0^\circ$
	Расстояние измерения: 0,33 м	
		$L_{max} = 13 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$
Расстояние измерения: 3,3 м		
		$L_{max} = 2,71 \cdot 10^6 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$
	Расстояние измерения: 8 м	

Рис. 6. Распределения яркости единичного СД с оптикой (C0–C180), полученные при одном и том же направлении наблюдения и разных измерительных расстояниях (с помощью объектива с фокусным расстоянием 50 мм)

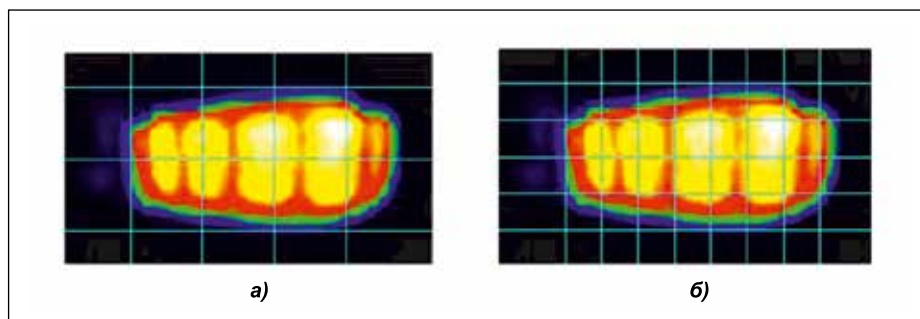


Рис. 7. Пример разделения кристалла светодиода (с оптикой) на 8 участков (а) и на 32 (б) участка

Таблица 1

### Измерительное оборудование, использовавшееся при проведении испытаний

Яркомер на ПЗС компании TechnoTeam (LMK) [10]		
Название датчика	CCD Sony ICX 285 AL Диагональ 11 мм (тип 2/3)	Canon 550D CMOS Canon APS-C Диагональ 27 мм (тип 3/2)
Размеры датчика	8,8 × 6,6 мм	22,5 × 15 мм
Разрешающая способность	1030 × 1380 пикселей	5184(H) × 3456(V) 2592(H) × 1728(V) эффективная
Фокусное расстояние	50 мм	Sigma 17–50 мм F2.8 EX DC OS HSM

ленное использование современного измерительного оборудования позволяет избегать возможных ошибок и неправильных выводов. Основной вывод автора состоит в том, что все исследования, результаты которых затрагивают зрение (например, измерения распределения яркости), связаны с дискомфортной блёкостью и требуют правильного определения

распределения яркости, которое по меньшей мере соответствовало бы разрешающей способности человеческого глаза. Этого можно добиться только при условии знания характеристик датчика яркомера и осознанного выбора объектива и измерительного расстояния. Очень полезно было бы включить в программное обеспечение яркомеров на ПЗС функцию опо-

Пример расчёта поля зрения объектива и отдельные пиксели при выбранных условиях измерений

Матрица	Количество пикселей	«Поле зрения» матрицы		«Поле зрения» пикселя	
		Мп	Град.	Ш × В, мм	Град.
<b>Противодисторсионный объектив (8 мм), расстояние измерения 0,33 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	57,6 × 44,8	5,20 × 3,28	0,045 × 0,045	2,6 × 2,6
<b>Противодисторсионный объектив (8 мм), расстояние измерения 3,3 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	57,6 × 44,8	5,20 × 3,28	0,045 × 0,045	2,6 × 2,6
<b>Противодисторсионный объектив (8 мм), расстояние измерения 8 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	57,6 × 44,8	0,23 × 0,18	0,045 × 0,045	6,38 × 6,41
<b>Противодисторсионный объектив (50 мм), расстояние измерения 0,33 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	10,06 × 7,55	0,06 × 0,04	0,0073 × 0,0073	0,04 × 0,04
<b>Противодисторсионный объектив (50 мм), расстояние измерения 3,3 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	10,06 × 7,55	0,59 × 0,44	0,0073 × 0,0073	0,42 × 0,42
<b>Противодисторсионный объектив (50 мм), расстояние измерения 8 м</b>					
2/3 дюйма 1380 × 1030	1,42	10,06 × 7,55	1,42 × 1,06	0,0073 × 0,0073	1,02 × 1,03

вещения о возможных погрешностях измерений (например, регистрацию локального увеличения яркости в пределах одного пикселя или участка датчика). Повседневное использование яркомеров на ПЗС при измерении характеристик осветительных установок часто сопровождается погрешностями, о которых оператор даже не подозревает. Это во многом обусловлено тем, что измерительное оборудование сообщает только о выходе за пределы динамического диапазона датчика из-за слишком длительного экспонирования. Если же в поле зрения камеры попадает ИС, площадь которого охватывается одной-единственной ячейкой датчика, то камера об этом не сообщает. В этом случае измеренное значение соответствует средней яркости ИС и его ближайших окрестностей. Исключение подобных погрешностей особенно важно в случае измерений, непосредственно связанных с безопасностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Słomiński, S.* Mapowanie luminancji na modelu obliczeniowym źródła światła – możliwości wykorzystania matrycowych mierników luminancji w technice świetlnej (Картирование яркости модели источника света – возможность использования матричных мириков яркости в светотехнике) // PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN0033–2097. – 2011. – No. 4. – P. 87–89.
2. *Słomiński, S.* Laboratoryjne pomiary luminancji LED-owych i sodowych wysokoprężnych opraw oświetlenia ulicznego pod kątem określenia oślnienia przykrego (Измерения яркости дорожного освещения для выявления блёскости) // PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, 89, ISSN0033–2097, P. 281–284.
3. *Clear, R.D.* Discomfort glare: What do we actually know? // Lighting Research and Technology. – 2013. – Vol. 45, No. 4. – P. 141–158.
4. *Bullough, J.D., Brons, J.A., Qi, R., Rea, M.S.* Predicting discomfort glare from outdoor lighting installations // Lighting Research and Technology. – 2008. – Vol. 40, No. 9. – P. 225–242.
5. *Tashiro, T., Kawanobe, S., Kimura-Minoda, T., Kohko, S., Ishikawa, T., Ayama, A.* Discomfort glare for white LED light sources with different spatial arrangements // Lighting Research and Technology. – Опубликовано онлайн 24 апреля 2014 г., doi: 10.1177/1477153514532122.
6. *Krupiński, R.* Istotne etapy i elementy wykonywania wizualizacji komputerowych oświetlenia i ich wpływ na dokładność // PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN0033–2097. – 2009. – No. 11. – P. 297–299.
7. Polska Norma (Polish standard) PN-EN13201 Oświetlenie dróg (Road lighting). PKN, Warsaw, 2007.
8. *Moore, N., Graves, H., Perry, M.J., Carter, D.J.* Approximate field measurement of surface luminance using a digital camera // Lighting Research and Technology. 2000. – Vol. 32, No. 1. – P. 1–11.
9. *Cai, H.* High dynamic range photogrammetry for synchronous luminance and geometry measurement // Lighting Research and Technology. – 2013. – Vol. 45, No. 4. – P. 230–257.
10. TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH. (n.d.). Video Photometer Imaging light and colour measuring technique. URL: [http://www.technoteam.de/product\\_overview/lmk/products/index\\_eng.html](http://www.technoteam.de/product_overview/lmk/products/index_eng.html) (дата обращения: 05.2014).
11. *Cai, H.* Luminance gradient for lighting evaluation // Lighting Research & Technology, опубликовано онлайн 27 ноября 2013 г., doi: 10.1177/1477153513512501, 0: 1–21.



**Себастиан Сломиньский (Sebastian Słomiński),**

Ph. D. Окончил в 2010 г. электротехнический факультет Варшавского технического университета.

Доцент кафедры светотехники этого факультета. Специалист по проектированию, цифровым измерениям и компьютерному моделированию светильников. Член Польского национального комитета МКО и эксперт по освещению Ассоциации польских инженеров-электриков

# Исследование эффекта «приукрашивания» цвета разноспектральными излучениями

С. М. ЛЕБЕДКОВА<sup>1</sup>, Ю. А. ЛУЗИНА

ФГОУ ВПО «НИУ «МЭИ», Москва

## Аннотация

Изучены методы оценки качественных и количественных характеристик ощущения цвета. Проведён анализ предлагаемых методов освещения цветных объектов с целью их «приукрашивания». Создана экспериментальная установка и проведены визуальные эксперименты по оценке эффекта «приукрашивания» цветных образцов. Проведён расчет насыщенности и светлоты цветных образцов при освещении разноспектральными излучениями. Определены спектры излучений, «приукрашивающих» разные группы цветных образцов.

**Ключевые слова:** светодиоды, эффект «приукрашивания», цветные образцы,

## Введение

Одна из важнейших характеристик современных источников света (ИС) – качество воспроизведения цвета (цветопередача) освещаемых объектов. Цветопередача характеризует влияние спектрального состава излучения рассматриваемого ИС на передачу цвета объектов по сравнению с их цветом при освещении эталонным ИС. Во всём мире её принято оценивать общим индексом цветопередачи  $R_a$ , который рекомендуется МКО. Практика применения люминесцентных ламп (ЛЛ) при освещении многоцветных интерьеров показала следующее. ЛЛ белого света с одной коррелированной цветовой температурой  $T_{ки}$  и близкими значениями  $R_a$ , но с разным характером спектра излучения, могут усиливать или ослаблять некоторые цвета. Это выражается в увеличении или уменьшении насыщенности или светлоты цвета. С точки зрения цветопередачи это плохо, т. к. цвет искажается по сравнению с эталоном. Но усиление цвета, его насыщенности, делает объект бо-

лее привлекательным и нравится наблюдателю. Свойством «приукрашивания» цвета обладают современные светодиоды (СД), а также ЛЛ с трёх- и четырёхполосными люминофорами. Как правило,  $R_a$  их не столь высок, а частные индексы цветопередачи бывают низки. Опыт применения ЛЛ, при освещении которыми те или иные цвета объектов будут казаться нам ярче, красивей, сочнее, уже есть. Так, в Германии выпускают ЛЛ для освещения мяса (чтобы оно казалось покупателям свежим, красивым), рыбы, фруктов и овощей. Но свои разработки там держат в секрете и мало что публикуют.

Цвет предмета определяется характером его спектра отражения. Чем ярче выражен цвет предмета, тем этот спектр уже: помидор отражает преимущественно красные лучи, апельсин – оранжевые и жёлтые, а белая бумага – весь спектр падающего на неё белого света. Таким образом, чтобы цветные объекты казались «приукрашенными», необходимо, чтобы максимум в спектре ИС приходился на диапазон длин волн, соответствующих максимумам спектрального коэффициента отражения этих объектов. При этом излучение ИС должно оставаться белым, чтобы его можно было использовать для общего освещения и создавать комфортные условия для длительного пребывания людей.

С появлением СД проблема нахождения такого спектра излучения, очевидно, стала более разрешима.

Эффект «приукрашивания» может находить разное применение. В частности, в торговле (для привлечения внимания к определённым группам товаров или оформления витрин с выставленными товарами определённых цветов). Следует ещё раз отметить, что речь идёт не о цветном освещении, а о применении ИС белого света, позволяющими делать объекты ярче и выразительней.

Кондитерские изделия и выпечку рекомендуется освещать ИС с низкой

$T_{ки}$ . Освещение замороженных продуктов лучше производить ЛЛ с  $T_{ки}$  4000–6500 К и  $R_a \geq 85$ . Для освещения мясной продукции нередко применяют лампы специального спектра, подчеркивающие натуральные красные и розовые цвета. Овощные и фруктовые секции принято освещать светильниками типа «колокол» или прожекторами направленного света с МГЛ с керамической горелкой.

Для усиления цвета и создания привлекательности продукции разного вида могли бы применяться СД ИС с соответствующим спектром излучения. Для освещения многоцветных объектов, как правило, применяют ИС с  $R_a > 90$ , чтобы как можно точнее передавать цвета продукции, имеющей разное спектральное отражение. Компанией *Martini Light HD RETINA LED* предложена новая технология, как раз направленная на освещение разноцветных объектов и придания им насыщенного, яркого оттенка.

Целью настоящей работы являлось определение характера спектров излучения СД, создающих эффект «приукрашивания» цветных объектов, при константности восприятия белого цвета.

## Разработка и создание экспериментальной установки

В настоящей работе требовалось смоделировать спектр СД ИС, при котором цветные объекты по ощущениям экспертов казались бы красивей и ярче по сравнению с тем же при стандартном освещении. Необходимо было оценить и степень комфортности «приукрашивания». Поэтому была создана установка, моделирующая разные спектры излучения СД и разные условия освещения цветных объектов. В основу была положена модель, предложенная в работе [1]. Экспериментальная установка содержала ИС, осветительный прибор, устройство управления (УУ) и адаптометр.

ИС моделировался набором СД, что позволяло создавать спектры белого излучения, соответствующие разным, в частности,  $T_{ки}$  и  $R_a$ . Использовались цветные СД серии *XP-E* компании *CREE – Royal Blue* (3 шт.), *Green* (8 шт.), *Amber* (29 шт.) и *Red* (8 шт.).

Осветитель имел вид металлического прямоугольного параллелепипеда с размерами 350×350×150 мм

<sup>1</sup> E-mail: lebed1200@yandex.ru





Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки

и был покрыт внутри листами белого микропористого полиэтилентерефталата (МСПЕТ) с высокими отражающими свойствами производства компании *Furukawa*. Крышка, к которой прикреплялись СД, была выполнена

из алюминиевого сплава толщиной 3 мм, что обеспечивало эффективный теплоотвод. В качестве материала рассеивателя было выбрано матированное оргстекло.

Для должного функционирования осветителя использовалось УУ («драйвер») компании *Rainbow Electronics*. Для управления потоком излучения СД применялась плата *P-CPU-AT-RS485-P130x46-RT007*, переводящая цифровой 8-битный сигнал, устанавливаемый на монохроматическом экране, в сигнал ШИМ, подающийся на каждый канал УУ.

В качестве материала адаптационной камеры использовалась фанера толщиной 12 мм. Размеры конструкции – 760×500×500 мм. Для обеспечения условия неселективности отражения и равномерности освеще-

ния цветных образцов, помещённых в адаптометр, его внутренняя поверхность была выкрашена белой матовой краской. На рис. 1 представлена адаптационная камера с осветителем.

Экспериментальная установка позволяет изменять спектральный состав излучения путём диммирования светового потока цепочек цветных СД. При этом свет остаётся белым (с небольшим оттенком). Это даёт возможность освещать цветные объекты, помещённые в адаптометр, излучением, которое создаёт эффект усиления цвета.

В качестве объектов наблюдения были выбраны насыщенные цветные образцы МЭИ (18 шт.). Они размещались на сером фоне с коэффициентом отражения 0,5 (во избежание большого контраста с поверхностью адаптометра, имеющей коэффициент отражения 0,7).

Световой поток СД диммировался с помощью компьютерной программы «*Python*». Она позволяла задавать сигналы соответствующих составляющих *R*, *G*, *B* и *A* (от 0 до 255) и получать разные варианты спектра излучения.

На вертикальной плоской поверхности, где располагались объекты наблюдения, была выбрана освещённость 500 лк, которая при любых вариантах спектра поддерживалась постоянной.

Усиление цвета объектов разной тональности создавалось повышением доли излучения в спектре эталонного ИС в диапазоне длин волн, соответствующем этой тональности. В качестве эталонного ИС, с которым можно было бы непосредственно сравнивать исследуемый, использовалась модель ИС типа «*A*», с  $T_{ки} \approx 2800 K$ , созданная на базе четырёх указанных выше СД. Управляющие сигналы, задававшиеся с помощью программы «*Python*» для эталонного ИС, характеризуются в табл. 1.

Опытным путём были подобраны спектры излучений СД в красной, жёлтой, синей и зелёной областях, которые вызывали недопустимое усиление цвета. Диапазон от спектра эталонного ИС до спектра, вызывавшего недопустимое усиление цвета, был разделён на пять участков. В итоге мы получили 6 точек, то есть по 6 излучений СД ИС для каждой из групп цветных образцов (красные, жёлтые, синие и зелёные образцы).

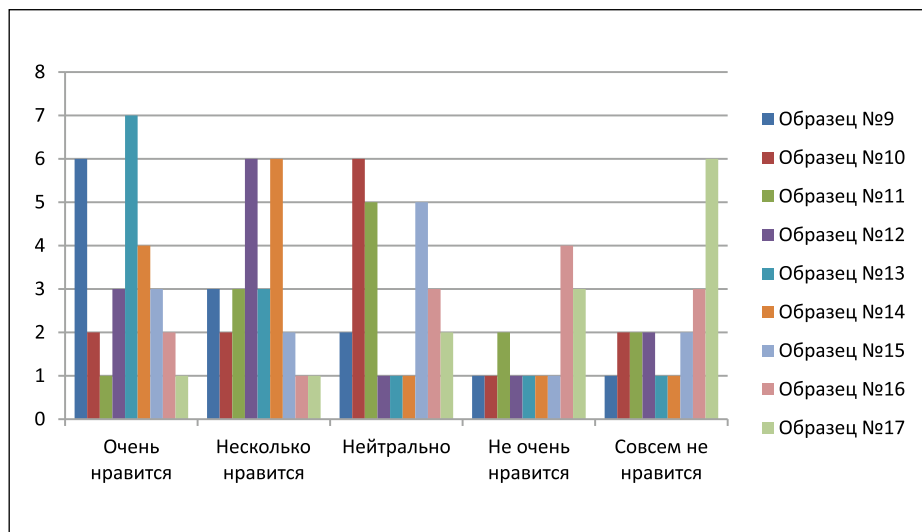


Рис. 2. Гистограмма субъективных оценок сопоставления цвета красно-жёлтых образцов при освещении лампой накаливания и светодиодным эталонным источником

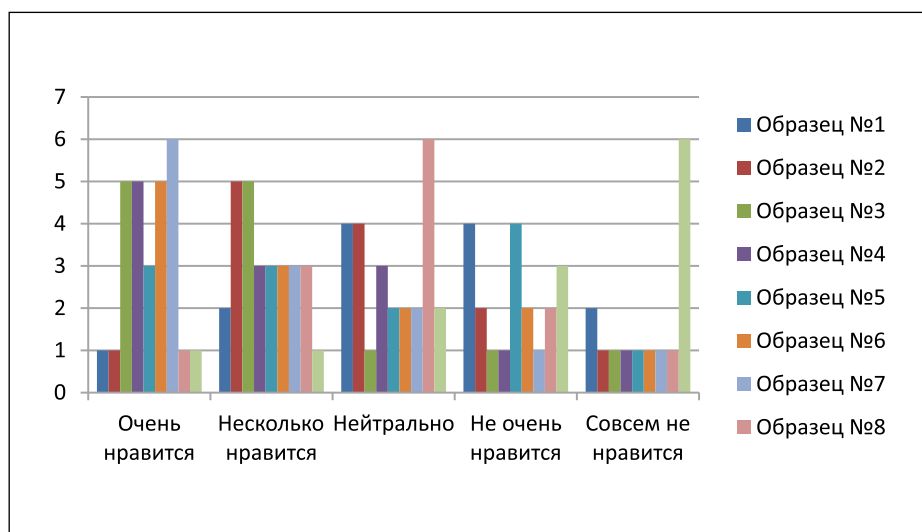


Рис. 3. Гистограмма субъективных оценок сопоставления цвета сине-зелёных образцов при освещении лампой накаливания и светодиодным эталонным источником света

## Проведение эксперимента

Экспериментальная часть работы состояла из двух этапов. Вначале следовало оценить по 5-балльной шкале степень привлекательности красно-жёлтых и затем сине-зелёных образцов МЭИ при переходе от освещения лампой накаливания к освещению смоделированным СД ИС с  $T_{цв}$  2800 К. Отдельно проводились эксперименты с наблюдением красно-жёлтых образцов, а затем сине-зелёных. Соответственно, были построены гистограммы по оценке красно-жёлтых (рис. 2) и сине-зелёных (рис. 3) цветных образцов МЭИ. По оси абсцисс отложена категорийная оценка образцов, а по оси ординат – количество наблюдателей. Согласно полученным результатам, смоделированный СД ИС имеет достаточно светового потока в синей, зелёной и жёлтой частях спектра, а вот в красной его недостаточно, из-за чего бордовый и пурпурный образцы темнеют и теряются. Спектр эталонного СД ИС приведён на рис. 4 (чёрный пунктир).

Вторая часть экспериментов была направлена на нахождения излучений СД ИС, которые бы «приукрашивали» те или иные цветные объекты. Поэтому проводились наблюдения уже отдельно с красными, жёлтыми, синими и зелёными образцами МЭИ (т.к. требовалось дать рекомендации по освещению объектов конкретных оттенков). Оценка степени «приукрашивания» проводилась по бинарной системе оценки стимула – «плюс» и «минус», которая была реализована по методу предъявлений.

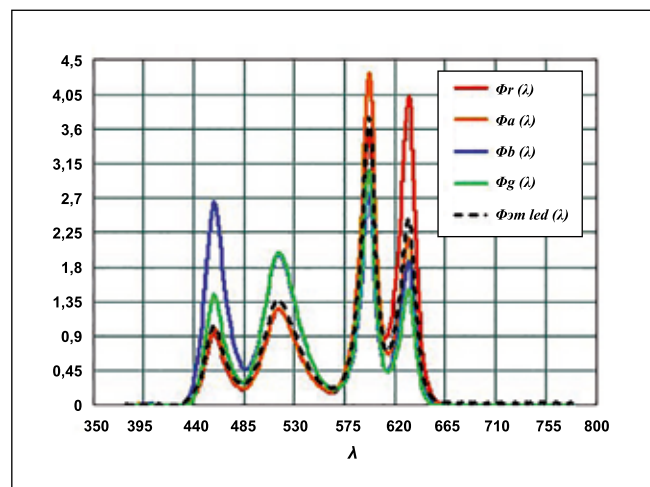
Оценку «плюс» наблюдатель давал такому излучению, при котором цветные образцы становились бы ярче, насыщеннее, «чище», более «пылающими» и выделяющимися по сравнению со смоделированным эталонным излучением. При этом белый фон адаптометра воспринимался белым, а кожа человека слабо меняла свой цвет. Соблюдение этого условия позволяет в дальнейшем рекомендовать полученные в экспериментах спектры как для акцентного освещения конкретных объектов, так и для общего освещения.

Оценкой «минус» оценивалось такое излучение, при котором цветные образцы имели «грязный» оттенок, не выделялись и не являлись очень насыщенными. Или же, наоборот, такое из-

## Уровни диммирования 4-х сигналов светодиодного источника света при моделировании лампы накаливания с $T_{цв}$ 2800 К

Уровни диммирования компонент СД ИС	Компоненты СД ИС			
	B	G	A	R
	60	115	100	65

Рис. 4. Спектры «приукрашивающих» красного, жёлтого, синего, зелёного и эталонного светодиодных излучений



лучение, при котором образцы были настолько ярки и насыщены, что вызывали дискомфорт, а цвет кожи человека становился неприемлемым (цветным). Согласно работе [2], распределение ответов в этом случае можно аппроксимировать нормальным законом Гаусса, что позволяет обрабатывать результаты экспериментов статистическими методами.

Как упомянуто выше, было получено по 6 излучений для каждой группы образцов МЭИ, которые предъявлялись испытуемому по 5 раз в произвольном порядке, что должно было исключить угадывание. Наблюдатель должен был ответить, усиливает ли смоделированное излучение цвет образцов по сравнению с эталонным. Сравнение осуществлялось по памяти. Эталонный вариант освещения предъявлялся испытуемому наравне с остальными излучениями. Ответы наблюдателя заносились в протокол визуальных оценок. В нём также указывались номера образцов, которые больше всего понравились наблюдателю при освещении наилучшим, по оценкам, излучением.

Статистическая обработка ответов наблюдателей во второй части эксперимента проводилась пробит-методом [3] на основе данных протоколов визуальных оценок. Согласно этому методу были получены значения стимулов, соответствующих 50%-

ной вероятности обнаружения эффекта «приукрашивания» и средних квадратических отклонений этой величины. По этим данным были рассчитаны средние взвешенные уровни стимула и дисперсии. Таким образом, для эффекта «приукрашивания» при освещении красных образцов следует выбирать красное «излучение № 3», при освещении жёлтых – жёлтое «излучение № 2», синих – синее «излучение № 3» и зелёных – зелёное «излучение № 3».

### Расчёт цветовых характеристик излучений и освещаемых объектов

Измерение спектров «приукрашивающих» излучений проводилось с помощью монохроматора МДР-206 с числом штрихов 1200 на 1 мм (полученные спектры приведены на рис. 4).

Были рассчитаны координаты цвета и цветности излучений, и затем отмечены на цветовой диаграмме XYZ вместе с допусками на белое излучение в виде эллипсов. При этом цветность исследуемых излучений находится за пределами допусков на белое излучение для ЛЛ. Тем не менее во время экспериментов испытуемые не наблюдали сильного искажения белого фона и цвета кожи руки.

По полученным данным были рассчитаны цветовые характеристики

Значения насыщенности ( $H$ ) и светлоты ( $B$ ) для красных и жёлтых образцов

$R$ излучение								
№ образца	$H_{\text{граф\_эт}}$	$H_{\text{граф\_ис}}$	$H_{\text{CIE LAB\_эт}}$	$H_{\text{CIE LAB\_ис}}$	$H_{v_K v_3 v_C\_эт}$	$H_{v_K v_3 v_C\_ис}$	$B_{\text{эт}}$	$B_{\text{ис}}$
13	86	82	93	106	191	158	318	342
14	95	94	76	91	368	313	228	256
15	93	99	63	80	528	456	171	197
16	83	90	52	67	656	586	139	158
17	68	80	37	52	939	856	96	98
$A$ излучение								
№ образца	$H_{\text{граф\_эт}}$	$H_{\text{граф\_ис}}$	$H_{\text{CIE LAB\_эт}}$	$H_{\text{CIE LAB\_ис}}$	$H_{v_K v_3 v_C\_эт}$	$H_{v_K v_3 v_C\_ис}$	$B_{\text{эт}}$	$B_{\text{ис}}$
9	30	28	70	75	39	41	434	437
10	32	28	66	71	21	21	416	419
11	45	40	84	88	40	35	399	404
12	59	52	89	93	85	75	375	382

Рис. 5. Освещение многоцветной композиции эталонным излучением (слева) и  $R$  излучением (справа)Рис. 6. Освещение многоцветной композиции эталонным излучением (слева) и  $A$  излучением (справа)

цветных образцов при освещении их эталонным и «приукрашивающим» излучениями. Они показали, что при освещении цветных образцов «приукрашивающим» излучением повышается интегральный коэффициент отражения. Из-за этого образцы при исследуемом излучении будут казаться более насыщенными, цветными и яркими.

Затем с помощью равноконтрастного графика системы  $v_K v_3 v_C$ , соответствующего отношению яркостей объекта и фона  $L_o/L_\phi = 2$ , были определены насыщенности всех образцов при освещении эталонным СД ИС и исследуемым излучением для каждой группы соответственно. Было также установлено, что цветовая тональность красных образцов сдвигается в более красную область спектра, жёлтых – в жёлто-оранжевую, синих – в сине-фиолетовую, зелёных – в зелёную. Эти данные соответствуют субъективным оценкам, когда наблюдатели отмечали увеличение яркости и насыщенности цвета образцов.

Были проведены расчёты насыщенности цветных образцов в двух равноконтрастных системах –  $CIE LAB$



Значения насыщенности ( $H$ ) и светлоты ( $B$ ) для синих и зелёных образцов

В излучение								
№ образца	$H_{\text{граф\_эт}}$	$H_{\text{граф\_ис}}$	$H_{\text{CIE LAB\_эт}}$	$H_{\text{CIE LAB\_ис}}$	$H_{\text{v}_K\text{v}_3\text{v}_C\_эт}$	$H_{\text{v}_K\text{v}_3\text{v}_C\_ис}$	$B_{\text{эт}}$	$B_{\text{ис}}$
1	41	48	33	90	957	732	111	221
2	58	71	51	95	720	610	151	167
3	60	74	51	93	746	627	147	163
4	68	75	52	90	630	508	166	184
18	13	14	16	90	911	730	108	220
G излучение								
№ образца	$H_{\text{граф\_эт}}$	$H_{\text{граф\_ис}}$	$H_{\text{CIE LAB\_эт}}$	$H_{\text{CIE LAB\_ис}}$	$H_{\text{v}_K\text{v}_3\text{v}_C\_эт}$	$H_{\text{v}_K\text{v}_3\text{v}_C\_ис}$	$B_{\text{эт}}$	$B_{\text{ис}}$
5	54	48	42	68	510	441	186	202
6	52	53	43	69	634	559	149	161
7	56	53	45	70	645	595	137	149
8	36	39	40	68	448	405	200	208

и  $v_K v_3 v_C$ . Результаты приведены в табл. 2 и 3 для красных и жёлтых, синих и зелёных образцов соответственно.

Анализ результатов расчётов показывает, что насыщенность в системе *CIE LAB* для красных образцов увеличилась при переходе от эталонного излучения к исследуемому, что противоречит расчёту в системе  $v_K v_3 v_C$ . При этом светлота в  $v_K v_3 v_C$  возрастает. Причём минимальна она как раз у образца № 17, а максимальна – у образца № 13, который при наблюдениях сильно выделялся. Такой разброс результатов объясним тем, что при графическом методе использовалась плоскость равной яркости при соотношении  $L_o/L_\phi = 2$ , а в нашем случае это отношение менялось. Система же *CIE LAB* не учитывает индуктивное влияние полей окружения [4] и не описывает однозначную связь светлоты цветных объектов с яркостью для любой цветности, что, в свою очередь, исключает возможность описания эффекта «пыления» цветов (эффект Гельмгольца–Кольрауша). Таким образом, за счёт увеличения светлоты в большей мере становятся привлекательнее красные образцы.



Рис. 7. Освещение многоцветной композиции эталонным излучением (слева) и  $V$  излучением (справа)



Рис. 8. Освещение многоцветной композиции эталонным излучением (слева) и  $G$  излучением (справа)

Диапазоны значений насыщенности ( $H$ ) и светлоты ( $V$ ) для создания эффекта «приукрашивания» цветных объектов

Цвет объектов	$H$ , пороги	$V$ , пороги
Красный	300–600	150–260
Жёлтый	35–75	380–440
Синий	500–630	160–190
Зелёный	440–600	145–205

Для наглядности представления эффекта «приукрашивания» цветных объектов была создана многоцветная композиция, которая освещалась эталонным излучением и полученными исследуемыми излучениями (рис. 5–8).

Анализируя результаты, можно заметить, что при переходе от эталонного излучения к исследуемому насыщенность (согласно системе  $V_K V_3 V_C$ ) уменьшается, а светлота возрастает. Таким образом, при эффекте «пыления» цветов наш зрительный аппарат реагирует именно на изменение светлоты, а не насыщенности. При этом некомфортным по восприятию оказывается образец как со слишком большим уровнем светлоты, так и с малым. В табл. 4 приведены диапазоны значений насыщенности и светлоты для создания эффекта «приукрашивания» цветных объектов разной тональности.

### Заключение

Проведенные экспериментальные исследования подтверждают усиление цвета образцов при использовании разноспектральных излучений. Изменяются светлота, насыщенность и цветовая тональность цветных объектов. При этом спектры исследуемых излучений отличаются от спектра эталонного излучения и характеризуются более низкими значениями  $R_a$ . Для оценки эффекта «приукрашивания» цвета оказалось невозможным использовать систему  $CIE LAB$  из-за отсутствия однозначной связи светлоты и яркости цветных объектов. При использовании «приукрашивающего» излучения возрастала «привлекательность» цветных образцов в основном за счёт увеличения их светлоты. Результаты работы показывают, что не во всех случаях при освещении цветных объектов надо использовать ИС с  $R_a$ , близким к 100. Это открывает

возможность разрабатывать СД для создания эффекта «приукрашивания» при освещении разных по назначению объектов при внутреннем и наружном архитектурном освещении.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев И. С., Лебедева С. М. Установка для исследования приукрашивания объектов при светодиодном освещении / XX Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиотехника, электроника и энергетика», 27–28.02.2014, НИУ «МЭИ»: Тез. докл. – Т. 1. – М.: Изд. дом МЭИ, 2014. – С. 168.
2. Журавлев Г. Е., Забродин Ю. М., Крылов В. Ю. Психология и математика. – М.: Наука, 1976. – 296 с.
3. Ван дер Варден Б. Л. Математическая статистика. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 434 с.
4. Мешков В. В., Матвеев А. Б. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.



**Лебедева Светлана Михайловна**, кандидат техн. наук, профессор. Окончила в 1971 г. кафедру светотехники МЭИ. Руководитель отдела

«Осветительные установки» кафедры «Светотехника» ФГОУ ВПО «НИУ «МЭИ»



**Лузина Юлия Александровна**, магистр технических наук. Окончила в 2015 г. кафедру «Светотехника» ФГОУ ВПО «НИУ «МЭИ»

**Активируемые светом наночастицы эффективны в борьбе с бактериями, резистентными к антибиотикам**

Исследователи из Колорадского университета в Боулдере (США) разработали новый вид лечения, действенный в борьбе с бактериями, устойчивыми к антибиотикам. В основе метода – использование наночастиц, активируемых светом, так называемых квантовых точек. Статья о разработке опубликована в журнале «*Nature Materials*», а о результатах исследования рассказывается на сайте «*Science News*».

Квантовые точки – мельчайшие частицы, в 20 тысяч раз меньше толщины человеческого волоса и похожие на крошечные полупроводники, используемые в электронных приборах. Учёные искали способ использовать их в лечебных целях, и в итоге им удалось успешно уничтожить в лабораторном эксперименте 92% клеток бактерий, резистентных к антибиотикам.

В предыдущих исследованиях было показано, что наночастицы золота и серебра могут быть эффективны в борьбе с инфекциями, но проблема в том, что заодно они уничтожают и окружающие клетки. Новая же технология лишена этого недостатка: частицы неактивны в темноте, но «включаются» на свету. Таким образом можно целенаправленно воздействовать на патогены.

Авторы статьи уверены, что метод крайне перспективен с учётом того, что появляется всё больше бактерий, резистентных к антибиотикам. (Портал scientificrussia.ru недавно рассказывал о том, что бактерии, устойчивые даже к самым сильным современным средствам, зафиксированы на территориях Китая и, немного позднее, Европы.)

<http://scientificrussia.ru>  
20.01.2016/

### Поправки

В № 6 журнала «Светотехника» за 2015 г. на с. 62 в подписи к рис. 11 вместо «Светильник-глубокоизлучатель. «АСТЗ» следует читать «Прожектор «QUADRUS MONO LED». «Брайтэлек», а на с. 33 в сноске вместо «<http://www.sveto-tekhnika/art/2015/1208>» – «<http://www.sveto-tekhnika.ru/art/2015/1208>». Редакция приносит свои извинения.

# О влиянии повышения температуры окружающей среды на срок службы светодиодов

А. МУКХЕРДЖИ<sup>1</sup>, А. СОНИ

Университет Суреш Гиан Вихар и Университет Manipal, Джайпур, Индия

## Аннотация

Статья посвящена влиянию повышения температуры окружающей среды и температуры точки температурного контроля (ТТК) на сроки службы светодиодов (СД). Ранее проведённые исследования показали, что срок службы СД в основном зависит от температуры  $p-n$ -перехода. Для большинства мощных СД, находящихся внутри светильников, основной проблемой является отвод тепла, выделяющегося на  $p-n$ -переходе. В работе предпринята попытка исследования основных ограничений, накладываемых на отвод тепла, и, как следствие, на использование СД для целей общего освещения. Исследования осуществлялись в два этапа. Во-первых, исследовалось уменьшение светового потока при увеличении температуры окружающей среды. Во-вторых, исследовалось влияние увеличения температуры ТТК на срок службы СД. Эксперименты проводились с использованием мощных СД, подвергавшихся внешней термической нагрузке. Температура внутри климатической камеры соответствовала температуре окружающей среды при работе СД. Температура внутри камеры и температура ТТК измерялись при помощи термодпары ТХА. Полученные данные представлены в табличном виде и сопоставлены с результатами измерений светового потока. Для установления связи между параметрами полученные результаты статистически анализировались.

**Ключевые слова:** светодиод, светильник, температура  $p-n$ -перехода, температура окружающей среды, ТТК, продолжительность горения.

## 1. Введение

В 2001 г. было установлено, что отсутствие должного регулирования температуры приводит к уменьшению срока службы СД. Это обстоятельство наиболее сильно влияет на внедрение СД как перспективного решения проблемы энергосбережения [1].

В работе [1] приведены фотометрические характеристики СД как возможных кандидатов на замещение менее энергоэффективных источников света. Впоследствии были проведены исследования спектрального состава излучения СД. Исследовалось также влияние устройств управления на характеристики СД [2].

В 2004 г. было предложено аналитическое выражение, описывающее температурный коэффициент изменения прямого напряжения на СД. Было показано, что этот коэффициент зависит от внутренней концентрации носителей, ширины запрещённой зоны и эффективной плотности состояний. Эти результаты были подтверждены экспериментами, проведёнными на УФ-диоде на нитриде галлия [3].

В 2008 г. исследователи обратили внимание на влияние повышения температуры ТТК на срок службы СД. Температура ТТК имеет чрезвычайно важное значение, так как снабжает производителя достаточной информацией об обусловленном нагревом уменьшении срока службы СД. Посредством этой информации производитель может выбирать размеры радиатора и значение тока СД [4]. Знание температуры ТТК важно, так как она связана с конструкцией радиатора и способом отвода тепла от прибора. Повышение нормированного значения температуры ТТК говорит о возможности уменьшения размеров радиатора.

