

# СВЕТО 6·2015 ТЕХНИКА



# УЛЬТРАСОВРЕМЕННАЯ КЛАССИКА ДЛЯ СТИЛЬНЫХ УЛИЦ

Антивандалный  
и без  
защитного  
стекла!

GALAD Cordoba LED  
от 35 Вт до 117 лм/Вт

## Как это возможно?



СВЕТИЛЬНИКИ ДЛЯ ГОРОДА  
УМНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ

INTERLIGHT 2015  
10-13.11.15 ЭКСПОЦЕНТР F.C80 FORUM



# МАГАЗИН «ПЯТЁРОЧКА»

ЗВЕЗДНЫЙ БУЛЬВАР  
Г. МОСКВА, РОССИЯ



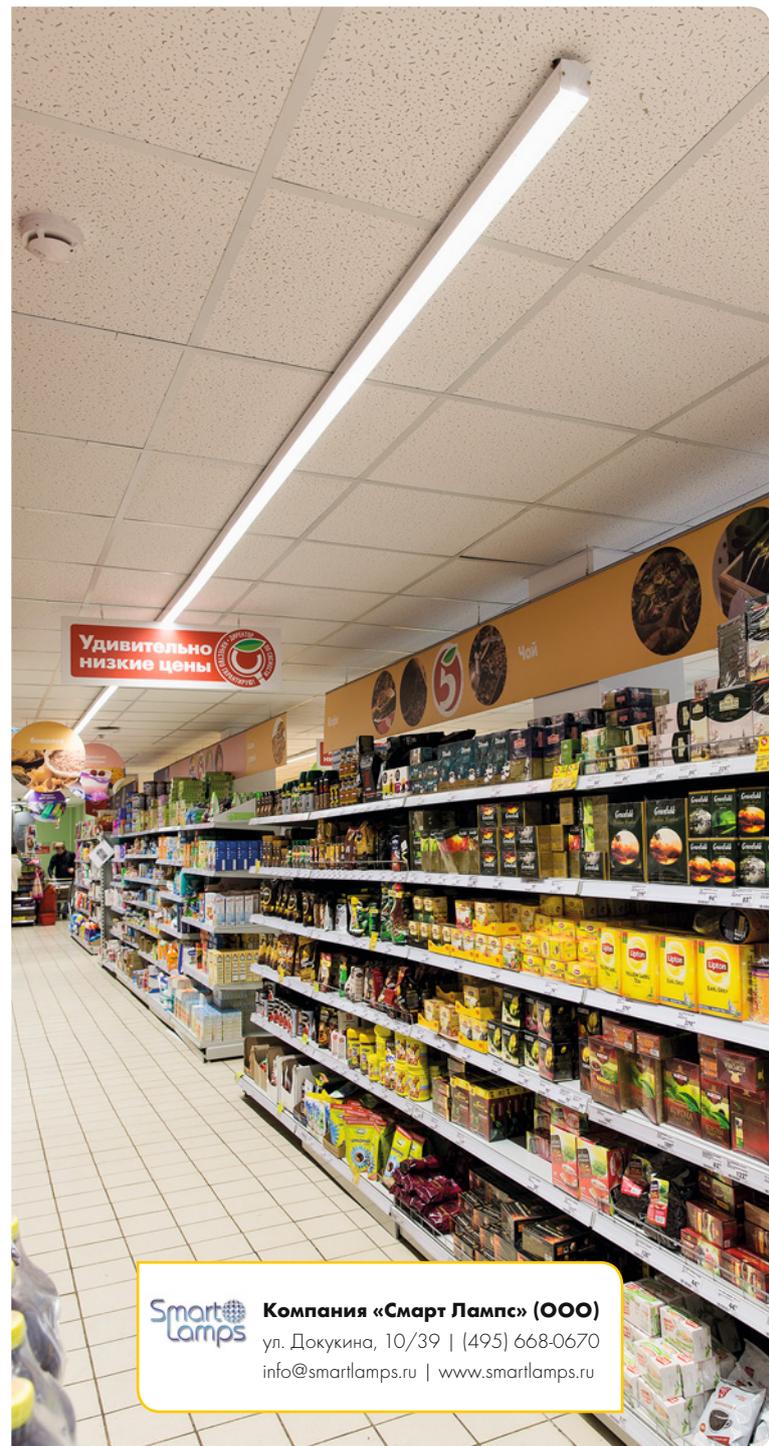
Важная тема энергоэффективности имеет ключевое значение в области розничной торговли. Значительная экономия электроэнергии может быть достигнута при оптимизации освещения магазинов. Всё больше и больше коммерческих предприятий выбирают энергоэффективные технологии. При реконструкции супермаркета «Пятёрочка» вся система освещения была изменена в пользу использования светодиодов.

Одна из крупнейших сетей супермаркетов в России использует одну из наиболее эффективных осветительных систем, представленных на рынке. Компоненты, поставляемые Vossloh-Schwabe, используются комплексно – от источника света до центрального управляющего устройства. Целью проекта являлась реализация автоматизированной и эффективной системы освещения, действующей не только в течение деловой и рабочей активности, но и в ночные часы, как для предотвращения несанкционированного вторжения, так и для повышения привлекательности магазина.

- Установлены светильники ALU-MAXi-SP длиной 2,8 м с модулями LED Line SMD-Kit для общего освещения в торговом зале, подсветки зоны касс и овощей.
- Общее количество светильников – 54.
- В светильниках использованы блоки питания 186443 ECXe 700.147, модули 557734 WU-M-502-840 и оптика Standard 555437 и специальная оптика (для освещения торговых стеллажей) Retail SYM 555438.
- Светильники ALU-MAXi-SP от компании «Смарт Лампс».

#### Характеристики светодиодного светильника

- **БОЛЬШОЙ СРОК СЛУЖБЫ: ДО 50 000 ч L80/V10**
- **ГИБКОЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСРЕДСТВОМ РАЗЛИЧНОЙ ОПТИКИ**
- **ДЛИНА: ОТ 280 ДО 3400 ММ И БОЛЕЕ**
- **ВЫСОКАЯ СВЕТООТДАЧА: ДО 147 лм/Вт**
- **ГАРАНТИЯ ДО 5 ЛЕТ**
- **ЦВЕТ КОРПУСА: БЕЛЫЙ, ДРУГИЕ ЦВЕТА ПО ЗАПРОСУ**



**Компания «Смарт Лампс» (ООО)**  
ул. Докукина, 10/39 | (495) 668-0670  
info@smartlamps.ru | www.smartlamps.ru

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

129626, Москва, проспект Мира,

106, ВНИСИ, оф. 327

Тел. 7(495)682-26-54

7(499)706-80-65

Тел./факс: 7(495)682-58-46

E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru

Интернет: www.sveto-tekhnika.ru

Электронная версия журнала:

www.elibrary.ru

Старший научный редактор

**С.Г. Ашурков**

svetlo-nr@yandex.ru

Научный редактор англоязычной версии

**Р.И. Столяревская**

lights-nr@inbox.ru

Научный редактор

**А.С. Шаракшанэ**

anton.sharakshane@gmail.com

Редактор

**Е.И. Розовский**

Зав. редакцией

**Л.В. Шелатуркина**

zav.red@list.ru

Менеджер-референт

**М.И. Титаренко**

zav.red@list.ru

Администратор сайта

**Е.М. Новикова**

Стилист английской версии

**М.Д. Виноградова**

Секретарь редакции

**А.В. Лукина**

journal.svetotekhnika@mail.ru

Дизайнер-верстальщик

**А.М. Богданов**

Перепечатка статей и материалов из журнала «Светотехника» – только с разрешения редакции.

За содержание и редакцию информационных материалов ответственность несет источник информации.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей

Сдано в набор 20.11.2015

Подписано в печать 14.12.2015

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

**Александров С.А.** Спортивное освещение горнолыжных трасс на территории фристайл-центра комплекса «Роза Хутор» **4**

**Буленгез П., Карре С., Мартинсонс К., Торриглия А., Шахори С.** Исследования опасности синего света на живых крысах **8**

**Ревзина Ю.Е., Швидковский Д.О.** Освещение памятников классической архитектуры. В поисках аутентичности **12**

**Голубин С.А., Комаров В.М., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И.** Исследование характеристик оптических министиков **17**

**Боос Г.В., Григорьев А.А.** Новый подход к определению качественных характеристик установок наружного освещения **21**

**Муравьёва Н.А., Соловьёв А.К.** Исследование характера распределения естественной цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением **27**

**Коган Л.М., Колесников А.А.** Излучающий диод ИК диапазона с длиной волны излучения (1550 ± 50) нм **31**

**Столяревская Р.И., Шаракшанэ А.А., Шаракшанэ А.С.** Оценка погрешности определения координат цветности светодиодных излучателей на основе спектрорадиометрического подхода **33**

### ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

**Проект «Светлый город» холдинга «Швабе»:** новый взгляд на систему освещения. Соколов В.Э. **36**

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**Вассерман А.Л., Юзбашев В.Г.** Математическая модель для расчёта производительности УФ бактерицидного рециркулятора **38**

### СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Пашковский Р.И.** О ГОСТ Р 50571.5.52–2011/МЭК 60364–5–52:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки» **41**

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ

**ГОСТ 29322–2014** «Напряжения стандартные» **47**

### ПРЕЗЕНТАЦИЯ ФИРМ

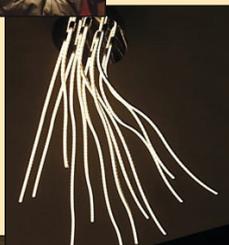
**Instrument Systems** — эксперт по точным световым измерениям **53**

# 6 • 2015

## НОЯБРЬ • ДЕКАБРЬ

# СВЕТО ТЕХНИКА

## (LIGHT & ENGINEERING)



### ХРОНИКА

**Впечатления** от экспозиций и экспонатов 21-й Международной светотехнической выставки в Москве. Варфоломеев Л.П. **61**

**21-я выставка** «*Interlight Moscow powered by light+building*». Луньков К.А. **58**

**Итоги** конкурса на Евразийскую светотехническую премию 2015. Шаракшанэ А.С. **68**

**Международная** конференция «Световой дизайн — 2015». Быстрянцева Н.В. **54**

**Международные** конференции и выставки в 1916 году (I полугодие) **74**

**МКО:** Нужное освещение должно обеспечиваться в нужное время **39**

**Петербургская** лампа SVETALED® стала лучшей в Евразии **26**

**Поздравляем** В.М. Райхинштейна **11**

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

**Содержание** журнала «Светотехника» за 2015 год **75**

**Подписывайтесь** на журнал «Светотехника» **79**

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Магазин «Пятёрочка»**, Звёздный бульвар, г. Москва (компания *Vossloh-Schwabe*) **1**

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

**Свет** в нашей жизни **7**

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

**Светодиодные** блоки питания со стабилизированным током (компания *Vossloh-Schwabe*) **4 с. обл.**

# Спортивное освещение горнолыжных трасс на территории фристайл-центра комплекса «Роза Хутор»

С. А. АЛЕКСАНДРОВ<sup>1</sup>

ООО «Спектор Лаб», Москва

## Аннотация

Описываются особенности светотехнического проектирования и пуско-наладочных работ по установкам спортивного освещения горнолыжных склонов на примере фристайл-центра горнолыжного комплекса «Роза Хутор» в Красной Поляне.

**Ключевые слова:** спортивное освещение, горнолыжный склон, фристайл, могул, лыжная акробатика, хаф-пайп.

В 2013 г. светотехническим бюро «Спектор Лаб» (ООО) был реализован проект спортивного освещения горнолыжных трасс на территории фристайл-центра горнолыжного комплекса «Роза Хутор» в Красной Поляне. Центр включает в себя трассы хаф-пайпа, могула и лыжной акробатики, предназначенные для проведения соревнований международного уровня, в том числе с ТВ-трансляцией в формате *HDTV*. Все три трассы имеют общую финишную зону с трибунами для болельщиков. В настоящей статье описан процесс проектирования, монтажа и ввода в эксплуатацию осветительных установок спортивного освещения.

## Характеристика лыжных трасс

Как известно, фристайл (англ. *freestyle skiing*) – вид лыжного спорта, входящий в программу зимних Олимпийских игр, и дисциплинами фристайла, в частности, являются могул, лыжная акробатика и хаф-пайп.

Трасса могула – прямая с одинаковым уклоном, на которой в шахматном порядке расположены снежные бугры (могулы). Во время спуска спортсмены должны выполнить два прыжка с расположенных на трассе трамплинов. При этом оцениваются

три компонента: техника прохождения трассы, скорость и прыжки.

На трассе лыжной акробатики спортсмен, набрав скорость в зоне разгона, должен выполнить максимально сложный акробатический прыжок с одного из трёх трамплинов разной высоты. В отличие от двух предыдущих трасс, судейский домик находится не на финише, а сбоку напротив трамплинов.

Трасса хаф-пайпа, предназначенная как для лыжников, так и сноубордистов, имеет форму полутрубы. Спортсмены перемещаются от стены к стене и выполняют прыжки и трюки, «вылетая» из хаф-пайпа.

## Проектирование освещения

Что касается освещения подобных трасс, то оно зависит от уровня объекта. Трассы, предназначенные для тренировок и соревнований регионального уровня, а также коммерческого катания, как правило, освещаются в минимальном режиме, чтобы обеспечить использование трасс в тёмное время суток. Однако для соревнований международного уровня, которые привлекают к экранам тысячи зрителей, в том числе в регионе их проведения, важна возможность трансляции в прямом эфире по вечерам, в самое «кассовое» время, а значит нужна возможность телевизионной съёмки под искусственным светом.

Работы по проектированию начались с выбора схемы освещения. Горнолыжные трассы, о которых идёт речь в этой статье, были конечно не первыми сооружениями подобного уровня в России, но, во всяком случае, первыми со столь высокими требованиями к освещению, необходимыми для обеспечения *HDTV*-трансляции. И если по более распространённым в России видам спорта светотехниками уже был наработан достаточно большой опыт и даже выпускались методические пособия по их освеще-

нию, то здесь пришлось иметь дело с совершенно новыми, непривычными дисциплинами. Недостаток отечественного опыта пришлось компенсировать изучением опыта зарубежного. В первую очередь анализировался опыт по аналогичным трассам в канадском Ванкувере.

Неоценимую помощь оказывали сами спортивные специалисты, помогая понять как движется спортсмен, куда направлен его взгляд во время выступления, какова его траектория вылета во время прыжка. Это позволило правильно задать расчётные поверхности, как наклонные вдоль трассы, так и вертикальные, в зоне трамплинов.

Аналогично, уже с участием представителей телевизионной компании, определялось расположение камер. Для создания эффектной и захватывающей телевизионной картинки применяется множество разных устройств. Так, помимо стационарных и переносных, используются моторизованные камеры, следующие за спортсменом вдоль трассы, камеры, установленные в снегу под трамплинами, либо подвешенные сверху над трассой. Поскольку учесть в расчёте подвижные камеры практически невозможно, а освещённость для камер эффектов и камер общего плана не так критична, то расчёт производился только для стационарных и наиболее характерных мест расположения переносных камер.

В итоге была выбрана классическая «верхне-боковая» схема освещения, характерная для многих других спортивных сооружений. Особенность заключается только в нацеливании световых приборов (СП). Сама плоскость трассы, линии нацеливания камер и линии зрения наблюдателей наклонены к горизонту, поэтому углы нацеливания откладываются не от вертикали, а от перпендикуляра к поверхности трассы в месте установки СП.

Далее необходимо было определиться с требованиями к освещению. В нашей стране действуют нормы [1] (нормирование освещения для съёмки проводилось дополнительно перед Олимпиадой 1980-го года [2]), в странах ЕС действует стандарт [3], а также существуют международные рекомендации МКО по освещению спортивных сооружений для телевизионных трансляций (публикации

<sup>1</sup> E-mail: alexandrov@spector-lab.com

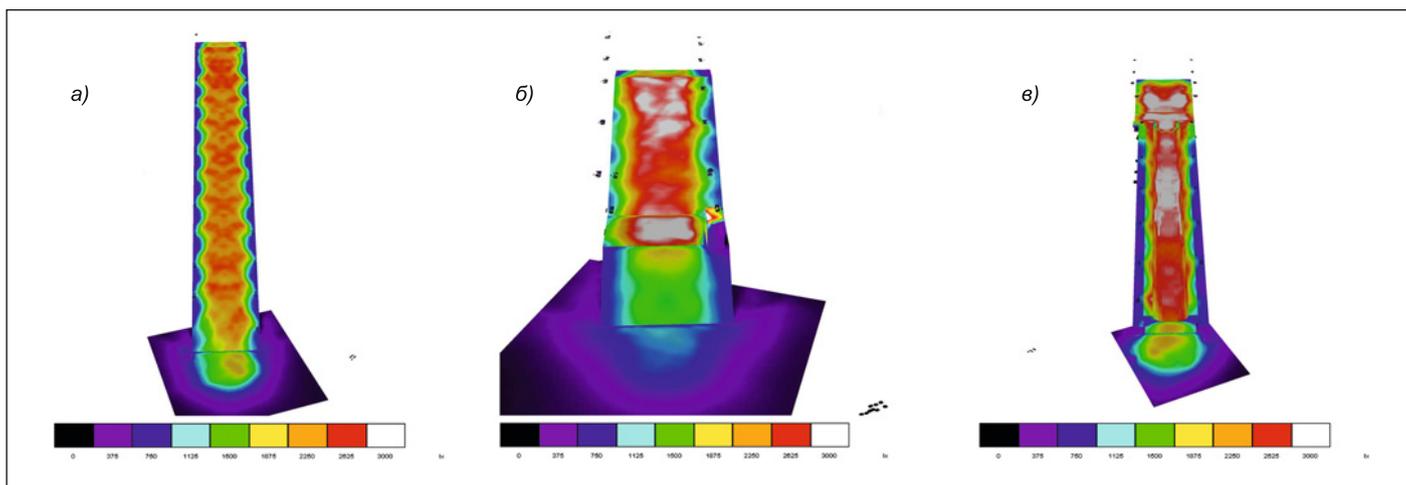


Рис. 1. Расчётное распределение горизонтальной освещённости на поверхности трасс могула (а), лыжной акробатики (б) и хаф-пайна (в)

[4–6]). Что касается задания на освещение конкретного объекта, то его обычно формирует заказчик совместно с представителями спортивной федерации и организацией, которая будет выполнять съёмки и трансляцию соревнований.

Для данного объекта в качестве нормируемых параметров для режима *HDTV* были приняты: средняя вертикальная освещённость  $E_{в.ср}$  по направлению к камере – 2000 лк, коэффициенты неравномерности  $E_{в.мин}/E_{в.макс} = 0,4$ ,  $E_{в.мин}/E_{в.ср} = 0,6$ ,  $E_{г.мин}/E_{г.макс} = 0,6$  и  $E_{г.мин}/E_{г.ср} = 0,7$ . Также предусматривался режим аварийной телетрансляции в случае кратковременного прерывания основного питания, для него предусматривались:  $E_{в.ср}$  по направлению к камере – 1000 лк,  $E_{в.мин}/E_{в.макс} = 0,3$ ,  $E_{в.мин}/E_{в.ср} = 0,5$ ,  $E_{г.мин}/E_{г.макс} = 0,5$  и  $E_{г.мин}/E_{г.ср} = 0,7$ . Чтобы обеспечить безопасный спуск спортсмена в момент перезажигания ламп основного освещения, был предусмотрен режим аварийного спуска без использования разрядных ламп, с  $E_{г.ср} = 100$  лк и  $E_{г.мин}/E_{г.ср} = 0,4$ . (Под  $E_g$  здесь понимается горизонтальная освещённость на поверхности склона.)

В качестве СП для рабочего освещения были выбраны прожекторы *Thorn Mundial C* и *Mundial R* с МГЛ *OSRAM HQI-TS1000W/D/S* и *HQI-TS2000W/D/S*, а для режима аварийного спуска – прожекторы *Thorn PRT 15* с галогенными лампами *OSRAM Haloline 1500W*. Часть прожекторов *Mundial* была укомплектована блоками мгновенного перезажигания лампы для обеспечения режима аварийной телетрансляции. Выбранные МГЛ обеспечивают высо-

кий уровень цветопередачи ( $R_a > 90$ ) и коррелированную цветовую температуру 5900 K, достаточно соответствующую дневному естественному свету. (Чтобы в сумерках не чувствовалось разницы в цветовосприятии между естественным и искусственным освещением.)

### Особенности светотехнического расчёта

Следующим шагом было выполнение светотехнического расчёта. При этом горнолыжные трассы имеют две важные особенности – наличие наклонных расчётных плоскостей и диффузно отражающего снежного покрова с высоким коэффициентом отражения, от 60 до 95%. Поэтому отражённая составляющая вполне достойна учёта в расчётах. В данном проекте коэффициент отражения снега был принят равным 60%.

Перечисленные особенности серьёзно ограничивают выбор расчётной программы. Так, например, программа «*Calculux Area*» [7], разработанная компанией *Philips Lighting* специально для спортивного освещения, не учитывает в расчёте отражённый свет, а программа «*ReluxPro*» [8] не рассчитывает  $E_g$  по направлению к камере на наклонной плоскости. Единственная из известных программ, которая имеет полный функционал для рассматриваемой задачи, – «*DIALux*» [9].

Непосредственно перед проектированием необходимо было выбрать высоту и шаг опор для установки прожекторов. Чем выше опора, тем менее эффективно будет использоваться световой поток прожекторов, кроме того стоимость самой опоры увеличивается с ростом её высоты в геометрической прогрессии, и в среднем дешевле использовать большее количество

Рис. 2. Освещённая трасса могула



Таблица

Режим	Количество прожекторов, шт. (суммарная мощность, кВт)		
	Могоул	Акробатика	Хаф-пайп
Технологический режим	14 (29,1)	8 (16,6)	12 (24,9)
ColourTV-трансляция	111 (226,2)	72 (149,5)	146 (303,0)
Аварийная ТВ-трансляция	120 (278,1)	99 (205,4)	188 (390,1)
HDTV-трансляция	251 (512,6)	175 (365,3)	340 (705,5)
Аварийный спуск (без использования разрядных ламп ВД)	42 (63,0)	33 (49,5)	62 (93,0)
Общая мощность осветительной установки, кВт	575,6	414,8	798,5

низких опор, чем меньшее количество высоких. Однако снизу высоты опоры ограничивают требования по допустимому слепящему действию. В итоге высота опор в проекте варьировалась от 15 до 25 м в зависимости от ширины трассы. Отдельно подбиралась высота двух опор за трибунами, которые должны были освещать финишную зону. Из-за больших размеров этой зоны высота опор составила 50 м. Для освещения финишных

зон предусматривались также дополнительные прожекторы на временных конструкциях непосредственно в зоне финиша.

Полученные расчётные распределения  $E_z$  приведены на рис. 1, а расчётные количества прожекторов и мощности в разных режимах включения – в таблице.

Выполнением светотехнического расчёта и получением списков прожекторов с углами нацеливания ра-

бота светотехника не заканчивается. Наоборот, наступает самый интересный этап – теперь предстоит воплотить в жизнь рассчитанную осветительную установку, и это тоже не совсем простая задача.

### Монтаж осветительной установки

Подготовка к монтажу начинается с того, что нужно связать каждый из прожекторов с конкретной ячейкой в прожекторной батарее, притом так, чтобы они не экранировались другими прожекторами или элементами конструкции. В результате получается сводная таблица размещения и нацеливания прожекторов, в которой напротив каждого прожектора указан его тип, группа включения, номер ячейки в батарее и углы нацеливания прожектора. Важно, чтобы углы поворота в горизонтальной плоскости были преобразованы из абсолютных в относительные, которые будут отсчитываться от конструкции батареи, что облегчит работу монтажникам и повысит точность нацеливания. Углы наклона в вертикальной плоскости при этом будут отсчитываться от абсолютной вертикали, которую легко определять современными измерительными средствами.

После установки и подключения прожекторов выполняется их нацеливание. Для руководства этим процессом были привлечены специалисты из «Спектор Лаб», а сотрудники монтажной организации занимались непосредственно выставлением углов наклона и поворота прожекторов на опорах. В отличие от плоских спортивных площадок, на горнолыжных склонах не удаётся разметить точки нацеливания непосредственно на поверхности трассы, т.к. координаты этих точек крайне сложно рассчитывать и не менее сложно отмечать на склоне. Исключением может являться разве что плоская горизонтальная зона финиша. По этой причине нацеливание производится по углам наклона/поворота и требуются измерительные приборы, позволяющие отсчитывать углы с точностью до градуса.

Кроме того, при отсчитывании не абсолютных, а относительных от («батареи») углов, нужно учитывать, что положение батареи в пространстве в большинстве случаев не совпа-



Рис. 3. Освещённая трасса лыжной акробатики



Рис. 4. Освещённая трасса хаф-пайпа

дает с проектным, т.к. при установке столь габаритной конструкции сложно получать необходимую точность. Что касается данного объекта, то рельеф с 30°-уклоном не позволял использовать строительные краны, и батареи, собранные на земле, пришлось ставить на опоры с помощью вертолёта. В итоге неопределённость углов поворота батарей относительно трассы достигала десятков градусов.

Таким образом, чтобы внести соответствующие поправки в таблицы нацеливания, необходимо было измерить углы поворота батарей относительно трассы. К решению этой задачи были привлечены работавшие на объекте инженеры-геодезисты, обладавшие необходимыми знаниями и аппаратурой.

(Нужно отметить, что дополнительной трудностью в процессе нацеливания прожекторов на горнолыжном склоне является его значительная протяжённость и перепад высот, который может достигать нескольких сотен метров. В зимнее время это расстояние приходится преодолевать по рыхлому снегу. Поэтому и для монтажных организаций, и для инженерно-технического персонала совсем не лишним будет соответствующий транспорт, например снегоходы.)

### Наладка и корректировка осветительной установки

Наконец, после нацеливания всех прожекторов наступает долгожданный момент включения настроенной осветительной установки. Конечно,

при всей аккуратности проведённых работ световая картина будет несколько отличаться от проектной. Наиболее вероятны следующие причины – тёмные пятна, которых «не было в расчётах» (как правило возникают из-за вышедших из строя ламп), и яркие пятна (результат ошибок в нацеливании одиночных прожекторов). Источник ошибки можно найти, покачивая прожекторы один за другим или попеременно устанавливая перед ними непрозрачный экран.

Кроме того, после пробного включения установки выявилась одна интересная особенность – даже те строгие требования по коэффициентам равномерности освещения для проведения HDTV-трансляций, которые были приняты в данном проекте, оказались недостаточными для горнолыжной трассы. Как уже говорилось выше, снег представляет собой диффузно отражающую поверхность с высоким коэффициентом отражения, а камеры и зрители видят эту поверхность под очень острым углом. Всё это приводит к тому, что даже небольшая неравномерность распределения  $E_z$  на такой трассе сильно заметна, особенно если она имеет циклический характер, связанный с шагом опор. В этом случае на трассе получается своего рода «зебра», которую в данном проекте, к счастью, удалось устранить на месте путём перенацеливания части прожекторов.

Завершили процесс ввода в эксплуатацию осветительной установки контрольные замеры  $E_z$ , которые показали хорошее совпадение результатов

измерений с проектными данными (рис. 2–4).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы электрического освещения спортивных сооружений. ВСН-1–73. Спорткомитет СССР, Вильнюс, 1975.
2. Митин А.И., Царьков В.М., Шахнарунянц Г.Р., Кловев С.А. Критерии освещения стадионов при передачах цветного телевидения и методы их обеспечения при проектировании путём расчёта на ЭВМ // Светотехника. – 1979. – № 9. – С. 2–5.
3. EN12193:1999 «Sports lighting».
4. CIE169:2005 «Practical Design Guidelines for the Lighting of Sport Events for Colour Television and Filming».
5. CIE83–1989 «Guide for the lighting of sports events for colour television and film systems».
6. CIE067–1986 «Guide for the Photometric Specification and Measurement of Sports Lighting Installations».
7. URL: [www.lighting.philips.ru](http://www.lighting.philips.ru) (дата обращения: 11.05.2015).
8. URL: [www.relux.biz](http://www.relux.biz) (дата обращения: 11.05.2015).
9. URL: [www.dial.de](http://www.dial.de) (дата обращения: 11.05.2015).



**Александр Сергей Александрович,**  
магистр. Окончил в 2003 г. МЭИ.  
Технический директор ООО «Спектор Лаб»

## СВЕТ В НАШЕЙ ЖИЗНИ

Журнал «Светотехника» представляет факультативный материал к все-российскому уроку, посвящённому Международному году света и световых технологий. Он разработан по поручению Минэнерго России при поддержке Программы развития ООН и ГЭФ. Содержит кратко и просто изложенные неочевидные, но важные сведения о свете, освещении и энергосбережении.

Авторы: **Антон Шаракшанэ**, кандидат физ.-мат. наук, научный редактор журнала «Светотехника»; **Александр Юнович**, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета МГУ

им. М.В. Ломоносова; **Татьяна Рожкова**, зав. испытательной лабораторией ГУП РМ «НИИИС имени А.Н. Лодыгина»; **Константин Даниленко**, доктор мед. наук, зам. директора по научной и лечебной работе ФГБНУ «НИИ физиологии и фундаментальной медицины»; **Александр Митрейкин**, кандидат экон. наук, директор Департамента энергосбережения и повышения энергетической эффективности Минэнерго России; **Анатолий Шевченко**, менеджер проекта ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения»;

**Георгий Боос**, кандидат техн. наук, президент холдинга *BL Group*; **Ольга Бокова**, архитектор, член Союза дизайнеров России, доцент кафедры дизайна ЮУрГУ; **Александр Гольдин**, консультант по светотехнике Израильской дорожной компании; **Александр Фомин**, кандидат техн. наук; **Михаил Сартаков**, колорист.

Материал оформлен в виде презентации в формате pdf для показа на проекторе и может быть скачан по адресу: <http://www.sveto-tekhnika.ru/art/20150813>.

# Исследования опасности синего света на живых крысах

П. БУЛЕНГЕЗ<sup>1</sup>, С. КАРРЕ, К. МАРТИНСОНС, А. ТОРРИГЛИА, С. ШАХОРИ

Научно-технический строительный центр, Гренобль;  
Национальный институт здоровья и медицинских исследований, Париж;  
Альфурская национальная ветеринарная школа, Альфор, Франция

## Аннотация

В статье описан эксперимент, проводившийся на живых организмах для улучшения понимания механизмов, лежащих в основе опасности синего света для сетчатки глаза. Группы крыс Вистара облучались светом светодиодов четырёх типов. Глаза крыс исследовались методами вестерн-блоттинга, иммунолюминесценции, терминального дезоксиуридинового мечения концов и просвечивающей электронной микроскопии. Описаны использовавшиеся приёмы дозиметрии и осветительная установка.

**Ключевые слова:** опасность синего света, предельно допустимая доза, крыса Вистара, дозиметрия.

## 1. Введение

### 1.1. Опасность синего света

Опасность синего света – всё ещё не вполне понятное явление, заключающееся в повреждении излучением в синей части видимого спектра пигмента эпителия сетчатки и слоя фоторецепторов.

Быстро наступающие последствия интенсивного воздействия синего света (при полученной сетчаткой дозе  $> 20$  Дж/см<sup>2</sup>) были замечены уже давно, как и то, что на возрастную макулярную дистрофию влияет ещё и хроническое воздействие малых доз [1].

Это наблюдение до сих пор не подтверждено эпидемиологическими исследованиями, хотя сейчас уже известно, что *A2E* (компонент липофусцина, участвующего в образовании друз, являющихся признаком возраст-

ной макулярной дистрофии) служит инициатором вызываемого синим светом апоптоза клеток пигмента эпителия сетчатки.

### 1.2. Освещение светодиодами

Внимание к опасности синего света было подстёгнуто появлением светодиодов (СД), которые стали применяться в качестве источников света общего назначения. СД имеют прекрасные световую отдачу и срок службы, однако широко распространённые СД белого света на основе нитрида индия-галлия (*InGaN*) излучают значительно больше синего света на один люмен, чем заменяемые ими лампы (рис. 1).