Вопросам измерения температуры  $p-n$ -перехода посвящено много исследований, и современный подход здесь основан на результатах рабо-

ты [5]. Измерение сдвига длины волны служит эффективным способом определения температуры  $p-n$ -перехода СД [6].

Сроки службы СД, прогнозируемые производителями, сильно отличаются от реальных, так как при прогнозировании не учитывается влияние светильника. (Большинство прогнозов срока службы относятся к срокам службы СД без учёта влияния приборов, в которых СД работают.)

Главная цель данного исследования – определение срока службы СД, помещённого в светильник, с учётом влияния температуры окружающей среды и температуры ТТК.

## 2. Эксперимент

В экспериментах использовались изготовленные разными производителями СД размером 3 мм с большим световым потоком и рабочим током 100 мА. Напряжение пробоя было равно 3,8 В, а мощность при указанном токе – 389 мВт. Основной причиной использования СД размером 3 мм было то, что в большинстве светильников прямой замены («ретрофитных»), применяемых для внутреннего освещения, используются СД размером именно 3 мм, а не 5 мм, как обычно. Если говорить о тепловом режиме, то основная проблема именно в светильнике. Однако аналогичные эксперименты можно проводить и на СД размером 5 мм. Партия, выбранная для проведения экспериментов, состояла из 15 СД на основе арсенида галлия. Перед началом экспериментов СД отжигались 100 ч, маркировались как СД1, СД2, ..., СД14, СД15 и помещались в испытательную камеру (рис. 1). Последняя имела два важных свойства: поддерживала внутри себя



Рис. 1. Камера для испытаний СД на срок службы

<sup>1</sup> E-mail: mukherjeeanirudh73@gmail.com  
Перевод с англ. Е.И. Розовского.





Рис. 2. Стойка для испытаний СД на срок службы

постоянное значение температуры и выступала в роли интегрирующей сферы. Каждый из СД монтировался в центре внутренней верхней поверхности камеры. Световой поток измерялся люксметром. Внутри камеры имелся небольшой белый экран для защиты люксметра от прямого света СД, так что на датчик попадал только отражённый свет. Наверху экрана были помещены две термодпары ТХА. Одна из них использовалась для измерения температуры в камере, а вторая – температуры ТТК. Температура в камере повышалась горячим воздухом, вручную вдуваемым в камеру

через терморегулятор. На рис. 2 показана стойка с СД, которая использовалась при проведении испытаний на срок службы [5, 7–9].

Указанная стойка помещалась в комнате, в которой поддерживалась температура  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Устройства управления, располагавшиеся вне камеры, обеспечивали требуемые рабочие токи находящихся в камере СД. Как уже упоминалось, эксперимент проводился в два этапа.

### 2.1. Изменение температуры $p$ - $n$ -перехода при изменении температуры окружающей среды

Первый этап касался исследования изменения температуры  $p$ - $n$ -перехода при изменении температуры окружающей среды. СД подвергались воздействию разных температур окружающей среды, и при этом регистрировались соответствующие изменения температуры  $p$ - $n$ -перехода. Результаты приведены в таблице и на рис. 3. Температура окружающей среды  $T_a$  изменялась от  $27$  до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Полученные данные были представлены в виде графиков, показывающих, что температура ТТК возрастает с ростом  $T_a$  экспоненциально. С помощью программы «ORIGIN Pro

8» графики были аппроксимированы с коэффициентом детерминации  $R^2 = 99,68\%$  как

$$y = A_1 e^{\left(\frac{-x}{t_1}\right)} + y_0,$$

где  $y$  и  $x$  – температура ТТК и  $T_a$  соответственно,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $A_1 = 1,5532$ ;  $t_1 = 19,23$ ;  $y_0 = 35,75$ .

### 2.2. Изменение светового потока при изменении температуры ТТК

На следующем этапе определялась зависимость светового потока от температуры ТТК. Световой поток СД, работающего при  $T_a\ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , измерялся в течение  $500\text{ ч}$  горения. Такая  $T_a$  соответствует рабочим температурам исследовавшихся СД [10, 11], являясь существенной «нагрузкой» для них [12, 13]. Измерения производились через каждые  $25\text{ ч}$  работы. Это обеспечивало достаточное повышение температуры  $p$ - $n$ -перехода перед следующим измерением. Полученные результаты приведены на рис. 4. Построенные на основе этих данных кривые регрессии отражают влияние тепловой «нагрузки» на световой поток СД. Была проведена экстраполяция уменьшения светового потока и показано, что температура ТТК растёт с ростом времени горения, что приводит к снижению светового потока. Испытания проводились на всех задействованных образцах. Данные представлены для СД1, СД2, СД3, СД4, СД5, СД6, СД9, СД10, СД13 и СД15. Остальные СД не выдержали нагрузку, отказав до окончания испытаний. Причину отказа ещё предстоит установить.

Из рис. 4 следует, что световой поток спадает по экспоненциальному закону, который с коэффициентом детерминации  $R^2 = 99,68\%$  может быть записан как

$$y = A_2 e^{R_0 x} + y_0,$$

где  $y$  – световой поток, %;  $x$  – продолжительность горения испытываемого СД, ч;  $A_2 = 48,61$ ;  $R_0 = 59,15$ ;  $y_0 = -0,00159$ .

### 3. Выводы

Целью исследований было определение влияния  $T_a$  на характеристи-

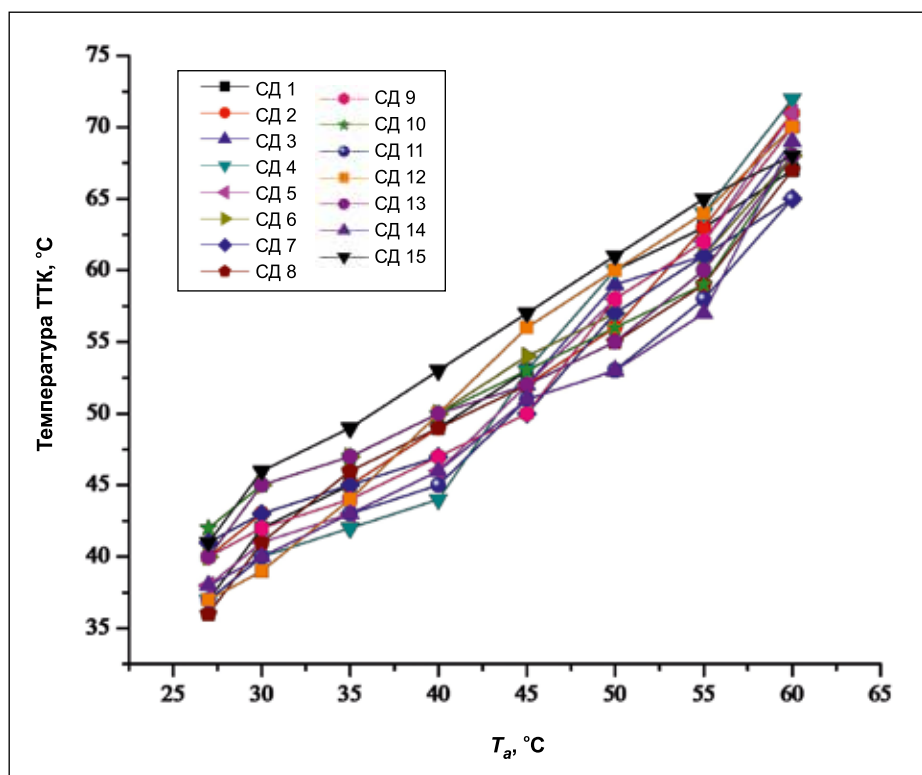


Рис. 3. Зависимость температуры ТТК от температуры окружающей среды  $T_a$

Зависимость температуры точки температурного контроля (ТТК) от температуры окружающей среды  $T_a$ 

$T_a$ , °C	Температура ТТК, °C														
	СД1	СД2	СД3	СД4	СД5	СД6	СД7	СД8	СД9	СД10	СД11	СД12	СД13	СД14	СД15
27	37	40	38	37	38	40	41	36	40	42	37	37	40	38	41
30	42	43	40	40	41	45	43	41	42	45	40	39	45	40	46
35	45	45	43	42	43	47	45	46	44	47	43	44	47	43	49
40	49	49	46	44	46	50	47	49	47	50	45	50	50	46	53
45	53	52	52	53	52	54	50	52	50	53	51	56	52	51	57
50	60	56	59	60	58	57	57	55	58	56	53	60	55	53	61
55	63	63	61	64	62	61	61	59	62	59	58	64	60	57	65
60	67	71	69	72	71	68	65	67	70	68	65	70	68	69	68

ки СД с большим световым потоком. Показано, что с увеличением  $T_a$  растёт и температура ТТК. Знание температуры ТТК очень важно для определения того, насколько хорошо светильник должен отводить тепло. Низкая температура ТТК при высокой  $T_a$  затрудняет использование пассивных радиаторов для отвода тепла. Поэтому в светильниках с низкой температурой ТТК требуется использовать вентиляторы или активные радиаторы, что удорожает светильники. И наоборот, высокие температуры ТТК позволяют легко отводить тепло пассивными радиаторами.

Как следует из результатов второго эксперимента, увеличение температуры ТТК приводит к существенному уменьшению светового потока. У СД1, СД5 и СД10 световой поток уменьшился со 100 до 74%, у СД2 и СД13 – до 75%, у СД3 и СД4 – до 72%, а у СД6, СД9 и СД15 – до 73%. Так что было установлено – увеличение температуры ТТК (рабочей) влияет на световой поток.

Математические выражения также отражают глубинную связь между  $T_a$  и температурой ТТК, равно как и между световым потоком и продолжительностью горения.

Эти и аналогичные исследования отражают термочувствительность СД.  $T_a$  играет важную роль, так как большинство светильников с СД – приборы закрытого типа, и тепло, которое «заперто» внутри светильника, существенно влияет на световой поток СД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bullough, J. Light Emitting Diode Lighting Systems // Lighting Answers. – 2003. – Vol.7, No.3. National Lighting Product Infor-

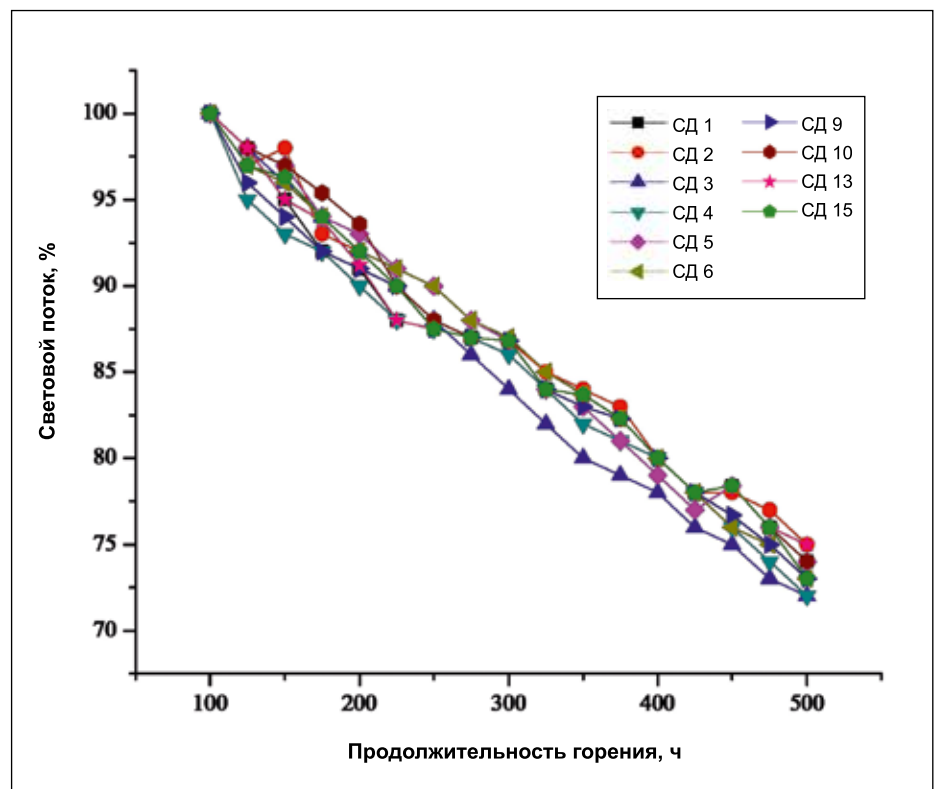


Рис. 4. Зависимость светового потока от продолжительности горения при неблагоприятных внешних воздействиях

mation Program, Lighting Research Center, Troy, NY.

2. The Alliance for Solid State Illuminations and Technologies, ASSIST, Osram Opto Semiconductors, «LED Basics», pp. 1–26, 1<sup>st</sup> September 2010.

3. The Alliance for Solid State Illuminations and Technologies, ASSIST, PHILIPS LUMILEDS, «Technology White Paper, Understanding power LED lifetime analysis», pp. 1–11, 2008.

4. Xi, X., Schubert, E.F. Junction-temperature measurement in GaN ultraviolet light-emitting diodes using diode forward voltage method // Applied Physics Letters. – 2004. – Vol. 85, No. 12. – P. 2163.

5. Jayawardena, A., Yi-wei Liu, Narendran, N. Methods for estimating the junction temperature of AC LEDs // Council for Optical Radiation Measurements (CORM) 2012 Annual Technical Conference, Ottawa, Ontario, 29 May – 1 June 2012.

6. Narendran, N., Bullough, J. D., Maliyagoda, N., Bierman, A. What is the useful life for white LEDs? // JIES. – 2001. – Vol. 30, No. 1. – P. 57–67.

7. IEC62612 Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 V – Performance requirements, International Electrotechnical Commission, June 2013.

8. Meneghesso, G., Levada, S., Pierobon, R., Rampazzo, F., Zanoni, E., Cavallini, A.,

Castaldini, A., Scamarcio, G., Du, S., Elia-shevich, I. Degradation mechanisms of GaN-based LEDs after accelerated DC current aging // *IEDM Tech. Dig.* – 2005. – P. 103–106.

9. Trevisanello, L., Meneghini, M., Mura, G., Vanzi, M., Pavesi, M., Meneghesso, G., Zanoni, E. Accelerated life test on high brightness Light Emitting Diode // *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability* – 2008. – Vol. 8, No. 2. – P. 304–311.

10. Hong, E., Narendran, N. A method of projecting useful life of LED lighting systems// *Third International Conference on Solid State Lighting, Proceedings of Photo-Optical Instrumentation Engineers, SPIE:5187*, pp. 93–99, 2004.

11. Narendran, N., Gu, Y. Life of LED based white light sources // *IEEE/OSA Journal of display technology.* – 2005. – Vol. 1, No.1. – P. 167–171.

12. Chen, C. H., Tsai, W. L., Tsai, M. Y. Thermal resistance and reliability of low cost and high power LED packages under WHTOL test // *Electronics materials and packaging, EMAP2008, Taipei*, pp.271–276, 22–24 Oct 2008.

13. Farkas, G., Van Voorst Vader, Q., Poppe, A., Bogná, G. Thermal investigation of high power optical devices by transient testing// *IEEE Transaction Components Packaging Technology.* – 2005. – Vol. 28, No. 1. – P. 45–50.

## Специализированная выставка «Промышленная Светотехника» впервые пройдет в Москве!

Известная российская специализированная выставка светотехнической продукции для промышленности, бизнеса, городской инфраструктуры «Промышленная Светотехника», которая с 2011 г. проводилась в Санкт-Петербурге, впервые пройдет в Москве, в ЦВК «Экспоцентр» 6–9 июня 2016 г. в рамках выставки «ЭЛЕКТРО».



Выставка «Промышленная Светотехника – Москва» пройдет при поддержке российской ассоциации НП ПСС и Института энергетики как специализированный инновационный салон в рамках авто-

Соответственно, у отечественных производителей светотехнической продукции появилось столичное выставочное мероприятие с доступной ценой участия. Оргкомитет учтёт положительный опыт проведения выставки в Санкт-Петербурге. Ожидается, что выставку посетят не менее 1500 профильных специалистов, что, с учётом 13000 посетителей «ЭЛЕКТРО» – профессионалов мирового электротехнического рынка, делает участие в экспозиции предсказуемо эффективным.

Оценочное количество используемых в столичном регионе осветительных приборов для промышленного освещения: около 400 млн. По статистике, коммерческое/промышленное освещение потребляет 33% производимых в мире светодиодов. По состоянию на конец 2015 г. доля инновационных светильников в Москве и области не превышает 9%.

Российский рынок светодиодной светотехнической продукции оценивается в 20 млрд руб. Примерно 40% рынка составляют офисные светильники, 30% – промышленные, 15% – уличные, 10% – «архитектурные» и 5% – бытовые. Доля освещения светодиодами в разных секторах разная, в среднем – 10–20%. Объём рынка столичного региона – около 25% от общероссийского.

ритетной международной выставки «ЭЛЕКТРО», в разгар строительного и делового сезона, в период, когда основные заказчики определились с планами работ на год и выбирают поставщиков продукции.

**Тематика выставки – светотехнические решения для промышленности и бизнеса, комплектующие и материалы для производства светотехнической продукции, а также энергосервисные контракты.**

В рамках деловой программы состоится конференция «Импортозамещение в светотехнике: качественное промышленное и уличное освещение от российских производителей. Новые технологии управления освещением: современный подход, умная экономия», семинар «Введение в энергосервисные контракты в освещении» (организатор – Институт энергетики), семинар по уличному и городскому освещению (при поддержке Московского союза архитекторов и школы светодизайна LiDS), а также отдельные семинары изготовителей и поставщиков.

**Оргкомитет выставки  
«Промышленная Светотехника»:**  
тел: +7 (495) 287–4412,  
info@promlight-expo.ru.

<http://www.promlight-expo.ru>  
01.2016



**Анируддха Мукхерджи (Aniruddha Mukherjee),** М.Е. Имеет почти 18-летний опыт работы в промышленности и образовании. Сотрудничает

с Университетом Суреш Гуан Вихар (Джайпур). Область исследований: факторы, влияющие на срок службы КЛЛ, СД и РЛВД. Автор ряда публикаций на эту тему



**Амит Сони (Amit Soni), Ph.D.** Имеет 15-летний опыт работы в образовании и промышленности. Декан факультета электро- и электронной техники

Университета Манирал (Джайпур). Область исследований: материалы для солнечных фотоэлектрических устройств, возобновляемая энергетика, освещение. Автор множества публикаций в известных журналах



# Технология Solatube®: перспективы в архитектуре и строительстве в России

А. Т. ОВЧАРОВ<sup>1</sup>, Ю. Н. СЕЛЯНИН

ООО «Световые системы», Томск, и ООО «Солар», Краснодар

## Аннотация

Рассмотрены системы естественного освещения Solatube® Daylighting Systems в контексте решения задач энергосбережения в освещении и формирования световой среды высокого качества. Описана новая модель с высокими потребительскими параметрами, представленная в качестве перспективного технического решения задач эффективного естественного освещения помещений большой площади с высокими (6–30 м) потолками.

**Ключевые слова:** полые трубчатые световоды, естественное освещение, энергосбережение.

Эффективное использование естественного света в зданиях рассматривается как мощный резерв энерго- и ресурсосбережения. Вектор общемировых тенденций в освещении направлен на комфортную световую среду и дальнейший рост производства и потребления световой энергии. При этом избежать конфликт между стремлением человека к световому комфорту и энергетическим кризисом можно лишь путём безальтернативного перехода на энергосберегающие технологии, на использование альтернативных источников энергии [1, 2]. Здесь актуальны техника и технологии использования естественного света, ярким представителем которых являются осветительные системы (ОС) с полыми трубчатыми световодами (ПТС).

ОС с ПТС в России постепенно начинают утверждаться как эффективные средства энергосбережения и создания световой среды высокого качества. На отечественном рынке естественного освещения они представлены несколькими зарубежными компаниями: американской (США) Solatube International Inc. (ОС Solatube® Daylighting Systems) [3], итальянской Solarspot International S.r.l.

(ОС Solarspot®) [4–6] и чешской Lightway (ОС ALLUX) [7].

Продукция Solatube International Inc. занимает до 80% мирового рынка ОС с ПТС. Эффективным стимулом для развития ОС Solatube® Daylighting Systems выступает госпрограмма США по использованию альтернативных источников энергии. В России возлагаются надежды на действенность предпринимаемых усилий правительства и принятый в 2009 г. закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...», а также на подвижные усилия наиболее прогрессивной части профессионалов строительного рынка.

Современные ОС с ПТС ведущих фирм мира, предназначенные для естественного освещения, доведены до высокого уровня совершенства и укомплектованы опциями для создания комфортного светового климата в помещениях. Следует отметить их конструктивное сходство и примерно одинаковый уровень технического совершенства. В этой ситуации лидерство на рынке таких ОС определяется преимуществами техно-

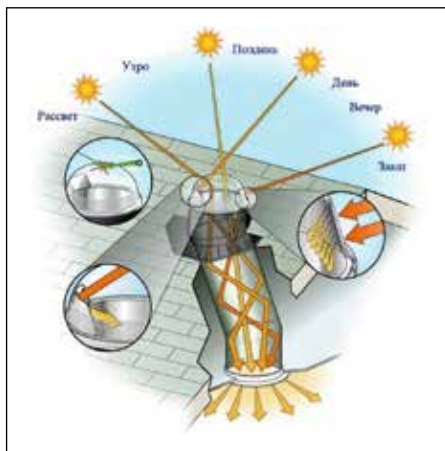


Рис. 1. Принцип работы Solatube® Daylighting Systems. Рекордные оптические характеристики ПТС сохраняют главные положительные качества солнечного света: непрерывный спектр, суточный ритм естественного света, соответствующий «биологическим часам» человека, и динамику, позволяющую судить о погоде

гического, эксплуатационного и ценового порядков. При этом определённые конструктивные особенности позволяют обратить особое внимание на ОС Solatube® Daylighting Systems (Solatube®). Она содержит (рис.1) следующие основные конструктивные элементы:

- **светособирающий купол (светоприёмное устройство)** из ударопрочного акрила, располагаемый на крыше или на стене здания; купол имеет на внутренней поверхности насечки, благодаря чему приобретает свойства линзы Френеля, направляющей диффузный свет неба вдоль оси световода, уменьшая количество отражений и повышая эффективность транспортировки света;

- **флешинг**, бесшовный металлический адаптер под разные типы кровли с защитным покрытием, обеспечивающий сопряжение конструкции ПТС с крышей и его надёжную гидро- и термоизоляцию;

- **световод (ПТС)**, набор стыкуемых алюминиевых труб прямолинейной или изогнутой формы, покрытых изнутри многослойной полимерной плёнкой с коэффициентом отражения 99,7% во всём видимом диапазоне; свет от светоприёмного устройства, пройдя в результате многократных отражений через полость световода, поступает в освещаемое помещение через светорассеиватель (диффузор); форма и конструкция труб позволяют легко интегрироваться в архитектуру строений разного назначения;

- **светорассеиватель** с широким светораспределением, устанавливаемый в потолке помещения и обеспечивающий равномерное рассеяние естественного света в помещении.

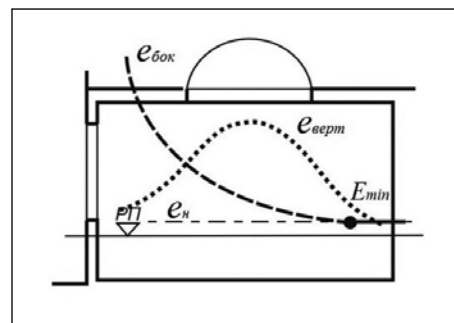


Рис. 2. Относительные распределения естественной освещённости в помещении при боковом (окно) и верхнем (Solatube®) расположении светопроёма:  $E_{min}$  – минимальное значение нормируемой освещённости; РП – рабочая плоскость;  $e_n$  – нормируемый КЕО;  $e_{бок}$  – боковой КЕО;  $e_{верх}$  – верхний КЕО

<sup>1</sup> E-mail: oat\_08@mail.ru

Рис. 3.  
Принципиальная  
конструкция модели  
*Solatube® M74* серии  
*SkyVault*

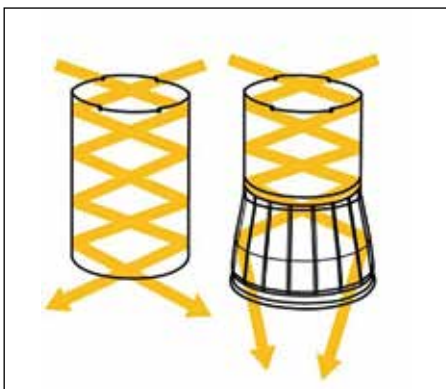
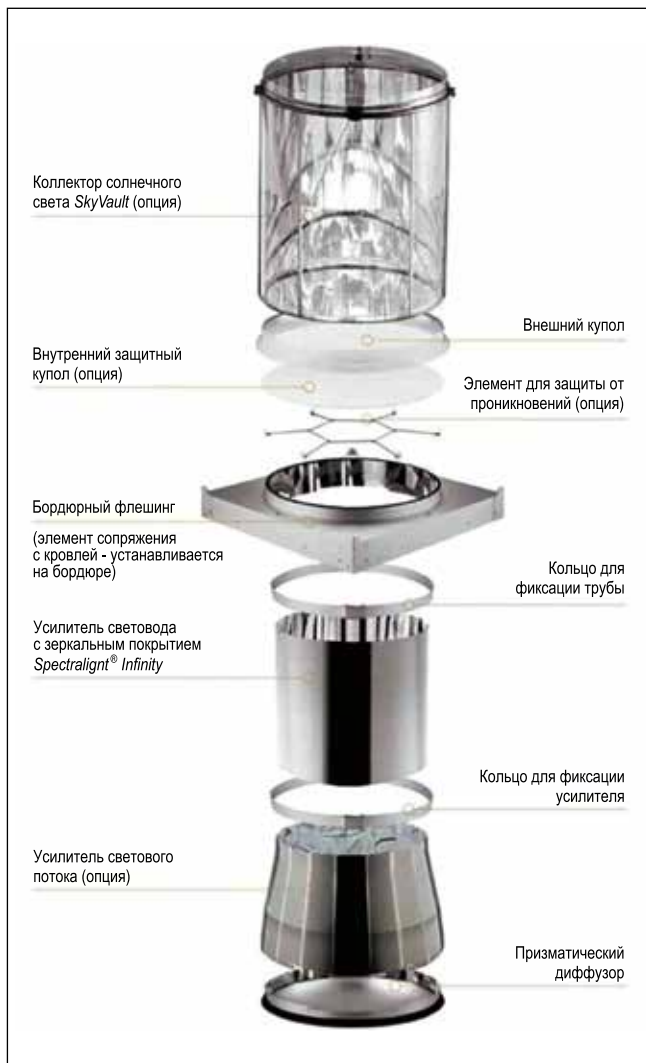


Рис. 5. Принцип действия усилителя. Усилитель фокусирует световой поток на плоскость диффузора, уменьшает потери на отражения и рассеяние, увеличивает световой поток, поступающий в помещение, и позволяет сформировать светораспределение, эффективное для освещения помещений с высокими потолками

ПТС обеспечивают помещения естественным светом, создавая необходимый уровень КЕО и более равномерное распределение освещённости по всей площади помещения,

чем с помощью традиционных вертикальных светопроёмов (боковых окон) (рис. 2). Высокий коэффициент отражения (передачи света) ПТС допускает транспортировку им света на расстояние более 20 м и освещение помещений, недоступных для традиционных технологий (подвалы, центральные помещения широких зданий, находящиеся на нижних этажах, и пр.). Благодаря высокому качеству материалов и узлов современные ПТС имеют КПД до 99%, при общем КПД ОС с ПТС до 83%.

Существенное преимущество *Solatube®* перед традиционными светопроёмами – значительное снижение теплопотерь в холодные периоды года и теплопоступлений в летнее время. Этим достигается дополнительная экономия энергии на отопление, вентиляцию и охлаждение помещений. Но главный экономический плюс *Solatube®* – снижение затрат на искусственное освещение помещений. Использование естественного



Рис. 4. Коллектор *Solatube® M74* серии *SkyVault* (740 мм) на крыше здания. Сочетание коллектора и линз Френеля на куполе (технология *Raybender®*) обеспечивает постоянство светового потока в течение всего светового дня, в том числе в утренние и вечерние часы, за счёт улавливания световых лучей при низких углах солнцестояния

света как альтернативы искусственному в дневное время в зависимости от ресурса солнечной энергии региона позволяет снижать расходы на освещение на 50–75%. Оценки показывают, что: 1) передавать солнечное излучение во внутреннее пространство помещения в 50 раз экономичнее, чем создавать для этого искусственное освещение; 2) продление использования естественного света на 1 ч в сутки только по промышленным зданиям позволяет в масштабе России сберечь около 3 млн кВт·ч электроэнергии в год.

Современные эффективные ОС с ПТС меняют традиционные представления об организации естественного освещения помещений и в силу своих уникальных свойств начинают влиять на архитектуру и современное строительство. В контексте оптимизации энергозатрат и повышения однородности световой среды помещений использование ПТС в качестве основного или дополнительного источника естественного света представляется наиболее эффективным [8]. Световая эффективность ПТС в сравнении с традиционными световыми конструкциями (зенитные фонари, вертикальные окна) в 2–3 раза выше.

История создания и развития, принцип действия и концепция архитектуры ОС с ПТС достаточно полно изложена в книге [9]. В настоящей статье приводятся сведения об ОС с ПТС *Solatube®*, предназначенные для проектировщиков и потенциальных заказчиков, и рассматриваются перспективы применения этих ОС в России. Типоряд *Solatube®* отража-



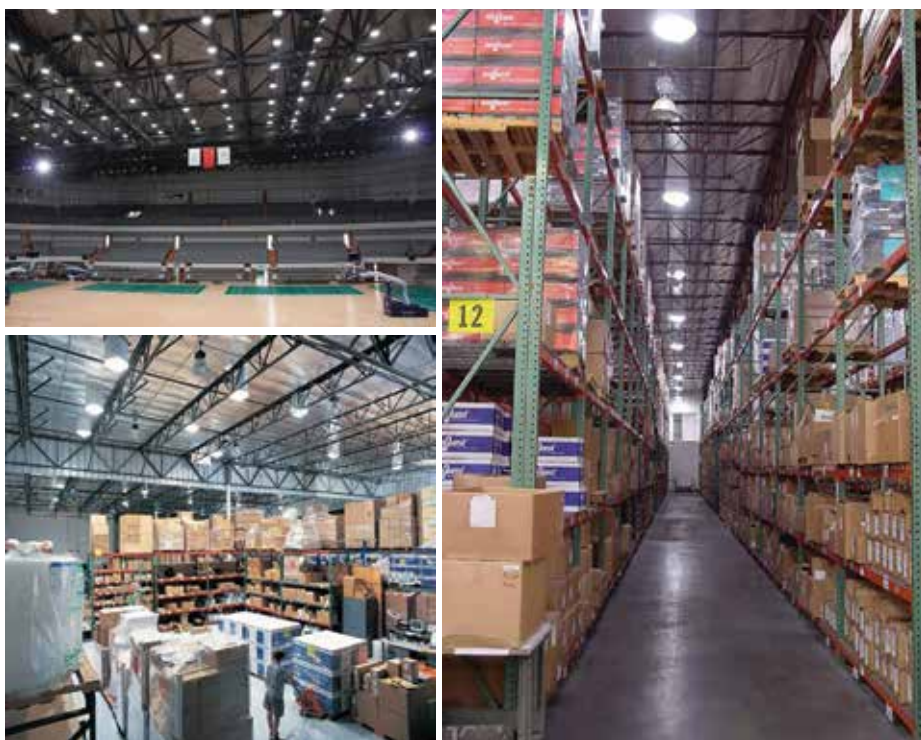


Рис. 6. Модель Solatube® M74 в освещении помещений с высокими потолками

ет этапы развития конструкции и производства и представлен моделями Solatube® Daylighting Systems серии Brighten Up® с ПТС разного диаметра: 160 DS (250 мм) и 290 DS (350 мм), и серии SolaMaster® (530 мм), а также моделью и Solatube® M74 серии SkyVault (740 мм).

Первые три модели, традиционной конструкции, легли в основу создания четвертой, более совершенной, модели M74 (с рекордными параметрами), открывающей новые возможности в развитии технологии естественного освещения и расширяющей масштабы применения ОС с ПТС.

Отличительная особенность моделей Solatube® перед аналогами других производителей – непревзойденное

значение отражательной способности покрытия трубы. Используемое покрытие Spectralight® Infinity имеет интегральный коэффициент отражения в видимом диапазоне излучения до 99,7%. Важным конструктивным отличием Solatube® от ОС с ПТС других производителей является применение линз Френеля в устройстве светособирающего купола (Raybender® 3000), что обеспечивает устойчивые нормированные световые характеристики системы на уровне предельно достижимых при современных материалах.

При этом указанную модель M74 (серия SkyVault) можно смело отнести к зенитным фонарям нового поколения. Она содержит несколько прогрессивных решений, некоторые из

которых можно считать революционными (рис. 3).

Одно из них – использование светособирающего коллектора (рис. 3 и 4), значительно расширяющего зону захвата и втрое увеличивающего эффективность сбора света<sup>2</sup>.

Другое же прогрессивное решение – усилитель (коллиматор) света (рис. 3 и 5). Это конусовидный элемент на конце световода, который фокусирует световой поток на плоскость диффузора, увеличивая (примерно на 15–16%) долю проходящего через него света.

Модульная конструкция модели Solatube® M74 открывает широкие возможности применения таких ОС с ПТС для решения задач эффективного естественного освещения помещений большой площади с высокими (6–30 м) потолками (рис. 6). Комплектация ОС с ПТС серии SkyVault подбирается индивидуально под проект. Несмотря на объёмность конструкции, ОС легки, просты в установке и не требуют последующего обслуживания. В табл. 1 показаны вариан-

<sup>2</sup> В коллекторе применена отражающая пластина LightTracker™ (LITD®) с отражающим покрытием Spectralight® Infinity и технология «холодного световода», благодаря которой, отсекается ИК составляющая солнечного света. Защита помещения от ИК излучения продолжается на всём пути транспортировки света по световоду благодаря технологии «холодной трубы». Суть последней в том, что покрытие Spectralight® Infinity работает по принципу светофильтра, обеспечивая эффективную транспортировку видимого излучения по световоду, будучи прозрачным для ИК излучения, которое, проникая через покрытие до металла трубы, последним поглощается и рассеивается в окружающем пространстве вне освещаемого помещения.



Рис. 7. Система Solatube® в освещении детского сада (Краснодар)



Варианты исполнения и комплектации модели *Solatube*<sup>®</sup> M74

Базовая модель	С усилителем светового потока	С коллектором	С коллектором и усилителем
			
<p>классический вариант:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• купол, бордюрный флэшинг, ПТС, призматический рассеиватель;</li> <li>• диаметр световода – 740 мм;</li> <li>• рекомендуемая высота установки светорассеивателя – (5–8) м;</li> <li>• средний световой поток – 18500 лм.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• увеличивает на 15–16% световой поток;</li> <li>• способствует формированию оптимальной КСС рассеивателя и эффективному применению при любой высоте установки;</li> <li>• высота установки рассеивателя – 8 м;</li> <li>• высота усилителя – 600 мм;</li> <li>• диаметр светорассеивателя усилителя – 949 мм;</li> <li>• средний световой поток – 21500 лм.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• расширяет зону и втрое повышает эффективность сбора света, в том числе при низком солнцестоянии;</li> <li>• высота коллектора – 1067 мм;</li> <li>• рекомендуемая высота установки светорассеивателя – от 8 м;</li> <li>• средний световой поток – 35000 лм.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• интегрированная конструкция, объединяющая достоинства всех трёх предыдущих моделей.</li> </ul>

Рис. 8. Модель *Solatube*<sup>®</sup> 290DS в освещении подземных помещений Правовой академии (Нижний Новгород)

ты конструктивного исполнения модели *Solatube*<sup>®</sup> M74, а в табл. 2 – некоторые характеристики ОС *Solatube*<sup>®</sup> Daylighting Systems.

**Освещаемая площадь помещения** с помощью разных моделей *Solatube*<sup>®</sup> (приблизительно) для нормативного КЕО и типового помещения (средняя длина ПТС 1,82 м, высота потолка 2,4 м): 160 DS (250 мм) – до 14 м<sup>2</sup>; 290 DS (350 мм) – до 23 м<sup>2</sup>; 21-O/21-C (530 мм) – до 37 м<sup>2</sup>; M74 (740 мм) – до 100 м<sup>2</sup> (при установочной высоте 6 м).

Сравнение оптических и теплотехнических характеристик ОС *Solatube*<sup>®</sup> и традиционного окна позволяет снимать противоречие между светопередачей и теплопроводностью. *Solatube*<sup>®</sup> (табл. 3) обеспечивает эффективную передачу света с минимальным притоком солнечного тепла, создавая комфортную среду в помещении.

#### Эксплуатационные и инвестиционные характеристики

ОС *Solatube*<sup>®</sup> герметична. Все узлы (купол, флэшинг, система световодов, диффузор-рассеиватель) имеют уплотнения, препятствующие

шире проникновению в них насекомых и пыли. В отличие от зенитных фонарей *Solatube*<sup>®</sup> не нуждается в регулярном обслуживании. Срок окупаемости *Solatube*<sup>®</sup> – от 3 до 5 лет, срок службы – 30 лет и гарантийный срок – 10 лет.