### 1.3. Предельно допустимые дозы

Приведённый на рис. 1 спектр действия для опасности синего света был получен в результате проводившихся на животных экспериментов. В недавно опубликованном обзоре [2] упомянуты несколько животных: крысы (9

исследований), макаки (7 исследований), кролики (2 исследования) и суслик (1 исследование).

Кроме того, эти исследования легли в основу предельно допустимых доз облучения, установленных Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (*ICNIRP*) [3]. Примечательно, что предельное значение безопасной дозы облучения сетчатки, взвешенной по функции  $B(\lambda)$  (рис. 1), было принято равным  $2,2$  Дж/см<sup>2</sup> (и это при том, что вредные последствия наблюдались при дозах порядка  $20\text{--}30$  Дж/см<sup>2</sup>) [4]. Эта доза была преобразована с учётом физиологии человека во взвешенную по функции  $B(\lambda)$  пространственно усреднённую энергетическую яркость (источников света).

Эти предельно допустимые дозы легли в основу разбиения ламп и их совокупностей на группы фотобиологической опасности, осуществлённого Североамериканским светотехническим обществом (*IESNA*), Международной комиссией по освещению (МКО) и Международной электротехнической комиссией (МЭК) [5].

## 2. Эксперимент на живых организмах

В этой статье представлены результаты экспериментов на животных, проведённых для улучшения понимания биологических механизмов, лежащих в основе пагубных для сетчатки результатов воздействия синего света.

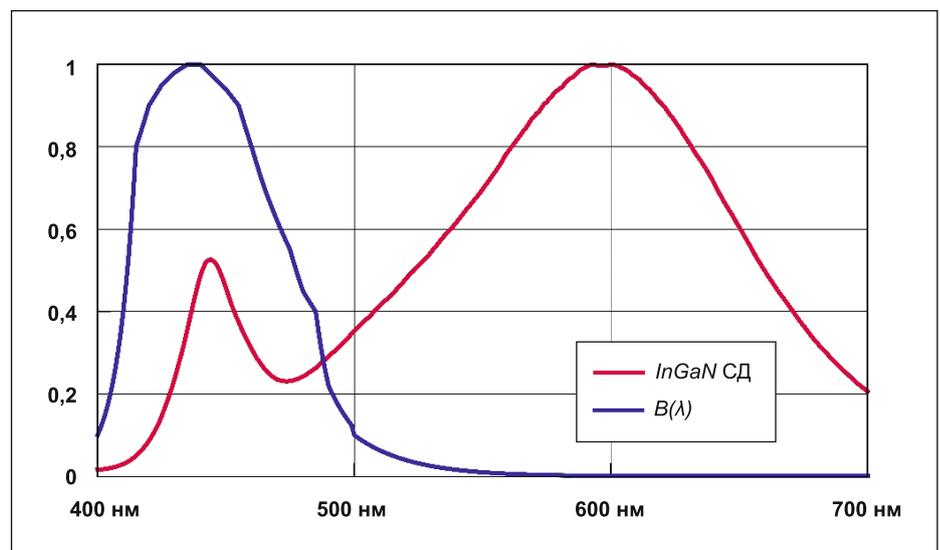


Рис. 1. Относительный спектр излучения белых светодиодов на основе *InGaN* и спектр действия для опасности синего света  $B(\lambda)$

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

E-mail: Pierre.Boulenguez@cstb.fr  
Перевод с англ. Е.И. Розовского

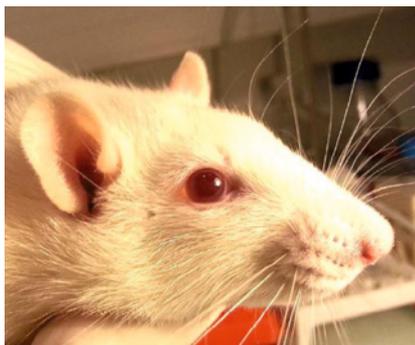


Рис. 2. Нелинейная крыса-альбинос Вистара

## 2.1. Модельное животное

Крыса Вистара (рис. 2) повсеместно считается идеальным универсальным модельным организмом. Эта линия использовалась в офтальмологических исследованиях с момента её выведения [6], однако распространение полученных результатов на людей всё еще вызывает разногласия.

Все эксперименты проводились в соответствии с требованиями по использованию животных и уходу за ними, установленными Альфорской национальной ветеринарной школой (ENVA).

## 2.2. Экспериментальная установка

Шестинедельные самцы, которые свободно перемещались по клетке, в течение 16 ч подвергались воздействию синего света. Осветительный прибор (рис. 3 и 4) был сконструирован таким образом, чтобы обеспечить наибольшую равномерность облучённости в плоскости глаз подопытных животных.

Для исследования влияния спектрального распределения излучения использовались четыре разных источника света (табл. 1) (каждая группа крыс облучалась только одним из них).

## 2.3. Дозиметрия

В основу дозиметрии были положены проводившиеся на месте измерения (п. 2.3.1) и теоретическая модель, устанавливающая связь между спектральной облучённостью (п. 2.3.2) и полученной сетчаткой дозой (п. 2.3.3). Для облегчения интерпретации полученных результатов было разработано специальное программное обеспечение (рис. 5).

### Использовавшиеся четыре типа светодиодов

Тип	XP-E Blue	XP-E Royal Blue	NCSE119A	NCSB119
Изготовитель	Cree		Nichia	
Доминантная длина волны, нм	473	449	507	473

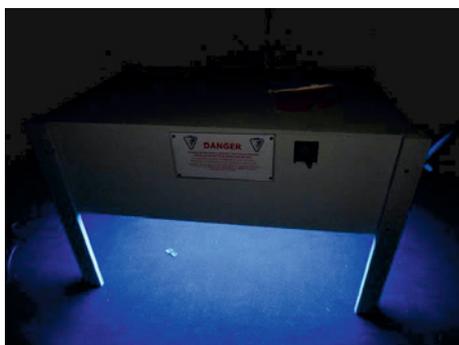


Рис. 3. Осветительный прибор: клетка размещалась под плоскостью, излучающей рассеянный белый свет



### 2.3.1. Спектрофотометрические измерения

Спектральная облучённость измерялась внутри клеток при помощи волоконно-оптического спектрофотометра (с диффузной головкой). Равномерность облучённости (определяемая отношением  $E_{мин}/E_{ср}$ ) составляла примерно 0,7 для всех источников света.

### 2.3.2. Спектральная облучённость сетчатки

Спектральная плотность облучённости сетчатки глаз крысы зависела от положения её головы. Полная доза оценивалась в предположении, что в среднем голова крысы находилась на одной линии с её телом.

В соответствии с [2], глаз рассматривался как шар. Так как свет излучала только одна поверхность (рис. 3), то средняя спектральная плотность облучённости роговицы  $E_{\lambda_{рог}}$  определялась по формуле

$$E_{\lambda_{рог}} = E_{\lambda}/2 \text{ [Вт/(нм}\cdot\text{м}^2)],$$

а средняя спектральная плотность облучённости сетчатки  $E_{\lambda_{сетч}}$  – по формуле

$$E_{\lambda_{сетч}} = \tau \cdot E_{\lambda_{рог}} \cdot A_{рог}/A_{сетч} \text{ [Вт/(нм}\cdot\text{м}^2)],$$

где  $\tau$  – коэффициент пропускания среды глаза,  $A_{рог}$  – эффективная площадь освещённой роговицы,  $A_{сетч}$  – площадь освещённого участка сетчатки.

$A_{рог}$  рассчитывалась по формуле

$$A_{рог} = \pi \cdot d_{зр}^2/4 \text{ [м}^2],$$

где  $d_{зр}$  – диаметр зрачка.  $A_{сетч}$  считалась равной половине площади глазного шара (*ocular globe*):

$$A_{сетч} = 2 \cdot \pi \cdot f^2 \text{ [м}^2],$$

где  $f$  – фокусное расстояние (диаметр глазного шара при фокусировке на бесконечность).

В результате средняя спектральная плотность облучённости сетчатки

$$E_{\lambda_{сетч}} = \tau \cdot E_{\lambda} \cdot d_{зр}^2/(16 \cdot f^2) \text{ [Вт/(нм}\cdot\text{м}^2)].$$

Параметры модели приведены в табл. 2.

### 2.3.3. Полученная сетчаткой доза

Средняя облучённость сетчатки  $E_{сетч}$  была получена путём численного интегрирования средней спектральной плотности облучённости сетчатки:

$$E_{сетч} = \Delta\lambda \cdot \sum_{i=1}^n E_{\lambda_{сетч}, i} \text{ [Вт/м}^2],$$

где  $\Delta\lambda = 1$  нм. В итоге полученная сетчаткой доза

### Параметры модели глаз крыс Вистара

Диаметр зрачка $d_{зр}$ , мм	Фокусное расстояние $f$ , мм	Коэффициент пропускания среды глаза, %
5	2,4	100



Рис. 4. Осветительный прибор: монтаж источников света

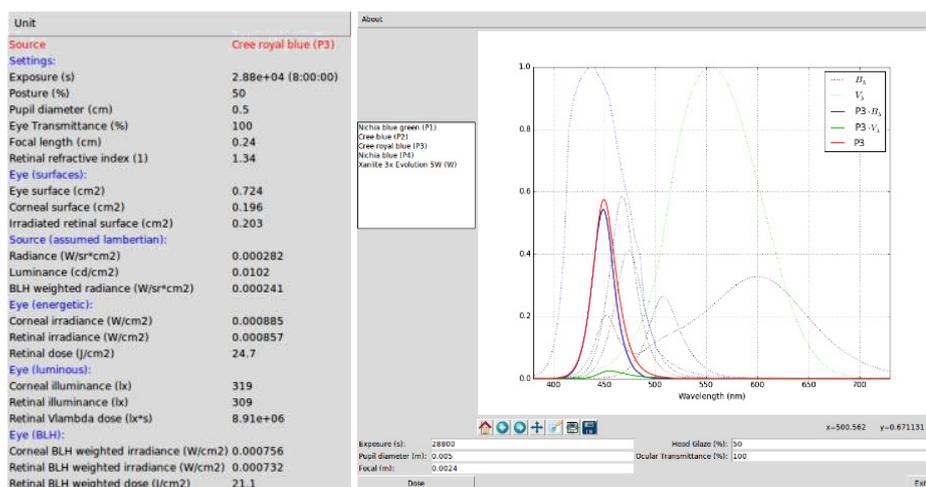


Рис. 5. Дозиметрическое программное обеспечение (язык Питон)

$$D_{сечч} = t \cdot E_{сечч} \text{ [Дж/м}^2\text{]},$$

где  $t$  – время облучения.

Хотя определяемые так дозы и содержат неопределённости (главным образом из-за допущения о положении головы), ожидается, что соотношение доз, соответствующих различным источникам света, окажется точным.

Краткий обзор разных подходов к оценке облучённости сетчатки, найденных в литературе, содержится в [7].

#### 2.4. Биологический анализ

Крысы были безболезненно умерщвлены с помощью этанала натрия. Сразу после облучения была проведена фундоскопия при расширенном зрачке. Глаза были извлечены, зафик-

сированы в параформальдегиде, промыты и охлаждены до температуры, оптимальной для изготовления срезов из замороженной ткани.

Сетчатки исследовались с помощью вестерн-блоттинга, иммунолюминесценции, терминального дезоксиуридинового мечения концов (TUNEL) и просвечивающей электронной микроскопии.

#### 3. Результаты и обсуждение

Исследование глазного дна продемонстрировало отсутствие обесцвечивания и наличие значительного отёка конъюнктивы глазного яблока (хемоза). Это проявление раздражения глаза было, возможно, связано с выделениями из неестественно проникаемых капилляров и расширением сосудов конъюнктивы.

Так как не было замечено никаких макроскопических повреждений сетчатки, что указывало на наличие микроскопических фотохимических очагов поражения, которые действительно наблюдались при применении других методов анализа. Это указывало как на наличие существенных окислительных повреждений, охватывающих белки и нуклеиновые кислоты, так и на большое количество погибших клеток.

В результате окрашивания клеток йодидом пропидия было обнаружено омертвление тканей. Интересно, что было помечено значительное количество фоторецепторов, гораздо большее того количества фоторецепторов, которое было выявлено методом терминального дезоксиуридинового мечения концов. Последнее указывает на то, что увеличение проницаемости клеточных оболочек предшествует деградации ДНК.

Наличие этого омертвления тканей легко объясняет появление отёков, которые являются не субретинальными, а внутритканевыми. Этим может объясняться и наличие воспалительной реакции немедленного типа, возможно, вызванной высвобождением патоген-ассоциированных молекулярных паттернов.

#### 4. Заключение

Был проведён эксперимент, в рамках которого крысы подвергались воздействию света четырёх типов СД. Их глаза исследовались с использованием большого числа офтальмологических методов.

Для светотехнического сообщества особую важность при этом имеют два момента: конструкция осветительного прибора, позволяющая животным свободно перемещаться по клетке, и теоретические основы дозиметрии применительно к опасности синего света.

Финансирование межотраслевого сотрудничества учёных из Национального института здоровья и медицинских исследований (INSERM), ветеринарных офтальмологов Альфорской национальной ветеринарной школы (ENVA) и инженеров-светотехников и физиков из Научно-технического строительного центра (CSTB) – «RetinaLED» – осуществляло французское Агентство по охране окружающей среды и эф-

фактивному использованию энергии (ADEME).

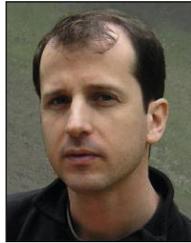
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ham, W.T. Jr, Mueller, H. A., Sliney, D.H. Retinal sensitivity to damage from short wavelength light // Nature. – 1976. – Vol. 260. – P. 153–155.
2. Van Norren, D., Gorgels, T.G. The action spectrum of photochemical damage to the retina: a review of monochromatic threshold data // Photochemistry and Photobiology. – 2011. – Vol. 87, No. 4. – P. 747–753.
3. ICNIRP 2013. Guidelines on limits of Exposure to Incoherent Visible and Infrared Radiation // Health Physics. – 2013. – Vol. 105, No. 1. – P. 74–96.
4. ICNIRP 2005. Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) // Applied Optics. – 2005. – Vol. 44, No. 11. – P. 2162–2176.
5. CIE S009:2002. Photobiological safety of lamps and lamp systems. European Standard 62471 (в настоящее время объединённый технический комитет МКО/МЭК JTC5 работает над его новой редакцией).
6. Clause, B.T. The Wistar rat as a right choice: Establishing mammalian standards and the ideal of a standardized mammal // Journal of the History of Biology. – 1993. – Vol. 26. – P. 329–349.
7. Jaadane, I., Boulenguez, P., Chanory, S., Carré, S., Savoldelli, M., Jonet, L., Behar-Conen, F., Martinsons, C., Torriglia, A. 2015. Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs) // Free Radical Biology & Medicine. – 2015. pii: S0891–5849(15)00158–6.



**Пьер Буленгез (Pierre Boulenguez),** Ph.D (2010). С 2012 г. работает в отделении здоровья и комфорта

Научно-технического строительного центра. Область научных интересов: компьютерное зрение, фотометрия ближнего поля, оптическое рассеяние, имидж-радиометрия и фотобиология



**Самюэль Карре (Samuel Carré),** Ph.D (1998). С 2012 г. работает в светотехнической группе Научно-технического строительного

центра. Область научных интересов: физические основы моделирования освещения, общее освещение зданий, оценка цветопередачи при помощи графических процессоров и компьютерное зрение



**Кристоф Мартинсонс (Christophe Martinsons),** Ph.D (1998).

Руководитель отделения освещения и электромагнетизма

Научно-технического строительного центра. В настоящее время проводит исследования в области оптики и освещения, направленные на создание энергоэффективных зданий, обеспечивающих наилучший комфорт для пользователей.

Возглавлял проведение исследований по заказу правительственных учреждений Франции и Международного энергетического агентства



**Алисия Торриглия (Alicia Torriglia),** Ph.D. Директор по науке Национального института здоровья и медицинских исследований.

Специалист в области молекулярных механизмов отмирания клеток сетчатки



**Сабин Шахори (Sabine Chahory),** Ph.D (2007). Доцент отделения офтальмологии Альфорской национальной ветеринарной

школы. Область научных интересов: дегенерация сетчатки под воздействием света

## Поздравляем с юбилеем!

Редакция, редколлегия, сотрудники  
ЗАО «ВНИСИ-ШРЕДЕР», друзья  
поздравляют одного из старейших работников  
светотехнической  
отрасли, инженера-конструктора

**Виктора Михайловича  
Райхинштейна**

с 85-летием и желают ему крепкого здоровья и  
успехов в работе

# Освещение памятников классической архитектуры. В поисках аутентичности

Ю. Е. РЕВЗИНА<sup>1</sup>, Д. О. ШВИДКОВСКИЙ

МАрхИ (ГА), Москва

## Аннотация

В статье полемически рассматриваются современные принципы освещения памятников классической архитектуры (на примерах освещения собора св. Петра и базилики Санта Мария Маджоре в Риме, Пьяцца дей Синьори в Виченце и др.). Стремление верно передать тектонику здания с помощью искусственного освещения дало жизнь целому ряду приёмов, ни один из которых, впрочем, не может быть назван совершенным. Авторы настаивают на том, что в разработке проектов освещения памятников зодчества должны принимать участие не только светодизайнеры и архитекторы, но и историки архитектуры.

**Ключевые слова:** освещение, светодизайн, классическая архитектура, история зодчества, тектоника.

Несмотря на всю интенсивность обсуждения вопросов, связанных с освещением памятников архитектуры, большое число публикаций, равно как и самих освещаемых памятников, с наибольшей уверенностью мы можем судить о том, как *не надо* это делать. Особенно когда речь идёт о памятниках архитектуры классической. Достаточно мысленно перенестись в 1990-е – период, когда в больших и малых российских городах старые здания, которые прежде занимали советские конторы, массово превращались в постсоветские офисы, штаб-квартиры, представительства и по этому случаю обретали освещение фасадов. Зачастую проекторы устанавливались в основании портиков и резким светом, направленным снизу вверх, освещали его колонны или пилястры. Любой, кто имел хотя бы отдалённое отношение к ар-

хитектуре, испытывал законное чувство дискомфорта, видя колонны или пилястры, «оторванные» потоком света от своего основания и словно висящие в воздухе (зачастую ещё с половины своей высоты!), в то время как их капители терялись где-то в сумраке. Причину этого дискомфорта назвать легко – это нарушение тектонической логики ордерной системы, согласно которой колонна не может парить, она должна прочно стоять на своём основании, чтобы с достоинством нести тяжесть антаблемента.

С тех пор прошло много времени, и освещение памятников архитектуры, в том числе классической, получило много примеров осмысления в теории и практике светодизайна [1, 2]. В решение проблем, связанных с освещением памятников зодчества, активнейшим образом включаются архитекторы, примером чему служит и прошедший этой весной в Москве фестиваль «Световая архитектура», организованный Союзом московских архитекторов [3]. Но и сегодня мы вряд ли можем сказать, что найден некий универсальный рецепт архитектурного освещения классики, или указать хотя бы на один бесспорный пример, на который всем стоило бы ориентироваться. Скорее всего ни такого рецепта, ни такого примера никогда и не будет хотя бы потому, что памятники, о которых идёт речь, строились тогда, когда и способы освещения, и сами представления о «ночном облике» здания были совершенно отличны от современных. Тем не менее, поиск средств, технических и выразительных, в области освещения памятников архитектуры, в том числе принадлежащих к эпохам, когда в архитектуре господствовали принципы классики – античности, Ренессанса, барокко, классицизма – сегодня продолжается. И здесь каждый проект представляет свою версию отношений классической тектоники и современных принципов освещения.

Если говорить о некой «генеральной линии» в подходе к освещению

памятников классической архитектуры (речь, разумеется, идёт о повседневном, а не «фестивальном» освещении), то её, пожалуй, характеризуют три вещи: стремление не спорить с «дневной» тектоникой, предельно деликатная расстановка акцентов и стремление установить оборудование таким образом, чтобы оно было как можно менее заметным. Весьма частый приём сегодня – контрастное выявление вертикальных ордерных элементов: более ярко освещается поверхность, расположенная за колоннами, в результате чего последние оказываются ясно очерченными и равномерно освещёнными. Этот приём, в частности, сегодня можно наблюдать в освещении, можно сказать, главного памятника классической архитектуры – Парфенона на афинском акрополе. Древний храм Афины Парфенос, великий памятник расцвета эллинской культуры времён Перикла словно светится изнутри, его ночной облик лишён драматизма, он гармоничен, величественен, он неземно рационален. Так выглядит Парфенон с 2004 года, когда к летней Олимпиаде в Афинах преобразилось многое, в том числе архитектурное освещение. Мастер-план освещения центра Афин, включая памятники архитектуры и археологии, принадлежит главе студии *Concepto P. Нарбони*, автору таких светодизайнерских бестселлеров, как «Освещение общественных пространств» [4] и «Освещение ландшафта» [5].

Из сравнительно недавних проектов, в которых используется аналогичный приём, – это освещение двора неоренессансного палаццо Турати в Милане, разработанное компанией *Antonio Citterio, Patricia Viel & Partners*. Внутренний двор, подражающий в своих основных чертах дворам флорентийских палаццо XV века, окружён аркадой на гранитных колоннах. Колонны и арки демонстрируют изящество и спокойный ритм своего шага на фоне более ярко освещённой поверхности стены.

Другой проект, на котором хотелось бы остановиться, – это осуществлённое в нынешнем году архитектурное освещение базилики Санта Мария Маджоре в Риме (рис. 1–3)<sup>2</sup>, выполненное компанией *Acea* (она же снаб-

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда «Прошлое и будущее классической архитектуры» (проект № 14-18-01601) в МАрхИ (ГА).

E-mail: n\_shchepetkov@inbox.ru

<sup>2</sup> Семь первых рисунков – фотоснимки Д. Карелина.

жает Рим водой и электроэнергией) [6]. Можно сказать, что в этом проекте встретились две идеологии: первая, связанная с экономией ресурсов, вторая – деликатность по отношению к памятнику архитектуры, в котором соединились напластования разных эпох. В проекте были использованы светильники со светодиодами с коррелированной цветовой температурой  $T_{ки}$  3000 и 4000 K, позволяющие создавать «бесшовное» освещение. Мощность светильников варьируется от 13 до 86 Вт, при этом расходуется минимальное количество энергии: по сравнению с предшествующей системой освещения экономится 70% электроэнергии. Другой аспект – это архитектура. Как и в предшествующем проекте *Acea* – освещении собора св. Петра в Риме (рис. 4 и 5) (его нельзя не признать удачным), источники света расположены по-разному. Часть из них установлена рядом с освещаемыми зонами или даже встроена в архитектуру (как правило, карнизы), что позволяет подчеркнуть отдельные объемы. Другие светильники, установленные на крышах соседних зданий и на куполах самой базилики, сглаживают контраст между этими объемами, придавая целостность всему зданию.

Но что такое в этом случае целостность? Базилика Санта Мария Маджоре в том виде, в котором она дошла до нас, представляет собой ансамбль разновременных частей, самые ранние из которых относятся к V веку. Едва ли не каждое из последовавших за ним столетий оставило свой след в облике этого сооружения. Основное пространство церкви – это раннехристианская базилика, украшенная уникальными мозаиками. Над её основным объёмом возвышается кампанила, которая относится к романскому времени. В самом конце XVI века папа Сикст V, тот самый, который прославился грандиозным планом реконструкции Рима, поручил Д. Фонтане пристроить к храму капеллу (капелла дель Сантиссимо Сакраменто), которая должна была стать его усыпальницей. В начале XVII века папа Павел V поручил Ф. Понцио выстроить зеркально симметричную ей капеллу. В том же столетии К. Райнальди перестроил абсиды храма, создав удивительной красоты лестницу, обращённую к главной площади Эсквилинского холма. Затем в 1740-е годы Ф. Фуга завершил ансамбль вырази-



Рис. 1. Ночное освещение базилики Санта Мария Маджоре в Риме. Проект компании *Acea*

тельным фасадом с глубокими арочными портиками-лоджиями. Между разновременными частями церкви существует, таким образом, значительная разница с точки зрения стиля, и, следовательно, тектоники. Взять хотя бы только те части, которые относятся к эпохе барокко: даже здесь мы обнаружим существенную разницу: барокко Райнальди (XVII век) и барокко Фуги (XVIII век) отличны друг от друга. Если в XVII веке мы видим свободное, беспрепятственное движение материи, которая словно постоянно преобразуется, то в следующем столетии мы слышим мощные,

торжественные аккорды, чередуемые большими паузами.

Как же поступили авторы проекта освещения в этой непростой ситуации? Они отнеслись ко всему сооружению как к многосоставному объёму, принципиально не подчеркивая разновременность его составляющих. Иными словами, здание предстало перед ними как макет, состоящий из абстрактных объёмных тел и членений: параллелепипедов (основные объёмы, включая колокольню), полусфер (купола симметричных капелл), цилиндров (барабаны куполов), которые отделены друг от друга ясно ар-



Рис. 2. Барочный фасад базилики Санта Мария Маджоре в Риме



Рис. 3. Романская кампанила базилики Санта Мариа Маджоре в Риме

тикулированными промежуточными и венчающими карнизами. В результате общее впечатление всё же, на наш взгляд, немного пострадало, поскольку барокко XVII века в вечернем освещении стало несколько более статичным, а барокко последующего столетия приобрело несвойственную ему динамику за счёт контраста цветовых температур светильников внутри и снаружи портиков-лоджий. Кстати сказать, именно этот контраст сообщает изрядный драматизм облику кампанилы – до такой степени, что он становится даже более «барочным»,

чем те части базилики, которые действительно относятся к этой эпохе.

Предельная корректность – девиз современного освещения памятников архитектуры. Да это и понятно: когда речь идёт о таких памятниках, как Парфенон в Афинах, Пантеон в Риме, Адмиралтейство в Петербурге или, скажем, Базилика Палладио в Виченце, привносить в их облик нечто им не свойственное, что-то «от себя» представляется совершенно излишним. Подобные соображения лежали в основе проекта нового освещения Пьяцца дей Синьори в Виченце, которые были преимущественно реализованы в 2011 году [7] (рис. 6).

Уже несколько лет каждый вечер этот новый облик могут оценить все, кто оказывается в этом городе, на века прославленном гением Андреа Палладио. Конечно, и в этом случае Палладио, можно сказать, был главным героем, так как на площадь выходят две его постройки – Базилика Палладио (б. Палаццо делла Раджоне) и Лоджия дель Капитаниато (рис. 7). Сам же проект стал юбилейным подарком – разработавшая его компания *Getto* подарила его городу на собственное девяностолетие. В то же время столь масштабное перевоплощение главной площади города напомнило и о другом юбилее – 500-летию Палладио, отмечавшемся в 2008 году

и ставшем поводом для реставрации целого ряда памятников в Виченце, включая и Базилику.

Замысел же освещения сложился задолго до всех юбилеев. Двенадцать лет назад студенты Архитектурного университета Венеции М. Сельмо и Ф. де Росси защитили проект освещения Пьяцца дей Синьори в Виченце в качестве дипломной работы. Их главная идея заключалась в том, чтобы, по их собственным словам, «избежать любой аффектации» и создать освещение «подобное в пудре, без бликов, которое выявляло бы светотеневые особенности архитектуры, не усиливая их» [7, р. 43] (рис. 8). Конечно, с тех пор возможности освещения светодиодами, которое предполагалось с самого начала, значительно расширились, что помогло авторам справиться с целым рядом ограничений, которые неизбежно накладывались на проект, связанный с выдающимися памятниками архитектуры (Базилика Палладио, Торре дель Торmento и Лоджия дель Капитаниато). Главные ограничения касались расположения оборудования: Управление Наследием Виченцы официально одобрило проект, запретив, однако устанавливать оборудование на трёх главных памятниках – Базилике, Лоджии и Торре, поэтому прожекторы заливающего света, направленные на разные части зданий, установлены на соседних сооружениях. В Виченце, как и во многих других городах, сейчас борются со световым загрязнением неба (борьбой этой, в частности, занята компания *Veneto Stellato Association*, которая поначалу не проявляла большой благосклонности к проекту). По этой причине, во-первых, все световые пучки направлены сверху вниз, а во-вторых, уровень освещения варьируется: до полуночи действует один световой режим, после полуночи – другой, на 30% менее интенсивный.



Рис. 4. Ночное освещение собора и площади св. Петра в Риме. Проект компании *Asea*

В целом же требования к освещению Пьяцца дей Синьори были таковы: 1) имитация естественного освещения («лунный свет»), который ассоциативно сохраняет задуманную Палладио свето-теневую моделировку поверхности фасадов; 2) отсутствие резкого света и бликов; 3) никаких лучей, направленных снизу вверх. Последнее требование связано не только с мерами против светового загрязнения, но и с сохранением верности тектонике здания. Главной архитектурная идея, которой руководствовались авторы проекта освещения, по их словам, это простота: «Упрощая всё, что можно, мы приближаемся к решению Палладио – к площади-лоджии с «отверстиями» – вот что было нужно подчеркнуть с помощью света» [7, р. 49]. В результате все постройки, выходящие на Пьяцца дей Синьори, получили освещение заливающим светом, которое в определённой мере имитирует равномерный свет полной луны.

Всё освещение выполнено на светодиодах. П. Перуцци, светодизайнер компании *Disano illuminazione*, которая взялась за осуществление светового проекта, подчёркивает, что предпочтением было отдано светодиодам по следующим причинам: они предоставляют сравнительно лучшие свето-цветовые характеристики и позволяют экономить энергию. Для освещения Базилики были выбраны прожекторы с  $T_{ки}$  4000 K (нейтрально-белый свет), чтобы подчеркнуть белизну мрамора из Пьовене и зеленоватые оттенки купола. Освещённость фасада – до 15 лк. Несколько прожекторов с узким световым пучком были использованы для башни Торре дель Торmento. В её освещении акцент сделан на часы, ниши и фриз из вичентинского камня. Для Лоджии дель Капитаниато были выбраны светодиоды с  $T_{ки}$  3000 K в нижней части и 4000 K в верхней, чтобы подчеркнуть, соответственно, красный кирпич и белый каменный фриз. Конечно, что касается Лоджии, большие усилия были приложены к тому, чтобы уравновесить потоки света и сделать его менее интенсивным в нижнем ярусе.

Этот проект архитектурного освещения может считаться образцом деликатности, проявленной по отношению к шедеврам архитектуры. Мягкий, равномерный свет с небольшими цветовыми градациями создаёт ощу-



Рис. 5. Ночное освещение собора св. Петра в Риме

щение естественного (лунного) освещения, источники которого неуловимы для непрофессионального глаза, – словно сама луна отдаёт дань Палладио. Впрочем, эта луна немножко странная – уж очень сосредоточенная на архитектурных ценностях, волшебным образом проникающая своим светом под своды галерей, окружающих Базилику и не меняющая направление своих лучей до самого утра. Тем не менее, возможно, здесь «ночная тектоника» здания верна его «дневной тектонике» в максимальной степени.

Сегодня это соответствие (тектоническая идентичность) считается важной ценностью светодизайна и стимулирует поиски средств сближения искусственного освещения с естественным. Однако здесь хочется заметить, что и это не универсальный рецепт, а один из ответов на вопрос о том, чего мы, современные люди, ждём от памятника архитектуры в целом и от его ночного облика в частности. Ведь сегодня практически невозможно реконструировать ночной облик римского Пантеона или Парфенона в Афинах. Они были освещены только



Рис. 6. Ночное освещение площади Пьяцца дей Синьори в Виченце. Проект компании Getto 2011 года



Рис. 7. Освещения Лоджии дель Капитаниато в Венеции

лунным светом или имели ещё искусственное освещение? Было ли искусственное освещение постоянным или лишь праздничным? Как его самого воспринимали современники, насколько важной в каждую эпоху была символика света, связанная с архитектурой? Не показалось бы, к примеру, афинянам времен Перикла странным, что в сумерках и темноте самым светлым в Парфеноне становится объём целлы, который, согласно символической логике (которой и соответствует его дневной облик) таинственно сокрыт за экраном перистасы? Насколько был прав тот же Р. Нарбони, кото-

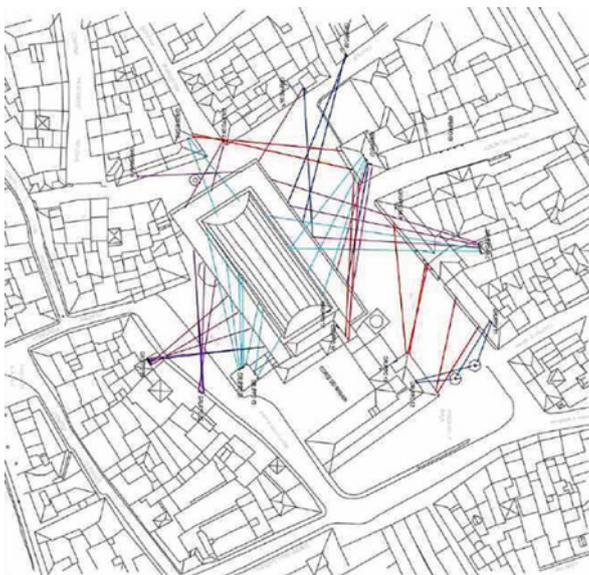


Рис. 8. Схема расположения осветительных приборов на Пьяцца дей Синьори в Венеции

рый в своём проекте освещения собора Парижской Богоматери подчёркивал каменную массу, материальность собора, в то время как его создатели прилагали усилия к её развеществлению?