#### Области применения *Solatube*<sup>®</sup>

ОС *Solatube*<sup>®</sup> относятся к ряду «зелёных» (экологически чистых) средств, и здания, ими оснащённые, соответствуют требованиям СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, закону № 261-ФЗ (гл. 3, ст. 11) и переходят в разряд энергоэффективных и экологически безопасных. Энергосберегающая экологически чистая технология передачи естественного света с помощью *Solatube*<sup>®</sup> обеспечивает достижение эстетических, функциональных и экологических целей освещения помещений.

Применение ОС *Solatube*<sup>®</sup> в офисах, зданиях промышленного назначения и складах, наряду с достижением существенной экономии затрат на освещение, привносит важнейший по значимости социальный и гуманитарный эффект, формируя здоровую и экологически безопас-

Сравнительные показатели системы *Solatube*<sup>®</sup> и искусственных источников света (критерий – световой поток)

Модель системы <i>Solatube</i> <sup>®</sup>	Световой поток*, лм	Аналог – искусственный источник света**
серии <i>SolaMaster</i> <sup>®</sup> (530 мм)	от 13500 (средний) до 20500 (макс.)	Аналоги: • светильник с МГЛ, 150–250 Вт; • три двухламповых светильника с лампами T8, 36 Вт; • четыре четырёхламповых светильника типа «Армстронг» с лампами T5, 14 Вт.
290 DS (350 мм) серии <i>Brighten Up</i> <sup>®</sup>	от 6000 (средний) до 9100 (макс.)	Аналог: два четырёхламповых светильника типа «Армстронг» с лампами T5, 14 Вт.
160 DS (250 мм) серии <i>Brighten Up</i> <sup>®</sup>	от 3000 (средний) до 4600 (макс.)	• четырёхламповый светильник типа «Армстронг» с лампами T 5, 14Вт. • светильник с четырьмя КЛЛ, 18 Вт.
M74 серии <i>SkyVault</i>	от 18000 (средний) до 35000 (макс.)	Аналог: светильник с МГЛ 250–400 Вт;
Значения мощности и светового потока разрядных ламп		
МГЛ: 150 Вт 11250 лм 250 Вт 20000 лм 400 Вт 35000 лм		Люминесцентные лампы: T5: 14 Вт 1200 лм 28 Вт 2600 лм T8: 18 Вт 1350 лм 36 Вт 3350 лм КЛЛ: 18 Вт 1100–1200 лм

Примечания:

\* Данные для системы *Solatube*<sup>®</sup> с длиной ПТС 1,82 м. Предельное и среднее значения светового потока получены в пиковый световой период года.

\*\* Световой КПД светильника принят равным 0,75.

## Сравнительные оптические и теплотехнические характеристики светопередающих систем

Конструкция светопередающей системы	Коэффициент светопередачи (КС)	Коэффициент теплопритока (КТ)	Отношение КС/КТ
Окно, тройной стеклопакет с зеркальной плёнкой	0,22	0,16	1,38
Окно, тройной стеклопакет, зеркальное покрытие с низкой теплопроводностью	0,63	0,36	1,75
Окно, двойной стеклопакет, стекло с низкой теплоотражающей способностью	0,71	0,49	1,45
<i>Solatube</i> <sup>®</sup> серии <i>SolaMaster</i> <sup>®</sup> (530 мм)	0,60	0,20	3,0

ную производственную световую среду. Поскольку факторы гуманизации производственной световой среды ориентированы на экономическое благополучие предприятия [10], они способствуют капитализации инвестиционных средств, вкладываемых в модернизацию ОС с ПТС, и окупаются за 4–5 лет. В настоящее время проектные организации начали активно разрабатывать архитектурно-планировочные решения с использованием ОС *Solatube*<sup>®</sup>, что позволяет полностью удовлетворять

требованиям СанПиН по организации естественного освещения.

Важная область применения *Solatube*<sup>®</sup> – социальные объекты (здания дошкольных и школьных учебных заведений, больниц), где в полной мере используются гуманитарные свойства этих ОС, позволяющие создавать полный световой комфорт и безопасность (рис. 7).

Активный процесс урбанизации настоятельно требует принятия кардинальных мер по оздоровлению городской среды. Один из путей устра-

нения назревающего экологического кризиса – создание подземной инфраструктуры. Решить эту задачу без больших энергозатрат можно только благодаря применению ОС с ПТС (рис. 8 и 9).

Привлекательны *Solatube*<sup>®</sup> и для спортивных сооружений [3]. Впечатляющий пример – масштабное использование этих ОС в спортзале Пекинского научно-технического университета, где по программе «Олимпиады – 2008» проходили соревнования по дзюдо и тхэквон-



Рис. 9. Модель Solatube® 330DS в освещении подземного автосервиса автосалона «КИА» (Сочи)



Рис. 10. Освещение спортивного зала Пекинского университета системами Solatube®. Зал вместимостью более 8000 зрителей (площадь около 2400 м<sup>2</sup>) был освещён 148 моделями Solatube® 750 DS (530 мм, серия Solatube® SoloMaster®) с рассеивателем OptiView® для открытого потолка и устройством управления Daylight Dimmer™

до (рис. 10). Поскольку традиционные зенитные фонари не отвечали требованиям по качеству освещения, спортивный зал был освещён ОС Solatube®, что полностью решило все проблемы освещения, с учётом сложности конструкции стальной кровли и необходимости передачи естественного света на расстояние более 8 м.

За прошедшие 10 лет, в течение которых ООО «Солар», как представитель технологии Solatube® Daylighting Systems, установила множество ОС Solatube® в зданиях разного назначения – от частных жилых домов до крупных промышленных и социальных объектов – на обширной территории: от Санкт-Петербурга до Владивостока и от Москвы до Алматы. Это стало возможным благодаря активному участию в этом процессе заинтересованных профессионалов в разных уголках постсоветского пространства. В настоящее время техно-

Рис. 11. Дилерская сеть технологии Solatube® Daylighting Systems в России



логия Solatube® Daylighting Systems представлена на гигантской территории крупнейшей в мире дилерской сетью (рис. 11). Такое организационное построение позволяет клиентам на любой территории получать оперативное информационное и техническое обслуживание.

Рекордные оптические и теплотехнические характеристики ОС с ПТС Solatube® обещают их широкое использование для задач естественного освещения. Несомненно, прогресс во внутреннем освещении и развитие эстетических концепций в будущем будут определяться применением подобных ОС. И можно полагать, что Solatube® займут в этих прогнозах достойное место.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю. Б. Полые световоды, или свет по трубам // Иллюминатор. – 2003. – № 4(6)–5(7). – С. 134–141.
2. Кинней Л., Мак-Клюни Р., Стайлз М. Солнечное освещение – новая отрасль промышленности // Светотехника. – 1999. – № 3. – С. 4–9.
3. Селянин Ю. Н., Ремизов А. Н., Добровольский А. Н. Системы солнечного освещения Solatube® Daylighting Systems в архитектуре спортивных сооружений третьего тысячелетия // Технологии строительства. – 2012. – № 3. С. 80–86.
4. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «Solarspot» // Светотехника. – 2005. – № 5. – С. 34–42.
5. Соловьёв А. К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 41–47.
6. Кузнецов А. Л., Оселедец Е. Ю., Соловьёв А. К., Столяров М. В. Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России // Светотехника. – 2011. – № 6. – С. 4–11.

7. URL: <http://lightway.iricond.ru> (дата обращения: 05.09.2015).

8. Дженкинс Д., Мунир Т. Характеристики световодов и светопроемов, используемых в системах естественного освещения // Светотехника. – 2003. – № 6. – С. 34–38.

9. Aizenberg J. B. Hollow Light Guides. – Moscow: Znack Publishing House, 2009. – 208 p.

10. Кинней Л., Мак-Клюни Р., Стайлз М. Солнечное освещение – новая отрасль промышленности. Ответы на замечания по статье // Светотехника. – 1999. – № 4. – С. 28–29.



**Овчаров Александр Тимофеевич**, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1966 г. Томский институт радиоэлектроники и электронной техники. Профессор

кафедры «Архитектурное проектирование» Томского государственного архитектурно-строительного университета. Директор ООО «Световые системы». Действительный член МАНЭБ. Член редколлегии журнала «Светотехника»



**Селянин Юрий Николаевич**, инженер. Окончил в 1973 г. Таганрогский радиотехнический институт, в 1981 г. Военную академию им. Ф. Э. Дзержинского

и в 1992 г. адъюнктуру при ней. Генеральный директор ООО «СОЛАР», официального дистрибьютора технологии Solatube® Daylighting Systems на территории РФ, Беларуси и Казахстана



# Электрические и излучательные характеристики лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой диаметром 16,6 мм

В. А. ЛЕВЧЕНКО, О. А. ПОПОВ, С. А. СВИТНЕВ, П. В. СТАРШИНОВ<sup>1</sup>

ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» и ООО ПК «ЛИТ», Москва

## Аннотация

Проведены экспериментальные исследования электрических и излучательных характеристик лампы трансформаторного типа с замкнутой разрядной трубкой внутреннего диаметра 16,6 мм, работающей в смеси паров ртути (7 Торр) и инертных газов (0,1–1,0 Торр) на частоте 265 кГц при мощности плазмы разряда 180 Вт. Установлено, что максимальные значения энергетического КПД в линии ртути 254 нм и напряжённости ВЧ электрического поля в плазме и минимальные значения разрядного тока лампы соответствуют давлению инертных газов 0,3 Торр. Расчёты разрядного тока по трансформаторной модели индукционного разряда показали хорошее согласие с результатами эксперимента.

**Ключевые слова:** индукционный разряд, ртутная плазма НД, УФ излучение, ВЧ, напряжённость электрического поля.

## 1. Введение

Индукционные ртутные разрядные лампы НД трансформаторного типа (ЛТТ) являются одним из перспективных источников видимого и УФ излучений [1–3]. Благодаря отсутствию внутренних электродов ЛТТ могут работать при относительно низких давлениях инертного газа, 0,05–0,5 Торр, соответствующих максимально эффективной генерации ртутного излучения в линиях 185 и 254 нм [4]. Это открывает возможность создания самых разных по мощности эффективных источников УФ резонансного излучения, используемых для очистки воды и воздуха. Большинство исследований по ЛТТ касались создания долговечных (60–100 тыс. ч) и энергоэффективных ( $\geq 100$  лм/Вт) люминесцентных ЛТТ с низкой мощностью нагрузкой на стенки стеклянной трубки, покрытых люминофором, что требовало относительно большого диаметра разрядных трубок, 50–70 мм [2, 4, 5]. Исследований же по ЛТТ с разрядными трубками меньшего диаметра, 15–25 мм, более эффективных в плане создания бактерицидных ламп, до представляемой ниже работы авторов практически не было.

## 2. Экспериментальная установка и методика измерений

Индукционный разряд зажигался на частоте  $f = 265$  кГц в замкнутой кварцевой трубке наружного и внутреннего диаметров 19 и 16,6 мм соответственно. Длина лампы  $L = 492$  мм и длина плазменного витка, определяемая как длина оси разрядной трубки,  $A_{пл} = 815$  мм. ВЧ индуктор представлял собой два параллельно соединённых коль-

цевых ферромагнитных сердечника (магнитопровода) сечением  $2 \text{ см}^2$  каждый, симметрично размещённых на замкнутой разрядной трубке. Каждая из двух, соединённых параллельно катушек индуктивности (каждая по 16 витков) охватывала «свой» магнитопровод. Давление паров ртути в разрядной трубке поддерживалось оптимальным (по максимуму энергетического КПД разрядной части лампы в линии 254 нм  $\eta_{e,254}$ ), 0,006–0,008 Торр температурой ртутно-индиевой амальгамы, размещённой на стенке трубки. В качестве буферного газа использовались криптон, аргон и смеси аргона с неоном (30%Ne + 70%Ar и пеннинговская смесь 60%Ne + 40%Ar); давление буферного газа (или смеси газов)  $p_{u.г.}$  варьировалось от 0,1 до 1,0 Торр. Измерения проводились при постоянной мощности плазмы  $P_{пл} = 180$  Вт.

Схема установки приведена на рис. 1. Электрические измерения выполнялось с помощью цифрового осциллографа *Tektronix TDS640A*. Для измерения удельного потока излучения в линии ртути 254 нм использовался радиометр *IL1700* компании *InternationalLightTechnologies* с фотометрической головкой *SED240/W* с косинусной угловой характеристикой. Лампа размещалась в чёрном заземлённом металлическом коробе на неподвижной стойке с чёрным экраном в плоскости разрядной трубки. В коробе имелась щель шириной 20 мм для измерения вышеуказанного удельного потока излучения лампы [3]. Расстояние от приёмника излучения (ПИ) до щели составляло 150 см и от щели до лампы – 10 см. Размеры выбирались исходя из того, что на поверхности ПИ должна обеспечиваться достаточная для точных измерений облучённость,

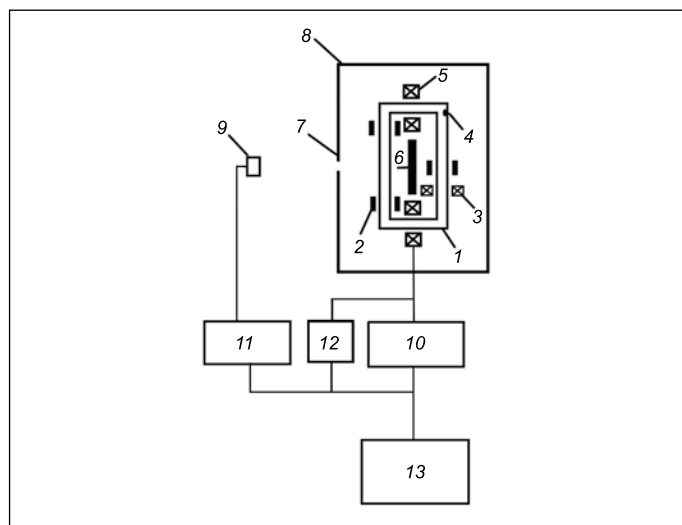


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – разрядная трубка, 2 – держатель, 3 – трансформатор тока, 4 – амальгама, 5 – индуктор, 6 – экран, 7 – щель, 8 – короб, 9 – приёмник излучения, 10 – ЭПРА, 11 – радиометр, 12 – цифровой осциллограф, 13 – ПК

<sup>1</sup> E-mail: blitzzz-z@ya.ru

а выделяемый щелью участок лампы можно считать точечным источником.

Формула для расчёта полного потока излучения лампы в линии 254 нм  $\Phi_{e,254}$  имеет вид [3]

$$\Phi_{e,254} = \frac{\pi^2 \cdot h \cdot d \cdot i \cdot L}{\Delta \cdot S},$$

где  $L$  – длина лампы;  $h$  – расстояние от лампы до датчика;  $i$  – фототок ПИ;  $S$  – интегральная чувствительность датчика;  $d$  – расстояние от щели до ПИ;  $\Delta$  – ширина щели.

Измерение разрядного тока  $I_{nl}$  осуществлялось с помощью трансформатора тока. Для измерения ВЧ напряжения на плазменном витке  $U_{nl}$  использовался виток провода, размещённый по внешнему периметру замкнутой разрядной трубки.

### 3. Результаты экспериментальных исследований

#### 3.1. Напряжённость ВЧ электрического поля плазмы

На рис. 2 приведена зависимость напряжённости ВЧ электрического поля в плазменном витке  $E$  от давления аргона и давления смеси 30%Ne+70%Ar. Расчёт  $E$  проводился по формуле

$$E = U_{nl} / \Delta_{nl},$$

где  $\Delta_{nl} = 81,5$  см – длина плазменного витка.

С повышением  $p_{u,z}$   $E$  вначале растёт, а затем падает, обнаруживая максимум при  $p_{u,z} = 0,2-0,3$  Торр. Такая зависимость  $E$  от  $p_{u,z}$  характерна для низкотемпературной плазмы НД в инертных газах и парах ртути и соответствует известному соотношению, связывающему  $E$  с температурой электронов  $T_e$ ,  $p_{u,z}$  и долей энергии, теряемой средним электроном между двумя соударениями (упругими и неупругими)  $\chi$  [6]:

$$E = 1,5 \cdot T_e \cdot \chi^{1/2} / \lambda_e,$$

где  $\lambda_e$  – средняя длина пробега электрона.

С одной стороны, повышение  $p_{u,z}$  уменьшает  $\lambda_e$ , что повышает  $E$ , а, с другой, рост  $p_{u,z}$  ведёт к снижению  $T_e$  и, следовательно,  $E$ . И на всё это накладывается сложная зависимость  $\chi$  от  $p_{u,z}$ . В результате зависимость  $E$  от  $p_{u,z}$  имеет максимум, положение которого с увеличением атомного веса инертного газа сдвигается в сторону низких  $p_{u,z}$ , и это увеличение снижает  $E$  (рис. 2). Так, в ЛТТ со смесью паров ртути с криптоном при  $p_{u,z}$  1,0 и 0,5 Торр  $E$ , соответственно, равнялась 0,48 и 0,55 В/см.

Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными для трубчатых ламп с такими же конструктивными параметрами, но с внутренними электродами и работающими на частоте 50 Гц [7].

#### 3.2. Ток плазменного витка

Разрядный ток лампы (ток плазменного витка)  $I_{nl}$  измерялся с помощью трансформатора тока, а также рассчитывался с помощью аналитических соотношений, полу-

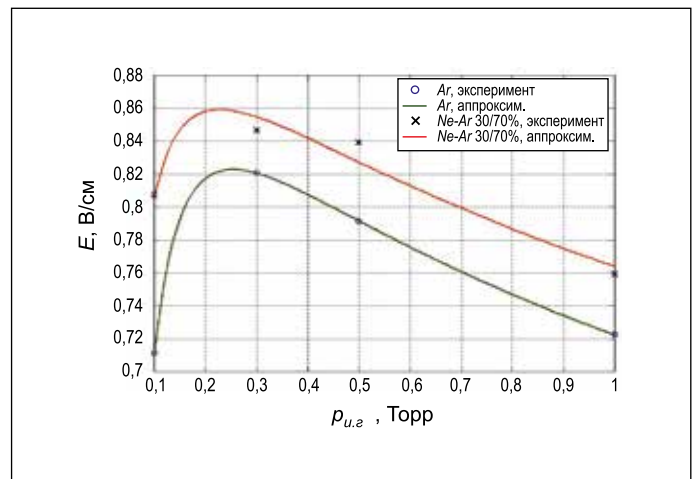


Рис. 2. Зависимость напряжённости ВЧ электрического поля плазмы  $E$  от давления инертного газа  $p_{u,z}$  при частоте разрядного тока  $f = 265$  кГц и поглощаемой плазмой мощности  $P_{nl} = 180$  Вт

ченных в рамках трансформаторной модели индукционного разряда, как [4, 5]

$$I_{nl} = \frac{P_l - P_{инд}}{U_{nl} \cos \varphi}, \quad (1)$$

$$U_{nl} = n U_{инд} / N, \quad (2)$$

где  $n$  – число параллельно включённых индукторов,  $U_{инд}$  – ВЧ напряжение на индукторе,  $N = 16$  – число витков катушки в индукторе,  $P_l$  – потребляемая лампой мощность,  $P_{инд}$  – измеренные в работе потери мощности в индукторе,  $\varphi$  – сдвиг фаз между  $U_{nl}$  и  $I_{nl}$ :

$$\cos \varphi = \frac{R_{nl}}{Z_{nl}}, \quad (3)$$

где  $R_{nl}$  и  $Z_{nl}$  – активное и полное сопротивление плазмы соответственно:

$$Z_{nl} = \sqrt{R_{nl}^2 + (\omega L_{nl})^2}, \quad (4)$$

где  $\omega = 2\pi f$  – круговая частота тока,  $L_{nl}$  – индуктивность плазменного витка.

При этом  $Z_{nl}$  можно находить по измеренным  $U_{nl}$  и  $P_{nl}$ :

$$Z_{nl} = \frac{U_{nl}^2}{P_{nl}} = \frac{U_{nl}^2}{P_l - P_{инд}}. \quad (5)$$

$L_{nl}$  можно находить, зная взаимную индуктивность ВЧ индуктора и плазменного витка  $M$ :

$$M = k \sqrt{L_{инд} L_{nl}}, \quad (6)$$

где  $k \approx 1$  – коэффициент связи индуктора с плазменным витком,  $L_{инд} = 500 \cdot 10^{-6}$  Гн – индуктивность индуктора, а  $M$  определяется по формуле [4]

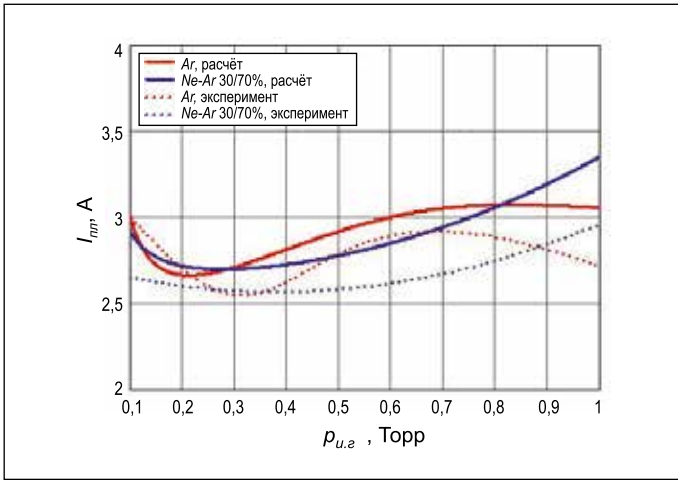


Рис. 3. Зависимости разрядного тока  $I_{nl}$  от давления инертного газа  $p_{u,z}$ . Параметры лампы – согласно рис. 2

$$M = \frac{U_{nl}}{I_{инд}\omega}, \quad (7)$$

где  $I_{инд}$  – ток в индукторе.

Из (6) и (7) следует

$$L_{nl} = \frac{U_{nl}^2}{(I_{инд}\omega)^2 L_{инд}}, \quad (8)$$

а из (1)–(8) – расчётная формула для  $I_{nl}$ , где все параметры лампы в правой части определяются экспериментально:

$$I_{nl} = \frac{1}{\frac{nU_{инд}}{N} \sqrt{\left(\frac{1}{P_l - P_{инд}}\right)^2 + \left(\frac{1}{I_{инд}^2 \omega L_{инд}}\right)^2}} \quad (9)$$

На рис. 3 приведены результаты измерений и расчёта по выражению (9) зависимостей  $I_{nl}$  от давления  $p_{u,z}$  для двух буферных газов: аргона и смеси 30%Ne + 70%Ar. Из рис. 2 и 3 видно, что зависимости  $I_{nl}$  от  $p_{u,z}$  коррелируют с соответствующими зависимостями  $E$  от  $p_{u,z}$  и имеют минимумы при тех  $p_{u,z}$ , на которые приходится максимум зависимости  $E$  от  $p_{u,z}$ . Рассчитанные по выражению (9) зависимости  $I_{nl}$  от  $p_{u,z}$  находятся в хорошем согласии с экспериментальными зависимостями, полученными в настоящей работе: разница между измеренными и расчётными значениями  $I_{nl}$  не превышает 15%.

### 3.3. Энергетический КПД разрядной части лампы в линии 254 нм

На рис. 4. представлены экспериментальные зависимости  $\eta_{e,254}$  ( $=\Phi_{e,254} / P_{nl}$ ) от  $p_{u,z}$  аргона, криптона и смеси аргона с неоном. Видно, что максимум  $\eta_{e,254}$  приходится на  $p_{u,z}$  0,3 Торр, при котором  $E$  имеет максимум. Отметим, что в области более высоких  $p_{u,z}$   $\eta_{e,254}$  оказывается выше при более «лёгком» наполнении. Однако при более низких  $p_{u,z}$  разница в  $\eta_{e,254}$  между чистым аргоном и смесью 30% Ne + 70% Ar практически не ощутима. К сожалению, из-

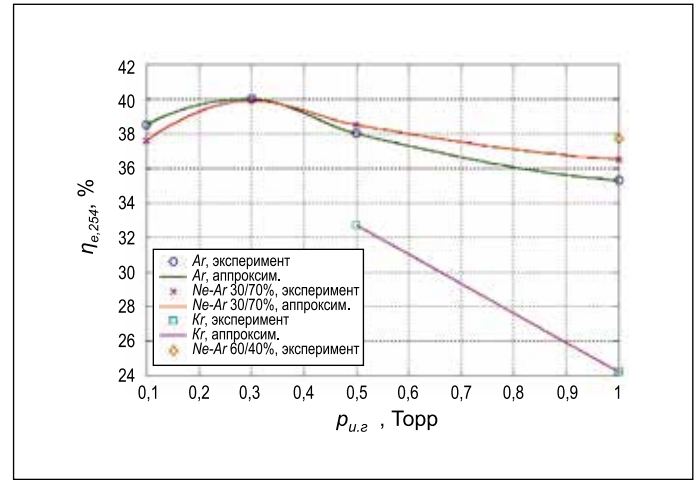


Рис. 4. Зависимость энергетического КПД разрядной части лампы в линии 254 нм  $\eta_{e,254}$  от давления инертного газа  $p_{u,z}$ . Параметры лампы – согласно рис. 2

лучательные и электрические характеристики индукционного разряда с более лёгким наполнением 60% Ne + 40% Ar были получены лишь при  $p_{u,z}$  в 1 Торр. При более низких  $p_{u,z}$  индукционный разряд не зажигался из-за чрезмерно высоких напряжённостей электрического поля, требуемых для зажигания разряда, что характерно для «лёгких» газов с высоким потенциалом ионизации [6].

Из рис. 4 следует, что при низких  $p_{u,z}$ , 0,2–0,3 Торр,  $\eta_{e,254}$  при  $\Delta_{nl} = 815$  мм достигает 40%. Как было показано в [4], увеличение  $\Delta_{nl}$  ведёт к повышению  $\eta_{e,254}$  из-за снижения плотности плазмы и частоты тушащих соударений резонансно-возбуждённых атомов ртути с электронами плазмы.

### Выводы

- $\eta_{e,254}$  ртутных ЛТТ НД с инертным газом (или со смесью инертных газов) при давлении 0,1–0,5 Торр и рабочем токе 2,5–3,0 А достигает высоких значений: до 40%.
- $\eta_{e,254}$  и  $E$  у этих ламп немонотонно зависят от  $p_{u,z}$  с максимумом при  $p_{u,z} \approx 0,3$  Торр.
- Рассчитанная по трансформаторной модели индукционного разряда зависимость  $I_{nl}$  от  $p_{u,z}$  хорошо согласуется с соответствующей экспериментальной зависимостью.
- Результаты расчётов  $E$  хорошо согласуются с экспериментальными значениями этой величины, полученными другими авторами для положительного столба ламп-аналогов с внутренними электродами, но с такими же прочими конструктивными параметрами и при тех же разрядных токах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультрафиолетовая технология в современном мире: Коллективная монография / Под ред. Ф.В. Карамзинова, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцева, С.В. Храменкова. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012. – 391 с.
2. Исупов М. В., Кротов С. В., Литвинцев А. Ю., Уланов И. М. Индукционная ультрафиолетовая лампа // Светотехника. – 2007. – № 5. – С. 37–40.
3. Левченко В. А., Попов О. А., Свитнев С. А., Старшинов П. В. Экспериментальные исследования электрических и оп-



тических характеристик безэлектродной УФ лампы трансформаторного типа // Светотехника. – 2014. – № 6. – С. 39–43.

4. *Попов О. А.* Исследование и разработка индукционных люминесцентных источников света на частотах 100–15000 кГц / Автореф. дис... д-ра. техн. наук. – М.: Б.и., 2011. – 41 с.

5. *Исупов М. В., Федосеев А. В., Сухинин Г. И., Уланов И. М.* Экспериментальное и теоретическое исследование низкочастотного индукционного разряда трансформаторного типа // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. – Т. 21, № 5. – С. 681–692.

6. *Рохлин Г. Н.* Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат. 1991. – 720 с.

7. *Весельницкий И. М.* Определение оптимальных параметров и некоторые вопросы конструирования люминесцентных ламп повышенной мощности / Автореф. дис. ... к-та. техн. наук. – М.: Б.и., 1966. – 20 с.



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



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



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



**Старшинов Павел Валерьевич,** магистр технических наук. Окончил в 2015 г. кафедру «Светотехника» ФГОУ ВПО «НИУ «МЭИ». Аспирант этой кафедры

## Архитектурное освещение – в дар



Светотехнический холдинг *BL GROUP* сдал очередной проект, выполненный полностью на оборудовании *GALAD* и *OPORA ENGINEERING*: архитектурно-художественное освещение храма – в дар славным жителям города-героя Тула.

Для реализации проекта были использованы светильники и прожекторы *GALAD* серий ГО17–70–01, ИО-500 и ЖО07 и кронштейны *OPORA ENGINEERING*.

www.galad.ru  
18.01.2016

## BL GROUP: о диверсификации бизнеса в Азии



1 февраля этого года в городе Колката (б. Калькутта), Индия, представители компании *BL Trade India Private Limited* подписали рамочное соглашение с государственной компанией *BRIDGE & ROOF COMPANY (INDIA) LIMITED*, многопрофильным холдингом, осуществляющим широкий спектр строительного-монтажных работ на всей территории Индии и за рубежом. (Холдинг *B&R* имеет большой опыт и компетенции в сфере гражданского строительства и строительства железных дорог и в настоящий момент находится в процессе расширения бизнеса и регионов своего присутствия.) В целях решения этой масштабной задачи *B&R* и планирует привлечь компанию *BL Trade India*, представляющую на индийском рынке крупнейший в России и странах СНГ светотехнический холдинг *BL Group*, для совместной реализации проектов в сфере городского благоустройства и модернизации всех видов освещения, включая наружное и внутреннее (промышленное, офисное и жилищно-бытовое). Предполагается также совместное участие в тендерах на строительство и модернизацию объектов освещения в Индии и за рубежом.

В истории *B&R* это первое подобное соглашение, подписанное с коммерческой организацией, имеющей в уставном капитале долю иностранного участия.

www.bl-g.ru  
02.02.16



10 ноября 2015 г. на конференции «LED Forum» в рамках 21-й Международной выставки «Interlight Moscow powered by light+building» ведущие специалисты (Питер Блаттнер, Любовь Текшева, Павел Зак, Константин Даниленко, Антон Шаракшанэ) обсудили возможность замены освещения люминесцентными лампами (ОЛЛ) на освещение светодиодами (ОСД) в школьных и дошкольных учреждениях. Публикуем выдержки из этих обсуждений.

## Спектр должен следовать за солнечным (из «Обзора деятельности МКО»)



**Питер Блаттнер (Peter Blattner), Dr.** (прикладная оптика). Директор Отделения 2 («Физическое измерение света и излучения») и Технического комитета TC2-69 («Фотометрия») МКО. Заведующий оптической лабораторией Национального института метрологии Швейцарии (METAS)

Около 15 лет назад открыли новый тип светочувствительных клеток (*ipRGC*), которые реагируют на свет, влияют на уровень мелатонина в крови и регулируют циркадный ритм. С тех пор невидимое действие света интенсивно исследуется. МКО недавно сделала заявление о невидимом действии света [1], в котором признаётся перспективность этих исследований и говорится, что открытых вопросов по-прежнему много. В том числе недавно обнаружено, что на циркадный ритм может влиять УФ излучение. МКО разработала дорожную карту по исследованию параметров благоприятного для здоровья внутреннего освещения [2] и призвала искать ответы на поставленные в ней вопросы, используя метрику согласно отчёту международного семинара по циркадной и нейробиологической фотометрии [3].

Излучение может оказывать фотоповреждающее воздействие на сетчатку, что называется «опасностью синего излучения» (ОСИ). Функция относительной спектральной эффективности ОСИ приведена в документе «Фотобиологическая опасность ламп и ламповых систем» [4]. В 2016 г. должен выйти исправленный вариант этого документа.

ОСИ тем больше, чем свет «холодней», но зависит и от других факторов. Мы взяли 40 разных источников света (ИС) из имеющихся на рынке, классифицировали их по трём категориям: без рассеивателя, с рассеивателем и направленного действия, сравнили их по энергетической яркости ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ср})$ ) в синем диапазоне спектра и увидели, что её значения у ИС с рассеивателем на два порядка ниже, чем у ИС направленного действия.

Если классифицировать ИС по коррелированной цветовой температуре  $T_{ки}$ , то в каждой категории можно увидеть разные уровни воздействия синего света без значимой разницы между группами.

Световая доза, вызывающая неблагоприятное воздействие, наберётся, если стоять и пристально смотреть на

сильно сконцентрированный свет специального ИС с высокой долей синей составляющей одну-две минуты. Но никто не будет этого делать – не позволят естественные защитные реакции.

Для школьного освещения я рекомендую использовать светильники со светодиодами (СД) обязательно со светорассеивателем. В идеале необходим матовый рассеиватель, но можно использовать и рассеиватели иного типа, в том числе популярный призматический. И я не вижу никаких проблем в том, чтобы использовать светильники со светорассеивателями с СД в школьных учреждениях.

Вопрос  $T_{ки}$  – в большей степени вопрос культурной традиции, а не безопасности. Так, на юге Европы предпочитают высокую  $T_{ки}$ .

Чувствительность зрения ребенка к синему излучению выше, чем взрослого. Но  $T_{ки}$  дневного света – 6400 К, и, если ИС с такой  $T_{ки}$  не чрезмерно ярки, их свет не опасен вне зависимости от того, дневной ли это естественный свет, свет люминесцентных ламп или же СД.

В идеале в школьных учреждениях нужна динамичная система – спектр ИС должен следовать за солнечным, так как мы приучены к естественному ИС – Солнцу и его влиянию на нас.

## Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодами в учреждениях общего образования



**Любовь Текшева, кандидат биол. наук.** Заведующий отделом гигиенического нормирования и экспертизы и руководитель Испытательного лабораторного центра Таможенного союза по безопасности товаров детского ассортимента, строительных материалов, электротехнических изделий

Современное школьное образование отличается выраженной интенсификацией, нагрузки запредельны, в начальную школу внедряются информационные технологии, повышая нагрузку на зрение и на организм. И чтобы снизить физиологическую стоимость обучения, необходимо использовать все возможные резервы.

Мы провели сравнительную гигиеническую оценку искусственного освещения с использованием светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ), при котором с 70-х гг. отучилось четыре поколения школьников, и светильников с СД.

Освещение ЛЛ (ОЛЛ) в нашей работе заменялось освещением СД (ОСД), в исследованиях участвовали одни

<sup>1</sup> В несокращённом виде презентации на «LED Forum» доступны по ссылке: <http://interlight-moscow.ru.messefrankfurt.com/moscow/ru/exhibitors/events/forums/led-forum/ledforum-2015-presentations.html> (короткая ссылка: <http://goo.gl/3VRtYj>).

и те же ученики (более трёхсот), естественный свет исключался плотными шторами. Другие особенности эксперимента: светильники близки по светораспределению, освещённость на партах 400 лк, показатель дискомфорта менее 15 и  $UGR$  не более 17, коэффициент пульсации освещённости менее 10% и  $T_{ки}$  4500 К, отражательные характеристики полов, потолков и стен стандартны, критерий сравнительной оценки – ответные реакции психофизиологического состояния школьников 4–11 классов и зрительной системы.

Наша основная гипотеза такова – если при ОСД реакции не хуже, такое освещение имеет право на жизнь. И мы были очень удивлены, когда на достоверном уровне обнаружили, что ОСД не хуже, а лучше, чем ОЛЛ.

Частота случаев сильного и выраженного утомления при определении умственной работоспособности оказалась достоверно ниже при ОСД, чем при ОЛЛ и в начальной школе, и в старших классах.

В гигиене за интегральный показатель зрительного утомления принимается критическая частота слияния мелькания (КЧСМ). Измерение КЧСМ также показало предпочтительность ОСД. При ОСД также больше выражен объём аккомодации. Впервые пробовалось изучать реакции кардиоваскулярной системы на разную световую среду. В том числе измерялась динамика индекса двойного произведения (ИДП). Чем ИДП ниже, тем выше аэробные возможности организма, тем больше резервы, тем дольше период устойчивой работоспособности и дальше откладывается момент развития утомления. При ОЛЛ уже в среду, в середине недели, мы находили заметное ухудшение состояния детей, тогда как в «светодиодных классах» это происходило только в четверг. То есть ухудшение состояния детей на целые сутки отодвигалось к концу недели. Частота жалоб неврозоподобного характера у учащихся начальной школы также при ОСД была значимо ниже.

Лишь по головным болям мы не нашли достоверной разницы, по всем же остальным параметрам выраженная достоверная разница получена – при ОСД значимо менее выражены снижение концентрации внимания, повышенная тревожность, чувство усталости, плаксивость, сонливость и трудность засыпания.

Анализ степени утомления школьников 4-го класса при ОЛЛ и ОСД показал ощутимую разницу по следующим критериям: КЧСМ, латентный компонент окуломоторной реакции, моторный компонент окуломоторной реакции, интервал предельно быстрой моторики в течение 5 секунд, показатель динамичности реакций, предельная частота длительной моторики, нестабильность длительной моторики, интервал предельно быстрого чередования движений, время переключения внимания и погрешность переключения внимания. По всем этим критериям организм при ОСД работает легче.