Кроме того, есть основания думать, что в разные периоды, даже в те, когда господствовал язык классических архитектурных форм с присущей ему тектонической логикой (ренессанс, барокко, классицизм), освещение предполагало полное преображение здания по

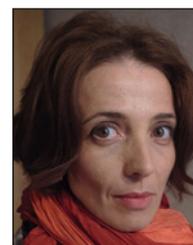
сравнению с его дневным обликом. Пример – традиция освещения венецианских палаццо, сохраняющаяся по сей день: плавающие вокруг пристани огни, яркое освещение центрального зала в *Piano nobile*, где главную роль играет огромная люстра, которая словно нависает над бликующей гладью воды. И всё это вместе совершенно игнорирует ордерную тектонику фасада, спроектированного, скажем, Я. Сансовино.

Таким образом, тектоническое чувство, которое обычно берётся за основу современного освещения памятников классической архитектуры, не следует рассматривать как догму и универсальную основу для единожды найденных решений. Сами современные представления о тектонике склонны меняться в той же мере, как и современное чувство классики. Любой современный проект освещения памятника классической архитектуры – это гипотеза, которая при всей аргументированности остаётся гипотезой и касается не только и не столько освещения, сколько нашего понимания классики в целом. Таким образом, каждый проект архитектурного освещения – это новый диалог

светодизайнера с памятником архитектуры, новая дискуссия о тектонике, символике и времени. Хотелось бы, чтобы круг участников этой дискуссии был шире, и чтобы историки архитектуры, реставраторы и архитекторы имели возможность и необходимость задумываться о том, чего мы ждём от искусственного освещения архитектурных шедевров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. – М.: Архитектура-С, 2006.
2. Батова А.Г. Принципы проектирования наружного освещения архитектурных объектов / Автореф. дис. ... к-та архитектуры. – М.: МАрХИ, 2012.
3. Фестиваль «Световая архитектура». Лукьянов Н.А. // Светотехника, 2015, № 3. С. 65–68.
4. Narboni R. Eclairer les Espaces Publique. – Paris: Le Moniteur, 1995.
5. Narboni R. La Lumiere et le Paysage. Creer des paysages nocturnes. – Paris: Le Moniteur, 2003.
6. Isman G. Santa Maria Maggiore, 132 led, e la basilica s'illumina di nuovo. URL: <http://roma.Repubblica.it/cronaca/2015/10/18/news> (дата обращения: 05.09.2015).
7. Vicenza. Una piazza color della Luna // Lighting Magazine. Periodico del gruppo Disano illuminazione. – 2011. – Vol. VIII, No. 3. – P. 42–57.



**Ревзина Юлия Евгеньевна**, кандидат искусствоведения. Окончила исторический факультет МГУ. Доцент кафедры «История архитектуры и градостроительства» МАрХИ



**Швидковский Дмитрий Олегович**, доктор искусствоведения. Окончил в 1983 г. МАрХИ. Ректор и заведующий кафедрой «История архитектуры и градостроительства»

МАрХИ. Академик РАХ и РААСН. Лауреат Государственной премии РФ. Кавалер ордена «За заслуги перед Францией» и командор Ордена Звезды Италии

# Исследование характеристик оптических министиков

С. А. ГОЛУБИН<sup>1</sup>, В. М. КОМАРОВ, А. Н. ЛОМАНОВ, В. С. НИКИТИН,  
Э. И. СЕМЁНОВ

ООО «НПП «Тензосенсор» и ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва», Ярославская обл., г. Рыбинск

## Аннотация

Описаны конструкция, принцип действия цифрового оптического министика на основе упругодеформируемого полимерного элемента и оптической схемы с общим приёмником и его преимущества по сравнению с традиционными коммутационными устройствами. Проведены экспериментальные исследования характеристик разработанных министиков.

**Ключевые слова:** оптический министик, управление робототех-

никой, коммутационное устройство, упругодеформируемый полимерный элемент, экспериментальное исследование.

Для управления объектами авиации и робототехники, сложными манипуляторами, носимыми электронными устройствами, при трёхмерном моделировании и в видеоиграх применяются разные устройства ввода: клавиатуры, мыши, джойстики, трекболы, сенсорные панели и экраны. Одним из устройств ввода также являются министики – двукоординатные миниджойстики, отличающиеся от обычных джойстиков тем, что управляются пальцем руки. Движения пальцев в 5–7 раз быстрее дви-

жения кисти руки, что позволяет намного быстрее и точнее формировать управляющие воздействия.

НПП «Тензосенсор» [1] с участием специалистов РГАТУ им. П. А. Соловьёва был разработан резистивный министик МД-14, действие которого основано на деформации полимерного элемента и чувствительного резистивного покрытия, нанесенного на его поверхность (рис. 1). Однако ресурс таких министиков недостаточно высок (200–300 тыс. нажатий).

Чтобы повысить эксплуатационный ресурс, сохранив лучшие качества резистивных министиков на основе упругодеформируемых элементов, специалистами ООО «НПП «Тензосенсор» была разработана конструкция оптического министика [2].

На рис. 2 показана принципиальная схема оптического министика, который состоит из размещённого на плате 1 корпуса 2 и упругодеформируемого элемента 4, выполненного заедино с управляющей рукояткой 3. На плате 1 под упругодеформируемым элементом 4 расположены фотоэлектрический преобразователь (фотодиод, фоторезистор) 6, и не менее

<sup>1</sup> E-mail: 707gsa@mail.ru

Таблица

Параметры качества сигнала исследуемого министика

Показатель	Угол 0°, координата X	Угол 90°, координата Y	Угол 45°, координата X	Угол 45°, координата Y
Диапазон значений	522	485	403	394
Макс. отклонение, %	35,36	10,10	141,42	2,08
Макс. нелинейность, %	9,52	10,66	9,64	10,51
Макс. гистерезис, %	3,90	3,65	5,96	5,84



Рис. 1. Резистивный министик на основе упругодеформируемого элемента НПП «Тензосенсор»

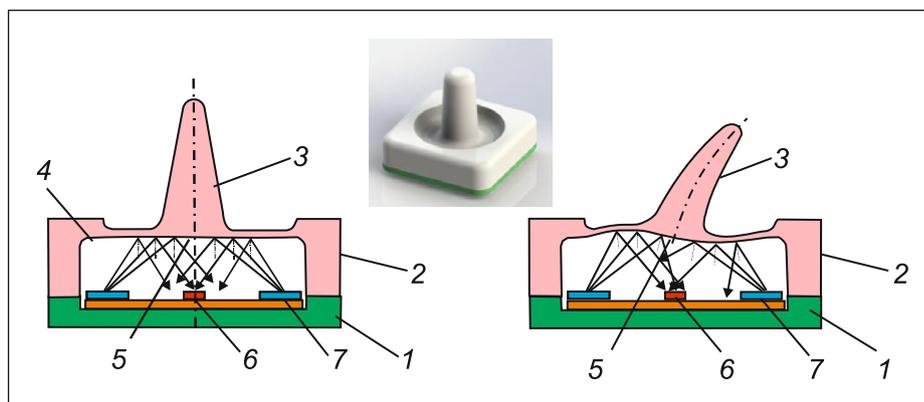


Рис. 2. Оптический министик: 1 – печатная плата; 2 – корпус; 3 – управляющая рукоятка; 4 – упругодеформируемый элемент; 5 – светоотражающая поверхность; 6 – фотоэлектрический преобразователь (фотодиод, фоторезистор); 7 – источник света (светодиод, лазер)

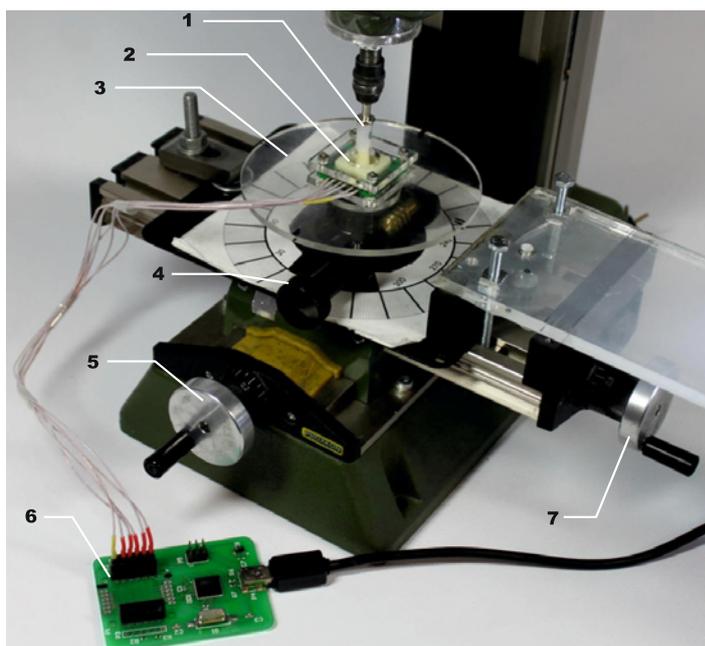


Рис. 3 – Экспериментальная установка: 1 – держатель рукоятки министика, 2 – министик, 3 – поворотная платформа, 4 – механизм поворота, 5 – механизм перемещения по оси X, 6 – блок сопряжения министика с ПК, 7 – механизм перемещения по оси Y

Рис. 4. Контроль за отклонением рукоятки министика (изображение получено с помощью цифровой камеры)

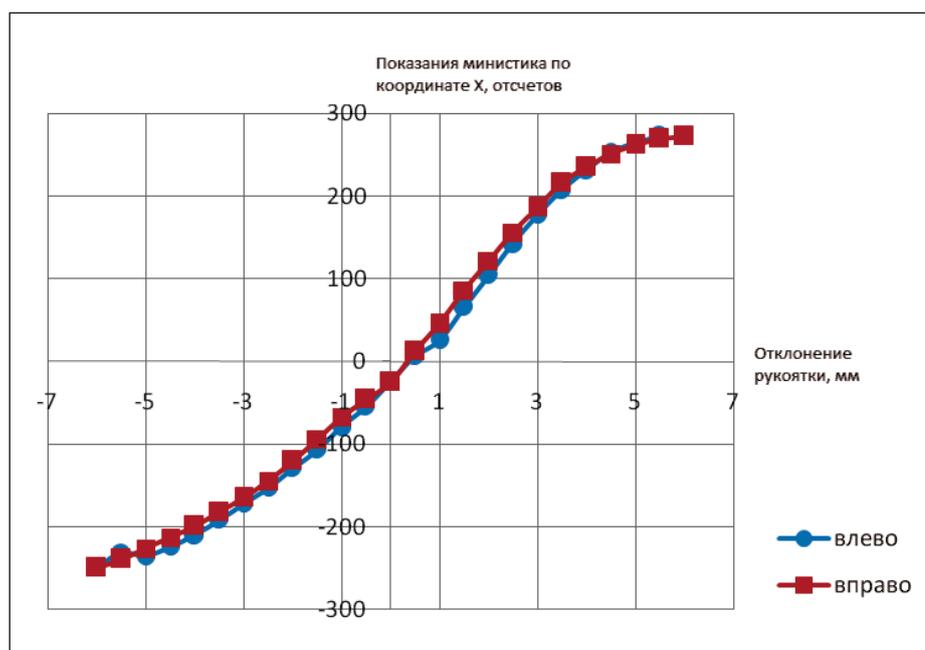
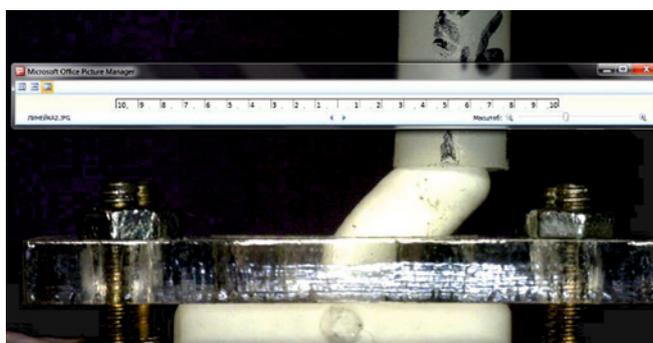


Рис. 5. Передаточная функция министика по координате X (при угле поворота министика  $0^\circ$ )

одного источника света (светодиода, лазера) 7, которые соединены с микропроцессором. Упругодеформируемый элемент 4 в виде детали из эластичного полимерного материала содержит светоотражающую или поглощающую поверхность 5, расположенную над источником света 7 и фотопреобразователь 6. Упругодеформируемый элемент выполнен из эластичного материала в виде пластины с управляющей рукояткой 3, опирающейся на элементы корпуса 2 оптического министика, прикреплённого к плате 1.

Принцип работы оптического министика заключается в эффекте отражения света от светоотражающей поверхности полимерного упругодеформируемого элемента, который деформируется рукояткой в зависимости от направления и силы нажатия.

Оптический министик сохранил основные преимущества резистивного: простоту конструкции, технологичность в массовом производстве, приобретающую высокую надёжность из-за отсутствия механически контактирующих и деформируемых резистивных элементов. Оптический министик отличается бесшумностью, пожаро- и взрывобезопасностью, травмо- и взрывобезопасностью, малым весом и многофункциональностью (возможностью перепрограммирования выполняемых функций) [3].

Для исследования зависимости сигналов министика от величины линейного отклонения рукоятки и угла поворота министика (передаточной функции) была разработана экспериментальная установка.

Экспериментальная установка для исследования передаточной функции министика показана на рис. 3 и состоит из механизма перемещения по оси X, механизма перемещения по оси Y, механизма поворота, цифровой камеры, блока сопряжения министика с ПК, ПК с ПО для снятия показаний министика. При этом министик 2 закреплён в центре поворотной платформы 3, позволяющей вращать министик относительно его центра посредством механизма поворота 4. Управляющая рукоятка министика свободным концом закреплена в держателе 1. Платформа снабжена механизмами перемещения по оси X 5 и по оси Y 7, позволяющими отклонять рукоятку министика от центра.

Отклонение рукоятки министика по оси  $X$  контролируется с помощью цифровой камеры (рис. 4).

Получение показаний министика осуществляется при помощи программы на ПК. Программа соединяется с блоком сопряжения министика по протоколу *USB* и автоматически с интервалом в 10 мс получает показания фотоэлектрических преобразователей министика, которые отображаются в левой части окна. Программа позволяет производить регистрацию показаний по нажатию кнопки пользователем. Регистрация производится однократно или многократно (до 10 замеров) с настраиваемым интервалом от 0,1 до 10 с. Полученные показания отображаются в табличном виде в правой части окна программы.

Целью эксперимента является определение зависимости показаний полезного сигнала министика от величины отклонения рукоятки при разных углах поворота корпуса.

Полезный сигнал министика представляет собой два числовых значения, которые соответствуют величинам отклонения рукоятки министика по координатам  $X$  и  $Y$ . Единицей измерения выходного сигнала являются отсчеты АЦП микроконтроллера министика, которые соответствуют отношению напряжений на фотоэлектрических преобразователях (определяется интенсивностью падающего на них отражённого света, которая зависит от величины отклонения управляющей рукоятки министика).