Аналогично исследовалась умственная работоспособность учеников 4–11 классов. Исследовались скорость и точность работы, сильное и выраженное утомление, интегральный показатель работоспособности. И также оказалось, что ОСД предпочтительнее.

Для себя я объясняю полученные результаты более низким уровнем пульсации освещённости и тем, что спектр излучения СД ближе к естественному. Кроме того, использовались светильники с СД с очень однородной

яркостью светового отверстия, благодаря рассеивателю и использованию СД мощностью лишь 0,1 Вт.

Коэффициент пульсации освещённости (КПО) при ОСД составлял 0,5%, а при ОЛЛ (с ЭПРА) – 2,5%. (В своё время было установлено, что КПО менее 10% уже не влияют на работоспособность, но в наше время, считаю, необходимо заново поднять вопрос о его пороговом уровне.)

По завершении исследования мы наблюдали этих детей в течении полутора лет и никаких жалоб от учившихся при ОСД не было. Наоборот, родители детей, которые учатся при ОЛЛ, постоянно требуют от директора школы создать в их классах хорошее ОСД.

Мы разработали гигиенические требования к установкам общего искусственного ОСД и подали проект изменения в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 («Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»). Основные тезисы проекта состоят в том, что в учреждениях школьного и профессионального технического образования при использовании осветительных установок с СД должны выполняться следующие требования:

- $T_{ки}$  СД белого света не должна превышать 4000 К;
- в светильниках допускается использовать СД мощностью не более 0,3 Вт;
- светильники с СД должны содержать рассеиватель, обеспечивающий равномерное распределение яркости по световому отверстию;
- максимальная габаритная яркость светильников не должна превышать 5000 кд/м<sup>2</sup>.

Новый нормативный показатель – общий индекс цветопередачи  $R_a$  ввести в этот документ тяжело, но я убеждена, что это необходимо. При этом  $R_a$  должен быть не ниже 80.

Спектр света белых СД – это часть спектра естественного света, и по своему составу он ближе к естественному, чем свет ЛЛ. Если какими-то требованиями и ограничениями мы можем улучшить световую среду, чтобы снизить физиологическую стоимость обучения, то давайте это делать в отношении всех источников.

### Об ограничении коррелированной цветовой температуры светодиодов при освещении помещений образовательных, дошкольных и лечебных учреждений



*Павел Зак, доктор биол. наук, профессор. Ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических основ рецепции Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН*

Очевидно, что ОСД по многим параметрам превосходит «традиционное» искусственное, и в близком будущем, безусловно, его заменит. На повестке дня – внедрение в осветительную практику белых СД с «бинарным» спектром, сформированным спектрами синего (450–460 нм) кристалла и зелёно-жёлто-красного (500–650 нм) люминофора. По доле излучения в синей части спектра белые СД условно делят на три категории: тепло-белого ( $T_{ки}$  около 3000 К), нейтрально-белого (4000–5500 К) и холодно-белого (свыше 5500 К) света.



Сегодня в России считается допустимым использование в общеобразовательных школах СД нейтрально-белого света. Однако, по моему мнению и по заключениям европейских экспертов, дети, с их несформировавшимся зрением, относятся к группе повышенного зрительного риска по отношению к избыточному освещению синим светом. По этим экспертным оценкам, предельная избыточность синей доли в ОСД требует дополнительных медико-биологических исследований и обоснований, так как в мировой научной литературе отсутствуют данные о безопасности синего диапазона при относительно слабом повседневном освещении.

Ранее проведённые медико-биологические исследования по оценке лазерной безопасности выполнены при кратковременных однократных световых экспозициях, поэтому применение этих данных к оценке безопасности осветительных ламповых систем неправомерно. Три последних года разными научными группами ведутся сравнительные исследования по действию повседневного ОСД разного спектрального состава на сохранность зрительных функций короткоживущих экспериментальных животных на протяжении их биологической жизни от рождения до старости. Так, в целом ряде исследований на лабораторных мышах показано, что их повседневное содержание при ОСД холодно-белого света к концу жизни приводит к вымиранию половины зрительных клеток. Появились также независимые сведения о том, что развитие оптики глаза в детском возрасте значительно зависит от спектрального состава освещения (от переизбытка как синей, так и красной долей света).

В моих работах содержание лабораторных животных (японский перепел) при слабом синем свете в полтора раза активировало процессы биохимического обмена сетчатки в молодом возрасте, и в дальнейшем эта активация обернулась более ранним состариванием сетчатки и появлением в ней возрастных нарушений.

Кроме того, классические исследования прошлого века дают ясное представление о том, что максимальная зрительная работоспособность в кабинетных условиях достигается, когда в спектральном составе света преобладает доля с длинами волн 500 нм и выше.

Соответственно, я считаю, что на сегодня, в связи с неясностью ситуации, при внедрении ОСД в школьные и детские учреждения следует использовать светильники с СД тепло-белого света – спектрально аналогичные лампам накаливания, с их  $T_{кц}$  около 3000 К.

### Свет с позиции хронофизиологии: какой, сколько и когда



**Константин Даниленко**, доктор мед. наук. Зам. директора по научной и лечебной работе ФГБНУ «НИИ физиологии и фундаментальной медицины»

Основа анатомии хронобиологии – биологические часы в гипоталамусе, автономно работающие в генетически закреплённом циклическом режиме и синхронизирующие хронофизиологическую систему. Биологические часы связаны нервным путём с шишковидной железой в мозгу, которая вырабатывает мелатонин, тем самым

переводя информацию о смене дня и ночи на понятный организму биохимический язык и синхронизируя суточный цикл всех систем организма.

Циклическая работа гипоталамуса синхронизируется со временем суток с помощью сигналов, идущих от меланопсиновых фоторецепторов в глазах. Никакие другие факторы – ни физическая нагрузка, ни приём пищи, ни знание времени суток на биологические часы не действуют. Только свет.

*Первый закон хронобиологии: воздействовать светом в нужное время*

Принцип регуляции светом прост: при воздействии света ранним утром биочасы сдвигаются на более раннее время, при воздействии вечером – на более позднее. Такая зависимость отражена в экспериментально полученной *кривой фазового ответа* (рис. 1).

*Второй закон хронобиологии: больше света, когда он нужен, и меньше, когда он не нужен*

Для воздействия на биологическую систему имеет значение уровень освещения, его спектр (меланопсиновые рецепторы чувствительны к синей и бирюзовой составляющим света) и предыдущая световая история. Чем больше контраст между темнотой ночи и светом дня, тем больше амплитуда суточного ритма мелатонина, тем здоровей организм. С возрастом амплитуда снижается.

У молодых людей уровень мелатонина в крови ночью высок, они хорошо спят. У пожилых людей ночной уровень мелатонина ниже, а у пожилых с бессонницей ещё ниже.

Добавление дополнительного освещения днём пожилым с бессонницей увеличивало у них ночную концентрацию мелатонина в два раза (рис. 2). Напротив, полная темнота днём снижает ночную секрецию мелатонина у здоровых исследуемых.

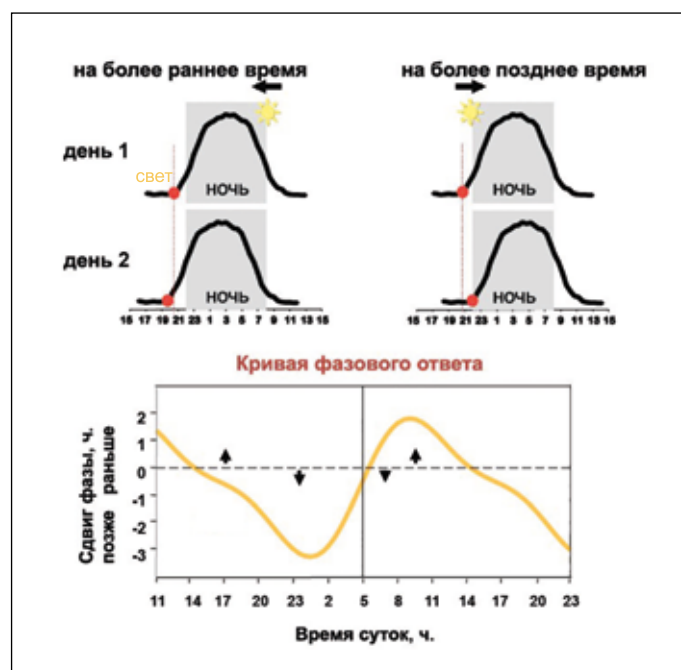


Рис. 1

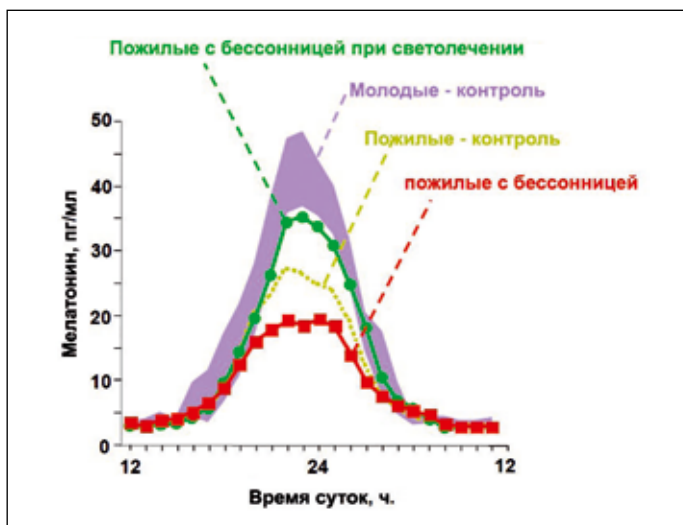


Рис. 2

Идеальное освещение для школ – динамичное, с повторением естественной световой динамики и по цветности, и по интенсивности. Такое освещение технически возможно, оно называется «циркадный дом», но во всех школах страны, конечно, реализовать его невозможно. Для школьников значима полнота светового спектра, его приближённость к естественному. В вечернее время нежелательны «холодный» свет и избыточный уровень освещения.

### Критерии нормирования коррелированной цветовой температуры белых светодиодов для осветительных приборов



**Антон Шаракшанэ**, кандидат физ.-мат. наук, И.о. главного редактора ООО «Редакция журнала «Светотехника»

В спектре белого СД присутствует выраженный узкий синий пик, но степень воздействия на циркадную систему и опасность синего света определяются не амплитудой узкого пика, а общей долей потока излучения во всём сине-голубом спектральном диапазоне. Более точно эти воздействия определяются с учётом функций относительной спектральной эффективности ОСИ и подавления секреции мелатонина [4]. Методически наиболее правильно сравнивать эффект освещения светом различной природы, вычисляя их биологический эквивалент по методике, которую предложил В. Ван Боммель [5].

Расчёт биологического действия спектров различной природы проведён разными авторами и дал один и тот же результат: чем выше  $T_{кц}$ , тем выше биологическое действие света [6, 7]. Но получен и ещё один важнейший результат: биологическое действие любого ИС, будь то естественный дневной свет, ЛН, ЛЛ или СД, при одинаковой  $T_{кц}$  одинаково. На этом основании Минэнерго США в 2013 г. выпустило официальное разъяснение [8] со следующим заключением: «Светодиодная продукция не более опасна, чем другая осветительная продукция с той же  $T_{кц}$ . Кроме того, в соответствии с действующими меж-

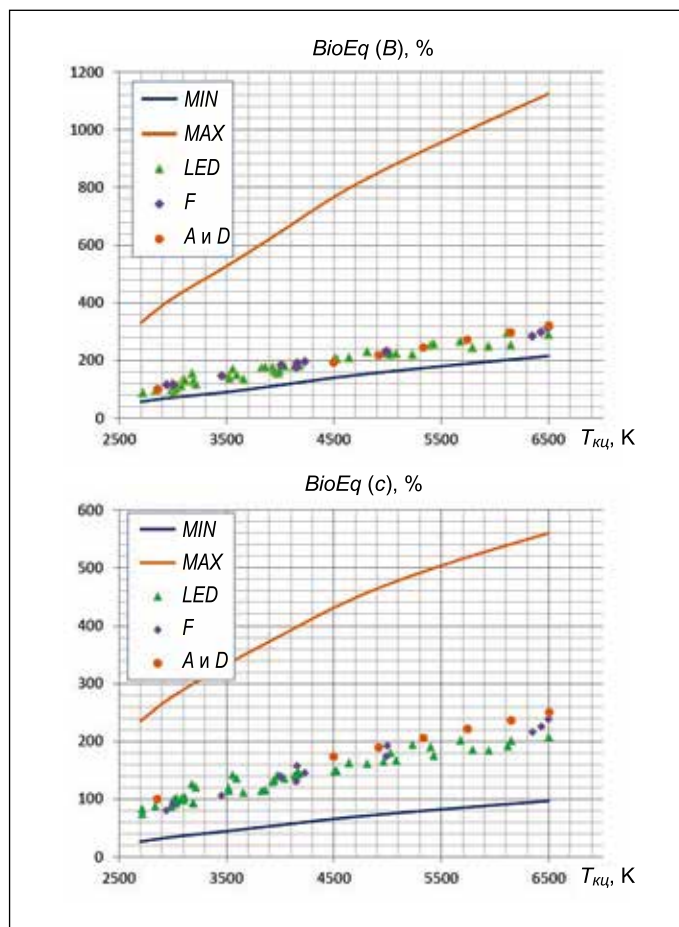


Рис. 3

дународными стандартами белый свет светильников, используемых для общего освещения не несёт риска опасности синего излучения».

Биологическое воздействие света в первую очередь определяется яркостью ИС, его расположением относительно наблюдателя и продолжительностью воздействия. Но при прочих равных условиях основной параметр контроля биологического действия ИС –  $T_{кц}$ .

Методом математического моделирования<sup>2</sup> мы определили спектры белого света, имеющие максимально (MAX) и минимально (MIN) возможные биологические эквиваленты по ОСИ (BioEq(B)) и по воздействию на циркадную систему (BioEq(c)) при заданных  $T_{кц}$  (рис. 3). (Ни при каких условиях биологическое действие любого ИС, который когда-либо будет создан человеком, не выйдет за эти пределы.) А затем посчитали и отложили на этом же графике биологические эквиваленты для 87 реальных ИС разных видов (ЛН, ЛЛ, СД и естественный дневной свет) с разной  $T_{кц}$ .

Результат согласуется с ранее опубликованными выводами [7, 8]: светодиодные (LED) и люминесцентные (F) источники, а также источники естественного света (A и D) имеют биологическое действие, значимо не различимое при одинаковой  $T_{кц}$ .

Второй значимый и точно известный потребительский параметр любого ИС – общий индекс цветопередачи  $R_a$ .

<sup>2</sup> Программный комплекс спектрального анализа разработан Александром Шаракшанэ.



Он определяет психофизиологический комфорт световой среды, но косвенно характеризует степень близости спектра искусственного света к спектру дневного света. Чем выше  $R_a$ , тем ближе спектр искусственного света к естественному, тем больше оснований считать, что свет по любым критериям не хуже или не опасней естественного. Для детских учреждений за минимально допустимое значение  $R_a$  предлагаю принять равным 80 (в соответствии с предложением Любови Текшевой), а в качестве рекомендуемого – 90. Значения эти вполне реализуемы со светильниками с СД или ЛЛ.

Бесспорно, благоприятна световая среда на тенистой террасе в солнечный день (где освещённость около 5000 лк,  $T_{ки}$  около 5000 К и биологическое действие естественного света в десятки раз выше чем в искусственно освещённом помещении). Но это хорошо для летнего дня. То же световое воздействие на циркадную систему вечером уже не будет благоприятным. Интенсивное световое воздействие на циркадную систему в несоответствующее время суток «выбивает из колеи» на несколько дней и однозначно опасно. Ещё в 2012 г. Американская медицинская ассоциация выпустила отчёт [9], в котором указала на опасность расстройства сна детей и подростков из-за воздействия света с большой синей составляющей в вечернее время.

Мы обязаны в школах и дошкольных учреждениях использовать высокие уровни освещения, сохраняя зрение детей. Но не имея возможности в детских учреждениях по всей стране регулировать  $T_{ки}$  в течение дня, следует её ограничить единым для всех школ безопасным уровнем. Максимально высокое оправданное значение

$T_{ки} = 4000$  К. Как показывают исследования [10], оно получает высшие оценки в тестах на зрительный комфорт в рабочей обстановке, использование же более высокой граничной  $T_{ки}$  нецелесообразно и потенциально опасно.

Предлагаю согласиться с предложением Павла Зака – принять за рекомендуемое значение  $T_{ки}$  3000 К и с предложением Любови Текшевой – принять за максимально допустимое значение этой величины 4000 К.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CIE Statement on Non-Visual Effects of Light «RECOMMENDING PROPER LIGHT AT THE PROPER TIME».
2. CIE TC3–46 WD «Research Roadmap for Healthful Interior Lighting Applications»
3. Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013.
4. CIE S009 / IEC62471 «Photobiological safety of lamps and lamp systems» (ГОСТ Р МЭК 62471–2013 «Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность»).
5. Ван Боммель В. Лампы для прямой замены ламп накаливания и здоровье // Светотехника. – 2011. – № 2. – С. 20–24.
6. Аладов А.В., Закегей А.Л., Мизеров М.Н., Черняков А.Е. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 7–10.
7. Бижак Г., Кобав М.Б. Спектры излучения светодиодов и спектр действия для подавления секреции мелатонина // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 11–10.
8. SSL Technology Fact Sheet: Optical Safety of LEDs.
9. American Medical Association «H 135.937 Light Pollution Adverse Health Effects of Nighttime Lighting».
10. Банья Р.Р., Тэтри Э., Халонен Л. Исследование предпочтений по освещённости и коррелированной цветовой температуре в офисном освещении светодиодами // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 53–58.

### АККРЕДИТОВАННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Аттестат аккредитации № BY/112 02.10.1714 от 13.08.2012г.

проводит испытания светотехнических изделий на соответствие требованиям стандартов и ТУ по следующим характеристикам:

**Государственное предприятие «ЦСОТ НАН Беларуси»**

220090, Республика Беларусь, г. Минск, Логовокий тракт, 22, к. 2  
Тел.: +375-17-281-13-35 (прямая линия)  
Факс: +375-17-283-91-51  
E-mail: senso@inel.bas-net.by

Испытательная лаборатория:  
Тел.: +375-17-281-13-62  
Моб.: +375-29-174-174-6  
E-mail: led.testlab@gmail.com  
Начальник ИЛ: Цырко Виталий Иванович

#### СВЕТИЛЬНИКИ

- Класс светораспределения
- Тип КСС в различных плоскостях
- Световой поток, лм
- Спад и время стабилизации светового потока
- Потребляемая мощность, Вт
- Коэффициент мощности
- Световая отдача, лм/Вт
- Коррелированная цветовая температура, К
- Общий и частные индексы цветопередачи
- Коэффициент пульсаций
- Гармонический состав тока, фликер
- Температура в различных точках изделия

#### ЛАМПЫ, ПОДСВЕТКИ, СВЕТОВЫЕ ПАНЕЛИ



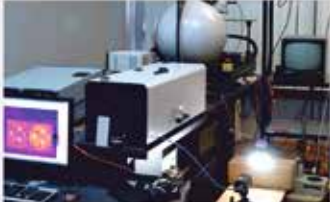
- Световой поток, лм
- Спад и время стабилизации светового потока
- Потребляемая мощность, Вт
- Коэффициент мощности
- Световая отдача, лм/Вт
- Коррелированная цветовая температура, К
- Координаты цветности (X, Y)
- Общий и частные индексы цветопередачи
- Температура в различных точках изделия
- Яркость, кд/м<sup>2</sup>
- Измеряем трубчатые лампы типа T8 и T12 с цоколем G13 длиной от 44 до 150 см
- Измеряем лампы с цоколями GU10, G9, E14, E27, E40
- Климатические испытания

#### СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОДИОДНЫЕ МОДУЛИ

- Вольтамперная характеристика
- Спектральное распределение излучения в диапазоне 200-1000 нм
- Световой поток, лм
- Излучаемая мощность, Вт
- Поток фотонов в области ФАР, мкмоль/с
- Эффективность в области ФАР, мкмоль/с/Вт
- «Усредненная» сила света, кд
- Яркость, кд/м<sup>2</sup>
- Коррелированная цветовая температура, К
- Координаты цветности (X, Y)
- Потребляемая мощность, Вт
- Температурный коэффициент напряжения

Работы проводятся на оборудовании ведущих мировых производителей:

- Instrument Systems (Германия)
- Agilent (США)
- Flig (Швеция)
- Testo (Германия)
- Konica Minolta (Япония)
- Laplace Instruments (Великобритания)



## Влияние светового режима на вегетативный статус крыс

В.Н. КРЫЛОВ<sup>1</sup>, Л.В. ОШЕВЕНСКИЙ, А.Ю. РЫЖАКИНА

Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

### Аннотация

Работа посвящена изучению физиологических эффектов (вариабельность сердечного ритма и электрофоретическая подвижность эритроцитов) у крыс при изменении у них суточного светового режима. Установлено, что короткий световой день (декабрь, 7 ч, контроль) и низкий уровень освещения приводят к снижению вегетативной реактивности крыс, характеризующейся преобладанием парасимпатической (ваготонической) активности и отсутствием реакции на ортостатический тест. Дополнительное освещение животных светодиодными лампами (12 ч, опыт) и повышение уровня освещения повышают симпатическую активность вегетативного тонуса и восстанавливают адекватность реакции животных на ортостатическую пробу.

**Ключевые слова:** световой режим, вегетативные реакции, эритроциты, меланопсин.

### Введение

Одной из стратегических задач, которые необходимо решать для развития энергосберегающего освещения и светотехники в целом, наряду с разъяснительной работой среди специалистов и населения, является проведение соответствующих психофизиологических исследований. Авторы полагают, что при этом важно изучение физиологических эффектов и механизмов, по которым реализуются эти эффекты. В последнее тридцатилетие доказано, что свет, попадающий в глаз человека, может являться также биологическим, поведенческим и терапевтическим стимулом. Обнаруженный в светочувствительных ганглионарных клетках сетчатки новый фотопигмент меланопсин позволил прояснить нейроанатомию

и нейрофизиологию фотосенсорной системы, которая, через супрахиазматические ядра гипоталамуса, обеспечивает входной канал для циркадной и нейроэндокринной регуляции, в том числе для синтеза мелатонина эпифизом. Ещё больших достижений следует ожидать, учитывая результаты воздействий света, полученные в экспериментах на животных. Так, недавно установлено, что меланопсин, в ещё большем количестве, чем в клетках сетчатки, обнаружен в стенке кровеносных сосудов мышц. Авторами показано, что меланопсин сосудов участвует в их расширении и усилении кровотока, причём эти эффекты обеспечиваются без участия известных медиаторов расслабления сосудов (монооксид азота, монооксид углерода, простагландины). Однако недостаточно изучены физиологические механизмы, по которым может реализовываться «незрительное» световое воздействие. В частности, остаётся невыясненным вопрос о влиянии режима освещения на систему регуляции вегетативных функций организма – его вегетативную нервную систему (ВНС).

### Цель и методы исследования

В данной работе проведено изучение состояния системы вегетативной регуляции функций крыс при изменении у них суточного светового режима дополнительным освещением светодиодами. Исследования проводились на 35 беспородных крысах-самках массой 180–250 г, находящихся на стандартном рационе вивария. Крысы разделялись на две группы. Первая, контрольная, находилась в условиях естественного освещения (декабрь, продолжительность светового дня 7 ч, освещённость на полу клеток с крысами в полдень 2–3 лк). Вторая группа животных, опытная, помимо естественного освещения, получала дополнительное искусственное освещение источником белого света (на базе светодиодов *SMD5050*)

с коррелированной цветовой температурой 6500 К (освещённость на полу клеток с крысами составляла 603–573 лк). Освещение включалось автоматически в 7 ч утра и выключалась в 19 ч вечера: суммарная продолжительность такого «светового дня» в этой группе составляла 12 ч. Освещённость измерялась люксметром ТКА-04/3.

По истечении 14 дней у животных исследовались реакции ВНС с применением компьютерной программы для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). При анализе физиологических механизмов ВСР учитывались её периодические составляющие: высокочастотные (*HF*), низкочастотные (*LF*) и очень низкочастотные (*VLF*), имеющие периодичность в диапазонах 0,9–3,5, 0,32–0,9 и (0,18–0,32) Гц соответственно, полагая, что высокочастотные колебания отражают преимущественно влияние парасимпатической системы на сердечную мышцу, низкочастотные колебания связаны с активностью постганглионарных симпатических волокон и отражают модуляцию сердечного ритма симпатической нервной системой, а сверхнизкочастотные колебания отражают влияние, в первую очередь, гипоталамических центров вегетативной регуляции. Реакции вегетативных регуляторных систем также оценивались по ортостатической неустойчивости организма (ортостатическая проба). Одновременно с анализом ВСР у крыс оценивалось изменение электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ), которую измеряли методом микроэлектрофореза в горизонтальной микрокамере.

### Результаты и обсуждение

Основные результаты исследования приведены в таблице. Как видно из таблицы, у контрольной группы животных преобладала парасимпатическая (ваготоническая) регуляция вегетативных функций. Это подтверждает доминирование показателя *HF* над *LF* и *VLF*, а также соответствующий баланс *LF/HF*. Такой вегетативный статус крыс представляется вполне естественным для них в дневное время (крысы – «ночные» животные). Проведённая проба на ортостатическую неустойчивость также подтвердила низкий уровень реактивности – выявила отсутствие у животных реак-

<sup>1</sup> E-mail: kfg@bio.unn.ru

Краткое сообщение. Полный текст статьи депонирован в редакции.

Вариабельность сердечного ритма крыс при разных режимах светового воздействия

Показатели ВСР	Группа I (контроль, световой день) $n=17$		Группа II (дополнительное освещение) $n=18$	
	Исходный вегетативный статус	Ортостатическая проба	Вегетативный статус	Ортостатическая проба
ЧСС, уд./мин	439 ± 11	428 ± 8	429 ± 12	439 ± 9
$pNN5, \%$	2,2 ± 0,3	2,5 ± 0,3	1,2 ± 0,8	0,34 ± 0,1
$CV, \%$	2,2 ± 0,3	2,5 ± 0,3	3,9 ± 0,4*	3,6 ± 0,5
$HF, \%$	57,1 ± 4,3	57,1 ± 6,1	53 ± 3,3	47,5 ± 6,1
$LF, \%$	23,9 ± 2	24,1 ± 2,4	28,7 ± 1,2*	34 ± 2**
$TP, \text{мс}^2$	2,4 ± 0,4	4,7 ± 1,8	4,3 ± 0,3*	3 ± 0,1**
$SI, \text{отн. ед.}$	4999 ± 575	4636 ± 650	2530 ± 346*	3142 ± 557**
$LF/HF$	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1**
$VLF, \%$	19,1 ± 4,2	18,9 ± 5,7	18,3 ± 2,7	18,6 ± 4,1
$LF, \text{мс}^2$	0,6 ± 0,2	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,3
$HF, \text{мс}^2$	1,3 ± 0,3	2,7 ± 1,3	2,3 ± 0,5	1,4 ± 0,3

Примечание. Статистические значимые различия показателей ( $p < 0,05$ ): \* по отношению к группе I; \*\* по отношению к вегетативному статусу в группе II.

ции со стороны регуляторных систем организма.

В отличие от контрольной группы, в группе с увеличенной продолжительностью «светового дня» показатели ВСР отличались как в исходном состоянии, так и при проведении ортостатической пробы. Анализ изменений позволил установить, что в вегетативной регуляции возросла доля симпатических влияний. Было установлено, что увеличение продолжительности «светового дня» до 12 ч, хотя и не меняло высокочастотную составляющую  $HF$  (%), существенно повышало показатели  $LF$ ,  $SI$ ,  $TP$  и  $CV$ . Увеличение индекса  $LF$  соответствует повышению активности симпатического тонуса, а индекса  $CV$  – связано с повышением вариативности системы регуляции. Увеличение индекса  $TP$  (суммарная мощность спектра ВСР) показывает повышение широты процессов регулирования в организме. Снижение индекса  $SI$  определило повышение гибкости регулирования, что позволяет системе с меньшим порогом воспринимать и отвечать на внешние и внутренние раздражители малой интенсивности.

При проведении теста на ортостатическую неустойчивость регуляторных систем было показано, что реакция организма на удлиненный «световой

день» проявлялась в виде классической реакции на пробу и отличалась от реакций организма при коротком световом дне: снизилось доминирование  $HF$ , достоверно возросла доля симпатической регуляции: повысилась  $LF$ , симпатический индекс  $LF/HF$  увеличился в 1,6 раза, стресс-индекс  $SI$  – в 1,2 раза, уменьшился индекс  $TP$ . Такие реакции являются адекватными для ортостатического рефлекса и направлены на стабилизацию функций системы кровообращения.

Анализ электрофоретической подвижности эритроцитов подтвердил переход состояния организма животных в сторону симпатизации вегетативных процессов при удлинении «светового дня». Было установлено, что при дополнительном освещении крыс показатели ЭФПЭ снизились с  $1,79 \pm 0,22$  до  $1,47 \pm 0,04$  мкм × см/В × с ( $p < 0,05$ ), по сравнению с контрольной группой. Учитывая, что такое снижение по отношению к норме свидетельствует не только об уменьшении суммарного отрицательного заряда эритроцитов, но и о повышении в крови крыс уровня адреналина, можно заключить о непосредственном участии этого гормона в организации реакции симпатизации вегетативных функций при дополнительном освещении животных.

## Заключение

В итоге следует заключить, что короткий световой день и слабое освещение приводят к снижению вегетативной реактивности крыс, характеризующейся преобладанием парасимпатической ваготонической активности и отсутствием реакции на ортостатический тест. Увеличение светодиодными лампами продолжительности «светового дня» и повышение уровня освещения повышают симпатическую активность вегетативного тонуса и восстанавливают адекватность реакции животных на ортостатическую пробу, приводя к восстановлению вегетативного баланса центральной регуляции функций. Полученные результаты позволяют прояснить механизмы повышения физиологической активности организма человека и животных при воздействии света (повышение бодрости, артериального давления, частоты сердечных биений, активности головного мозга и др.), показанные в последнее время рядом исследователей. Можно предложить следующую цепь реакций на свет: активация меланопсина – подавление синтеза мелатонина – повышение тонуса симпатической вегетативной нервной и гормональной (надпочечники) систем – активация веге-

тативных и поведенческих функций организма. При этом важно отметить, что активация меланопсина происходит не только в сетчатке, но и в других органах, лежащих близко к поверхности тела, как это, например, показано для стенки кровеносных сосудов мышей. В данном случае следует указать, что при повышении симпатического тонуса и умеренном повышении в крови норадреналина и адреналина первыми на них реагируют бета-адренорецепторы стенки сосудов скелетных мышц, приводя к расширению сосудов с соответствующим усилением кровотока в мышцах. Указанные реакции обусловлены эволюционным развитием фоторецептивных систем организма и отражают его адаптацию к изменяющимся условиям среды – наступлению дня.

В статье 7,5 с., 1 табл. и 18 библиографических ссылок.



**Крылов Василий Николаевич,** доктор биол. наук, профессор. Окончил в 1970 г. биологический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

(ННГУ). Зав. кафедрой «Физиология и биохимия человека и животных» ННГУ. Заслуженный деятель науки РФ. Научные интересы: физиология экстремальных состояний организма



**Ошевский Леонид Владимирович,** кандидат биол. наук. Окончил в 1979 г. биологический факультет ННГУ. Доцент кафедры «Физиология и биохимия человека

и животных» ННГУ. Научные интересы: применение электромагнитных излучений в биологии и медицине



**Рыжакина Анастасия Юрьевна,** ветеринар. Окончила в 2011 г. Нижегородскую государственную сельскохозяйственную академию.

Аспирант кафедры «Физиология и биохимия человека и животных» ННГУ. Научные интересы: ветеринария

## Поздравляем с юбилеем!

### Леониду Борисовичу Прикупец – 70 лет

20 января исполнилось 70 лет со дня рождения известного светотехника, члена редколлегии нашего журнала, кандидата технических наук Леонида Борисовича Прикупец.

С окончания в 1970 г. с отличием Московского энергетического института по специальности



и обеззараживании жидких сред и воздуха, борьбе с насекомыми-вредителями.

В последние годы Леонид Борисович активно занимается продвижением продукции холдинга *VL Group* на светотехническом рынке.

Л.Б. Прикупец – автор более 100 научных публикаций и 30 изобретений.

«Светотехника и источники света» и по настоящее время Леонид Борисович работает во ВНИСИ (ныне ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова»).

В течение ряда лет он активно занимался экспериментальными исследованиями разрядов и разработкой металлогалогенных ламп, выбрав в качестве одного из основных направлений работы внедрение специальных светотехнических облучательных установок для выращивания высших растений в закрытом грунте.

В 1979 г. после защиты кандидатской диссертации Л.Б. Прикупец возглавил отдел, а затем отделение разрядных источников излучения и облучательной техники.

На протяжении многих лет с коллегами из Института биофизики СО АН СССР, Института экспериментальной ботаники АН БССР и Института физиологии растений АН СССР Л.Б. Прикупец участвовал в ряде фотобиологических исследований, которые значительно расширили и уточнили представления о влиянии оптического излучения на продуктивность растений и получили известность.

Юбиляр также успешно занимался вопросами применения оптического излучения в медицине, очистке

Он участвовал с докладами в работе многих конференций в нашей стране и за рубежом.

На всех этапах своей трудовой деятельности Л.Б. Прикупец активно занимался научно-общественной деятельностью. В течение ряда лет он являлся представителем России в Отделении 6 Международной комиссии по освещению, а с 1994 г. до последнего времени – исполнительным вице-президентом российского Межрегионального светотехнического общества. Значителен его вклад в организацию и проведение международных светотехнических конференций в Суздале (1995 г.), Великом Новгороде (1997 г.), Вологде (2000 г.), Санкт-Петербурге (2003 г.) и Светлогорске (2006 г.).

Л.Б. Прикупец удостоен правительственных наград, медалей ВДНХ СССР, звания «Почётный машиностроитель Российской Федерации».

Годы не снижают его активность, он щедро делится опытом, консультирует специалистов и студентов, пользуется авторитетом у всех, кто его знает.

Редколлегия и редакция журнала, коллеги и друзья поздравляют Леонида Борисовича Прикупец с юбилеем и желают ему здоровья, оптимизма и долгих лет активной жизни.



## «Технологии» выхода из кризиса или новый стартап «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»

Н.Н. ДЕРГУНОВА, И.Н. КОШИН, Т.А. РОЖКОВА<sup>1</sup>

ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина», Саранск

### Аннотация

Статья посвящена 57-й годовщине с даты создания «НИИИС имени А.Н. Лодыгина», с акцентом на состоянии и развитии одного из направлений его деятельности – проведение испытаний и оценки светодиодной светотехнической продукции в своей аккредитованной испытательной лаборатории.

**Ключевые слова:** источники света, институт, история, кризис, модернизация, ИЛ ЭЛСИ, новое оборудование.

ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина», г. Саранск, за всю 57-летнюю историю существования неоднократно переименовывалось и преобразовывалось. Институт источников света, основанный в декабре 1958 г. как ВНИИИС, за более чем полувека пережил многое [1]. В истории его развития были разные периоды: становления и развития, взлётов, застоя, упадка и выживания, и, наконец, пришло понимание необходимости решать, как жить и работать дальше, необходимости оздоровления, выхода из кризиса и движения вперёд. Конкретные пути выхода предприятий из кризисной ситуации зависят от причин, к ней приведших. При этом одним из путей оздоровления предприятий может быть господдержка «несостоятельных субъектов хозяйствования», но она оказывается весьма избирательно. Нашему институту в этом плане, можно сказать, повезло. В 2013–2014 гг. проведена модернизация его научно-исследовательской, производственной и испытательной баз в рамках Федеральной программы поддержки развития пилотных инновационных кластеров, реализуемой при содействии Министерства экономического развития РФ и Министерства промышленности, науки и новых технологий Республики Мордовия.

На сегодня ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина», находящееся на тер-

ритории АУ «Технопарк-Мордовия», – ведущий научно-технический центр страны в области источников света (ИС), располагающий современной высокотехнологичной научно-производственной базой. Институт проводит работы практически по всем направлениям развития современных ИС. Его опытное производство изготавливает более 500 типов разных ИС (ГЛН, РЛВД, специальные ИС для медицины и медтехники, источники УФ излучения НД и ВД и ряд других). Это во многом – уникальные изделия, никем больше в стране не изготов-

ляемые. При этом имеется всё необходимое для выполнения разработок и мелкосерийного производства ИС по требованиям заказчиков.

Институт располагает аккредитованной (аттестат № РОСС RU.0001.22МЕ 33 Федеральной службы по аккредитации для работы в рамках Таможенного союза) Испытательной лабораторией электрических ламп и светотехнических изделий (ИЛ ЭЛСИ) (рис. 1). Техническая компетентность и конкурентоспособность услуг лаборатории во многом определяются её метрологическим оснащением.

ИЛ ЭЛСИ обладает современным испытательным оборудованием и средствами измерений (СИ) последнего поколения, которые проходят ежегодную аттестацию, поверку и калибровку, и полностью укомплектована квалифицированным персоналом (рис. 2), имеющим соответ-

ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»	
Наименование продукции	Код ТН ВЭД
лампы светодиодные и модули светодиодные	8543709000
светильники и прожекторы светодиодные	9405000000
лампы накаливания всех видов и типов	8539000000
лампы люминесцентные компактные со встроенной пускорегулирующей аппаратурой	8539000000
лампы разрядные низкого, высокого и сверхвысокого давления	8539000000
светильники и прожекторы различного назначения	9405000000
пускорегулирующая аппаратура, устройства управления и зажигающие устройства	8504000000

Рис. 1



Рис. 2

<sup>1</sup> E-mail: il\_elsi@mail.ru



Рис. 3



Рис. 4

ствующее образование и профессиональную подготовку, что позволяет проводить испытания всех видов ИС и световых приборов по стандартным методикам на соответствие требованиям нормативных документов, а также по методикам заказчика

В конце 2013 г. институт возглавил О. Л. Грицай (на рис. 2 шестой слева) – антикризисный менеджер, видящий пути выхода из кризиса, полный сил и творческих планов. Он быстро создал команду из профессионалов и молодых перспективных специалистов. В ходе мероприятий по оздоровлению и развитию института было важно добиться безусловной востребованности его продукции и услуг. Добиться этого можно было путём энергичного создания инновационных

продуктов с быстрейшим их выводом на рынок. И началось движение по этому пути. В 2014 г. в институт поступило новое фотометрическое оборудование (рис. 3): гониофотометр *RIGO 801 (TechnoTeam)*, спектрорадиометр *PMS2000 (Ocean Optics)*, комплексы на базе интегрирующих сфер диаметром 0,25 и 2 м и др. Обновлён парк оборудования для климатических и механических испытаний – поступили: камера пыли КП-2,0; камера тепла и влаги КТВ-2,0; камера холода и тепла КХТ-3,5; термобарокамера КХТБ-0,4; везерометр *Q-SUN Xe-3-HS* и вибростенды *S011-120M, S201-335* (рис. 4). ИЛ ЭЛСИ за короткий срок были освоены новые высокотехнологичные СИ и новые методы измерений и испытаний. За 1,5 г.

производительность труда в лаборатории повысилась более чем на 30%. Широкая рекламная компания в профессиональных СМИ, на специализированных выставках и презентациях способствовала привлечению новых заказчиков и налаживанию профессиональных контактов. Идёт восстановление былой репутации отечественного центра светотехники, которой он обладал в 1970–80 гг.

С момента основания института сменилось не одно поколение светотехников, и ещё 3–4 года назад новые, «светодиодные», светотехники не охотно шли на сотрудничество со светотехниками «классическими», считая, что для светильников со светодиодами существуют иные правила световых измерений. Сейчас, можно сказать, взаимопонимание между ними налажено, все готовы работать с большой отдачей и не бояться решать поставленные задачи.

ИЛ ЭЛСИ – одна из немногих лабораторий, занимающихся у нас работами по измерению характеристик излучения в УФ-области на длинах волн от 180 нм. При этом используются существующие, активно модернизируются старые и разрабатываются новые методики измерений УФ-излучения; то же относится и к методикам ускоренных ресурсных испытаний бактерицидных ламп.

В ИЛ ЭЛСИ существуют традиции преемственности опыта и накопленных знаний; работает программа наставничества и передачи профессионального опыта, освоения новых технологий измерений и испытаний, разработки новых методик испытаний.

Существенный вклад в поступательное развитие внесла разработка в институте (в 2014 г.) системы менеджмента качества (СМК) по стандарту [2]. С внедрением СМК изменился в целом микроклимат в коллективе и отношение к плодам своего труда у каждого из его членов.

При этом была решена не только эта задача. Большой сегмент в производстве и, соответственно, испытаниях в институте занимают ИС для нужд Минобороны (более 28% от общего объёма производства ИС), в связи с чем в 2015 г., по инициативе директора, коллектив взялся за задачу сертификации СМК для постановки на производство продукции оборонного назначения, и уже в октябре 2015 г. институт прошёл процедуру сертифи-

кации СМК по ГОСТ РВ 0015–002–2012 [3].

Своё 60-летие (в 2018 г.) ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина» готовится встретить полным новых творческих планов и надежд на их плодотворное решение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокинов А. М., Сажин Ю. В., Вугман С. М. ВНИИИС. Годы и люди. – Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1991. – 124 с.

2. ИСО 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования» (ISO 9001:2008 «Quality management systems – Requirement»).

3. ГОСТ РВ 0015–002–2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Система менеджмента качества. Общие требования».

## Крым готовится перейти на освещение светодиодами

«Все бюджетные учреждения в обязательном порядке должны быть включены в программу энергосбережения. Финансирование будет предоставлено.



Необходимо полностью заменить все лампы осветительных приборов на энергосберегающие. Также необходимо разработать подобную программу для жителей республики. Считаю, что им необходимо помочь», – Сергей Аксёнов, глава Крыма.

По словам Министра топлива и энергетики Крыма Светланы Боро-

дулиной, экономия от замены осветительных ламп на светодиодные в Республиканской клинической больнице им. Семашко составила 70%.

«Для сравнения, прежде потребление – 762 кВт·ч, а после замены ламп – 229 кВт·ч. То есть 533 кВт·ч мы сэкономили...», – уточнила она.

Министр добавила, что уже запрошены данные по потреблению электроэнергии в учреждениях Минобразования, Минздрава и Минтруда. После расчётов станет понятно, сколько удастся сэкономить.

www.lightrussia.ru  
29.01.2016



**Дергунова Надежда Николаевна,**  
инженер. Окончила в 1980 г. светотехнический факультет Мордовский государственный университет имени

Н.П. Огарёва. Научный сотрудник ИЛ ЭЛСИ ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»



**Кошин Илья Николаевич,**  
кандидат техн. наук, доцент. Окончил в 1994 г. светотехнический факультет Мордовского государственного университета

имени Н.П. Огарёва. Директор по научно-техническому развитию ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»



**Рожкова Татьяна Александровна,**  
инженер. Окончила в 1980 г. светотехнический факультет Мордовского государственного университета

имени Н.П. Огарёва. Заведующий ИЛ ЭЛСИ ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»

## Объявлен конкурс на соискание Премии имени О.В. Лосева



Инновационный центр «Сколково», компания «Световые Технологии», МГУ и Центр «Люмитехника» объявляют конкурс «Энергия света» на соискание Премии имени О.В. Лосева.

Он посвящается Олегу Владимировичу Лосеву (1903–1942) – нашему соотечественнику, пионеру современной светодиодной техники.

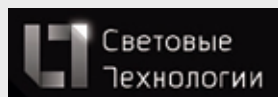
Общий призовой фонд – 12 млн руб. Одна из номинаций конкурса – «Энергоэффективное решение высокой мощности в освещении открытых пространств».

**Жюри возглавляет Жорес Алфёров, вице-президент РАН и сопредседатель Консультативного научного Совета (КНС) Фонда «Сколково». В состав жюри вошёл технический директор компании «Световые Технологии» Александр Карев.**

Сроки проведения конкурса: 25 января – 17 мая 2016 г.

Сбор заявок – по 15 апреля 2016 г.

Подробная информация о конкурсе – на сайте «Сколково».





# Применение аддитивных технологий для производства волоконно-оптических делителей

А. Н. ЛОМАНОВ, В. С. НИКИТИН, Э. И. СЕМЁНОВ, А. В. СОЛОСТИН<sup>1</sup>,  
С. В. ЧАЙКА

ООО «Научно-технологический центр информационной физики «Интрофизика»,  
ФГБОУ ВПО «РГТУ имени П. А. Соловьёва», Ярославская обл., г. Рыбинск

## Аннотация

Оптические делители широко используются в разных светотехнических и информационных устройствах и системах, включая волоконно-оптические датчики и многоканальные «смартлинк соединения». Традиционно оптические делители изготавливают на основе светоделительных кубов с прецизионными покрытиями и линз, что обуславливает их высокую сложность и стоимость. В ООО «НТЦ «Интрофизика» разработан оптоволоконный делитель, в конструкции которого не используются вышеперечисленные элементы, а процесс его изготовления осуществим с использованием аддитивных технологий.

**Ключевые слова:** оптический делитель, световой поток, световод, стереолитография, печать методом послойного наплавления.

## Введение

ООО «НТЦ «Интрофизика» разрабатывает многоканальные оптические делители (МОД), изготавливаемые с применением методов 3D-печати. Использование современных технологий трёхмерного прототипирования и полимерных световодов в качестве филамента для 3D-принтеров позволяет производить МОД высокого качества, не требующие сложных технологических операций изготовления и юстировки.

## Многоканальный оптический делитель

МОД [1] (рис. 1) состоит из набора сложенных вплотную пластин, образованных одиночными световодами, напечатанными с использованием 3D-принтера. Для делителей светово-

го потока на две части используются два типа пластин разной длины с закруглёнными выводами, поочередно сложенных в пакет. Чередующиеся пластины соединены одной стороной так, чтобы образовался общий торец, обращённый к месту соединения с оптошиной или источником света, а другие стороны образовывали отдельные торцы, заканчивающиеся в местах разделения световых потоков.

Принцип работы МОД для разделения световых потоков заключается в следующем: световой поток, поступающий через сечение А-А, передаётся на оба пакета световодов, а затем разделяется ими на два сечения, образуя картину, показанную сечением Б-Б. Таким образом, обеспечивается деление и прохождение светового потока через делители и оптошину.

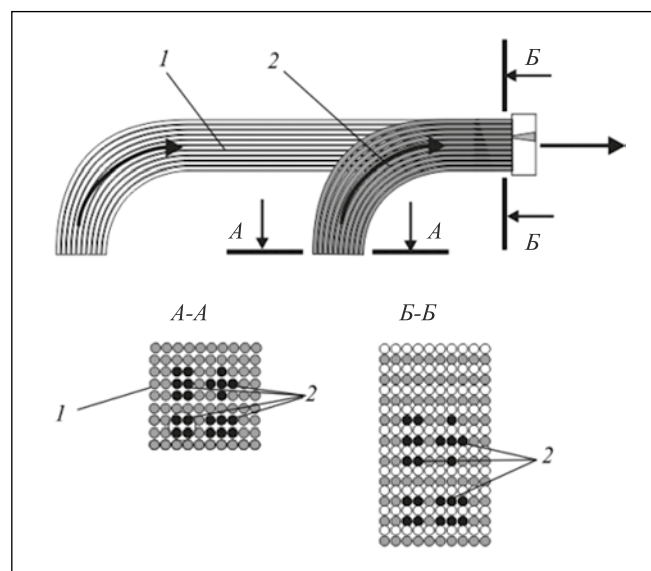
В ходе проведения лабораторных исследований были определены технологии изготовления МОД. Изготовление корпуса последнего целесообразно производить с применением технологии цифровых светодиодных проекций или цифрового проецирования (*Digital Light*

*Processing, DLP*), являющейся разновидностью стереолитографической 3D-печати (*Stereolithography, SLA*) [2]. Для изготовления корпуса делителя по *SLA*-технологии использовали принтер *Miicraft* [3]. Его особенностью является возможность печати с точностью до 5 мкм, что позволяет выполнять очень миниатюрные детали высокого качества. В отличие от лазерных установок, сканирующих поверхность материала одним или несколькими лазерными головками, 3D-принтеры с *DLP*-матрицами проецируют изображение целого слоя до полного затвердевания формирующего полимера (смола), после чего наносится новый слой материала и проецируется изображение нового слоя цифровой модели.

Несмотря на относительную простоту и дешевизну *DLP*-метода, его применение для формирования пластин световодов оказалось неэффективным. Практически невозможно получить световодную нить с требуемыми геометрическими параметрами и необходимыми показателями шероховатости поверхности.

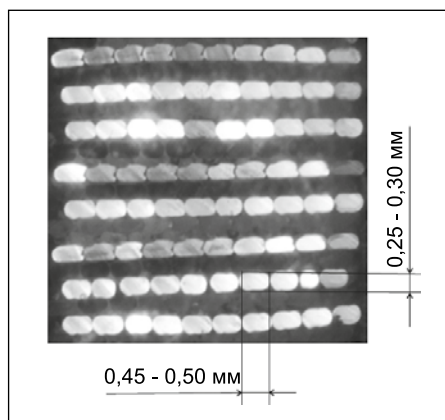
Опытным путём установлено, что для изготовления пластин световодов из полимерных оптоволоконных нитей целесообразно применение технологии послойного наплавления (*Fused deposition modeling, FDM*) [4]. Для изготовления пластин световодов по *FDM*-технологии использовали принтер *Wanhao Duplicator 4X Black DH* [5]. Он имеет две печатающие головки (экструдера), что позволяет печатать двуцветные изделия. Принтер *Wanhao* формирует изделия послой-

Рис. 1. Схема многоканального оптического делителя:  
1 – первый пакет световодов, 2 – второй пакет световодов



<sup>1</sup> E-mail: 21solo@mail.ru

Рис. 2. Форма и размеры световодов (в сечении)



но, выдавливая на рабочую платформу тонкую струйку расплавленного материала. Принтер перемещает экструдер в точном соответствии с моделью, поэтому напечатанный объект полностью соответствует своему виртуальному прообразу. Процесс 3D-печати начинается с нижнего слоя. В печатающую головку принтера в качестве филамента подавали полимерные световоды диаметром 1,4 мм. Расплавленный световод, попадая в рабочую зону, достаточно быстро охлаждается и затвердевает. При определенных условиях технологического процесса структура полимерного световода при экструзии через сопло печатающей головки сохраняется, однако форма световодов деформируется – из цилиндрических они становятся овальными или даже прямоугольными с закругленными углами (рис. 2). Тем не менее такие деформированные световоды полностью сохраняют способность передавать свет.

Процесс практического изготовления МОД заключается в печати заготовок из световодов в виде плоских оптоволоконных шин (пакеты световодов) с использованием принтера *Wanhao Duplicator 4X Black DH*. Материал сердцевины световодов – метилметакрилат (ММА) и метилакрилат (МА), ингибированные нитроксильным радикалом 2,2,6,6-тетраметил-4-оксипиперидин-1-оксил. Отражающая оболочка световодов выполнена из поли-2,2,3,3-тетрафторпропилметакрилата (п-МН-1) и поли-2,2,3,3-тетрафторпропил- $\alpha$ -фторакрилата (п-ФН-1). После формирования необходимого количества пакетов световодов их разрезают и формируют блок световодных пакетов. Блок необходимого количества световодных пакетов фиксируется в корпусе делителя при помощи полимерного клея.

## Заключение

Впервые разработан и изготовлен методами аддитивных технологий полностью полимерный оптоволоконный делитель, не содержащий линз и светоделительных кубов. Простота и дешевизна таких делителей позволит использовать их в самых разных устройствах: от простейших разделителей световых потоков до многоканальных самовосстанавливающихся «смартлинк соединений».

Исследования проводятся в рамках выполнения проекта по Соглашению с Минобрнауки России от 24 ноября 2014 г. № 14.579.21.0067 (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57914X0067).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В. С., Солостин А. В. 3D-печать оптических многоканальных делителей сигналов // Материалы XI международной научно-практической конференции «Научный потенциал мира – 2015». София, Болгария: Бял ГРАД-БГ. 2015. Т. 5. С. 33–42. URL: [http://doi.org/10.17686/rusnauka\\_2015-200529](http://doi.org/10.17686/rusnauka_2015-200529) (дата обращения: 09.09.2015).
2. Цифровая светодиодная проекция (DLP)]. URL: [http://3dtoday.ru/wiki/DLP\\_print](http://3dtoday.ru/wiki/DLP_print) (дата обращения: 09.09.2015).
3. MiiCraft+, SLA-based DLP pico 3D printer. URL: <http://www.miicraft.com/product> (дата обращения: 09.09.2015).
4. Fused Deposition Modeling (FDM). URL: <http://manufacturing.materialise.com/fdm> (дата обращения: 09.09.2015)
5. Wanhao Duplicator 4X Black DH. URL: <http://www.wanhao3dprinter.com/Unboxin/ShowArticle.asp?ArticleID=28> (дата обращения: 09.09.2015).



**Ломанов Алексей Николаевич**, кандидат техн. наук. Окончил в 2003 г. Рыбинский государственный авиационный технический университет

(РГАТУ) имени П.А. Соловьёва. Декан факультета радиоэлектроники и информатики РГАТУ имени П.А. Соловьёва



**Никитин Владимир Степанович**, кандидат техн. наук. Окончил в 1976 г. Тбилисское высшее артиллерийское командное училище.

Директор ООО «НТЦ «Интрофизика»



**Семёнов Эрнст Иванович**, доктор техн. наук. Окончил в 1965 г. РГАТУ им. П.А. Соловьёва.

Профессор РГАТУ имени П.А. Соловьёва. Область научных интересов:

контроль над процессами получения тонких плёнок, автоматика, радиоэлектроника, микроэлектроника, вычислительная техника



**Солостин Александр Викторович**, инженер. Окончил в 1998 г. Санкт-Петербургскую Михайловскую артиллерийскую академию. Зам. директора ООО «НТЦ «Интрофизика»



**Чайка Сергей Владимирович**, инженер. Окончил в 2009 г. РГАТУ имени П.А. Соловьёва.

Программист ООО «НТЦ «Интрофизика»

## Александр Борисович Матвеев – 90 лет со дня рождения



2 января 2016 г. Александру Борисовичу Матвееву – театральному художнику и светотехнику, доктору технических наук, профессору, действительному члену Академии электротехнических наук РФ (АЭН) и вице-президенту Российского светотехнического общества – исполнилось бы 90 лет.

Он с отличием окончил два вуза: МЭИ, по специальности «Светотехника», в 1949 г., и Школу-студию МХАТ, театрально-постановочный факультет, в 1950 г. В 1951–1960 гг. работал художником в Центральном театре Советской Армии (ЦТСА). Защитив после аспирантуры в МЭИ кандидатскую диссертацию на тему «Принципы моделирования в светотехнике» (в 1953 г.), остался преподавать на кафедре светотехники, где проработал до 2007 г.

Как театральный художник А.Б. Матвеев оформил более 40 спектаклей в ведущих театрах Москвы (МХАТ СССР им. М. Горького, Малый, Сатиры, Оперетты и ЦТСА), Одессы, Киева, Минска, Нальчика. Исследуя закономерности зрительного восприятия света, цвета, пространства и перспективы и прекрасно владея техникой и технологией сцены, он с успехом использовал получаемые результаты в своих театральных работах. Будучи членом Всероссийского театрального общества ВТО (ныне СТД), многократно участвовал в выставках эскизов театральных художников. Некоторые его эскизы театральных декораций хранятся

в Центральном театральном музее им. А.А. Бахрушина, где создан его персональный архивный фонд.

Александр Борисович – один из немногих учёных, соединивших в своём творчестве науку и искусство.

На основе исследований в МЭИ, совместно с учениками, им были предложены: алгоритм интегральной оценки цветопередачи при воспроизведении многоцветных объектов; новый способ воспроизведения цветных телевизионных изображений и, впервые, метод пороговых приращений для метрики пространственных ощущений, что позволило количественно связать ощущение глубины пространства в модели и натуре. (Этот подход положен в основу построения макетов, обеспечивающих подобное по ощущению восприятие природы. Для практических целей была изготовлена установка, позволяющая создавать на модели необходимое распределение яркостей. Она использовалась в ряде научных исследований.)

Наиболее важный результат научных исследований А.Б. Матвеева – разработанная им равноконтрастная цветовая система. (Цветовое ощущение является многопараметрической функцией цветовых стимулов, зависит не только от цвета объекта, но и от адаптации глаза, а также от отношения яркостей объекта и фона.) Равноконтрастная система А.Б. Матвеева успешно применяется в научных исследованиях, связанных с восприятием цвета в кино, телевидении, полиграфии, сценической технике и компьютерной графике, а также в цветовой отделке интерьеров промышленных и общественных зданий.

В 1984 г. А.Б. Матвеев защитил докторскую диссертацию на тему «Теоретические и экспериментальные исследования метрики цветоцветовой среды в светотехнике».

Александр Борисович – автор более 150 научных работ, 5 учебных

пособий и 4 изобретений, том числе одной из наиболее важных для всех светотехников – переработанной и дополненной 2-й части учебника «Основы светотехники» (1989 г., в соавторстве с В.В. Мешковым).

А.Б. Матвеев много времени уделял научно-общественной работе, будучи членом различных отечественных и международных обществ по освещению и электротехнике, редколлегии журнала «Светотехника» и ряда многих специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Большое внимание он уделял педагогической деятельности. Им прочитаны циклы лекций по многим дисциплинам и созданы лекционные курсы «Облучательные установки», «Эстетика освещения», «Теория люминесценции», «Физиологическая оптика» и «Световая архитектура, дизайн и реклама».

Александр Борисович выступал с докладами на театральных и светотехнических конференциях у нас, в Болгарии, Чехословакии, Германии и Великобритании. Под его руководством успешно защищено 11 кандидатских диссертаций.

А.Б. Матвеев принимал участие в архитектурно-художественном освещении фасадов зданий и памятников Москвы, за что награждён Золотым дипломом на международном фестивале «Зодчество – 2002».

В 1995 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1997 г. – действительным членом АЭН. Награжден медалью АЭН «За заслуги в электротехнике».

А.Б. Матвеев – человек энциклопедических знаний, ученый-интеллигент высокой культуры – ушёл из жизни в 2008 г. (Светотехника. – 2008. – № 2. – С. 72). Друзья, коллеги и ученики до сих пор вспоминают его с уважением и любовью.

**Г.В. Каменская, кандидат техн. наук**





## Интервью журналу Министра энергетики Московской области Л.В. Неганова

**Леонид Валериевич, редакция журнала «Светотехника» просит Вас дать интервью и ответить на вопросы, интересные специалистов-светотехников. Для нас чрезвычайно важно Ваше мнение как руководителя электроэнергетической отрасли Московской области.**

**Итак, повышение уровня жизни в стране однозначно ведёт к росту энергопотребления. Готова ли ЕЭС России и Московской области к общему росту потребления электроэнергии?**

**Л.В.Н.** ЕЭС – это сложная согласованная и напряжённо работающая система генерации и передачи электроэнергии. Это развивающаяся система, сегодняшний день которой – подготовка к дню завтрашнему.

Энергосистема Московской области развивается согласно существующему порядку, т.е. через схему программы развития, через инвестиционную программу, где сбалансированы производственные (т.е. генерирующие) и сетевые мощности. Достаточен резерв и по технологическому присоединению, и по прохождению максимума нагрузок. Энергопотребление московского региона растёт. В эту зиму мы рассчитываем пройти абсолютный максимум нагрузки в 18800 тысяч МВт, что на 720 тысяч МВт выше, чем зимой «рекордного» 2011 г. И в нормальной, и в аварийной схемах системного дефицита нет. И сегодня, и завтра потребности области в электроэнергии будут обеспечены.

**Каков процент износа энергосетей в целом в стране и в Московской области? Сколько лет могут проработать существующие энергосети до глобальной реконструкции, и есть ли планы по модернизации?**

**Л.В.Н.** Износ энергосети – это «бухгалтерский» показатель, который фактически определяется годом поставки её на баланс и не отражает состояние оборудования. Он не учитывает проведённые текущие ремонты,

модернизации, капитальный ремонт и др. мероприятия. Правильнее использовать термин «техническое состояние». Всё оборудование проходит необходимые регламентные процедуры, текущий и капитальный ремонт. Несмотря на то, что процент износа увеличивается, происходят вполне конкретные положительные сдвиги – аварийность не растёт, а срок восстановления энергоснабжения потребителей сокращается.

Есть отдельные участки сети, которые находятся в плохом состоянии, особенно сети в садоводческих хозяйствах, которые никогда не имели договоров по эксплуатации, где нет работы по силовым трансформаторам (никто масло не менял, изоляцию не проверял и т.п.). На таких участках есть и устаревшие технические решения, когда проводка ведётся неизолированным проводом, и, соответственно, любое перекрытие фазы на землю ведёт к отключению потребителей.

**Электросети садоводческих хозяйств будут ставиться на баланс?**

**Л.В.Н.** Процесс идёт, но эти сети велики (около 20% от длины всей сети) и строились самими садоводческими хозяйствами. И пока балансодержатели не готовы масштабнo вложиться в модернизацию и привести их в приемлемое состояние. Взять эти сети на наш баланс и преодолеть финансовый барьер нелегко.

Поэтому в основном пока приводится в норму высоковольтная сторона. А по низковольтной стороне мы вырабатываем конкретные механизмы помощи собственникам по приведению своих сетей в приличное состояние.

**В настоящее время доля генерируемой электроэнергии, расходуемой на электрическое освещение в нашей стране, – около 14%, а в США, например, – 20%. Как обстоит с этим дело в Московской области?**

**Л.В.Н.** Энергопотребление на освещение растёт, так как растут и число световых точек (только уличных светильников в области 500,6 тысяч), и нормируемый уровень освещения. Но этот рост следует сдерживать посредством энергосберегающих технологий и кампаний (инициатив).

По нашим статистическим данным, только на нужды уличного освещения и освещения домохозяйств суммарно расходуется (15–20%) от общего объёма потребления электроэнергии, причём почти 15% из них приходится на домохозяйства.

**Как стимулировать спрос на энергоэффективные светотехнические изделия у рядового потребителя?**

У нас с коллегами из федерального министерства<sup>1</sup> возник закономерный вопрос: является ли объём спроса, которым мы обычно оперируем при составлении инвестиционных программ сетевых компаний, «высеченным из камня» и можем ли мы управлять объёмом спроса? Мы попытались ответить на этот вопрос, запустив эксперимент в г. Пушкино.

Пушкино – это свыше 100 тысяч потребителей электроэнергии (48 тысяч личных счетов). Мы помещали информацию в счета и адресно рассылали буклеты, агитируя жителей переходить на энергоэффективные приборы домашнего освещения. Причём тысяче абонентов в почтовые ящики положили буклеты улучшенного качества. И в счета за октябрь вложили купоны на приобретение СД-ламп по льготной цене.

Чтобы оценить, насколько наш потребитель заинтересован в приобретении таких ламп по льготной цене, разным абонентам сделали разные скидки: кому 70% от розничной цены, кому 50%, а кому 30%. Исследованием «со льготами» охвачено около 4 тысяч абонентов. По зарубежному опыту, должно было откликнуться примерно 10%. А у нас интерес проявили лишь около 5%, причём почти 70% из них – люди в возрасте 66 лет и стар-

<sup>1</sup> Министерство энергетики Российской Федерации.

ше. 70%-ная скидка (до цены около 70 Р/шт.) привлекла 68%, а 50%- и 30%-ные скидки сманили примерно по 15% от числа откликнувшихся. Около 90% от объёма этого спроса пришлось на первую неделю, 10% – на вторую. И мы увидели, что некоторые потребители, купив СД-лампы, кладут их на полку и ждут, пока не перегорит лампа накаливания. Предварительный вывод: да, механизм стимулирования рублём смысл имеет, но он существенно менее действенен, чем за рубежом.

Однако наш эксперимент ещё не окончен. Мы контролируем фактическое энергопотребление абонентов, взявших СД-лампы по льготной цене – их личные счета нам известны. Поэтому к концу отопительного сезона, в апреле, мы будем знать, снизилось ли энергопотребление.

СД-лампы приобретались и без скидки. Возможно, тут сработал безденежный механизм стимуляции: людям просто сказали, что энергосбережение посредством СД-ламп выгодно, и они их купили.

Подробные результаты эксперимента мы сможем получить и опубликовать к середине 2016 г.

### **Похоже, что население продолжает покупать лампы накаливания общего назначения?**

**Л.В.Н.** Уверен, что продолжает. Я и сам покупаю, хотя хорошо осведомлён об их недостатках. Покупаю и использую в доме, где бываю раз в неделю, и где поэтому свет горит очень небольшое число часов в году. Зная расходы на электроэнергию, понимаю, что замена в этом доме ламп накаливания на более эффективные и более дорогие не оправдывается.

В местах, где лампы горят почти постоянно: на лестницах, в коридорах и т.д. я применяю КЛЛ и СД-лампы. А, например, в гостиной, где включается свет на час-два, применяю лампы накаливания. Для каждой задачи должно подбираться адекватное решение, мода на технологию не должна довлеть над экономическим поведением. Для меня это – осознанная модель поведения.

### **Вы не пытались сделать свой дом «умным»?**

**Л.В.Н.** Нет. Большая часть электроэнергии идёт на отопление, поэтому терморегуляторы на нагревательных приборах, нормальная автоматика на котле и грамотная система приточ-

но-вытяжной вентиляции с элементами рекуперации тепла у меня имеются. Расходы на освещение в общем балансе энергозатрат существенно меньше, поэтому я отказался внедрять у себя систему управления освещением. По крайней мере в ближайшее время.

### **Эффективность преобразования электроэнергии в световую нужна для экономии электроэнергии с целью сокращения энергетических мощностей и сетей, но не лучше ли сэкономленную энергию направлять на улучшение освещения?**

**Л.В.Н.** Повышение энергоэффективности осветительных средств в масштабе российской энергетики явно недостаточно для отказа от строительства и ввода в действие энергетических мощностей. А недоосвещённость по Московской области сейчас очень велика. Поэтому высвобождение объёмов потребления и расходов, связанных с потреблением, на повышение уровня освещения и создание более благоприятной световой среды, конечно, приоритетно.

Понятно, что эволюция сформировала человека как существо, живущее при дневном свете. Поэтому, смещая наш график деятельности в сторону ночного времени суток, мы неизбежно должны создавать в тёмное время суток сходные с дневными условия пребывания. К примеру, наиболее развитые страны, которые отличаются высокой энергоёмкостью валового продукта и энергоэффективностью хозяйства, хорошо освещены (из космоса это отлично видно), но это не снижает их конкурентоспособность.

### **Значительную часть регионов России освещают неэффективные источники света. Меняется ли эта ситуация в Московской области?**

**Л.В.Н.** Меняется. У нас в области более 500 тысяч уличных светильников, из которых по состоянию на 1 января 2015 года к энергетически неэффективным относились 192 тысячи (около 45%). В 2015 г. из этих 192 тысяч заменено порядка 35 тысяч. Полностью перейти на энергоэффективное освещение в области мы должны в течение 5 лет.

### **Под энергоэффективными уличными светильниками Вы понимаете светильники с натриевыми лампами высокого давления или со светодиодами?**

**Л.В.Н.** И у тех, и у других световая отдача на одном уровне. Там, где нет требований к качеству света, в том числе в дорожном освещении, продолжают доминировать приборы с НЛВД. А приборы с СД будут доминировать, когда их цена достаточно снизится.

### **По каким критериям Вы определяете, в каком случае уместно освещение светодиодами?**

**Л.В.Н.** Интересная дискуссия по этому поводу прошла на выставке «*Interlight Moscow powered by light+building*»<sup>2</sup>. Я попросил Светотехническую торговую ассоциацию разработать простые рекомендации «где и что лучше применять». К примеру, парковая среда, пешеходная зона являются «зоной» СД, а городская среда – «зона» НЛВД. Нужны простые ежегодно обновляемые ответы для муниципальных образований. Мы постараемся разработать стандарт, который сделаем обязательным для применения. Будут вноситься изменения в закон о благоустройстве, чтобы уже на основе него велось проектирование и создание городской среды в части светотехнических решений.

### **Можно ли придумать дополнительные требования к светильникам со светодиодами, чтобы их применение обеспечивало решающее преимущество перед светильниками с НЛВД?**

**Л.В.Н.** А зачем? Мы исходим из парадигмы, что утилитарность определяет технологию, в данном случае осветительную. Техническое решение должно минимизировать стоимость владения и повышать комфорт пребывания людей. И я не поддерживаю и не буду поддерживать какую-то одну технологию или производителя вне рамок конкретной задачи.

### **Большое спасибо, Леонид Валериевич, за интересное и важное интервью.**

<sup>2</sup> 21-я Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий «*Interlight Moscow powered by light+building*», 10–13.11.2015, Москва.

## Интервью журналу директора департамента науки и технологии московского Представительства Тайбэйско-Московской координационной комиссии по экономическому и техническому сотрудничеству (ТМЕССС) д-ра Фу Чжао-мина



**Фу Чжао-мин**  
(Fu Chao-Ming)

Тайваньские компании-лидеры в области световых технологий – *Beautiful Light Technology, Corp., Edison Opto Corporation, Ledlink Optics Inc.* – представили свои инновационные разработки на конференции «LED Forum», которая состоялась 10-11.11.2015 на 21-й Международной выставке «*Interlight Moscow powered by light+building*», 10–11.11.2015, в Москве.

Разработки тайваньских учёных и отчёт о последних тенденциях в области светотехники представил **Фу Чжао-Мин (Fu Chao-Ming), Ph.D.**, директор департамента науки и технологий Московского Представительства ТМЕССС, профессор физического факультета Национального университета Тайваня. Д-р Фу любезно согласился дать письменное интервью редакции журнала «Светотехника» («*Light & Engineering*»), которое приводится ниже.

### **1. Как Вы оцениваете современное состояние освещения в Европе, Северной Америке и в Вашей стране?**

Современное состояние освещения в этих странах можно охарактеризовать как развивающееся. И Европа, и Северная Америка стремятся добиться максимальной энергоэффективности, и СД-техника, которую широко применяют там, уже становится привычной. Уникальные свойства, такие как высокая световая отдача, широкие возмож-

ности выбора длин волн излучения, компактность, быстрота зажигания и т.д., сделали СД незаменимой частью установок внутреннего и наружного освещения. В качестве примеров можно привести внутридомовое, дорожное и автомобильное освещение, освещение витрин и носимыми осветительными приборами. В этих частях мира большие возможности для расширения светотехнического бизнеса. Что касается России, то здесь также заметен прогресс в освещении: например, многие универмаги начинают использовать СД-лампы. Более того, высокая яркость СД оказывается полезной в рекламе товаров, позволяя делать её более динамичной и яркой для привлечения внимания людей. Я обратил внимание на праздничное убранство Москвы, в качестве примера которого можно привести Пушкинскую площадь с расположенными на ней великолепными деревьями, украшенными СД.

### **2. Каковы, по Вашему мнению, основные недостатки современных осветительных установок?**

На данном этапе, основным недостатком освещения светодиодами (ОСД) является всё ещё более высокая по сравнению с «традиционным» освещением стоимость одного люмена. Более того, СД присущи технические проблемы, например, связанные, с отводом тепла. В результате характеристики СД существенно зависят от температуры окружающей среды. Световой поток СД зависит от температуры  $p-n$ -перехода: чем она выше, тем световой поток меньше и, тем самым, ниже энергоэффективность СД. Более того, при эксплуатации в условиях повышенной температуры СД становятся ме-

нее надёжными с точки зрения качества освещения, так как меньший отвод тепла влияет на изменение спектра излучения и яркости белых СД. Ещё одной проблемой СД являются пульсации, так как высокочастотные пульсации приводят к стробоскопическому эффекту, способному влиять на чувствительных к нему людей.

### **3. Насколько хорошо, по Вашему мнению, современные стандарты удовлетворяют потребности населения, промышленности и транспорта, и в каком направлении желательно их совершенствовать?**

Стандартизация в области безопасности ОСД чрезвычайно важна для жизнедеятельности людей. За последние годы Международная организация по стандартизации и различные рабочие группы разработали ряд стандартов, при этом выделив критичные параметры, такие как срок службы и эксплуатационные характеристики систем с СД. Были приняты стандарты по ОСД, являющиеся равноценной альтернативой стандартам по «традиционному» освещению и учитывающие потребности людей, промышленности и транспорта. Однако быстрое развитие СД-техники приводит к устареванию разработанных стандартов. Так что разработка стандартов не должна отставать от этого развития.

### **4. Насколько масштабы научных исследований в области освещения соответствуют задачам повышения энергоэффективности осветительных установок и улучшения условий жизнедеятельности людей? Считаете ли Вы основной задачей современной светотехнической науки и практики**



## **развитие и внедрение освещения светодиодами, или имеются другие, более важные направления?**

Учёные и инженеры вполне справляются с задачами, связанными с СД и осветительными приборами с СД. Во-первых, это задача отвода тепла, наиболее заботящая исследователей. Во-вторых, задача эффективного преобразования электрической энергии в световую. (Так, тайваньские исследователи сейчас используют квантовые точки, внедряемые в активный слой СД для повышения его световой отдачи.) Третья задача связана с формированием белого цвета излучения СД-ламп. (Так, белый свет может формироваться смешением света нескольких цветных СД, обычно красного, зелёного и синего света (RGB) или совместным использованием жёлтого люминофора и синего кристалла СД. Однако по мере старения СД спектр его излучения может смещаться, так что здесь есть потенциал для совершенствования СД.) Ещё одна задача – развитие ОСД открытых пространств.

Для практической реализации ОСД учёными были приложены значительные усилия по решению указанных выше задач.

## **5. Удовлетворяет ли состояние метрологической базы светотехники современным и будущим потребностям освещения светодиодами?**

Разработка метрологического обеспечения и испытательных установок, необходимых для точного измерения радиометрических, фотометрических и колориметрических параметров, непрерывно сопровождает развитие СД-техники. В качестве примера можно привести силу света, которая измеряется наиболее часто. В основе её измерения положено допущение о точности ИС. В то же время для измерений в ближнем поле была предложена концепция «усреднённой силы све-

та СД». Эта концепция уже не соответствует физически точному определению силы света, измеряемой на заданном расстоянии от ИС. Для её практической реализации применяется измерительный адаптер для испытательного патрона для СД, позволяющий обеспечивать стандартные условия измерений МКО. Кроме того, например, для измерения пространственного светораспределения СД используются гониометры, а гониофотометры дают ещё одну возможность измерения светового потока и потока излучения. Современная светотехника и новые области её применения предъявляют всё более жёсткие требования к определению оптических характеристик СД, и для получения точных и воспроизводимых результатов измерений необходимы специальные знания.