Качество полезного сигнала реального министика оценивается по показателям:

- точность – разброс показаний при определённом отклонении рукоятки;
- нелинейность – отклонение кривой передаточной функции исследуемого министика от прямой линии;
- гистерезис – различие выходного сигнала при одинаковой величине отклонения рукоятки, но в разных его направлениях.

В ходе эксперимента были произведены замеры показаний министика при постоянном: 1) угле поворота министика и изменяемом отклонении рукоятки; 2) отклонении рукоятки министика и изменяемом угле его поворота.

Снятие показаний при постоянном угле поворота министика и изменя-

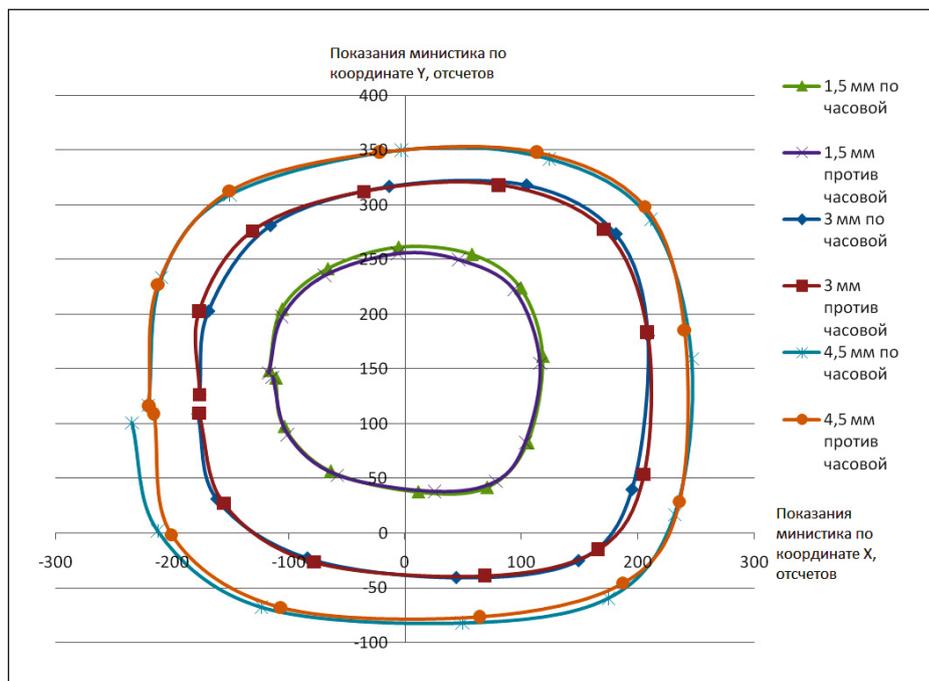


Рис. 6. Результаты измерений показаний министика при его вращении при постоянном значении отклонения рукоятки

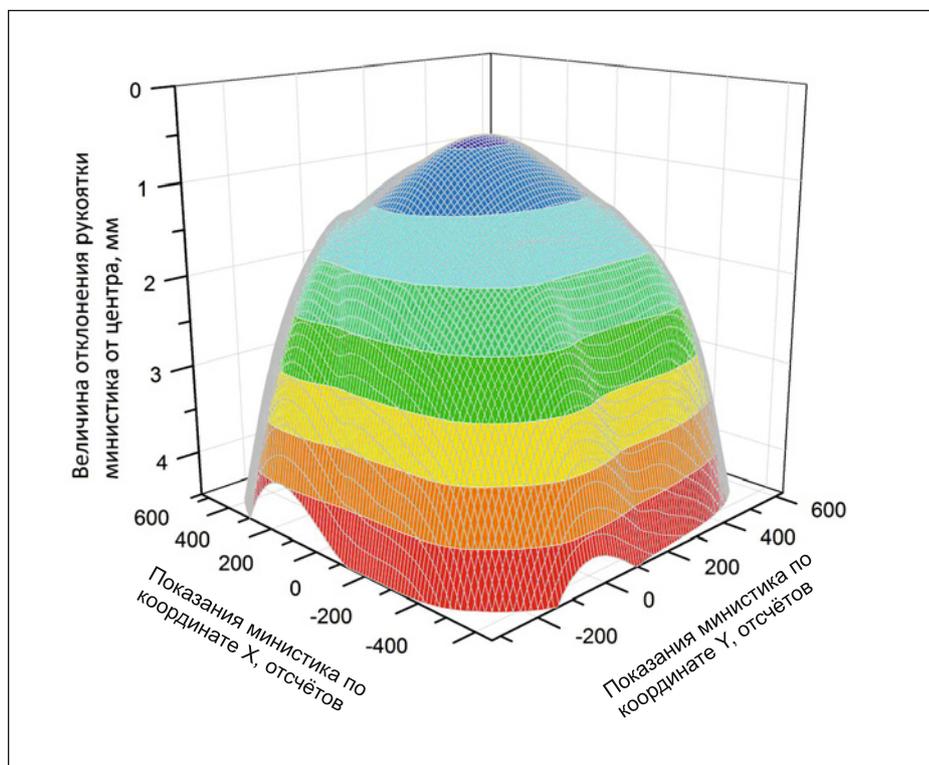


Рис. 7. Трёхмерная поверхностная диаграмма зависимости показаний министика от отклонения рукоятки

мом отклонении рукоятки было проведено при следующих условиях:

- пределы отклонения рукоятки министика от центра: от  $-5$  до  $+5$  мм;
- направление отклонения: влево (от  $+5$  до  $-5$  мм), вправо (от  $-5$  до  $+5$  мм);

- угол поворота министика:  $0$ ,  $45$  и  $90^\circ$ ;

- число снятий показаний: 5, с последующим усреднением полученных значений.

На рис. 5 представлена часть результатов измерений при угле поворота министика  $0^\circ$ .

Для оценки точности показаний применяется значение среднеквадратического отклонения измеренных при итерациях показаний в точке с заданным отклонением рукоятки. Относительное отклонение показаний министика по данной координате  $\delta$  вычисляется по формуле

$$\delta = |CKO/\Delta X|,$$

где СКО – среднеквадратическое отклонение показаний министика по данной координате,  $\Delta X$  – диапазон значений передаточной функции.

Для оценки нелинейности при помощи метода наименьших квадратов строится аппроксимирующая функция прямой линии вида  $X=kx+b$ . Далее нелинейность  $N_L$  вычисляется по формуле

$$N_L = |X - X_{расч}|/\Delta X,$$

где  $X$  – фактическое значение координаты в данной точке, а  $X_{расч}$  – значение координаты в данной точке, вычисленное при помощи аппроксимирующей функции.

Гистерезис показаний  $G$  оценивается по формуле:

$$G = |X_{пр} - X_{л}| / \Delta X,$$

где  $X_{пр}$  – значение параметра в данной точке при перемещении рукоятки вправо;

$X_{л}$  – то же при перемещении рукоятки влево.

Результаты расчётов представлены в таблице.

Снятие показаний при постоянном отклонении рукоятки министика и изменением угла поворота было проведено при следующих условиях:

- угол поворота министика: 0–360° с шагом 30°;
- направление вращения: по часовой стрелке (0–360°), против часовой стрелки (360–0°);
- отклонение рукоятки министика от центра: 1,5; 3 и 4,5 мм;
- число снятий показаний: 5, с последующим усреднением полученных значений.

На рис. 6 представлены результаты измерений в виде лепестковой диаграммы. По результатам измерений была построена трёхмерная поверхностная диаграмма зависимости показаний  $X$  и  $Y$  от угла и величины от-

клонения рукоятки, отображенная на рис. 7.

## Выводы

Выбранная оптическая схема министика на основе упругодеформируемого элемента позволяет создавать работоспособные и высокоэффективные устройства.

Максимальный диапазон отклонения рукоятки министика составляет  $\pm 6$  мм, что укладывается в оптимальный диапазон амплитуд отклонения пальцев руки порядка 12–20 мм.

Передаточная функция исследованного оптического министика линейна и симметрична в диапазоне отклонения рукоятки в пределах от –3 до +3 мм. При больших отклонениях кривые показаний приобретают экспоненциальную форму.

Мёртвая зона министика не превышает 0,5 мм по всем координатам.

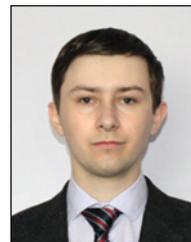
Максимальная величина гистерезиса составляет 5,96% от диапазона значений передаточной функции. Максимальный гистерезис наблюдается при угле поворота министика 45°.

Таким образом, передаточная функция оптического министика соответствует основным требованиям, предъявляемым к средствам управления сложной робототехникой, манипуляторами и летательными аппаратами. Конструкция министика требует доработки с целью повышения точности, снижения нелинейности и гистерезиса показаний.

Прикладные научные исследования и экспериментальные разработки проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок – RFMEFI57914X0087.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В. С., Белов Р. Б. Управлять без рычагов // Наука и жизнь. – 2012. – № 12.
2. Никитин В. С., Морозов П. П. Оптический джойстик / Заявка на изобретение № 2013112435, 2014. Бюл. № 27.
3. Никитин В. С. Способ коммутации электрических цепей и многофункциональный переключатель для его осуществления / Патент России № 2455678, 2012. Бюл. № 19.



**Голубин Сергей Александрович**, инженер. Окончил в 2013 г. РГАТУ им. П.А. Соловьёва. Инженер-системотехник ООО «НПП «Тензосенсор». Аспирант ФГБОУ ВПО «РГАТУ им. П.А. Соловьёва»



**Комаров Валерий Михайлович**, кандидат техн. наук, профессор. Окончил в 1972 г. РГАТУ им. П.А. Соловьёва. Зав. кафедрой «Вычислительные системы» ФГБОУ ВПО «РГАТУ им. П.А. Соловьёва»



**Ломанов Алексей Николаевич**, кандидат техн. наук. Окончил в 2003 г. РГАТУ им. П.А. Соловьёва. Декан факультета радиоэлектроники и информатики ФГБОУ ВПО «РГАТУ им. 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 ФГБОУ ВПО «РГАТУ им. П.А. Соловьёва». Область научных интересов: контроль над процессами получения тонких плёнок, автоматика, радиоэлектроника, микроэлектроника, вычислительная техника

# Новый подход к определению качественных характеристик установок наружного освещения

Г.В. БООС, А.А. ГРИГОРЬЕВ<sup>1</sup>

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

## Аннотация

Проведён анализ методов определения необходимых уровней яркости в осветительных установках наружного освещения. Предложен новый способ расчёта видимости объектов дорожного движения на основе статистического подхода к описанию обнаружения и опознавания объектов зрительной системой человека.

**Ключевые слова:** необходимые уровни яркости, пороговые характеристики зрительной системы, теория статистических решений, оптимальный приёмник изображения.

В настоящее время расчёт осветительных установок (ОУ) наружного освещения (НО) базируется на обеспечении необходимых уровней яркости (освещённости) регламентируемых СП 52.13330.2011 [1].

Основной задачей любой ОУ является создание таких условий освещения, при которых человек может решать зрительные задачи различной сложности с заданным уровнем надёжности. Необходимые уровни освещения основываются на большом экспериментальном материале по пороговым и вероятностным характеристикам зрительной системы человека, полученном при наблюдении типовых объектов. С развитием общества количество таких типовых объектов постоянно меняется, кроме того их фотометрические характеристики меняются с течением времени, сильно зависят от времени года, погодных условий, способа построения самой ОУ и т.д. Всё это либо не учитывается в нормообразующих документах, либо учитывается лишь частично путём введения допустимых границ варьирования нормируемых параметров, при этом определить конкретное необходимое значения уровней яркости или освещённости при проектировании ОУ НО, как правило, можно только приблизительно. Экспериментальные способы определения необходимых уровней яркости или освещённости требуют огромных временных (и материальных) затрат, поскольку это многопараметрические задачи, решение которых зависит не только от фотометрических характеристик объектов, но и от характеристик (в общем случае непостоянных по полю зрения) дорожных покрытий, погодных условий и т.д.

Современные программы расчёта ОУ (например, «*Lightscape*», «*Dialux*», «*Light-in-Night*» и т.д.) позволяют проводить расчёты уровней яркости или освещённости с высокой точностью, учитывая не только фотометрические характеристики осветительных приборов, но и характеристики освещаемых объектов. Это делает актуальным разработку метода расчёта необходимых уровней яркости или освещённости учитывающего фотометрические характеристики освещаемых на дороге объектов, харак-

теристики дорожных покрытий и атмосферные условия, что поможет улучшить качественные характеристики ОУ.

Предлагаемое решение данной проблемы лежит в направлении создания математического метода расчёта вероятностных или пороговых характеристик органа зрения (ОЗ) человека при решении задач обнаружения и опознавания объектов. Это позволит использовать при расчёте ОУ НО критерий необходимого уровня видимости объектов на дорогах, однозначно определяющего необходимые уровни яркости или освещённости. Поскольку видимость объектов, т.е. отношение видимого контраста объекта с фоном к его пороговому значению учитывает пространственно-угловое распределение яркости по объекту и фону, а также пороговые (для выбранного уровня надёжности решаемой задачи) характеристики глаза человека, то данный подход существенно повысит безопасность движения транспорта и пешеходов.

Расчёт видимости объектов разбивается на две физически независимые задачи – расчёт порогового контраста объекта с фоном и расчёт его «видимого» значения. В данной работе рассматривается метод решения первой из двух задач.

Наиболее перспективный способ построения такого математического метода расчёта, за которым будущее, базируется на физиологических моделях процесса обнаружения и опознавания объектов человеком, однако колоссальные трудности в исследовании этих процессов пока не позволяют получать сколь-нибудь существенные результаты для расчёта ОУ. По разным оценкам, получение на базе физиологических моделей необходимых результатов может потребовать десятки и, возможно, сотни лет научных исследований.

Оптимальное решение данной проблемы лежит в направлении максимального использования известных данных физиологии зрения о строении глаза человека и привлечении результатов, полученных в других областях для восполнения недостающих знаний. Если данные физиологии о строении оптической системы (ОС) глаза человека, его сетчатки достаточно подробны, то механизм переработки зрительной информации в высших отделах головного мозга находится на начальной стадии изучения.

Для решения этой проблемы мы воспользуемся гипотезой о том, что в ходе эволюции и естественного отбора мозг человека, при решении зрительных задач обнаружения и опознавания объектов, достиг максимально возможного совершенства. Предпосылкой этого служит то, что в ходе эволюции плотоядные, обладающие менее совершенным зрением, должны были умереть с голода при конкуренции с более совершенными видами, а аналогичные растительноядные съедались в первую очередь, не успевая давать потомство. Сформулированная гипотеза позволяет использовать один из результатов, полученный в теории статистических решений. Это вывод о существо-

<sup>1</sup> E-mail: aag.2010@yandex.ru

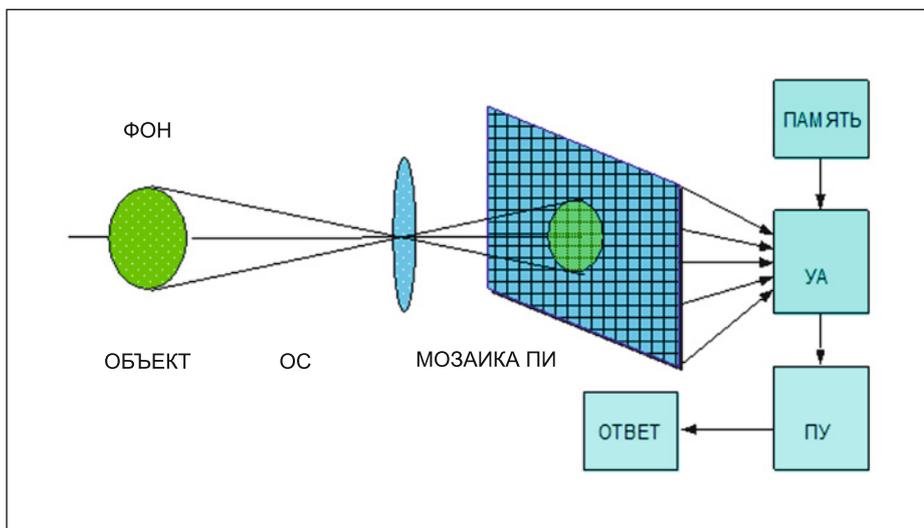


Рис. 1. Структурная схема модели органа зрения

вании оптимального приёмника излучения (ПИ) [2]. Оказывается, среди всех алгоритмов выделения сигналов на фоне мешающих шумов есть только один алгоритм, лучше которого никакой другой не может решать задачу обнаружения или опознавания объектов. Такой алгоритм получил название «алгоритм оптимального ПИ», а алгоритм для анализа двумерных полей яркости – «алгоритм оптимального приёмника изображения» или просто «алгоритм оптимального приёмника». Существуют различные математические методы описания данного алгоритма. Наиболее наглядный, с нашей точки зрения, способ описания основан на функции отношения правдоподобия. При этом мы вовсе не предполагаем, что где-то в мозгу человека происходит вычисление именно этой функции. Мы только считаем, что благодаря неизвестным пока нервным связям мозг человека реализует алгоритм, близкий к алгоритму оптимального приёмника. Функция отношения правдоподобия – это только удобный способ математического описания этого алгоритма.