## **6. Какие направления дальнейшего развития источников света, осветительных приборов и установок Вам представляются наиболее перспективными?**

Борьба за энергоэффективность служит стимулом для значительного улучшения светотехнических изделий. Чем выше рабочая температура СД, тем быстрее падает его световой поток и тем меньше оказывается его полезный срок службы. Так что хороший тепловой режим – вероятно, один из основных путей обеспечения успешной работы СД в течение всего его срока службы. Другим ключевым направлением является разработка высококачественных СД, имеющих большую световую отдачу. В современных СД например, используются квантовые точки, позволяющие улучшать преобразование электрической энергии в световую, что повышает световую отдачу белых СД. Кроме того, в настоящее время СД считаются дорогими. Однако в стоимость эксплуатации ОУ входит полная стоимость владения ею на всём протя-

жении срока службы. Распространению ОСД будут способствовать и усилия по снижению стоимости серийных изделий.

## **7. Какие современные материалы и технологии, Вы считаете, необходимо освоить светотехнической промышленности?**

Так как значительная часть затрат на производство СД всё ещё приходится на корпусирование на уровне кристаллов, то для удешевления СД производителям следует сосредоточиться именно на этой технологии или осуществлять корпусирование на уровне пластин. Процессы, идущие на уровне пластин, такие как обработка подложки и эпитаксиальное выращивание кристалла, ответственны за небольшую часть стоимости готового изделия, однако усовершенствование процесса обработки пластин может оказать значительное влияние на стоимость корпусирования и характеристики изделия.

Считается, что материал подложки имеет решающее значение для качества СД. При этом первые удачные СД были получены посредством выращивания высококачественных кристаллов нитрида галлия на слое нитрида алюминия, помещённого на сапфировую подложку. Одна из наиболее перспективных сейчас областей исследования – выращивание СД на кремнии. Проводятся даже исследования по выращиванию кристаллов в прозрачном стекле – эта технология создаётся для специальных применений освещения. Кроме того, усовершенствование структуры кристаллов и процесса их изготовления, направленное на решение проблемы деградации материала кристаллов, всё ещё имеет важное значение для повышения надёжности мощных белых СД.

## **8. В каком состоянии в Вашей стране находится решение проблемы производства**

## **и сбора утилизируемых ламп и светильников?**

На Тайване действуют программы по утилизации отходов – например, мы разделяем мусор. Мы знаем, что элементы питания и лампы следует утилизировать отдельно. Белые СД имеют преимущество перед люминесцентными лампами, так как не содержат ртути; однако они могут содержать другие опасные материалы, такие как фосфор и (или) мышьяк, входящие в состав кристаллов СД.

Россия – большая страна, которой в настоящее время не приходится беспокоиться об экологии, однако по мере роста загрязнения окружающей среды эта проблема будет становиться всё более актуальной. На Тайване способам защиты окружающей среды обучают в школе. Если всё освещение в России перейдёт на СД, то в стране придётся разработать программы утилизации и соответствующую правовую базу, так как иначе широкое использование СД сможет привести к возникновению экологических проблем.

## **9. Какова конкурентоспособность светотехнической промышленности Вашей страны на международном рынке?**

На протяжении последних двух десятилетий наблюдалось непрерывное улучшение технических характеристик изделий с СД. Одновременно с этими техническими достижениями непрерывно совершенствовалась и технология производства СД, что обеспечило возможность создания самых разных высокоэффективных светотехнических изделий. В настоящее время конкуренция в этой отрасли промышленности очень велика, и есть хорошо известные компании, производящие великолепные изделия и, если говорить о патентах на СД, являющиеся эксклюзивными владельцами технологий. Несмотря на успехи, достигнутые некоторыми компаниями на данный момент, по-

требуются дополнительные усилия для снижения себестоимости изделий, ускорения их внедрения в освещение и обеспечения удовлетворяющего потребностям рынка качества и надёжности СД.

Здесь всё упирается в цену. При этом новые компании всё же могут конкурировать с хорошо известными крупными международными компаниями благодаря делению рынка на различные области применения.

## **10. Каковы, на Ваш взгляд, основные задачи светотехнической промышленности?**

Создание безопасных, экономически эффективных и энергоэффективных ламп – вот основная задача светотехнической промышленности. Долгосрочная задача светотехнической промышленности и производителей СД – уменьшение парникового эффекта и создание максимально энергоэффективных устройств – для интеллектуального освещения домов с регулированием уровня освещения в соответствии с потребностями жильцов.

## **11. Какие проблемы светотехнического образования Вы считаете основными?**

Основные проблемы светотехнического образования аналогичны проблемам образования в области защиты окружающей среды. На Тайване действует Национальная программа энергетической грамотности, охватывающая и ОСД, – начиная со школы, мы знакомим учащихся с проблемами освещения, с эффективными способами использования света и с возможными методами экономии энергоресурсов.

## **12. Как Вы оцениваете состояние и перспективы естественного освещения?**

Естественное освещение многообразно. Многие исследователи занимаются этим безопасным

для здоровья освещением. Системы естественного освещения содержат собирающие, передающие и распределяющие свет элементы. В большей части коллекторов естественного света используются динамические накопители, наподобие устройств слежения за Солнцем. В качестве передающего элемента используется множество оптических волокон. Однако оба эти элемента дороги и малорентабельны. Ведутся исследования по созданию коллекторов и элементов передачи света для освещения домов, но до их практически рентабельного воплощения ещё далеко. Тем не менее широкое внедрение подобных устройств естественного освещения могло бы существенно сократить мировое потребление энергии.

## **13. Что Вы думаете о невидимом воздействии света и об опасности синего света?**

Опасность синего света связана с излучением на длинах волн 400–500 нм или больше, которое может повреждать сетчатку человеческого глаза, если длительное время смотреть на источник этого излучения. Уровень опасности синего света зависит от его интенсивности. Результаты сравнительных экспериментов, в общем, говорят о том, что СД-лампы и люминесцентные лампы одной цветности излучения примерно одинаково безопасны.

Конечно, желательно снижать УФ-долю излучения ламп, и исследователи работают над этой проблемой. Приняты стандарты фотобиологической безопасности и установлены уровни безопасности для синего света. С оптической точки зрения, большинство современных стандартных СД безопасны.

**Благодарим Вас, д-р Фу, за уделённое время, за интересное и содержательное интервью.**

## ГОСТ Р 50571.4.42-2012/МЭК 60364-4-42:2010 «ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ. ЧАСТЬ 4-42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий»

Стандарт ГОСТ Р 50571.4.42-2012 [1] введен в действие с 1 января 2014 года. Он идентичен международному стандарту МЭК 60364-4-42:2010 и заменяет ГОСТ Р 50571.4-94 (МЭК 364-4-42-80) [2].

Стандарт устанавливает требования в части мер для защиты людей, домашних животных и материалов от тепловых воздействий, сгорания или повреждения материалов и риска возникновения пожара, связанных с использованием электрооборудования; распространения пожара, вызванного воздействием электрических установок в другие примыкающие пожарные отсеки; ухудшения безопасного функционирования электрооборудования, включая системы обеспечения безопасности.

Примечание 1 – Обязательность соблюдения требований настоящего стандарта устанавливается нормативно-правовыми актами Правительства Российской Федерации и федеральными органами исполнительной власти.

Примечание 2 – Защита от сверхтока по МЭК 60364-4-43 (ГОСТ Р 50571.4.43-2012/МЭК 60364-4-43:2008 [3]).

### **Комментарий к примечанию 1**

В соответствии с требованием пункта 8.3 ГОСТ Р 1.0-2012 [4], применение национального стандарта Российской Федерации, действующего в этом качестве межгосударственного стандарта или свода правил может стать обязательным для организации любой формы собственности на основании:

- организационно-распорядительного документа этой организации или вышестоящей организации (или органа власти, которому подчиняется организация),

- нормативной ссылки на стандарт (свод правил) в собственных стандартах организации или технической документации,

- соглашений или договоров (контрактов) со ссылкой на стандарт (свод правил),

- указания обозначения стандарта в маркировке продукции и/или в сопроводительной документации.

### **421 Защита от пожара, вызванного электрооборудованием**

#### **421.1 Общие требования**

Люди, домашние животные и материалы должны быть защищены от повреждения или уничтожения, вызванных воздействием тепла или огнём, который может возникнуть или распространяться в электрических установках.

Тепло, выделяемое электрооборудованием, не должно вызывать опасность или оказывать вредное воздействие на расположенное вблизи него оборудование и материалы или на материалы, которые могут оказаться вблизи такого оборудования.

Примечание – Повреждение, уничтожение или воспламенение могут быть вызваны следующими воздействиями: накоплением тепла, излучением тепла, горячими элементами; снижением безопасной функции электрооборудования, например, защитных устройств, таких как защитная коммутационная аппаратура, терморегуляторы, тепловые реле, изоляция кабелей и проводов; сверхтоком; повреждением изоляции и/или воздействием дуги; токами высших гармоник; ударами молнии; повышенным напряжением; несоответствующим выбором или монтажом оборудования.

В дополнение к требованиям комплекса стандартов МЭК 60364 должны быть учтены инструкции изготовителя по монтажу.

**421.2** Если температура поверхности стационарного оборудования может достигать значений, которые могут вызвать возгорание рядом расположенных материалов, то оборудование должно быть:

- смонтировано на поверхности или заключено в оболочку из материалов, которые должны выдерживать такие температуры и имеющих низкую теплопроводность, или

- отделено от элементов строительных конструкций материалами, которые будут выдерживать такие температуры и имеющих низкую теплопроводность, или

- смонтировано на достаточном расстоянии, обеспечивающим безопасное рассеивание тепла от любого материала, на который такие температуры могли бы иметь вредное тепловое воздействие, при этом опорные конструкции должны обладать низкой теплопроводностью.

**421.5** Если электрооборудование содержит горючую жидкость в значительном количестве, должны быть приняты соответствующие меры защиты, чтобы предотвратить распространение жидкости, пламени и продуктов сгорания.

#### **Комментарий к пункту 421.5**

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных трансформаторов и реакторов следует руководствоваться требованиями главы 4.2 «Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ» Правил устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания [5].

### **422 Меры защиты при наличии пожарных рисков**

**422.1** Электрооборудование должно быть предназначено для применения в соответствующих помещениях, за исключением электропроводок согласно 422.3.5.

**422.1.2** Электрооборудование должно быть выбрано и установлено так, чтобы его температура при нормальной эксплуатации и повышенная температура при неисправностях не могла вызвать пожар. Это может быть обеспечено конструкцией оборудования или условиями его установки.

Специальные меры не требуются в тех случаях, когда вероятность воспламенения соседних материалов от температуры поверхности оборудования незначительна.



Код класса внешних воздействий ВД	Условия эвакуации в аварийной ситуации	
ВД1	Низкая плотность заселения, легкие условия эвакуации	Жилые здания нормальной или низкой высоты
ВД2	Низкая плотность заселения, трудные условия эвакуации	Высотные здания
ВД3	Высокая плотность заселения, легкие условия эвакуации	Общественные места (театры, кинотеатры, отделы магазинов и т.д.)
ВД4	Высокая плотность заселения, трудные условия эвакуации	Высотные здания, открытые для общественности (гостиницы, больницы и т.д.)

#### 422.2 Меры защиты по условиям экстренной эвакуации

Код класса внешних воздействий по условиям экстренной эвакуации принимают по МЭК 60364–5–51, таблица 51А (ГОСТ Р 50571.5.51–2013/МЭК 60364–5–51:2005

[6]):

Выдержка из таблицы 51А (табл. 1)

##### Комментарий

1. Требования, показанные в пункте 422.2, относятся к эвакуационному освещению. Обращается внимание на то, что противопожарные требования, в том числе к аварийному освещению, применению огнестойких кабелей и конструкций, следует выполнять в соответствии с техническими регламентами, национальными стандартами, сводами правил и для условий ВД1.

2. Требования к аварийному освещению и, в том числе к эвакуационному освещению, указаны в следующих нормативных документах: свод правил СП 52.13330.2011 [7]; пункт 5 («Требования пожарной безопасности к световому оповещению и управлению эвакуацией людей») свода правил СП 3.13130.2009 [8]; пункт 560.9 («Требования к аварийному освещению») ГОСТ Р 50571.5.56–2013/МЭК 60364–5–56:2009 [9]; пункты 710.55.1 («Цепи освещения») и 710.556 («Обеспечение безопасности») ГОСТ Р 50571.28–2006 (МЭК 60364–7–710:2002) [10]; пункт 556.7 («Цепи аварийного освещения») ГОСТ Р 50571.29–2009 (МЭК 60364–5–55–2008) [11].

3. ГОСТ Р 50571.5.56–2013/МЭК 60364–5–56:2009 [9], действует с 01.01.2015.

Пункт 560.6.1 Для систем безопасности используются следующие электрические источники: аккумуляторные батареи; гальванические источники; генераторные установки, независимые от основного питания; отдельный ввод системы электроснабжения, который независим от основного ввода (в приложениях А и В ГОСТ Р 50571.5.56–2013 эти вводы получили название «двойной системы питания»).

Пункт 560.6.5 Отдельные независимые вводы от системы общего электроснабжения не должны служить электрическими источниками для систем безопасности, если не подтверждено, что одновременное отключение двух вводов маловероятно.

Из Приложения В: расчётное операционное время источника питания для устройств аварийной сигнализации и указателей выходов рекомендуется принимать равным 3 ч. 4. Исходя из нормативных требований, категорию надежности электроснабжения аварийного освещения и указателей выходов целесообразно принимать:

- для потребителей первой и второй категории: аварийное освещение – первая, указатели выходов – особая первая с резервированием от аккумуляторов;

- для потребителей третьей категории: аварийное освещение и указатели выходов – первая с резервированием от аккумуляторов.

**422.2.1** В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 электропроводки не должны располагаться на путях эвакуации, если провода в электропроводках не имеют собственного защитного по-

крытия или не размещены в оболочке или не защищены непосредственно системой прокладки кабелей или другими средствами.

Электропроводки в зоне эвакуационных выходов не должны располагаться в пределах досягаемости рукой, если они не имеют механической защиты от возможных повреждений во время эвакуации.

Электропроводки указателей эвакуационных выходов не должны распространять горение и быть по возможности максимально короткими по длине.

Примечание 1 – Соответствие этим требованиям может быть достигнуто при применении: огнестойких кабелей; трубных кабельных систем, классифицированных как нераспространяющие горение; систем специальных кабельных коробов и каналов, классифицированных как нераспространяющие горение; систем кабельных лестниц и систем кабельных лотков, классифицированных как нераспространяющие горение. В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 огнестойкость электропроводки цепей систем безопасности должна соответствовать огнестойкости строительных конструкций, но не менее 1 ч при отсутствии данных.

Примечание 2 – Требования к поддержанию функционирования электропроводок систем безопасности в условиях пожара указаны в МЭК 60364–5–56 (ГОСТ Р 50571.5.56–2013/МЭК 60364–5–56:2009 [9]).

Примечание 3 – При отсутствии в стандартах на кабели специальных указаний рекомендуется, чтобы допустимая нагрузка на кабели была снижена до 60%.

Код класса внешних воздействий	Внешнее воздействие	Характеристика по выбору и монтажу электрооборудования	Ссылка
ВЕ 2	Пожароопасность	Производства по переработке и хранению горючих материалов, в том числе с наличием пыли. Амбары, деревообрабатывающие цеха, бумажные фабрики. Оборудование, изготовленное из материала, не распространяющего горение. Должны быть приняты такие меры, что значительное повышение температуры или искрение в электрооборудовании не могут вызвать возгорание	МЭК 60364–4–42 (ГОСТ Р 50571.4.42–2012) [1] МЭК 60364–5–52 (ГОСТ Р 50571.5.52–2011) [12]

**Комментарий к пункту 422.2.1**

Для крепления кабельных конструкций необходимо предусматривать огнестойкие анкеры и огнестойкие дюбеля.

**422.2.2** В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 коммутационная аппаратура и устройства управления, кроме специальных устройств для облегчения эвакуации, должны быть доступны только обученному персоналу. Если эти устройства размещаются в проходах, то они должны быть в оболочках или размещены в шкафах, изготовленных из негорючих или трудногорючих материалов.

Примечание – Допускается использование пластмассовых корпусов, которые не являются горючими.

**Комментарий к пункту 422.2.2**

В соответствии с требованием пункта 560.9.13 ГОСТ Р 50571.5.56–2013/МЭК 60364–5–56:2009 [9] и существующей практикой коммутационную аппаратуру и устройства управления аварийным освещением следует размещать в отдельных (и добавим – огнестойких) помещениях.

**422.3 Помещения с наличием пожароопасных обрабатываемых или складироваемых материалов**

Код класса внешних воздействий – ВЕ 2 по МЭК 60364–5–51, таблица 51А [6].

Выдержка из таблицы 51А (табл. 2)

**422.3.1** Светильники должны быть установлены на соответствующем расстоянии от горючих материалов. При отсутствии специальных указаний изготовителя концентрирующие прожекторы и прожекторы должны быть установлены на минимальных расстояниях от горючих материалов:

<100 Вт 0,5 м

>100 Вт до 300 Вт 0,8 м

>300 Вт до 500 Вт 1,0 м

>500 Вт могут быть необходимы большие расстояния.

Примечание – При отсутствии указаний изготовителя приведённые расстояния относятся ко всем направлениям. Лампы и другие компоненты светильников должны быть защищены от возможных механических воздействий. Светильник с лампой, из которого в случае отказа могут выпадать раскалённые осколки, должен быть установлен с безопасным защитным экраном для лампы в соответствии с инструкцией изготовителя.

**422.3.3** Коммутационная аппаратура для защиты, управления и отсоединения должна находиться вне помещений в соответствии с условиями ВЕ 2, если она не размещена в корпусе, обеспечивающем степень защиты по IP4X, или IP5X в присутствии пыли, или IP6X в присутствии проводящей пыли, кроме случаев применения в соответствии с требованиями 422.3.11.

**422.3.4** За исключением тех случаев, когда провода в электропроводке замоноличиваются в негорючий материал, электропроводки не должны распространять горение. Оборудование должно быть выбрано в соответствии со следующими требованиями: кабели должны быть огнестойкими; трубные кабельные системы, классифицированные как не распространяющие горение; системы специальных кабельных коробов и каналов, классифицированных как не распространяющие горение; систем кабельных лестниц и систем кабельных лотков, классифицированных как не распространяющие горение.

**Комментарий к пункту 422.3.4**

Для крепления кабельных конструкций необходимо предусматривать огнестойкие анкеры и огнестойкие дюбеля.

**422.3.5** Электропроводки, которые пересекают эти помещения, но не предназначены для использования в них, должны удовлетворять следующим условиям: удовлетворять требованиям 422.3.4; не должно быть никаких соединений вдоль трассы в помещении, если эти соединения не помещаются в несгораемые корпуса; должны быть защищены от сверхтока в соответствии с 422.3.10; голые проводники использоваться не должны.

**422.3.7** Двигатели, которые управляются автоматически или дистанционно, или которые постоянно не контролируются, должны быть защищены от чрезмерного повышения температуры устройствами, быстро реагирующими на превышение температуры.

**422.3.8** Каждый светильник должен быть: предназначен для данного помещения; иметь корпус, обеспечивающий степень защиты IP4X, или в присутствии пыли – IP5X, или в присутствии проводящей пыли – IP6X; иметь ограниченную температуру поверхности; иметь исполнение, которое препятствует выпадению частей лампы из светильника.

В помещениях пожароопасных по наличию пыли или волокон светильники должны быть установлены так, чтобы пыль или волокна не могли накопиться в опасном количестве.

Примечание – Светильники должны также удовлетворять требованиям соответствующих частей стандартов МЭК 60598 и МЭК 60364–5–

Код класса внешних воздействий	Внешнее воздействие	Характеристика по выбору и монтажу электрооборудования	Ссылка
CA2	Конструкция зданий. Горючие	Здания, созданные главным образом из горючих материалов. Деревянные здания. В процессе обсуждения	МЭК 60364–4–42 (ГОСТ Р 50571.4.42–2012) [1]

55, пункт 559 ГОСТ Р 50571.29–2009 (МЭК 60364–5–55:2008) [11]).

**422.3.9** Групповые (конечные) цепи и использующее электрический ток оборудование должны быть защищены от повреждения изоляции следующим образом:

а) в TN и TT системах должны использоваться устройства защиты по дифференциальному току с расчетным дифференциальным током срабатывания менее 300 мА. Там, где резистивные отказы могут вызвать пожар, например, для нагревателей с использованием пленочных элементов, расчетный дифференциальный ток срабатывания должен быть менее 30 мА;

б) в IT системах должны быть установлены устройства контроля изоляции, контролирующие установку в целом, или устройства защиты по дифференциальному току в групповых (конечных) цепях, со звуковой и световой сигнализацией. Альтернативно могут использоваться устройства защиты по дифференциальному току с расчетным дифференциальным током срабатывания как определено в перечислении а). При втором отказе максимальное время отключения следует выбирать по МЭК 60364–4–41, таблица 41.1 (ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364–4–41:2005) [13]).

Кабели с минеральной изоляцией и магистральные шинопроводы не считаются вероятными источниками пожара при повреждении изоляции и не требуют защиты.

#### **Комментарий**

- в пункте 422.3.9 вместо «менее 300 мА» и «менее 30 мА» следует читать «не более 300 мА» и «не более 30 мА»;

- помещения, указанные в таблице 51А ГОСТ Р 50571.5.51–2013, классифицируются в главе 7.4 ПУЭ классами II-II и II-IIa [14];

- в таблице 41.1 ГОСТ Р 50571.3–2009 [13] для системы IT не указано

максимальное время автоматического отключения питания.

В соответствии с пунктом 411.6.4 ГОСТ Р 50571.3–2009 после возникновения первого замыкания на землю условия для автоматического отключения питания при втором замыкании, происходящем на другом токоведущем проводнике, определяются способом присоединения открытых проводящих частей: к одной общей системе заземления, что соответствует системе TN или соответствует системе TT, если заземление выполнено группами или индивидуально.

**422.3.10** Электропроводки, проложенные внутри помещений или пересекающие помещения, где присутствуют условия ВЕ 2, должны быть защищены от перегрузки и короткого замыкания защитными устройствами, расположенными снаружи этих помещений на стороне питания. Схемы, используемые в помещениях, должны быть защищены от сверхтока защитными устройствами, расположенными в их источнике.

**422.3.11** В цепях, выполненных по системе БСНН или ЗСНН, проводящие части должны быть размещены в оболочке со степенью защиты IP2X или IPXXB или, в дополнение к требованиям пункта 414.4.5 МЭК 60364–4–41 [13], цепи должны быть выполнены с изоляцией, способной выдерживать испытательное напряжение 500 В постоянного тока в течение 1 мин независимо от номинального напряжения сети.

#### **Комментарий к пункту 422.3.11**

Проводящие части систем БСНН или ЗСНН, располагаемые в пыльных помещениях или в помещениях с проводящей пылью, необходимо размещать по аналогии с пунктом 422.3.8 в оболочках со степенью защиты, соответственно, IP5X или IP6X.

**422.3.12** PEN проводники не должны использоваться в помещениях с условием ВЕ 2 за исключением цепей, пересекающих такие помещения и не имеющих соединения между пересекающим их PEN проводником и любой проводящей частью в данном помещении.

**422.3.13** Любые аппараты в цепях питания в помещениях с условием ВЕ 2 должны отключать все рабочие проводники таким образом, чтобы никакой рабочий проводник не оставался подключенным, если один или более проводников отключены. Это может быть достигнуто, например, механически соединенным переключателем или механически соединенным выключателем.

Примечание – Группа цепей может отключаться одним общим аппаратом, если условия эксплуатации это позволяют.

#### **Комментарий к пункту 422.3.13**

Указанные требования относятся к силовому и осветительному электрооборудованию производственных и складских помещений с условиями ВЕ 2.

#### **422.4 Помещения в зданиях с горючими строительными горючими материалами**

Код класса внешних воздействий – CA2, горючие материалы – по МЭК 60364–5–51, таблица 51А (ГОСТ Р 50571.5.51–2013) [6].

Выдержка из таблицы 51А (табл. 3)

**422.4.1** Должны быть приняты меры защиты, чтобы гарантировать, что электрооборудование не может вызвать воспламенение стен, полов или потолков. Это может быть достигнуто надлежащим проектированием, выбором и установкой электрооборудования.

Оболочки щитов, щитков и других комплектных устройств, установленных в полостях стен, должны иметь степень защиты не менее IP3X со стороны монтажа.



Таблица 42.1 – Максимальные температуры в нормальных условиях работы для доступных прикосновению частей электрооборудования

Доступные части	Материал доступных поверхностей	Максимальная температура, °С
Средства ручного управления	Металл Неметаллический	55 65
Доступные части, не являющиеся средствами ручного управления	Металл Неметаллический	70 80
Части, которых не следует касаться в нормальном режиме	Металл Неметаллический	80 90

#### 422.4.2

##### Комментарий к п. 422.4.2

Требования к светильникам и прожекторам, указанные в пункте 422.4.2, аналогичны требованиям, указанным в пункте 422.3.1 (см. выше).

#### 422.6 Выбор и монтаж оборудования в помещениях, в которых может подвергаться опасности невосполнимое имущество

Требования 422.1.2 настоящего стандарта должны быть выполнены. Примечание 1 – Требования относятся к зданиям или помещениям с активами существенного значения.

Примеры: национальные памятники, музеи и другие общественные здания, здания железнодорожных станций, аэропорты, здания или оборудование лабораторий, компьютерных центров, некоторых промышленных и складских предприятий и другие.

Примечание 2 – Для защиты от пожара могут быть применены следующие меры: применение кабелей с минеральной изоляцией; применение огнестойких кабелей; прокладка кабелей в негорючих капитальных стенах, потолках и полах; прокладка кабелей с конструктивным отделением, обеспечивающим огнестойкость 30 или 90 мин, последнее относится к лестничным клеткам, предназначенным для экстренной эвакуации.

Если использование этих мер защиты не представляется возможным, повышение безопасности имущества может быть обеспечено использованием систем противопожарной защиты.

#### 423 Защита от ожога

Доступные части электрооборудования в пределах досягаемости рукой не должны достигать температуры, способной вызвать ожоги, значе-

ния которой не должны превышать указанных в таблице 42.1. Все части электроустановки, которые при нормальном режиме работы даже в течение коротких периодов могут достигать значений температуры, превышающих установленные в таблице 42.1 значения, должны быть защищены таким образом, чтобы предотвратить любой случайный контакт.

Значения, установленные в таблице 42.1, не применяются к специальным типам оборудования, изготовленным по стандартам МЭК (табл. 4).

В заключение следует отметить, что:

- требования ГОСТ Р 50571.4.42–2012 следует рассматривать совместно с требованиями раздела 7.4 ПУЭ [14];

- при применении требований ПУЭ или ГОСТ проектировщики, специалисты электромонтажных и эксплуатирующих организаций должны принимать решения, обеспечивающие наилучшие условия безопасности людей и животных, сохранения имущества и защиту его от пожара.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. ГОСТ Р 50571.4.42–2012/МЭК 60364–4–42:2010 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий». – М.: Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ Р 50571.4–94 (МЭК 364–4–42–80) «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий». – М.: Издательство стандартов, 1995.
3. ГОСТ Р 50571.4.43–2012/МЭК 60364–4–43:2008 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–43. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока». – М.: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ Р 1.0–2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения». – М.: Стандартинформ, 2013.

5. Правила устройства электроустановок, издание седьмое. – СПб.: Изд-во Деан, 2010.

6. ГОСТ Р 50571.5.51–2013/МЭК 60364–5–51:2005 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–51. Выбор и монтаж электрооборудования. Общие требования». – М.: Стандартинформ, 2014.

7. СП 52.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 23–05–95\* Естественное и искусственное освещение». – М.: ЦПП, 2011.

8. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности». – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

9. ГОСТ Р 50571.5.56–2013/МЭК 60364–5–56:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности». – М.: Стандартинформ, 2014.

10. ГОСТ Р 50571.28–2006 (МЭК 60364–7–710:2002) «Электроустановки зданий. Часть 7–710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских учреждений». – М.: Стандартинформ, 2007.

11. ГОСТ Р 50571.29–2009 (МЭК 60364–5–55–2008) «Электрические установки зданий. Часть 5–55. Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование». – М.: Стандартинформ, 2009.

12. ГОСТ Р 50571.5.52–2011/МЭК 60364–5–52:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». – М.: Стандартинформ, 2013.

13. ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364–4–41:2005) «Электроустановки низковольтные. Часть 4–41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током». – М.: Стандартинформ, 2011.

14. Правила устройства электроустановок, издание шестое, переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

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

# Отчёт о выполнении проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции»

Проект выполнен при участии Минпромторга России, Роспотребнадзора, Проекта ПРООН/ГЭФ/ Минэнерго России «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения» при поддержке АНО «Агентство стратегических инициатив по реализации новых проектов».

Технический организатор проекта: ООО «Редакция журнала «Светотехника».

## 1. Краткое описание проекта

Цель проекта – независимая оценка качества светотехнической продукции со светодиодами, представленной на рынке стран-членов Евразийского экономического союза.

Проводилась контрольная закупка образцов светотехнической продукции со светодиодами, исследование параметров продукции в независимых аккредитованных лабораториях и сравнение фактических параметров с заявленными. Закупка и тестирование ламп проводились в период с сентября по декабрь 2015 г.

Протоколы измерений и полученная при закупке документация выложены по адресу: <http://www.sveto-tehnika.ru/art/201601271>.

Выявлены, типизированы и описаны отклонения фактических значений потребительских параметров светотехнической продукции со светодиодами от заявленных, выработаны критерии признания фактических параметров случайно отобранных серийных образцов соответствующими или несоответствующими заявленным, выработаны рекомендации по форме представления заявляемых параметров производителем а также выработаны предложения по внесению изменений в нормативные документы с целью создания системы верификации светотехнической продукции в странах-участницах ТС.

## 2. Критерии и допуски соответствия

При проверке соответствия измеряемых параметров заявленным об-

разцов серийной продукции нельзя не учитывать естественный разброс параметров. Для квалификации образца как соответствующего заявленным параметрам необходимо определить значения допустимых отклонений.

Текущие критерии и допуски соответствия определены на основании действующей нормативной документации (табл. 1).

## 3. Категории испытываемого оборудования

Исследованы следующие категории продукции (рис. 1):

«Светодиодные лампы с цоколем E27» – 64 образца

В данной категории тестировались светодиодные лампы с цоколем E27, предназначенные для замены ламп накаливания общего назначения (ЛН) мощностью от 60 Вт и выше. Допу-

скалось включение в программу тестирования ламп с потребляемой мощностью от 4 Вт.

«Светильники со светодиодами для ЖКХ» – 5 образцов

В данной категории тестировались светильники со светодиодами для освещения мест общего пользования многоквартирных домов со световым потоком не менее 500 лм и не более 1500 лм.

«Светильники со светодиодами для общественных зданий» – 14 образцов

В данной категории тестировались потолочные и встраиваемые светильники со светодиодами, предназначенные для замены светильников с прямыми люминесцентными лампами.

«Промышленные светильники со светодиодами» – 2 образца

В данной категории тестировались светильники со светодиодами, предназначенные для внутреннего освещения цехов промышленных предприятий.

«Уличные светильники со светодиодами» – 5 образцов

В данной категории тестировались консольные уличные светильники со светодиодами, предназначенные

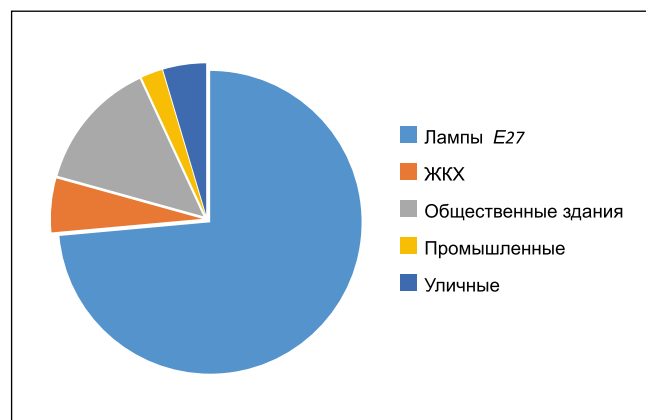


Рис. 1. Распределение образцов по категориям



Рис. 2. Контрольная закупка образцов

## Обоснование допустимых отклонений фактических значений от заявленных

№ п/п	Наименование показателя	Критерий соответствия измеренного значения заявленному. Ссылка на нормативный документ, в котором приведён аналогичный критерий соответствия фактического значения заявленному (номинальному)	
		Для ламп	Для остальных категорий
1	Потребляемая мощность	Фактическая измеренная мощность не должна превышать заявленную более чем на 15%.  Ссылка на ГОСТ Р 54815–2011, п. 7: «Мощность, потребляемая лампой, не должна превышать номинальную мощность более чем на 15%».	Фактическая измеренная мощность не должна превышать заявленную более чем на 10%.  Ссылка на ГОСТ Р 55701.1–2013, п. 7: «значения электрических параметров... не должны превышать значений, заявленных изготовителем, более чем на 10%».
2	Коэффициент мощности	Не должен отличаться от заявленного в худшую сторону более чем на 10%. Ссылка на ГОСТ Р 55701.1–2013, п. 7: «значения электрических параметров... не должны превышать значений, заявленных изготовителем, более чем на 10%».	
3	Световой поток	Измеренный световой поток не должен быть менее 90% от заявленного.	
		Ссылка на ГОСТ Р 54815–2011, п. 8: «Измеренный начальный световой поток лампы должен быть не менее 90% номинального светового потока».	ГОСТ Р 56231–2014, п. 8.1, ссылка на ГОСТ Р 56230–2014, п. 8.1: «Начальный световой поток каждого модуля в выборке должен быть не менее 90% номинального светового потока».
4	Световая отдача	Измеренная световая отдача не должна быть меньше 90% от заявленной. Ссылка на ГОСТ 54350–2011, п. 6.1.11, или ГОСТ Р 56231–2014, п. 8.3, ссылка на ГОСТ Р 56230–2014, п. 8.3: «Для всех испытанных модулей выборки световая отдача должна быть не менее 90% номинальной световой отдачи, заявленной изготовителем или ответственным поставщиком».	
5	Коррелированная цветовая температура	Заявленная коррелированная цветовая температура округляется до типовых значений 2700, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5700, 6500 К в соответствии с таблицей 12 ГОСТ Р 54350–2011 и сравнивается с фактической цветовой температурой, также округлённой до данных типовых значений. При наличии данных о координатах цветности, последние должны вписываться в диапазоны, указанные в разделе 11.13 ГОСТ Р 54350–2011. Ссылка на ГОСТ Р 54350–2011, п. 11.13, ГОСТ Р 54815–2011, п. 9.1, ГОСТ Р 56231–2014, п. 9.2, и ГОСТ Р 56230–2014, п. 9.2.	
6	Общий индекс цветопередачи	Измеренное фактическое значение должно отличаться в худшую сторону не более чем на 5 единиц от заявленного. Ссылка на ГОСТ Р 54815–2011, п. 9.2.	Измеренное фактическое значение должно отличаться в худшую сторону не более чем на 3 единицы от заявленного. Ссылка на ГОСТ Р 56231–2014, п. 9.3.
		В рекомендациях по разработке новой нормативной документации рекомендуется использовать общее допустимое отклонение по $R_a$ для источников света и светильников со светодиодами, равное $\pm 3$ , так как технических оснований дифференцировать эти требования нет.	
7	Коэффициент пульсации светового потока	Не должен отличаться в худшую сторону от заявленного значения более чем на 10%. Ссылка на ГОСТ Р 55701.1–2013, п. 7: «значения электрических параметров... не должны превышать значений, заявленных изготовителем, более чем на 10%»	
8	Мощность эквивалентной лампы накаливания	Критерий соответствия заявленному эквиваленту – превышение фактического светового потока 90% от минимально необходимого по ГОСТ Р 52706–2007. Сравнение производится с минимальным значением светового потока биспиральной лампы накаливания с прозрачной колбой при напряжении 230 В (в соответствии с ГОСТ 29322–92 «Стандартные напряжения» номинальное напряжение в сети переменного тока в России с 2003 г. составляет не 220, а 230 В), в соответствии с ГОСТ Р 52706–2007 «Лампы накаливания вольфрамовые для бытового и аналогичного общего освещения», равным 230 лм, 415 лм, 710 лм, 935 лм и 1340 лм для ламп накаливания мощностью 25 Вт, 40 Вт, 60 Вт, 75 Вт и 100 Вт соответственно. Более жёсткие рекомендации по эквивалентной мощности в текущий проект ТР ТС («О требованиях к энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств») не учитывались.	



для замены светильников с ртутными и натриевыми лампами.

#### 4. Привлечённые лаборатории

Для участия в тестировании выбраны лаборатории, аккредитованные в странах-участницах ТС:

- Испытательный центр светотехнической продукции «ВНИСИ» (ИЦ «ВНИСИ»).

- Испытательная лаборатория электрических ламп и светотехнических изделий (ИЛ ЭЛСИ) ООО «НИИИС имени А.Н. Лодыгина».

- Испытательная лаборатория Государственного предприятия «ЦСОТ НАН Беларуси» (полное название предприятия – Республиканское научно-производственное унитарное предприятие «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси»).

- Лаборатория исследований источников света «Архилайт».