Структурная схема математической модели ОЗ на базе оптимального приёмника приведена на рис. 1 [3]. Хрусталик глаза и все его оптические элементы представлены в модели как ОС. Сетчатка глаза представлена в виде мозаики из  $n$  статистически независимых ПИ. При этом под независимыми ПИ понимаются либо отдельные приёмники, либо группы приёмников, подключённые через промежуточные нейроны к одному волокну зрительного нерва. Совокупность случайных сигналов мозаики приёмников ( $\mu_i$ ) поступает на устройство анализа (УА), содержащее в памяти априорную информацию о фоне и объекте. УА вычисляет одномерную функцию отношения правдоподобия  $\Lambda$ , которая равна отношению вероятности возникновения случайной реализации  $Y$  в опыте по обнаружению (совокупности сигналов  $\mu_i$ ) при условии наличия объекта в поле зрения человека ( $P[Y/S]$ ) к вероятности возникновения той же реализации  $Y$  при условии его отсутствия ( $P[Y/0]$ ):

$$\Lambda = \frac{p P[Y/S]}{q P[Y/0]}, \quad (1)$$

где  $p, q$  – априорные вероятности наличия и отсутствия объекта,  $p + q = 1$ .

По сути, отношение правдоподобия на вероятностном языке показывает, на что больше похож видимый человеком образ (случайное распределение  $\mu_i$ ) – на изображение с объектом или без него.

Согласно алгоритму оптимального приёмника, решение о наличии объекта в поле зрения должно приниматься в соответствии с решающим правилом

$$\Lambda \geq \Lambda_{\text{п}}. \quad (2)$$

Из теории статистических решений известно [2], что работа по решающему правилу (2) позволяет реализовывать любой критерий (алгоритм) принятия решения.

При этом разные критерии характеризуются лишь разными численными значениями  $\Lambda_{\text{п}}$ . При разработке математической модели ОЗ важно не конкретное выражение для  $\Lambda_{\text{п}}$  через параметры алгоритма обработки сигналов (поскольку этот алгоритм для человека пока не известен), а тот факт, что, каким бы ни был этот алгоритм, в модели ОЗ он будет характеризоваться конкретным численным значением  $\Lambda_{\text{п}}$ . Таким образом, если взять в качестве рабочей гипотезы гипотезу о постоянстве критерия принятия человеком решения о наличии объекта при решении определённого круга задач (по обнаружению или опознаванию), то, определив значение  $\Lambda_{\text{п}}$  один раз для простейших экспериментальных ситуаций, можно использовать модель ОЗ с этим численным значением  $\Lambda_{\text{п}}$  для всего круга задач (всех типов объектов, фонов, уровней яркости и т.д.), где оно остаётся постоянным.

Следует отметить, что хотя математическая модель ОЗ базируется на теории оптимального приёмника, структурная схема которого представлена на рис. 1, она не полностью совпадает с ней. Даже получив выражения для выходных характеристик оптимального приёмника изображения, в интересующих нас случаях, мы не получим математическую модель ОЗ. Отличие математической модели ОЗ от оптимального приёмника изображения заключается в необходимости учёта в ней данных физиологии зрения о строении сетчатки и особенностях преобразования в ней сигналов рецепторов.

Таким образом, для получения расчётных выражений для пороговых и вероятностных характеристик ОЗ, необходимых для инженерных расчётов видимости объектов, следует решить ряд научных задач. Вот некоторые из них:

1. Получить закон распределения выходных сигналов рецепторов исходя из закона распределения Пуассона падающих квантов излучения, что необходимо для расчёта функции отношения правдоподобия.

2. Получить расчётные выражения для вероятностных и пороговых характеристик оптимального приёмника для областей малых и больших яркостей, где законы распределения сигналов рецепторов различны.

3. Получить расчётное выражение, позволяющее по результатам экспериментальных исследований находить значение  $\Lambda_{\text{п}}$ , соответствующее критерию принятия чело-

веком решения о наличии или отсутствии объекта в его поле зрения.

4. Связать полученные по математической модели расчётные выражения для вероятностей правильного решения с результатами экспериментальных исследований по разным методам (методам минимальных изменений, постоянных стимулов и т.д.).

5. Получить, исходя из теории оптимального приёмника, расчётное выражение для «поправки на случайный успех», аналогичное поправке, введённой Блэквеллом для его высокопороговой модели [4].

6. Определить характер нелинейного закона преобразования потока падающих квантов излучения в частоту импульсов тока действия, являющихся выходными сигналами рецепторов ОЗ, что особенно важно для области яркостей 0,1–10 кд/м<sup>2</sup>, характерных для ОУ НО.

7. Найти способ учёта в математической модели группового обслуживания одним волокном зрительного нерва нескольких рецепторов по мере их удаления от оси зрения.

8. Разработать методику экспериментального определения распределения чувствительности по полю зрения наблюдателя.

9. Получить расчётное выражение для опознавания двух объектов и экспериментально доказать верность полученных выражений.

10. Получить выражение для расчёта вероятности опознавания объекта из произвольного набора объектов при работе по алгоритму оптимального ПИ.

11. Развить теорию оптимального приёмника на случай наличия внешних аддитивных и мультипликативных помех, возникающих в поле зрения наблюдателя в сложных погодных условиях.

12. Учесть в модели ОЗ влияние аберраций оптики глаза, что наиболее существенно при пониженных уровнях яркости.

Первая задача, которая будет рассматриваться (решаться) в данной статье – определение закона распределения выходных сигналов рецепторов и выражения для вероятности обнаружения объектов оптимальным приёмником.

Исходный закон распределения числа упавших на любой ПИ квантов хорошо описывается распределением Пуассона [5]. Как показано в [6], погрешность этой аппроксимации не превышает 1%, если выполняется условие

$$\frac{hc}{\lambda kT} > 4,15, \quad (3)$$

где  $h$  – постоянная Планка ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж/с),  $c$  – скорость света в вакууме ( $2,998 \cdot 10^8$  м/с),  $\lambda$  – длина волны излучения,  $k$  – постоянная Больцмана ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К),  $T$  – абсолютная температура источника излучения, К.

В видимой области спектра ( $\lambda < 0,78$  мкм) условие (3) выполняется при  $T < 6000$  К. Поскольку процесс преобразования излучения в сетчатке ОЗ случаен, его можно характеризовать эффективным коэффициентом преобразования  $\eta$ , т.е. отношением математического ожидания частоты импульсов тока действия к потоку квантов излучения, упавших на приёмник. Учитывая, что квантовый выход зрительного пигмента не превышает 20% [7], а для образования одного импульса тока действия необходим распад 5–7 молекул светочувствительного вещества [8], можно

считать, что во всём диапазоне работы ОЗ  $\eta$  много меньше единицы. Это предположение позволяет достаточно точно определить закон распределения импульсов тока действия, т.е. выходного сигнала ПИ в модели органа зрения.

В случае  $\eta \ll 1$  вероятностью возникновения за счёт одного кванта излучения двух и более импульсов тока действия можно пренебречь. При этом условный закон распределения ( $P[\mu/m]$ ) выходного сигнала  $\mu$  любого ПИ, при условии, что на него упало  $m$  квантов, определится биномиальным законом распределения [5]:

$$P[\mu / m] = C_m^\mu \eta^\mu (1 - \eta)^{m-\mu}, \quad (4)$$

где  $C_m^\mu = \frac{m!}{\mu!(m-\mu)!}$  – биномиальные коэффициенты.

Закон распределения Пуассона для упавших на ПИ квантов определяется выражением

$$P[m] = \frac{X_0^1}{m!} \exp(-X_0^1), \quad (5)$$

где  $X_0^1$  – математическое ожидание числа квантов излучения, упавших за время интегрирования ПИ на его поверхность,  $m$  – случайное число упавших квантов.

Закон распределения выходного сигнала ПИ определится по формуле полной вероятности [5] суммированием по всем возможным значениям  $m$ :

$$P[\mu] = \sum_{m=\mu}^{\infty} C_m^\mu \eta^\mu (1 - \eta)^{m-\mu} \frac{(X_0^1)^m}{m!} \exp(-X_0^1). \quad (6)$$

Несложно показать, что ряд (6) определяет функцию плотности вероятности закона распределения Пуассона с математическим ожиданием  $X_0 = \eta X_0^1$ , т.е.

$$P[\mu] = \frac{(X_0)^\mu}{\mu!} \exp(-X_0). \quad (7)$$

Полученное выражение для закона распределения выходных сигналов ПИ позволяет определить вероятности  $P[Y/S]$  и  $P[Y/0]$ , определяющие функцию отношения правдоподобия. Для независимых ПИ

$$P[Y / S] = \prod_{i=1}^N \frac{(X_{0i})^{\mu_i}}{\mu_i!} \exp(-X_{0i}), \quad (8)$$

где  $X_{0i}$  – математические ожидания выходного сигнала  $i$ -го ПИ, визирующего объект на каком-либо фоне,  $N$  – количество ПИ в мозаике ПИ модели ОЗ.

$$P[Y / 0] = \prod_{i=1}^N \frac{(X_{\phi i})^{\mu_i}}{\mu_i!} \exp(-X_{\phi i}), \quad (9)$$

где  $X_{\phi i}$  – математические ожидания выходного сигнала того же  $i$ -го ПИ, визирующего изображение фона без объекта.

Тогда функция отношения правдоподобия определится выражением

$$\Lambda = \prod_{i=1}^N \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right)^{\mu_i} \exp(- (X_{oi} - X_{\phi i})). \quad (10)$$

Для определения вероятности правильного обнаружения объекта необходимо проинтегрировать условный закон распределения  $\Lambda$  (при условии наличия объекта в поле зрения человека) по области (2), определяющей алгоритм работы оптимального приёмника. Получить аналитическое выражение для закона распределения  $\Lambda$  сложно, т.к.  $\Lambda$  связано с  $\mu_i$  сложной степенной зависимостью, однако, если прологарифмировать выражение (10), то получим:

$$Z = \ln \Lambda = \sum_{i=1}^N \mu_i \ln \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right) - \sum_{i=1}^N (X_{oi} - X_{\phi i}). \quad (11)$$

Закон распределения  $Z$  не подчиняется закону распределения Пуассона, хотя бы потому, что его дисперсия не равна математическому ожиданию, однако по центральной предельной теореме [3] он стремится, при большом  $N$ , к нормальному закону распределения:

$$P[Z] = \frac{1}{2\pi\sigma_\Lambda} \exp\left(-\frac{(Z - m_\Lambda)^2}{2\sigma_\Lambda^2}\right), \quad (12)$$

где  $m_\Lambda$  – математическое ожидание  $\ln \Lambda$ , при условии, что в поле зрения человека находится объект;  $\sigma_\Lambda^2$  – дисперсия  $\ln \Lambda$  при аналогичном условии.

Поскольку математическое ожидание  $\mu_i$  при условии, что объект находится в поле зрения человека равно  $X_{oi}$ , то для математического ожидания и дисперсии  $\ln \Lambda$  несложно получить выражения:

$$m_\Lambda = \sum_{i=1}^N X_{oi} \ln \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right) - \sum_{i=1}^N (X_{oi} - X_{\phi i}), \quad (13)$$

$$\sigma_\Lambda^2 = \sum_{i=1}^N X_{oi} \ln^2 \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right). \quad (14)$$

Вероятность обнаружения объекта ( $P_{об}$ ) определится интегралом от функции (12) по области, где  $\Lambda \geq \Lambda_{п.}$ . Поскольку функция натурального логарифма монотонно возрастает, то область интегрирования (2) эквивалентна области  $\ln \Lambda \geq \ln \Lambda_{п.}$ , тогда

$$P_{об} = \frac{1}{2\pi\sigma_\Lambda} \int_{\ln \Lambda_{п.}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(Z - m_\Lambda)^2}{2\sigma_\Lambda^2}\right) dZ = \Phi(y), \quad (15)$$

где  $\Phi(y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^y \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – интеграл вероятности [5],

$$y = \frac{m_\Lambda - \ln \Lambda_{п.}}{\sigma_\Lambda}. \quad (16)$$

Исходя из выражений (15) и (16) пороговые условия обнаружения объекта ( $P_{об} = 0,5, y=0$ ) определяются уравнением

$$m_\Lambda = \ln \Lambda_{п.} \quad (17)$$

Количество ПИ, образующих поле зрения человека достигает сотен миллионов, поэтому пользоваться выражениями (13) и (14) для расчёта  $m_\Lambda$  и  $\sigma_\Lambda^2$  сложно. Для упрощения расчётов перейдем от реакций отдельных ПИ мозаики к функции распределения чувствительности по полю зрения глаз человека:

$$X(\varphi, \theta) = \frac{X_i}{\Delta\varphi\Delta\theta}, \quad (18)$$

где  $X_i$  – математическое ожидание реакции  $i$ -го ПИ, визирующего в пространстве направление  $\varphi, \theta$ ;  $\Delta\varphi\Delta\theta$  – телесный угол поля зрения  $i$ -го ПИ.

При таком представлении суммы определяющие выражения (13) и (14) станут интегральными, а выражения для расчёта  $m_\Lambda$  и  $\sigma_\Lambda^2$  примут вид двойных интегралов по полю зрения  $\Omega$ :

$$m_\Lambda = \iint_{\Omega} \left[ X_o(\varphi, \theta) \ln \left( \frac{X_o(\varphi, \theta)}{X_\phi(\varphi, \theta)} \right) - \left[ -X_o(\varphi, \theta) + X_\phi(\varphi, \theta) \right] \right] d\varphi d\theta, \quad (19)$$

$$\sigma_\Lambda^2 = \iint_{\Omega} X_o(\varphi, \theta) \ln^2 \left( \frac{X_o(\varphi, \theta)}{X_\phi(\varphi, \theta)} \right) d\varphi d\theta. \quad (20)$$

Уже на данном этапе разработки математической модели ОЗ на базе оптимального приёмника удастся получить соотношения, которые подтверждаются полученными другими авторами аналитическими и экспериментальными зависимостями. В частности, А. Роуз [7] в модели одноканального ПИ на базе порогового отношения сигнала к шуму получил выражение, экспериментально подтверждённое при низких яркостях адаптации, когда рецепторы ОЗ являются линейными ПИ:

$$K_n^2 L_\phi \omega = m^2, \quad (21)$$

где  $K_n$  – пороговый контраст объекта с фоном,  $L_\phi$  – яркость равномерного фона,  $\omega$  – телесный угол объекта,  $m$  – пороговое отношение сигнала к шуму.