#### 5. Принципы отбора образцов

Произведена контрольная закупка светодиодных ламп всех марок с цоколем E27 (рис. 2) в ритейлерах федерального значения «Ашан», «Леруа-Мерлен», «Лента», «МПО Электромонтаж», «Метро», *IKEA*, *OBI*, «220 Вольт» и «Пятёрочка», а также на крупных строительных и электронных рынках Москвы и Минска «Мельница», «Конструктор», «Горбушка», «Савёловский», *Pleer.ru*, «Электроника», «Новосёлкин» и «Уручье».

Для остальных категорий количество отобранных и испытанных образцов невелико. Исследованные образцы не являются показательной выборкой и результаты статистической обработки данных не характеризуют рынок в целом. С целью отработки методологии контрольной закупки и проверки заявляемых параметров приоритеты при покупке не учитывались, и доступные для покупки в розницу светильники покупались в случайном порядке.

Продукция производителей, участвовавших в конкурсе на Евразийскую светотехническую премию и подтвердивших качество своей продукции, для тестирования не закупалась.

Состав комиссии по закупке: Шаракшанэ Антон Сергеевич, ООО «Редакция журнала «Светотехника»; За-

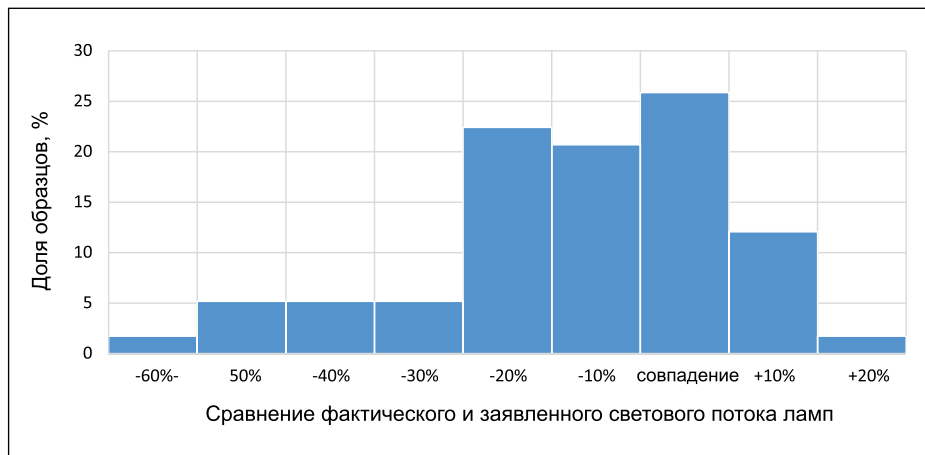


Рис. 3

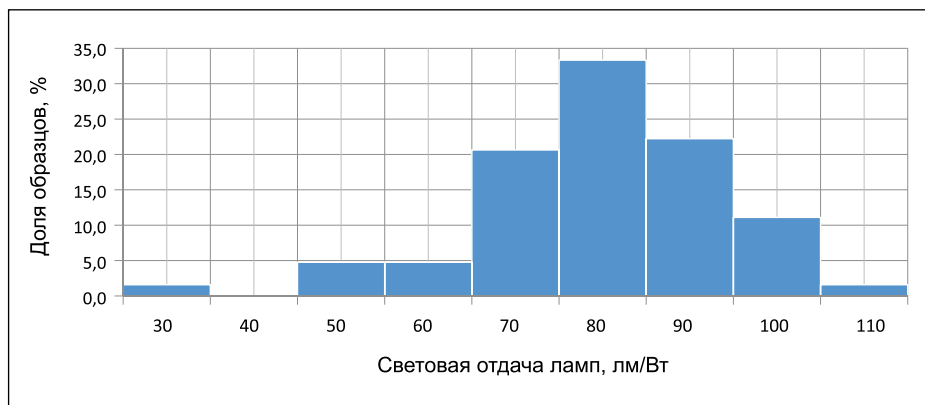


Рис. 4

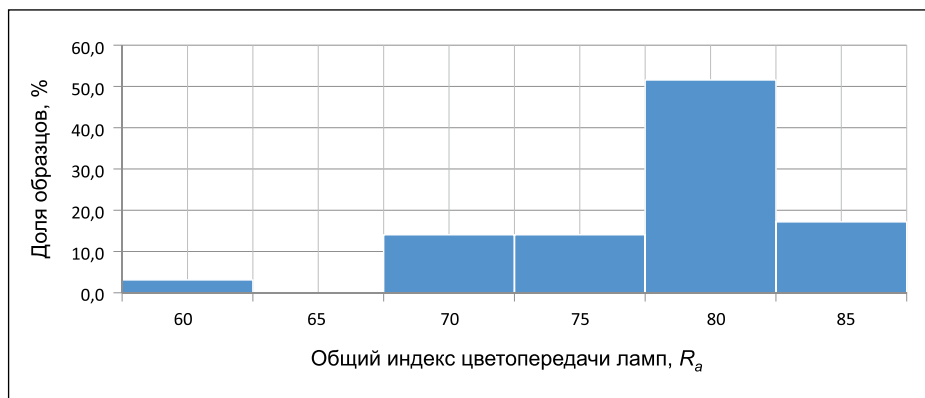


Рис. 5

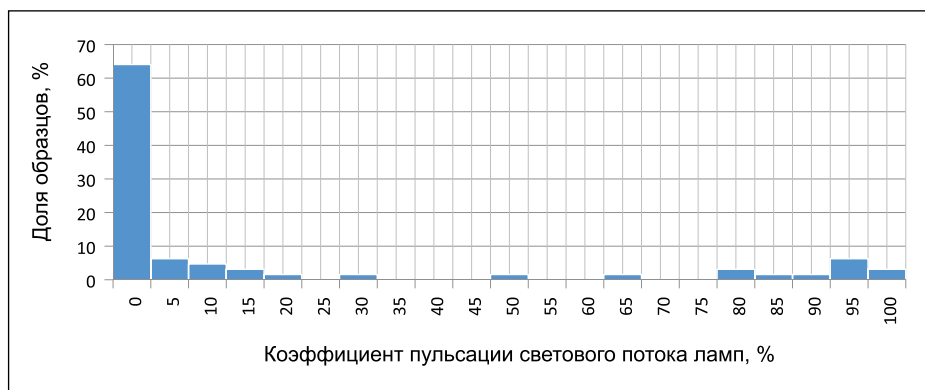


Рис. 6

йко Николай Юрьевич, Минэнерго России; Тихоненко Юрий Фёдорович, Проект ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России; Цвирко Виталий Иванович, ГП «ЦСОТ НАН Беларуси».

## 6. Образцы участников конкурса на Евразийскую светотехническую премию, подтвердившие своё качество

Продукция, участвовавшая в конкурсе на Евразийскую светотехническую премию, проходила контрольную закупку агентом от Минэнерго России, испытывались в тех же лабораториях и оценивалась по тем же критериям, что и в данном проекте.

**Образцы, подтвердившие качество (по категориям), приведены на этой и следующей страницах.**

## 7. Результаты проверки качества по категории «Светодиодные лампы с цоколем E27»

### Табличные данные

Закуплены модели ламп, приведённые в табл. 2.

Заявленные и измеренные параметры закупленных ламп приведены в табл. 3 (красным выделены заявленные параметры, не соответствующие фактическим; зелёным – марки моделей, подтвердивших свои характеристики).

### Замечания по маркировкам

Значительный процент ламп не имел в маркировке и на упаковке информации о той или иной значимой потребительской характеристике. 5 ламп (8%) не имело данных о световом потоке, 27 ламп (42%) – об общем индексе цветопередачи  $R_a$  и 8 ламп (13%) – о коррелированной цветовой температуре, либо указан широкий диапазон (более одного типового значения по ГОСТ Р 54350–2011) цветовых температур. Практически никто из производителей (59 из 64 (92%)) не указал уровень пульсации светового потока. Многие не привели световую отдачу, которую, впрочем, можно оценить делением заявленного светового потока на заявленную мощность.

### Графическое представление результатов и анализ данных

Полностью соответствуют заявленным параметрам 9 ламп из 64 (14%).

### Категория «Светодиодные лампы с цоколем E27»

Компания	Лампа
<b>ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»</b>	SvetaLED11 Вт
<b>ООО «ЭКФ Электротехника»</b>	FLL-A60-9 –230-4K-827

### Категория «Светильники со светодиодами для ЖКХ»

Компания	Светильник
<b>АО «ВИЛЕД»</b>	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
<b>ООО «ИНТЕССО»</b>	Soliaris LL-10p
<b>ООО «ЭКФ Электротехника»</b>	PWD-MR-12–4K-IP65-W-LED

### Категория «Светильники со светодиодами для общественных зданий»

Компания	Светильник
<b>АО «Дюрэй»</b>	Байкал 64,3600,32-ДН10
<b>ЗАО «Силэн-Лэд»</b>	SLG-LN4–1,5x1–25-IP20-УХЛ 3
<b>ЗАО «Центрстройсвет»</b>	CSVТ Alumogips 38opal
<b>ЗАО «Центрстройсвет»</b>	LED-PL–CSVТ-36 595×595 Крокус
<b>ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)</b>	GALAD ДВ001–40–003УХЛ 4
<b>ООО «ИНТЕССО»</b>	Matrix LO-35
<b>ООО «ЛЕД-Эффект»</b>	Офис 0359
<b>ООО «НЕПЕС РУС»</b>	Cap Flat 66–12 (uW) 4500K
<b>ООО «ЭКФ Электротехника»</b>	FLP-S-595–42–4K-D-LED

### Категория «Промышленные светильники со светодиодами»

Компания	Светильник
<b>АО «ВИЛЕД»</b>	Модуль «Галочка»
<b>АО «Дюрэй»</b>	Енисей 32.7000.60-ДН05
<b>ЗАО «Физтех-Энерго»</b>	Диора Craft 110 IP65
<b>ОАО «АСТЗ»</b>	ДСП04–50–001Star850
<b>ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)</b>	GALAD Кассиопея LED-100 prom
<b>ООО «ИНТЕССО»</b>	Solaris LL-45
<b>ООО «ИНТЕССО»</b>	Solaris I-120p
<b>ООО «ЛЕД-Эффект»</b>	Кедр 0516
<b>ООО «ЛЕД-Эффект»</b>	Титан 0467
<b>ООО «ЛЮМЕН»</b>	Lumeon Industry 1200–750-IP63
<b>ООО «МГК «Световые Технологии»</b>	НВ LED
<b>ООО «ТД» Эконекс»</b>	Econex PowerX 120 D60 5000K
<b>ПО «Электроточприбор»</b>	ССП03–50

Наиболее частое несоответствие – по световому потоку, и, как следствие, по световой отдаче и мощности эквивалентной по световому потоку лампы накаливания (ЛН).

Наибольший процент ламп с параметрами, не соответствующими заявленным, приобретён в торговой сети «Леруа-Мерлен» – 4 из 7 образцов (57%). Не соответствовало заявлен-

### Категория «Уличные светильники со светодиодами»

Компания	Светильник
АО «ВИЛЕД»	Модуль СС М1-У-Е-32-280.100.130-4-0-67
ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	СУС-К-250 (iStreet-XL)
ЗАО «Силэн-Лэд»	SLG-ST3-60-32-04-5000-УХЛ 1
ЗАО «Силэн-Лэд»	SLG-ST3-120-64-03-5000-УХЛ 1
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD OMEGA-LED-100-ШБ/У50 premio
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Волна LED280-ШБ/У
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Волна мини LED60 ШБ/У50 premio
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан L LED-305-ШБ/У60
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан М LED-72-ШБ/У50
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан S LED-37ШБ/У50
ООО «ИНТЕССО»	Matrix S-90
ООО «Клейтон»	СКУ 01-096×2-001-ШМ-К
ООО «ЛЕД-Эффект»	КЕДР LE-СКУ-22-110-0260-65Д
ООО «ЛЕД-Эффект»	Кедр 0529
ООО «РСТ»	Радуга-090-СУК-02-300-66
ООО «ЭКОЛАЙТ»	EL-ДКУ-02-145-7278-65Х

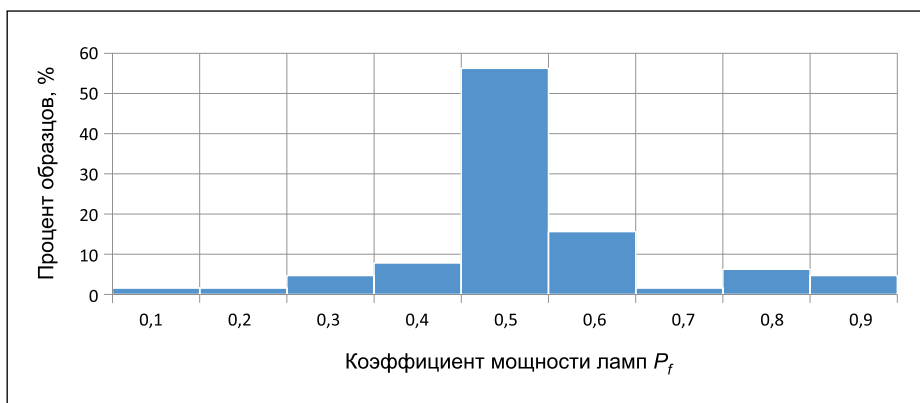


Рис. 7

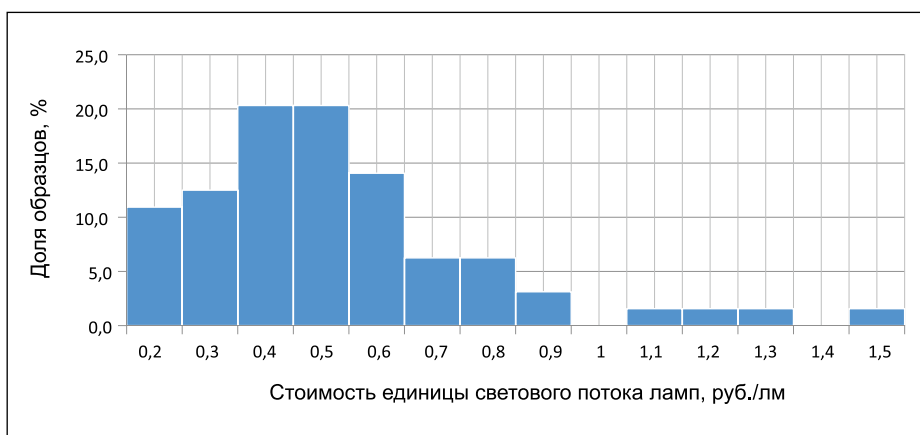


Рис. 8

ным параметрам и 55% ламп, приобретённых на строительных рынках.

Все образцы, приобретённые в торговых сетях «Лента», IKEA,

«МПО Электромонтаж», «МЕТРО» и OBI заявленным параметрам соответствовали.

Типичные несоответствия были по:

1) коррелированной цветовой температуре: 18 из 64 ламп (28%) имели иное типовое значение по ГОСТ Р 54350-2011, чем заявленное;

2) световому потоку: 27 из 64 (42%), и, как следствие, по световой отдаче и заявленной мощности эквивалентной ЛН;

3) цветопередаче: в маркировке большей части ламп с низкой цветопередачей данные о цветопередаче отсутствовали.

#### Световой поток

Средний фактический световой поток составлял 88% от заявленного (рис. 3).

#### Световая отдача

Распределение фактической световой отдачи (рис. 4) показало наличие группы изделий с пониженной световой отдачей, 50–60 лм/Вт, и даже – одного образца с фактической световой отдачей 26 лм/Вт. Типичное значение световой отдачи – 80 лм/Вт. Хорошим рабочим значением можно признать 90 лм/Вт. Лучшие образцы имели световую отдачу более 100 лм/Вт.

Распределение показывает потенциал роста: очевидно, что типичное значение световой отдачи под давлением рынка будет расти и в ближайшей перспективе превысит 100 лм/Вт.

#### Цветопередача

Распределение по качеству цветопередачи (рис. 5) выявило типичное значение  $R_a = 80$ . Также видно, что, несмотря на техническую возможность использовать светодиоды с  $R_a$  свыше 90, незначительно жертвуя ценой и световой отдачей, производители этой возможностью не пользуются, предположительно, из-за недостаточности информирования населения об основных потребительских качествах ламп и, как следствие, отсутствия запроса на повышенную цветопередачу.

#### Коэффициент пульсации светового потока

Большая часть образцов имела коэффициент пульсации светового потока, близкий к нулю (рис. 6). Как исключение встречались образцы со значительным уровнем этой величины – вплоть до 100%. Заявляли коэффициент пульсации редко,



## Закупленные образцы ламп с цоколем E27

Марка	Название	Стоимость, руб.
ACME	Ashape A60 7W 3000K	350
Allight	AI-BL4-E27-7W-NW	150
Artpole	Artpole Classic 10W 4200k	307
Bellight	LED A70 8W 4000K	158
Bolun	BL E27 A60-COQ 8W	550
Camelion	LED8-A60/845/E 27	215,4
Canyon	AE27FR8W230VN	327,52
CRIXLED	CRL A60 10W 220V ME1 WW	150
Ecola	Ecola classic LED8,1W A60	402,18
ECOLED	12-120G60-A-30	480
Ecomir	9W E27 220V	277
ECON	LED E27	195
Ecowatt	A60 827 E 27	419
Edison	LED12W/3000K/E27	250
ELECTROSTANDART	Classic 6W 4200K E27	250
ELVAN	E27-9W-3000K-A60	250
Energizer	Energizer E27 GLS	600
Estares	GL10-E27	315,28
Feron	LB-93 E27 12W 4000K	259,64
FOTON LIGHTING	FL-LED G45 ECO 9W 2700K	250
Gauss	LD23222 A60 12W 4100K	408,01
General Lighting	GLDEN-G45F-7-230-E27-2700	200
Glanzen	LEW-0015-27	248
GLOBUS VITOONE	Globus 1510590	131,97
GS Light	GS Light E27 10W 4200K	556,38
Homeclub	CDL21A608WE272700	261
IKEA	RYET LED1000lm 1461G13	399
Iteria	Iteria classic	412
KOMTEX	СДЛ-Г60-10-220-840-270	259,64
KREZ	4GM-WH125-01	802
LED	LED5901854562865, 4Вт	98
LEEK	LEF 60 TU LED7W 4K	180
LEXMAN	A60, E 27, 10Вт, 3000K	398
Navigator	NLL-A60-7-2300-2.7K	229,34
NLCO	SMART SOLUTION HLB07-34-W-02	145
Osram	LED STAP Classic A60	482
Philips	LEDbulb 9W, E 27	285,22
Pulsar	Pulsar Optima 6WE27 4000K	263,72
Qeeps	LED-G45-7W/3000/E27	250
Rattlesnake	G60-2835-E-27-WW	400
REV	A60-10W-230V-4000K-E27	179,38
Robiton	LED Globe-6.5w-2700K-E27	223
Selecta	LED ECOPROA60 12W 4000K	294
Shefort	YY-B60-12W-E27-4000K	458,09
Shine	LED22019110WE27 4000K	430,27

Smartbuy	SBL-A60-13-30K-T27-A	212
SUPRA	SL-LED-ECO-A60-7W/3000	174,93
TELEFUNKEN	TLF BL106	400
Thompson	TM-100W-A12	388
Uniel	LED-A60-7W/WW/E27/FR	368
Volpe	LED-A65-15W/NW/E27/FRO	357
WOLTA	25Y60BL8E27-S LED Simple	145
ВЫМПЕЛ (ОРИОН)	LED E27 A57	119
Космос	10W LED A60E2745	237,06
НАНОСВЕТ	LC-5G50-E27-4	400
ОНЛАЙТ	Онлайн 10W	160
СВЕТКОМПЛЕКТ	LED G50 E27A	300
Спутник	LED A60-10W/220V/4000K	316
СТАРТ	LED GLS E27 7W30	278
Экономка LED	Eco LED10W A60	299
ЭлектроМир	7W 450 lm 2700K	400
Электромонтаж	A60 10W E 274100K	241,49
Эра	LED smd A60-8W-827-E 27	282,25
ЭТП	A60-7W-E27-3000K	278,19

Таблица 3

Измеренные значения параметров ламп с цоколем E27

Марка	Мощность заявленная, Вт	Мощность измеренная, Вт	Световой поток заявленный, лм	Световой поток фактический, лм	Световая отдача заявленная, лм/Вт	Световая отдача, лм/Вт	Индекс цветопередачи $R_a$ заявленный	Индекс цветопередачи $R_a$ фактический	Цветовая температура заявлен., К	Цветовая температура фактич., К	Эквивалент заявленный	Коэффициент пульсации заявленный	Коэффициент пульсации фактический	Коэффициент мощности заявленный	Коэффициент мощности фактический	Стоимость единицы светового потока, руб./лм
Canyon	8	8,25	660	705	82,5	85,5	80	81,9	4000	4000	51	—	14,9	—	0,57	0,46
Energizer	9,5	9,51	806	762	84,84	80,1	80	81,8	3000	3000	60	—	0,3	—	0,51	0,79
IKEA	13	13,6	1000	1121	77	82,4	80	81,4	2700	2700	—	—	11,6	—	0,92	0,36
KOMTEX	10	9,34	870	912	87	97,6	82	81,3	4000	4000	75	—	0,4	—	0,54	0,28
LEXMAN	10	9,9	806	783,6	81	74,6	80	81,2	3000	3000	60	—	0,4	—	0,56	0,51
Philips	9	8,37	806	796	90	95,1	—	82,7	6500	6500	70	—	4,5	—	0,53	0,36
WOLTA	8	8,48	680	673,2	85	79,4	80	81	3000	3000	60	—	0,5	—	0,52	0,22
Экономка LED	10	11,12	850	851,5	85	76,6	80	80,6	3000	3000	75	—	1,4	—	0,79	0,35
Электро-монтаж	10	9,13	800	808,3	80	88,5	80	82	4100	4000	60	—	0,3	—	0,51	0,30
АСМЕ	7	7,24	500	504	—	69,6	—	82,4	2700-3000	3000	60	—	51	—	0,61	0,69

Allight	7	7,62	600	418	85,71	54,9	—	79,9	4000	4756	60	—	1,4	—	0,83	0,36
Artpole	10	9,3	—	851	—	91,5	80	81,9	4200	4000	120	—	0	—	0,48	0,36
Bellight	8	6,84	600	367,9	75	53,8	—	75,4	ХОЛОД- НЫЙ	4000	55	—	88,6	—	0,32	0,43
Bolun	8	5,97	800	605	100	101,3	—	80,9	2700	3000	60	—	0	—	0,55	0,91
Camelion	8	8,41	710	659,1	89	78,4	82	83,7	4500	4000	60	—	0,3	—	0,52	0,33
CRIXLED	10	10,4	810	786	81	75,5	80	83,2	2800– 3000	3000	75	3	2,3	—	0,82	0,19
Ecola	8,1	8,37	—	632,4	—	75,6	—	74	2700	3000	80	—	100	—	0,44	0,64
ECOLED	12	12,04	1050	836	87,5	69,4	80	77,7	3000	3000	90	—	83	—	0,54	0,57
Ecomir	9	10,46	930	837	103,3	80	—	71,4	3000	2700	100	—	64,1	—	0,47	0,33
ECON	5	4,84	400	344	80	71,02	80	81	3000	3130	40	—	0,31	—	0,489	0,57
Ecowatt	9	8,64	850	805	94	93,2	—	72,3	—	2700	75	—	0,3	—	0,54	0,52
Edison	12	12,29	1200	931	100	75,6	—	80,8	3000	3000	100	—	0	—	0,58	0,27
ELECTRO- STANDART	6	6,58	—	496	—	75,37	—	72	4200	4500	90	—	0,4	—	0,49	0,50
ELVAN	9	8,05	700	535	77,78	66,5	83	78,4	3000– 4000	2700	60	—	0	—	0,47	0,47
Estares	10	6,49	800	511	80	78,7	—	81,6	2700	3000	80	0,2	0,8	—	0,44	0,62
Feron	12	12,3	1100	1234	91,67	100,3	—	72,1	4000	4000	120	—	0,3	—	0,53	0,21
FOTON LIGHTING	9	4,77	670	339	74,44	71,1	—	72,3	2700	3000	60	—	94,5	—	0,32	0,74
Gauss	12	11,9	1150	1200	95,83	100,8	80	75,5	4100	4000	100	—	0,5	—	0,56	0,34
General Lighting	7	6,48	590	562	84,29	86,7	—	71,1	2700	2700	75	5	0,4	—	0,53	0,36
Glanzen	5	4,89	260	290	52	59,3	—	70	2700	3000	60	—	2,5	—	0,59	0,86
GLOBUS VITOONE	8	7,06	500	574,7	63	81,4	—	80,7	2700	3000	60	—	29,8	—	0,53	0,23
GS Light	10	9,98	950	853	95	85,5	82	72,4	4200	4000	80	—	0,6	—	0,51	0,65
Homeclub	8	8,14	600	617,7	75	75,9	80	81,1	2700	2700	80	—	0,6	—	0,55	0,42
Iteria	9	7,48	1000	801	111,1	107	90	82,7	2700	2700	100	—	0,3	—	0,54	0,51
KREZ	7	7,92	525	548	—	68,9	—	79,2	2700	2700	60	—	17,6	—	0,94	1,46
LED	4	4,24	320	210,7	80	49,7	—	84,9	—	4000	35	—	92,9	—	0,32	0,47
LEEK	7	6,28	490	385	70	61,21	—	74	4000	4165	75	—	0,49	—	0,476	0,47
Navigator	7	6,69	525	551,4	75	82,4	82	82,2	2700	2700	60	—	0,5	—	0,53	0,42
NLCO	7	3,12	550	226	78,57	72,33	—	61	2700– 2800	3114	70	—	4,3	—	0,161	0,64
Osram	9	9,19	650	771,7	72	83,9	80	83,9	6500	7072	60	—	16,7	—	0,92	0,62
Pulsar	6	5,02	560	443	93,33	88,2	82	82,9	4000	4000	60	—	0,3	—	0,49	0,60
Qeeps	7	4,87	—	408	—	83,8	80	81,9	3000	3000	60	—	0,1	—	0,5	0,61
Rattlesnake	6	5,82	660	506	110	86,9	—	81	2700– 3000	2700	60	—	81	—	0,5	0,79
REV	10	8,18	800	744,7	80	91,1	70	75	4000	4000	75	—	0,2	—	0,52	0,24
Robiton	6,5	6,8	330	176	50,77	25,9	70	74,2	2700	2979	29	—	0,7	—	0,5	1,27
Selecta	12	9,89	1020	814	85	82,3	82	82,4	4000	4000	100	—	100	—	0,54	0,36



Shefort	12	9,4	1080	837	—	89	—	82,6	4000	4000	125	—	1,4	—	0,53	0,55
Shine	10	9,45	850	884	—	93,5	80	83,3	4000	4000	100	5	0,6	—	0,55	0,49
Smartbuy	13	10,22	1100	982	84,62	96,1	80	72,9	3000	3000	100	—	0	—	0,5	0,22
SUPRA	7	6,43	560	429,3	80	66,8	80	71,8	3000	3000	60	—	93,7	—	0,35	0,41
TELE-FUNKEN	9	8,32	720	576	80	69,2	—	74,7	2700	2574	70	—	2,1	—	0,47	0,69
Thompson	12	12,49	1050	957	87,5	76,6	—	80,6	3000	3000	100	—	0	—	0,54	0,41
Uniel	7	6	650	615,4	92	102,6	80	80,4	3000	2700	60	—	0,2	0,7	0,51	0,60
Volpe	15	12,13	1300	1079	85	88,9	80	84	4500	4000	125	0,7	0,7	0,7	0,56	0,33
ВЫМПЕЛ (ОРИОН)	5,5	3,25	450	242	81,82	74,61	60	78	6700	7597	45	—	7,67	—	0,149	0,49
Космос	10	10,1	850	840	85	83,2	—	81,4	4500	4500	75	—	0,4	—	0,8	0,28
НАНОСВЕТ	5	4,92	370	357	74	72,6	80	81,5	4000	4000	40	—	8,7	—	0,52	1,12
ОНЛАЙТ	10	9,33	820	817	82	87,59	70	75	4000	4226	75	—	0,2	—	0,686	0,20
СВЕТКОМ-ПЛЕКТ	5,5	5,39	440	400	80	74,2	80	81,9	4500	4000	50	—	0	—	0,52	0,75
Спутник	10	9,35	720	803	90	85,9	75	83,4	4000	4000	90	—	94	—	0,39	0,39
СТАРТ	7	5,77	560	345	80	59,8	—	61,6	3000	3000	60	—	0	—	0,45	0,81
ЭлектроМир	7	3,95	450	336	64,29	85,1	—	82	2700	2700	80	—	78,2	—	0,44	1,19
Эра	8	7,6	700	610	88	80,3	85	81,9	2700	4000	70	—	1,4	—	0,53	0,46
ЭТП	7	7,31	600	580	85,71	79,3	—	81,1	3000	3000	60	—	3,5	—	0,49	0,48

Таблица 4

## Средние значения основных параметров ламп с цоколем E27

	Среднее заявленное значение	Среднее фактическое значение
Световая отдача	83 лм/Вт	79 лм/Вт
Индекс цветопередачи $R_a$	79	78
Коррелированная цветовая температура	3548 К	3555 К
Коэффициент пульсации	3%	18%
Коэффициент мощности	0,7	0,5
Стоимость единицы светового потока	42 коп./лм	52 коп./лм

Таблица 5

## Закупленные образцы светильников для ЖКХ

Марка	Название	Стоимость, руб.	Страна происхождения
Arlight	C0260-AM-WW 1309030	1850	КНР
FALDI	ID105-18S1900Lm/18W/5000K	1300	РФ
FSE Lighting	LED PANEL LIGHT-15W	1200	КНР
Leek	LE LED BK RL 20W	1186	КНР
Shine	Shine ЖКХ	1258	КНР
Sweko	SUL-R1-15W-230-4000K-WH	681	КНР

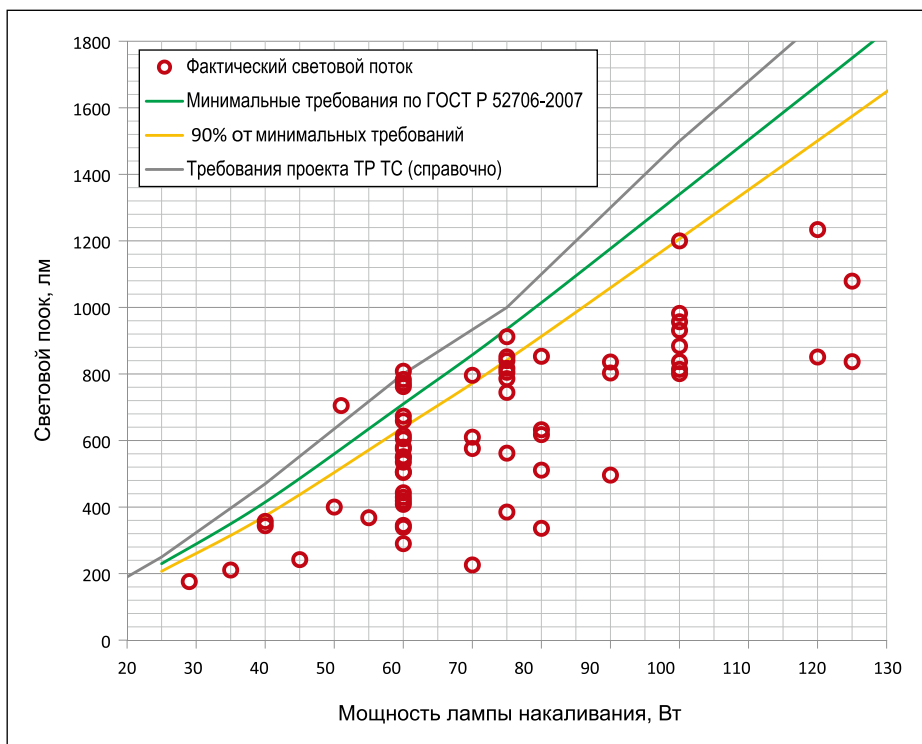


Рис. 9

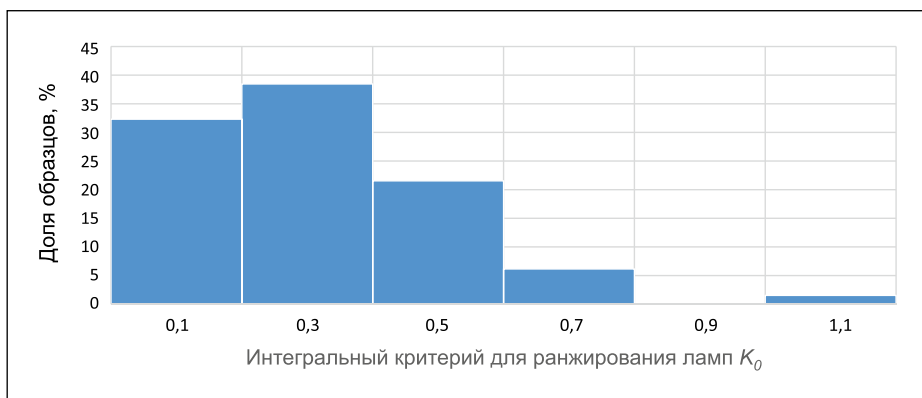


Рис. 10

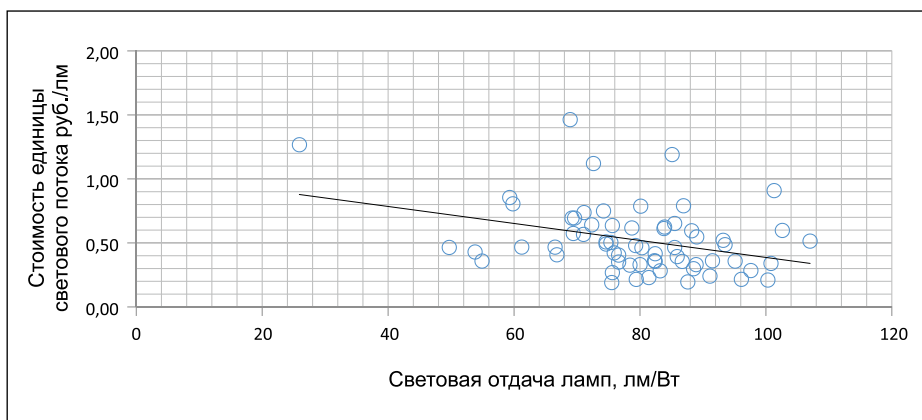


Рис.11

в 5 случаях из 64 (8%), но в каждом случае реальный уровень пульсации соответствовал или был лучше заявленного.

### Коэффициент мощности

Коэффициент мощности – важный параметр, характеризующий качество устройства управления («драйвера»).

Типичный коэффициент мощности ламп в распределении (рис. 7) – 0,5, а наибольший и наименьший – 0,94 и 0,15.

### Стоимость единицы светового потока

Не считая отдельных случаев явно завышенной цены, стоимость светового потока ламп колеблется между 20 коп. и 1 руб. за люмен (рис. 8). Столь широкое распределение можно трактовать как незрелость рынка и отсутствие устойчивейшей стоимости светового потока. (Что позволяет надеяться на скорое снижение средней стоимости за люмен.) Типичное значение этой величины – (40–50) коп./лм, с перспективой снижения до 20 коп./лм.

### Заявленный эквивалент

Из 64 образцов не указана мощность эквивалентной по световому потоку ЛН только на образце от *IKEA*. Относительно мягким требованиям в 90% от минимальных значений светового потока эквивалентной ЛН по ГОСТ Р 52706–2007 удовлетворяли только 10 из 63 ламп (16%).

Производители 53 ламп из 63 (84%) вводят потребителя в заблуждение, указывая явно завышенную мощность эквивалентной по световому потоку ЛН (рис. 9). Среднее значение светового потока испытанных 63 образцов составляет 66% от минимальных световых потоков ЛН, заявляемых как эквивалентные.

Средние значения основных параметров приведены в табл. 4.

В выборке из 64 ламп не оказалось ни одной, имеющей одновременно все фактические значения основных параметров лучше средних и соответствующие заявленным.

Марки ламп, все параметры которых одновременно оказались ниже средних: «ВЫМПЕЛ» («ОРИОН»), *NLCO*, *FOTON LIGHTING*, *Bellight*, *SUPRA*, *Ecola*, *Ecomir* и *ECOLED*. Все они, к тому же, имели фактические параметры, не соответствующие заявленным.

### Ранжирование ламп по комплексу параметров

Упрощённая методика ранжирования светотехнических изделий, имеющих множество значимых численных параметров, впервые применена в конкурсе на Евразийскую светотех-

ническую премию. Методика заключается в расчёте интегрального критерия перемножением всех численных параметров, значения которых для данной категории изделий должны быть как можно выше, и делением на все параметры, значения которых должны быть как можно ниже.

Испытываемые лампы ранжировались по критерию  $K_0$  (рис. 10), в котором ни одному из параметров не отдавалось предпочтение:

$$K_0 = [\Phi_v \cdot R_a \cdot P_f \cdot (100 - K_n)] / (W \cdot T_{\text{кц}} \cdot C),$$

где  $\Phi_v$  – световой поток, лм;  $W$  – потребляемая мощность, Вт;  $R_a$  – общий индекс цветопередачи;  $K_n$  – коэффициент пульсации светового потока, %;  $P_f$  – коэффициент мощности;  $T_{\text{кц}}$  – коррелированная цветовая температура, округлённая до типового значения по ГОСТ 54350–2011 (округление проводится для того, чтобы не поощрять отклонение фактического значения от ближайшего типового);  $C$  – стоимость лампы, руб.

Пять марок ламп, оказавшихся наихудшими по критерию  $K_0$ : *Ecola*, *Selecta*, *FOTON LIGHTING*, «Спутник», *SUPRA*. Пять лучших из тех, у которых фактические параметры соответствовали заявленным: *WOLTA*, «Экономка LED», *IKEA*, *KOMTECH* и «МПО Электромонтаж».

### Корреляции и зависимости

Стоимость единицы светового потока имеет выраженный случайный разброс (рис. 11) и можеткратно отличаться при любых заявленных и фактических параметрах. Но средняя стоимость единицы светового потока с ростом энергоэффективности сильно падает. Стоимость светового потока с 62 коп. за люмен при световой отдаче 60 лм/Вт снижается до 29 коп. при световой отдаче 100 лм/Вт. (Свет более эффективных ламп дешевле!)

Зависимость стоимости единицы светового потока от качества цветопередачи имеет менее выраженный аналогичный характер (рис. 12) – с ростом  $R_a$  от 60 до 80 стоимость светового потока снижается с 60 до 50 коп. за люмен. Потребитель фактически не платит за повышенную цветопередачу, наоборот – выбор повышенной цветопередачи статистически приводит к экономии.

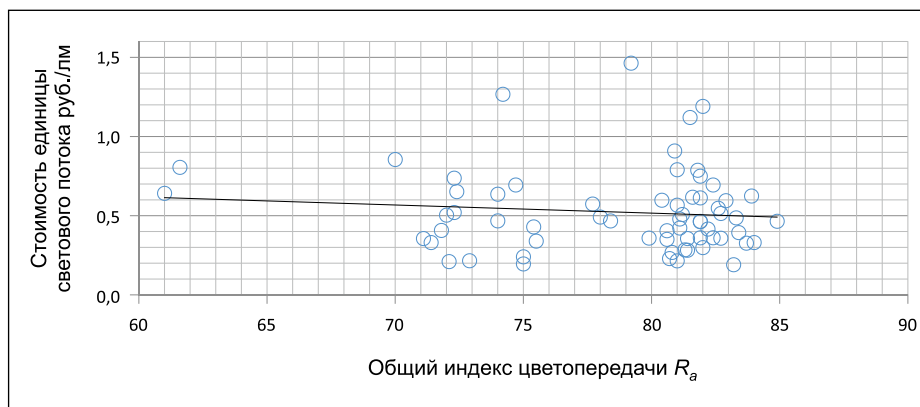


Рис. 12

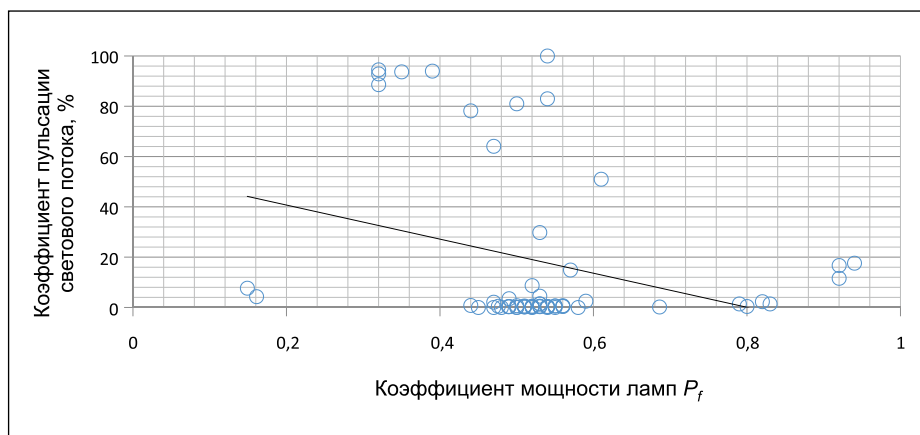


Рис. 13

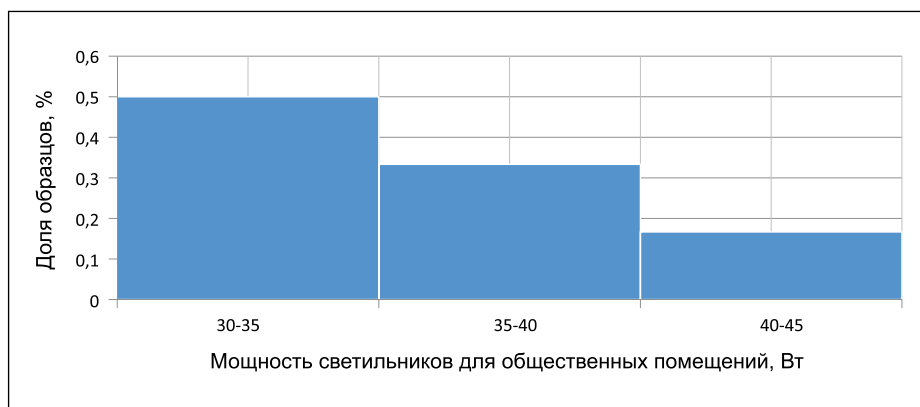


Рис. 14

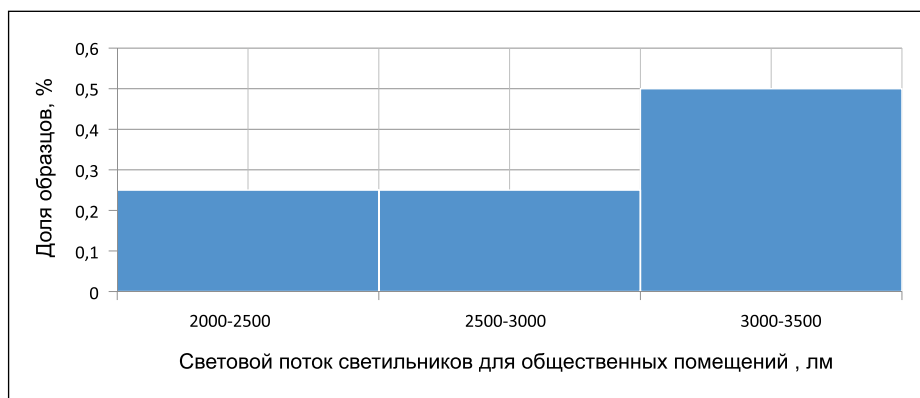


Рис. 15



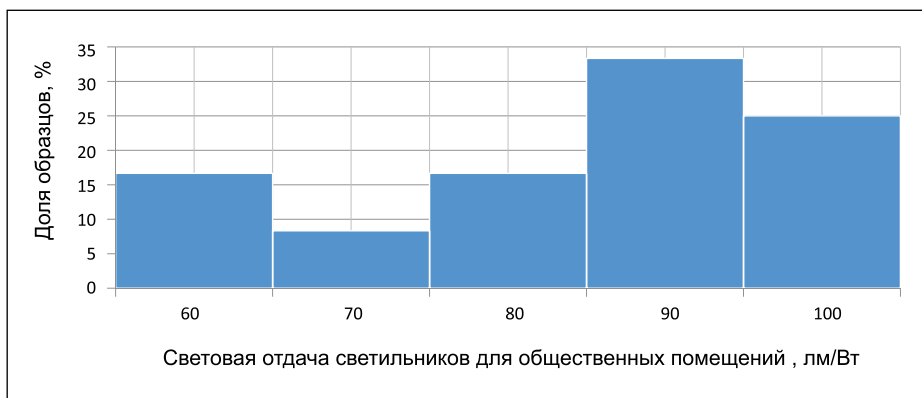


Рис. 16

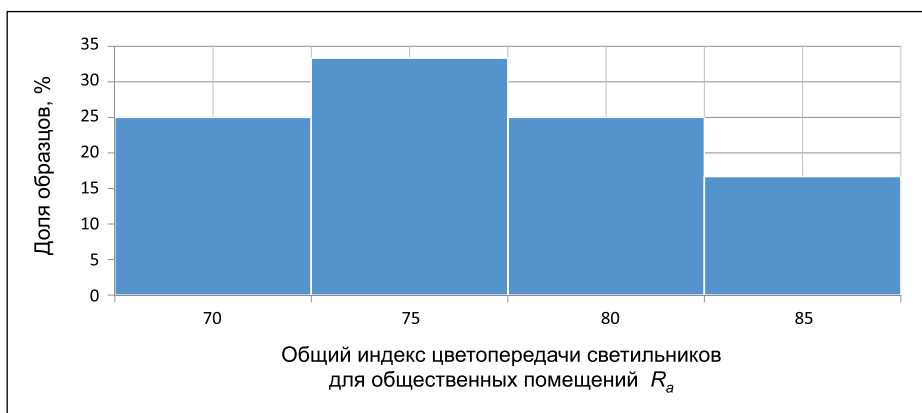


Рис. 17

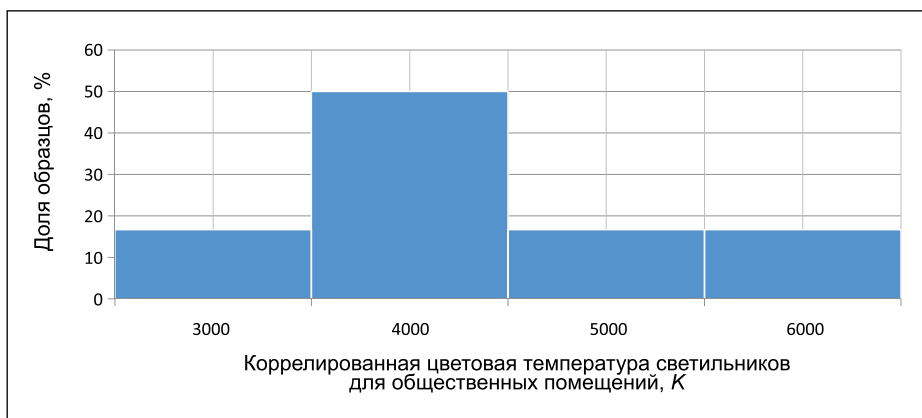


Рис. 18

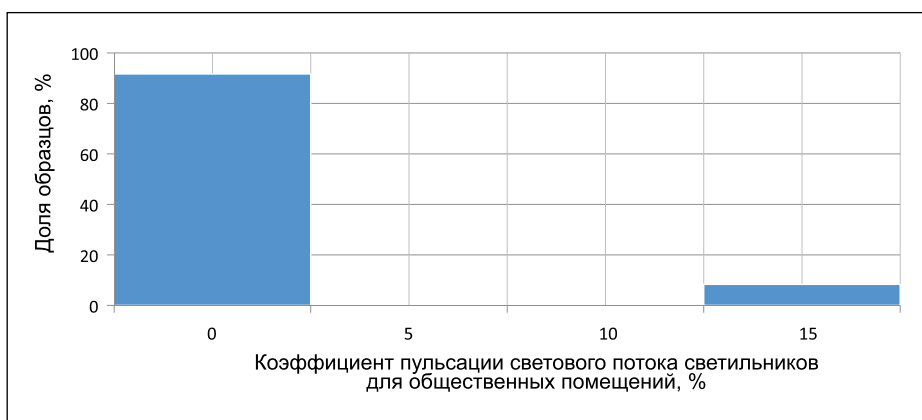


Рис. 19

Выяснилось также – лампы с более низким уровнем пульсации светового потока статистически имеют больший коэффициент мощности (рис. 13).

**Анализ показал, что лампы с лучшими параметрами дешевле ламп низкого качества.** Предположительно, это объясняется присутствием на рынке изделий разных поколений, разного технологического уровня, неинформированностью потребителя и возможностью продавца устанавливать цену вне зависимости от качества продукта.

## 8. Результаты проверки качества по категории «Светильники со светодиодами для ЖКХ»

### Табличные данные

Закуплены модели светильников, приведённые в табл. 5.

Заявленные и измеренные параметры закупленных светильников приведены в табл. 6.

Табличные данные показывают:

1) Низкую среднюю фактическую световую отдачу испытанных светильников – от 52 до 82 лм/Вт.

2) Низкий фактический коэффициент пульсации светового потока – от 0,2 до 8,1%

3) Очень большую разницу по коэффициенту неравномерности яркости светового отверстия – от 1,2 (что воспринимается как однородная светящая поверхность) до 56,4 (что воспринимается как отдельно светящиеся яркие пятна и вызывает дискомфорт при попадании в поле зрения).

## 9. Результаты проверки качества по категории «Светильники для общественных помещений»

### Табличные данные

Закуплены модели светильников, приведённые в табл. 7.

Заявленные и измеренные параметры закупленных светильников приведены в табл. 8.

Необходимо отметить, что светильник марки «Пифагор» конструктивно и по особенностям упаковки идентичен светильнику марки *LiteSvet*, и имеет близкие с ним фактические параметры. Предположительно, *LiteSvet* является ODM-производителем марки «Пифагор», но не подтвердил заявленного уровня цветопереда-

## Измеренные параметры светильников для ЖКХ

Марка	Мощность заявленная, Вт	Мощность фактическая, Вт	Световой поток заявленный, лм	Световой поток фактический, лм	Световая отдача заявленная, лм/Вт	Световая отдача фактич., лм/Вт	Индекс цветопередачи $R_a$	Индекс цветопередачи $R_a$	Цветовая температура заявленная, К	Цветовая температура фактич., К	Коэффициент пульсации заявленный	Коэффициент пульсации фактический	Коэффициент мощности заявленный	Коэффициент мощности фактический	Габаритная яркость по оси, кд/м <sup>2</sup>	Коэфф. неравномерности яркости	Стоимость единицы светового потока, руб./лм
<b>Arlight</b>	16	16,96	800	880	50	51,9	84,4	84,4	3000	3000	—	8,1	—	0,81	4531	1,6	2,1
FALDI	18	19,88	1900	1359	106	68,4		83,9	5000	5000	—	1,5	—	0,86	9104	2,5	1,0
FSE Lighting	15	14,62	1260	737	84	50,4	80	72,8	6500	6500	—	0,2	—	0,5	13880	1,2	1,6
Leek	20	19,9	2200	1420	110	71,4	80	73,0	3000	3000	3	0,3	0,6	0,5	10309	1,3	0,8
Shine	12	12,58	—	955,5	—	75,9	—	81,8	4000	4000	—	2,8	—	0,82	17745	56,4	1,3
Sweko	15	16,52	620	1350	41	81,7	80	83,8	4000	4000	0,5	0,2	0,5	0,55	23143	1,9	0,5

## Закупленные образцы светильников для общественных зданий

Марка	Название	Стоимость, руб.	Страна происхождения
ASD	LP-2-40	1700	КНР
Diotec	DS-U72-SAMSUNG-PR	3587,5	РФ
Good Light	GL-ARMSTRONG 72 GLTIPI	1831	РФ
Kreonix	KUP-6060-40w-3000lm	3100	КНР
Lezard	440 LPS60045 LED Panel-45W	2200	Турция
Lite Svet	ЛайтСвет-Армстронг 24/4/120	2397	РФ
NLCO (Новый свет)	GRA32-14W-02	2029,22	РФ
Trilux Alenka	ДВО Alenka LED-32-845-23 Trilux 70500	1925,63	РФ
Лед Лайтинг Технолоджи	LPU-ECO Призма	1700	КНР
Онлайн	OLP-S02-36-4K & 71 672 OD-S02-36	1987,47	КНР
Оптоган	Светильник Оптолюкс Офис Эконом	2600	РФ
Пифагор (Ирбис)	Пифагор офис	1694,32	РФ

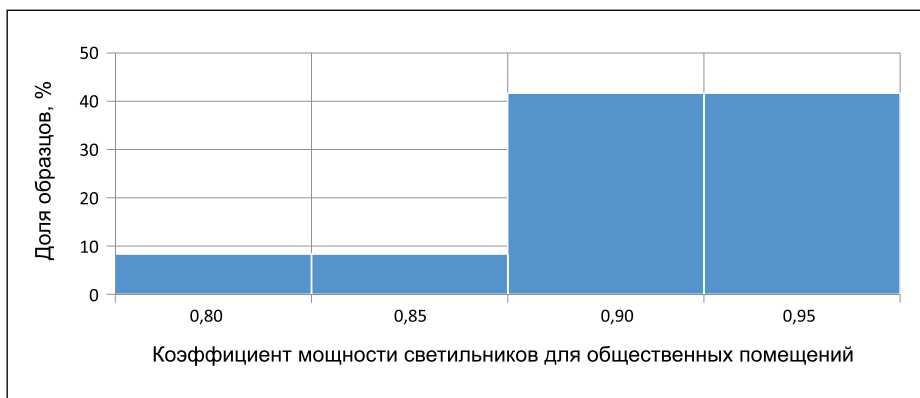


Рис. 20

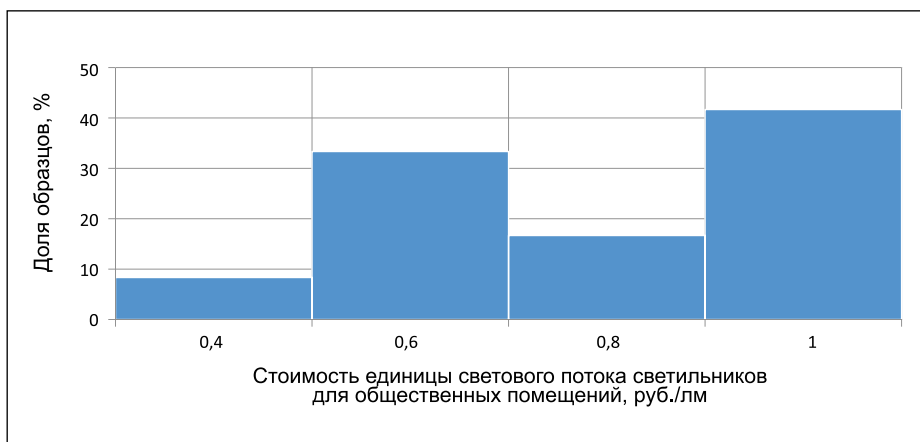


Рис. 21

чи (заявлен  $R_a=80$ , по факту  $R_a=72$ ), а «Пифагор» вообще не заявил  $R_a$ . Отсутствие в документации на светильники для общественных помещений  $R_a$  недопустимо, так как этот показатель в данном случае – нормируемый. Оба эти случая – примеры введения потребителя в заблуждение.

Единственный светильник из испытанных, заявивший и подтвердивший все свои проверяемые параметры, – марки *Lezard* (турецкого производства).

### Графическое представление результатов и анализ

#### Мощность

Большая часть светильников имела мощность около 30 Вт или немногим более (рис. 14).

#### Световой поток

Типичный световой поток – 3000 лм (рис. 15).

#### Световая отдача

Типичная световая отдача – 90 лм/Вт, с перспективой роста до 100 лм/Вт (рис. 16).



Рис. 22

#### Цветопередача

Типичный  $R_a$  – 75–80 (рис. 17). Значимо меньше чем в категории ламп с цоколем *E27*, где типичным  $R_a$  можно было назвать значение выше 80.

#### Цветовая температура

Типичная коррелированная цветовая температура – 4000 К (рис. 18).

#### Коэффициент пульсации светового потока

Коэффициент пульсации светового потока большинства образцов близок к нулю (рис. 19). Можно уверенно констатировать, что в данной кате-

гории нормой стал уровень пульсации светового потока менее 5%.

#### Коэффициент мощности

Коэффициент мощности почти всех образцов оказался близким к единице (рис. 20). Можно считать современным типичным значением коэффициента мощности светильников для общественных помещений уровень не ниже 0,9.

#### Стоимость единицы светового потока

Стоимость единицы светового потока колеблется от 40 коп. до 1 руб. за люмен (рис. 21). Отсутствие выраженного максимума говорит о неустоявшемся уровне цен в розничной торговле и перспективе снижения средней цены.

### 10. Результаты проверки качества по категории «Промышленные светильники»

По данной категории испытаны образцы двух моделей (табл. 9).

Заявленные и измеренные параметры приведены в табл. 10.

Светильник отечественного производителя «КБ-71» (ООО) не соответствует заявленной цветовой температуре. Все остальные параметры значимо лучше заявленных, в том числе уровень цветопередачи ( $R_a = 87,9$ ) выше, чем у всех испытанных образцов всех категорий.

Светильник китайского производства также не соответствует заявленной цветовой температуре: превышение на 2200 К (рекордно высокое значение цветовой температуры для светильников, участвовавших в испытаниях).

### 11. Результаты проверки качества по категории «Уличные светильники»

Закуплено 5 моделей уличных светильников, приведённых в табл. 11.

Заявленные и измеренные параметры закупленных светильников приведены в табл. 12.

Все закупленные светильники имели значимые недостатки:

- Светильник от «ЛидерЛайт» имеет «путанную» документацию с трудно извлекаемыми характеристиками. Пришлось потратить немалое время, чтобы обнаружить отсутствие



## Измеренные параметры светильников для общественных зданий

Марка	Мощность заявленная, Вт	Мощность фактическая, Вт	Световой поток заявленный, лм	Световой поток фактический, лм	Световая отдача, лм/Вт	Световая отдача фактич., лм/Вт	Индекс цветопередачи $R_a$ заявленный	Индекс цветопередачи $R_a$	Цветовая температура заявленная, К	Цветовая температура, К	Коэффициент пульсации заявленный	Коэффициент пульсации фактический	Коэфф. мощности заявленный	Коэфф. мощности фактический	Стоимость единицы светового потока, руб./лм
<b>Diotec</b>	39	38	4000	3800	102,6	100	—	84	4500–5500	5400	1	0,1	0,99	0,98	0,9
<b>Kreonix</b>	40	40,6	3000	3200	75,0	79	—	80	4200	3900	5	0,3	0,9	0,96	1,0
<b>Lezard</b>	45	42,1	3400	3124	75,6	74,2	80	83	4000	4200	—	1,25	—	0,85	0,7
<b>NLCO (Новый свет)</b>	32	30,2	2800	2899	87,5	97,4	—	71	—	2927	—	0,25	—	0,91	0,7
<b>Оптоган</b>	30	29,5	2450	2730	81,7	93	—	80	4000	4000	—	0,2	—	0,94	1,0
<b>Пифагор</b>	38	37,9	3450	3530	90,8	93	—	73	—	5100	—	0,2	—	0,96	0,5
ASD	36	37,2	2800	2070	77,8	56	—	74	—	5600	—	15,2	—	0,96	0,8
Good Light	30	29,7	3000	3002	100,0	101	80	70	3000	3038	0,5	0,14	0,96	0,92	0,6
Lite Svet	38	40	3450	3770	90,8	94	80	72	4000	3900	1	0,2	0,95	0,96	0,6
Alenka Trilux	32	33,2	3300	2038	103,1	92,4	80	81	4500–5000	4220	—	0,97	—	0,91	0,9
Лед Лайтинг Технолоджи	36	32,6	3000	2525	83,3	77,4	—	74	6500	6752	—	0,23	—	0,8	0,7
Онлайн	36	34,2	2700	1882	75,0	56,2	70	74	4000	4116	—	0,35	0,9	0,93	1,0

Таблица 9

## Закупленные образцы промышленных светильников

Производитель	Модель	Стоимость, руб.	Страна происхождения
КБ-71	ССП-01-012	3500	РФ
ULTRAFLASH	LWL-5021-28DL	2536	КНР

Таблица 10

## Измеренные параметры промышленных светильников

Производитель	Мощность заявленная, Вт	Мощность фактическая, Вт	Световой поток заявленный, лм	Световой поток фактический, лм	Световая отдача заявленная, лм/Вт	Световая отдача, лм/Вт	Индекс цветопередачи заявленный $R_a$	Индекс цветопередачи $R_a$	Цветовая температура заявленная, К	Цветовая температура, К	Коэффициент пульсации фактический	Коэффициент мощности фактический	Стоимость единицы светового потока, руб./лм
КБ-71	53	53,95	3720	5143	70	95,34	—	87,9	5000	5527	0,22	0,981	0,7
ULTRAFLASH	36	33,1	3240	3166	90	95,69	80	73,5	5500	7700	0,22	0,952	0,8

в ней заявленных цветовой температуры и типа кривой силы света (пространственного светораспределения) конкретной модели. Отсутствие данных о светораспределении – очевидный значимый минус для уличного светильника.

- Светильник от «Ледел» заказывался и оплачивался как модель *Superstreet-340*, мощностью 340 Вт. И эта модель отображена в документах на покупку (поставщик «МЭК Электрика»). При внешнем осмотре упаковки (при покупке) на ней значились «340 Вт» и «165 Вт», в прилагаемом паспорте модель не указана, а на внешней поверхности корпуса обнаружен только серийный номер. Испытания показали, что мощность этой модели 160 Вт, и её параметры соответствуют модели *Superstreet-160* того же производителя, и обнаружить это удалось только дорогостоящим лабораторным исследованием.

- Светильник от «Технологии света» имеет несоответствующие световой поток и световую отдачу.

- Светильник «Фокус» агентом, осуществляющим покупку, заказывался как «уличный светильник с широким светораспределением». Однако в лабораторию доставлен светильник с распределением типа «Д»: не тот, что заказывался.

Таким образом, контрольная закупка четырёх уличных светильников показала неожиданный результат – не удалось купить ни одного светильника с заказанными параметрами или с параметрами, соответствующими заявленным.



Рис. 23

## 12. Проблема маркировки

### Проблема утери или путаницы документации

Опыт контрольной закупки показал, что во многих случаях проверка основных потребительских параметров невозможна по причине отсутствия заявляемых параметров.

Паспорт на светильники либо отсутствует, либо в нём нет информации о ряде параметров. Опыт предшествующего проекта – конкурса на Евразийскую светотехническую премию показал, что в спорных случаях производители заявляют, что паспорт случайно утерян дилером или перепутан и соответствует другой серии изделий. Также зафиксирован случай корректировки производителем параметров светотехнического прибора на сайте в день получения результатов проверки (при том, что на сайтах дилерской сети заявляемые параметры данной модели остались неисправленными даже спустя четыре месяца).

Единственный способ выяснить соответствие или несоответствие потребительских параметров – сравнивать измеряемые значения с приведёнными на изделии.

Наибольшее несоответствие параметров в проекте показала лампа марки *NLCO*, купленная в магазине «220 Вольт» и имевшая световой поток 226 лм вместо заявленных 550 лм. По опыту конфликтного взаимодействия с участниками конкурса на Евразийскую светотехническую премию, продукция которых не прошла квалификацию, можно ожидать

заявления производителя, что в магазине лампа с большим световым потоком положена в упаковку лампы с меньшим световым потоком. И потому нет возможности на основании контрольной закупки и результатов лабораторных испытаний предъявить производителю какую-либо претензию.

Если бы основные параметры указывались

на самом изделии, результаты их испытаний имели бы юридическую значимость.

Положительным и важным примером является лампа марки *ИКЕА*, не только на упаковке, но и на корпусе которой приведены основные параметры (рис. 22), а фактический световой поток на 12% выше заявленного. Производитель не может и не планирует заявлять, что упаковка перепутана дилером, не боится независимых проверок качества его продукции и гарантированно удовлетворяет потребности покупателя.

### Проблема полного отсутствия заявленных значений параметров

Если на лампе или упаковке лампы какой-либо параметр не указан, измерение этого параметра в лаборатории становится бессмысленным. При этом, если не заявлен световой поток, теряет смысл любое испытание лампы.

Пример «неиспытываемой» лампы куплен в магазине розничной сети «Монетка» (ООО «Инвестпроект») за 169 руб. Импортёр не указан, к кому предъявлять претензии неизвестно, но, судя по знаку «ГАРАНТИРОВАНО ЦЕНА & КАЧЕСТВО», торговая марка принадлежит розничной сети «Монетка».

Световой поток, световая отдача, общий индекс цветопередачи и коэффициент мощности на лампе и упаковке не указаны. Приведены только коррелированная цветовая температура (3000 К), мощность (5 Вт), мощность эквивалентной по световому потоку ЛН (60 Вт); многое из «написанного» на корпусе лампы с точки зрения специалиста-светотехника безграмотно и даже приведённые данные – не более чем элементы оформления упаковки (рис. 23). Лампа куплена, но отдавать её на исследование в лабораторию не было оснований, так как не ясно, как сравнивать фактические значения параметров с заявленными при отсутствии последних.

### Требования нормативных документов

Требования к маркировке светильника – согласно ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011, идентичного международному стандарту МЭК 60598-1:2008. В 2008 г., когда эти требования принимались, массового производства и использования светильников со све-

## Закупленные образцы уличных светильников

Производитель	Модель	Стоимость, руб	Адрес производства
ООО «ЛЕДЕЛ»	Superstreet 160	42500	РФ, Казань
ООО «ЛидерЛайт»	LL-ДКУ-02-090-0300-67	18241,5	РФ, Москва
ООО «Технологии света»	TL-STREET 50 ST	4500	РФ, Таганрог
ООО «Фокус»	УСС-36	11700	РФ, Фрязино
ООО «Ферекс»	ДКУ 01-165-50Ш	20990	РФ, Татарстан

Таблица 12

## Измеренные параметры уличных светильников

Производитель	Мощность заявленная, Вт	Мощность фактическая, Вт	Световой поток заявлен., лм	Световой поток фактич., лм	Световая отдача заявлен., лм/Вт	Световая отдача фактич., лм/Вт	Цветовая температура заявленная, К	Цветовая температура, К	Коэффициент пульсации заявленный	Коэффициент пульсации фактический	Заявленный коэффициент мощности	фактический коэффициент мощности	КСС заявленная	КСС фактическая	Стоимость, руб	Стоимость единицы светового потока, руб./лм
<b>ЛЕДЕЛ</b>	165	152,4	15247	13978	92,4	92	4500-6000	5318	1	0,1	0,95	0,99	Ш	Ш	42500	3,0
<b>ЛидерЛайт</b>	86	74,5	9450	9079	109,9	122	6000, 5000, 4000, 3000	7340	—	5,5	0,95	0,92	Ш Д Г К	Ш	18241,5	2,0
<b>Фокус</b>	38	38,1	4200	3830	110,5	101	5000	5024		0,1	0,95	0,93	Д	Д	11700	3,1
Технологии света	50	47,5	6360	4634,8	127,2	98	5000	4908	1	0,1	—	0,98	—		4500	1,0

Таблица 13

## Рекомендуемые для включения в нормативные документы допуски отклонений фактических значений от номинальных

№ м п\п	Наименование показателя	Максимальное допустимое отклонение фактического значения от номинального ( $\pm$ )
1	Потребляемая мощность	10% (для ламп 15%)
2	Коэффициент мощности	10%
3	Световой поток	10%
4	Световая отдача	10%
5	Коррелированная цветовая температура	Номинальная коррелированная цветовая температура должна соответствовать фактической, округленной до типовых значений в соответствии с таблицей 12 ГОСТ Р 54350-2011. При этом координаты цветности должны вписываться в диапазоны, соответствующие данной цветовой температуре, указанные в п. 11.13 ГОСТ Р 54350-2011.
6	Общий индекс цветопередачи $R_a$	3
7	Коэффициент пульсации светового потока	10%
8	Мощность эквивалентной лампы накаливания	10% от минимального значения по таблице «Мощности эквивалентных ламп накаливания, соответствующие нормированным световым потокам» проекта ТР ТС «О требованиях к энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств»



одиодами как незаменимыми источниками света ещё не было, и потому они относятся к светильникам с заменяемыми источниками света. К маркировке светильников, укомплектованных светодиодами и светодиодными модулями, требования по ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 недостаточны и неприменимы, и в этом вопросе необходимо следовать ГОСТ 2.601-95, требующему приводить основные сведения об изделии и его технические данные. В ГОСТ 2.601-95 перечень основных потребительских параметров для светотехнических изделий не приведён, но он есть в стандартах на светотехническую продукцию, в т.ч. в ГОСТ Р 54350-2011, и включает потребляемую мощность, коэффициент мощности, световой поток, световую отдачу, коррелированную цветовую температуру, общий индекс цветопередачи, коэффициент пульсации светового потока, класс светораспределения (типы кривой силы света).

Следовательно, номинальные значения всех этих параметров должны указываться в документации, предоставляемой потребителю. А для целей верификации – на корпусе изделия, который, естественно, невозможно «утерять или перепутать» при продаже.

### **Возможность верификации**

Поскольку в настоящее время нет обязательного к исполнению документа, в котором был бы приведён в явном виде перечень номинальных параметров обязательных к указанию на корпусе источников света и осветительных приборов, проверка заявленных параметров произвольного осветительного прибора или источника света затруднена и её результаты имеют ограниченную юридическую силу.

Кроме того, в спорных случаях производители апеллируют к определению номинальных параметров как используемых лишь для идентификации лампы или светильника, требуя сравнивать фактические значения при проверке с нормированными, приведёнными в ТУ. При этом потребителю ТУ не выдаётся и не может быть получено при контрольной закупке.

Необходимость обращения к производителю за ТУ, которые он не обязан предоставлять, или на сайт, ин-

формация на котором может быть в любой момент скорректирована, исключает возможность проведения контрольной закупки и получения юридически значимых результатов проверки закупленного оборудования. Закреплённая существующими нормативными документами обязательность предоставления нормированных значений потребительских параметров лишь при сертификации делает верификацию невозможной.

Обязательность указания на корпусе изделия номинальных значений всех параметров, прямо или косвенно связанных с энергоэффективностью, и однозначная единая для всей светотехнической продукции связь номинальных параметров с нормируемыми – обязательные условия возможности верификации. Необходима разработка нормативного документа, предписывающего предоставление потребителю номинальных значений основных параметров продукции, а также связывающего номинальные, нормативные и фактические значения и регламентирующего порядок верификации заявленных значений.

### **13. Предложения по внесению изменений в нормативные документы**

Предлагается в раздел «Требования к предоставляемой информации» всех Технических регламентов Таможенного Союза, касающихся светотехниче-

ской продукции, ввести требования к обязательному проставлению на изделии перечня номинальных значений потребительских параметров, прямо или косвенно связанных с энергоэффективностью: потребляемая мощность, коэффициент мощности, световой поток, световая отдача, коррелированная цветовая температура из ряда типовых значений (2700, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5700, 6500 К), общий индекс цветопередачи  $R_a$ , коэффициент пульсации светового потока и мощность эквивалентной ЛН.

Предлагается ввести также и единые для всей светотехнической продукции критерии признания соответствия фактического значения параметров произвольного серийного образца заявленному (номинальному) при попадании фактического значения в допустимый диапазон отклонений от заявленного. Предлагаемые согласованные с действующими нормативными документами допустимые отклонения фактических значений светотехнических параметров от номинальных (обоснование см. в п. 2) приведены в табл. 13.

*А. С. Шаракианэ, кандидат физ.-мат. наук, и.о. главного редактора ООО «Редакция журнала «Светотехника», куратор конкурса на Евразийскую светотехническую премию 2015 и проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции»*

*Подписывайтесь на журнал*

**Светотехника**

**На 1-е полугодие 2016 года**

Индекс журнала 70808      Адрес: 129626, г. Москва,  
в каталоге «Пресса России»,      проспект Мира, 106,  
отдел «АРЗИ».      ВНИСИ, оф. 327, 334  
Редакция также оформляет      Тел./факс: 8 (495) 682-58-46  
подписку на журнал      E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru



# interlight

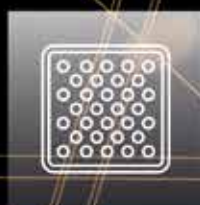
MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка декоративного  
и технического освещения, электротехники  
и автоматизации зданий

**8 — 11 ноября 2016**

ЦВК «Экспоцентр», Москва



messe frankfurt



[www.interlight-moscow.ru](http://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

## ГЕНЕРАЛЬНЫЕ



Холдинг **BL GROUP**



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

## ПЛАТИНОВЫЕ



ГЛОБАЛ  
ЛАЙТИНГ

## ЗОЛОТЫЕ



## СЕРЕБРЯНЫЕ



## БРОНЗОВЫЕ



TENZOSENSOR







**"Линейное" светодиодное освещение – для офисных и торговых помещений**

**LED Line SMD L14/28/56 W2**

- ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ: 50 000 Ч (L80, V10)
- ВЫСОКАЯ СВЕТОВАЯ ОТДАЧА: ДО 165 лм/Вт ПРИ  $t_p = 50^\circ\text{C}$
- 3 РАЗНЫХ ДЛИНЫ: 140 / 280 / 560 ММ
- 2 РАЗНЫХ КЛАССА МОЩНОСТИ



**LUGA Line RX 2015 (COB)**

- ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ: 50 000 Ч (L80, V10)
- ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ ЦВЕТА: 3 MACADAM
- ВЫСОКАЯ СВЕТОВАЯ ОТДАЧА: ДО 148 лм/Вт ПРИ  $t_p = 65^\circ\text{C}$
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЦВЕТА (3000 К / 4000 К) С ЭФФЕКТОМ БЕЛОГО СВЕРКАНИЯ (PEARL WHITE)



**LUGA Line 2015 Food (COB)**

- ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ: 50 000 Ч (L90, V10)
- СПЕЦИАЛЬНЫЙ СПЕКТР С ШИРОКОЙ ЦВЕТОВОЙ ГАММОЙ (HiGa)
- ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ ЦВЕТА: 3 MACADAM
- ОЧЕНЬ НИЗКОЕ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЕ: КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЛАТА



**Linear Optics**

- ТОЧНОЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
- ЭФФЕКТИВНОСТЬ: ДО 95%
- АДАПТИРУЕМЫЕ ТРЕХМЕРНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