Если в выражении (19) предположить линейную зависимость между реакцией ПИ и визируемой им яркостью ( $X_\phi = cL_\phi$ ), то, для равнорядного объекта и фона можно получить:

$$m_\Lambda = ((1 + K) \ln(1 + K) - K) X_\phi \omega, \quad (22)$$

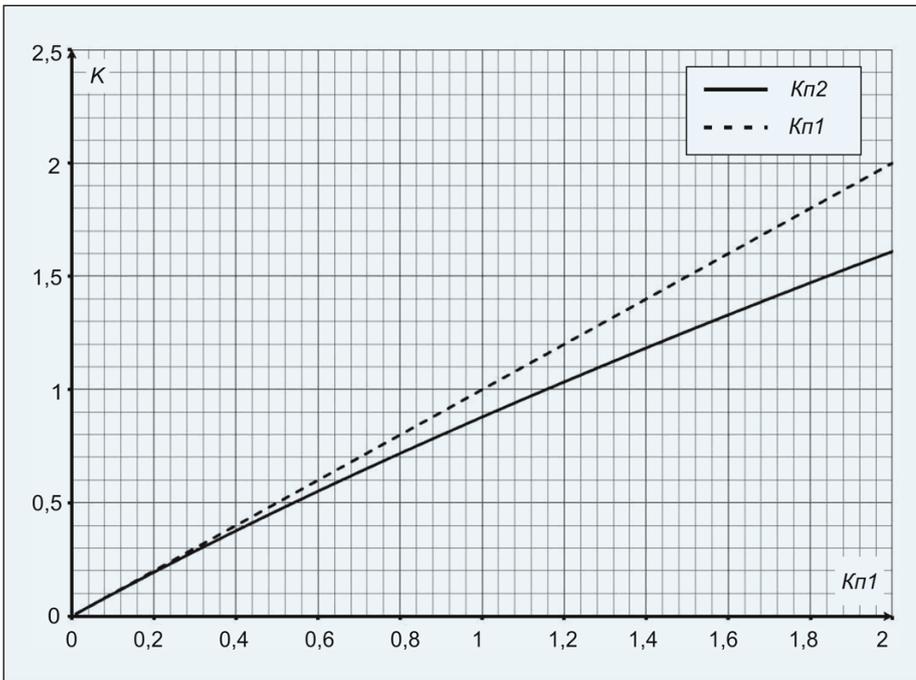


Рис. 2. Расчётные зависимости пороговых контрастов

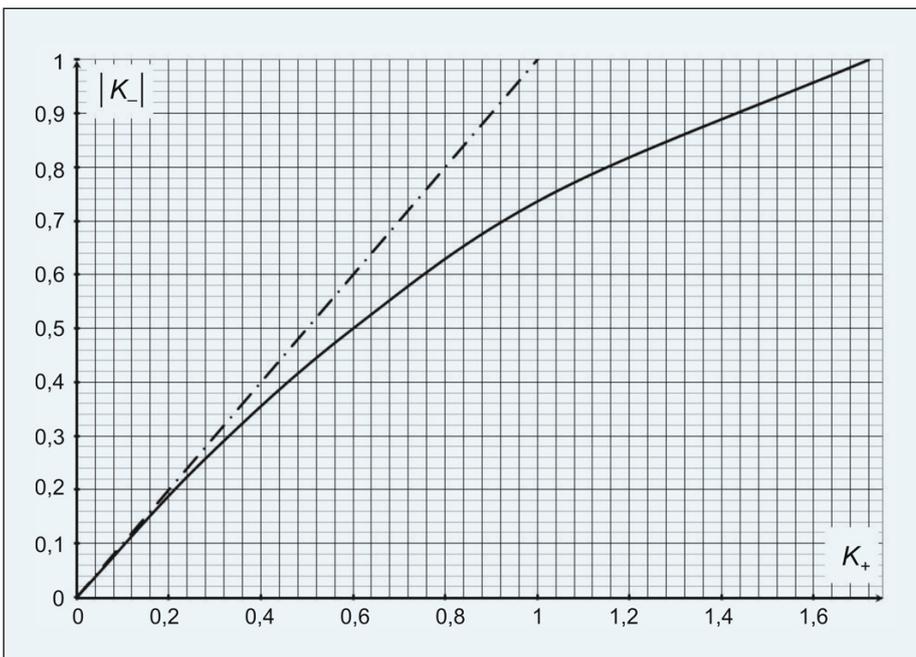


Рис. 3. Взаимосвязь положительных и отрицательных пороговых контрастов

где  $K = \frac{X_o - X_\phi}{X_\phi}$  – контраст объекта с фоном.

Подставив выражение (22) в выражение (17) для пороговых условий обнаружения и линейных ПИ, получим выражение статистической модели, аналогичное (21):

$$((1 + K_n) \ln(1 + K_n) - K_n) L_\phi \omega = \frac{\ln \Lambda_{\text{п}}}{c}. \quad (23)$$

Расчёты по выражениям (21) и (23) существенно отличаются в области больших пороговых контрастов, что связано с тем, что закон распределения выходных сиг-

налов ПИ А. Роуз взял нормальным, а не вывел его исходя из закона распределения Пуассона, которому подчиняется статистика падающих квантов излучения. Если в выражении (23) рассмотреть область малых контрастов объектов (что соответствует большим яркостям фона), когда закон Пуассона хорошо аппроксимируется функцией нормальной плотности, то из (23) можно получить выражение

$$K_n^2 L_\phi \omega = \frac{2 \ln \Lambda_{\text{п}}}{c}, \text{ полностью совпадающее с выражением (21).}$$

дающее с выражением (21).

На рис. 2 приведены расчётные зависимости пороговых контрастов  $K_{n1}$  и  $K_{n2}$ , полученных по расчётным выражениям (21) и (22) соответственно.

Полученные выражения позволяют также объяснить причину отличия численных значений положительных и отрицательных пороговых контрастов. Это явление обнаруживали многие исследователи [4], но чёткого объяснения причин этого до сих пор не было.

Поскольку и в пороговых и в надпороговых условиях выражение (17) не зависит от знака контраста, то, обозначив пороговое значение положительного контраста в (22) как  $K_+$ , а модуль отрицательного порогового контраста как  $|K_-|$ , получим взаимосвязь между этими контрастами при наблюдении объектов одного углового размера на одном и том же фоне:

$$(1 + K_+) \ln(1 + K_+) - K_+ = (1 - |K_-|) \ln(1 - |K_-|) + |K_-|. \quad (24)$$

Анализ выражения (24) показывает, что максимальному значению отрицательного порогового контраста ( $K_- = -1$ ) соответствует значение положительного порогового контраста  $K_+ = \exp(1) - 1 \approx 1,72$ . На рис. 3 приведена взаимосвязь  $K_-$  и  $K_+$ , полученная по выражению (24).

Приведённые примеры показывают важность последовательного анализа выводимых соотношений, поскольку необоснованные допущения при их выводе могут существенно повышать погрешности математического моделирования, что, в свою очередь, снижает эффективность применения математического метода оптимизации ОУ НО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 5213330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализованная редакция СНиП 23-05-95\*».

2. Шестов Н.С. Выделение оптических сигналов на фоне случайных помех. – М.: Советское радио, 1967. – 348 с.

3. Григорьев А.А. Применение теории статистических решений к расчёту вероятностных и пороговых характеристик органа зрения // Светотехника. – 2000. – № 6. – С. 23–25.

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.

5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1978. – 832 с.

6. Круз Г., Маргоулин Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. – М.: Воениздат, 1964. – 464 с.

7. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение. – М.: Мир, 1977. – 148 с.

8. Вавилов С.И. Микроструктура света. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 156 с.



**Боос Георгий Валентинович**, кандидат техн. наук. Окончил в 1986 г. МЭИ. Президент холдинга VL Group. Заведующий кафедрой «Светотехника» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Лауреат Государственной премии РФ за архитектурное освещение Москвы. Председатель редколлегии журнала «Светотехника»



**Григорьев Андрей Андреевич**, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1972 г. МЭИ. Зам. заведующего кафедрой «Светотехника» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»



## Петербургская лампа SVETALED® стала лучшей в Евразии

**Светодиодная лампа SvetaLED® 11 Вт — изделие петербургского завода Группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника» — стала победителем конкурса на Евразийскую светотехническую премию сразу в пяти номинациях: «Энергоэффективность», «Качество света», «Продуманное решение», «Выбор жюри» и «Осветительный прибор с лучшими параметрами».**

Перед конкурсом на Евразийскую светотехническую премию, который в этом году проходил впервые, стояла задача определить лучшие энергоэффективные источники света и осветительные приборы, представленные на рынке стран Евразийского экономического союза, популяризировать энергосберегающую светодиодную продукцию и укрепить доверие потребителей к светотехнической продукции добросовестных производителей. В конкурсе принимала участие серийная светотехническая продукция, производимая в странах-членах Евразийского экономического союза или официально поставляемая на рынок этих стран.

Помимо высокой энергоэффективности, петербургскую светодиодную лампу характеризуют нетиповая расширенная гарантия — 10 лет, высочайшее в мире значение индекса цветопередачи  $R_a (> 97)$ , спектр излучения, максимально приближенный к естественному (солнечному), выполнение в форм-факторе привычной лампы накаливания, стабильная работа при любом пространственном положении (вертикальном, горизонтальном, диагональном) и в широком диапазоне питающих напряжений. Рассеи-



ватель лампы изготовлен из ударопрочного материала, обладающего высоким светопропусканием.

«Это вторая модель российской светодиодной лампы, которую выпускает наше предприятие. При её разработке были учтены пожелания российских потребителей к светодиодному источнику света для домашнего освещения», — прокомментировал Алексей Мохнаткин, генеральный директор ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника».

«Санкт-Петербургская промышленность обладает всеми компетенциями для выпуска качественной и востребованной светодиодной продукции, поэтому не удивительно, что строгое жюри Конкурса по достоинству оценило петербургский продукт», — отметил Максим Мейксин, председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга.

Конструкция лампы защищена 5 международными и 8 российскими патентами. Группа компаний «Светлана-Оптоэлектроника» осуществляет серийный выпуск ламп SvetaLED® 11 Вт с 2013 года.

Формирование рейтинга участников конкурса осуществлялось по результатам испытаний в независимых светотехнических лабораториях. Чтобы исключить участие в конкурсе специально подобранных изделий с лучшими параметрами, организаторы отбирали образцы продукции для испытаний на складах производителя или закупали у дистрибьюторов.

[www.soptel.ru](http://www.soptel.ru), [www.svetaled.com](http://www.svetaled.com)

27.11.2015

# Исследования характера распределения естественной цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением

Н. А. МУРАВЬЁВА<sup>1</sup>, А. К. СОЛОВЬЁВ

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (МГСУ), Москва

## Аннотация

Проведено экспериментальное сравнение особенностей распределения горизонтальной и цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением. Сравнение кривых распределения естественных горизонтальной и цилиндрической освещённости позволит определять влияние различных факторов на характер распределения естественной цилиндрической освещённости и разработать инженерный метод его расчёта.

**Ключевые слова:** помещение, цилиндрическая освещённость, горизонтальная освещённость, КЕО, КЕЦО.

## Общие сведения о цилиндрической освещённости

Одна из интересующих авторов задач – исследование характера распределения по помещению величины, называемой цилиндрической освещённостью (ЦО), в частности, потому, что это распределение кардинально отличается от распределения горизонтальной освещённости (ГО), и его изучение может позволить по-новому взглянуть на незаменимый «строительный материал» – естественный свет.

При этом появляется всё больше подтверждений того, что ЦО точно характеризует уровень насыщенности светом в помещениях. Несмотря на то, что в нормах закреплены значения коэффициента естественной освещённости КЕО=0,5% в центре или в глубине помещений на полу в жилых зданиях, задача нормирования естественного освещения в таких зданиях и оценки внутренней световой среды до сих пор окончательно не решена. В Германии, например, КЕО

нормируется в половине глубины помещения у боковой стены. Между тем в жилых и общественных помещениях должно оцениваться не только различие плоских горизонтальных объектов, здесь важную роль играет общая оценка насыщенности помещения естественным светом [1].

Так, в 60-х годах М.М. Епанешниковым и Т.Н. Сидоровой проводились исследования световой среды в московском метро [2], показавшие, что основным критерием качества световой среды в метро является насыщенность помещения светом. При этом основной световой характеристикой, в наибольшей степени, определяющей насыщенность светом помещения, является ЦО.

Эта величина принадлежит к группе пространственных характеристик светового поля, исследованием которых занималась и занимается плеяда светотехников, идущих по стопам основателя теории светового поля А.А. Гершуна [3]. К этой группе также относятся сферическая, полусферическая и полуцилиндрическая освещённости. ЦО характеризует среднюю плотность светового потока на боковой поверхности бесконечно малого вертикально расположенного цилиндра. Сегодня уровень данной величины нормируется в СНиП 23–05–95\* «Естественное и искусственное освещение» и используется при определении уровня искусственной освещённости, а для естественного освещения методика измерения ЦО и практически применимая к ней расчётная формула в нормативной документации [4] отсутствуют. В то же время, учитывая, что ЦО может использоваться как мера насыщенности помещения светом, касающиеся её исследования перспективы для оценки уровня естественного освещения [1, 2]. Поэтому в настоящее время в МГСУ-МИСИ ведутся исследования по ЦО в помещениях.

## Задачи соответствующих исследований в МГСУ:

1. Исследование характера распределения цилиндрической освещённости в помещениях с боковыми светопроёмами при различных геометрических параметрах окон и отражающих характеристиках внутренних поверхностей в помещении.

2. Исследование возможной связи между естественными ГО и ЦО.

3. Проведение психофизических исследований, объективно подтверждающих результаты предыдущих исследований и определяющих конкретные значения, которые можно закладывать в основу нормирования естественного освещения жилых зданий.

## Обоснование правомерности выбранной методики измерений

Основной расчётной характеристикой естественного освещения является КЕО – отношение освещённости внутри помещения на горизонтальной (или вертикальной) поверхности к значению одновременной ГО на открытой площадке. При расчётах основным расчётным допущением является пасмурное небо МКО, покрытое 10-балльной облачностью. Статистические данные об изменении наружной ГО от диффузного света неба и суммарной освещённости от неба и солнца имеются в климатических справочниках.

Ранее считалось, что для оценки уровня естественного освещения, определяемого разными пространственными характеристиками светового поля, могут применяться относительные значения в виде отношения этих пространственных характеристик внутри помещения к одновременным значениям этих характеристик снаружи. Применительно к ЦО подобное отношение – коэффициент естественной ЦО – равно  $(E_{ц}, в/E_{ц}, н) \cdot 100\%$ , где  $E_{ц}, в$  и  $E_{ц}, н$  – внутренняя и одновременная наружная ЦО соответственно. Однако эта величина не позволяет вести сравнительные расчёты естественного освещения из-за отсутствия статистических данных о  $E_{ц}, н$ .

В связи с этим предлагается новое определение коэффициента естественной ЦО (КЕЦО):  $КЕЦО = (E_{ц}, в/E_{г}, н) \cdot 100\%$ , где  $E_{г}, н$  – одновременная наружная ГО, данные о которой

<sup>1</sup> E-mail: melamory740@gmail.com

Рис. 1. Пример распределения относительных пространственных характеристик светового поля по помещению с верхним светопроёмом

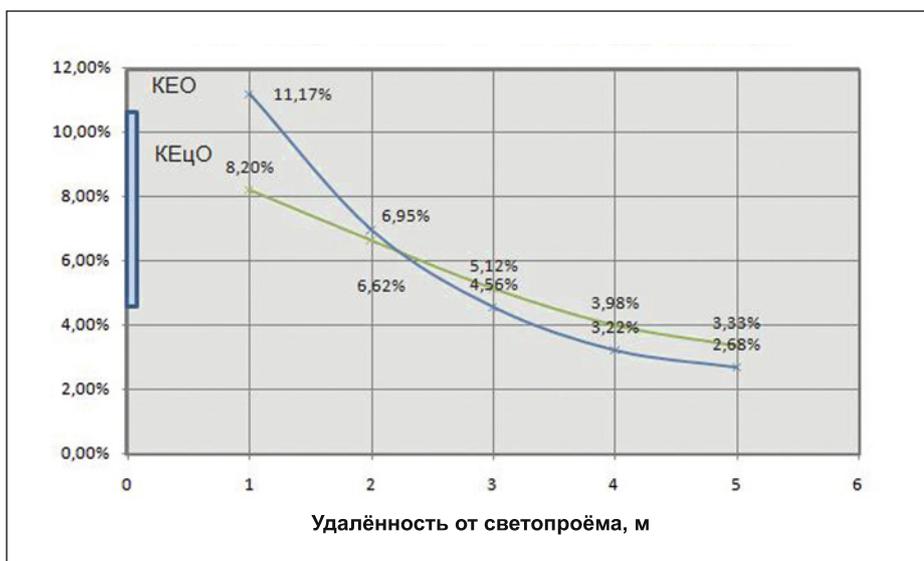
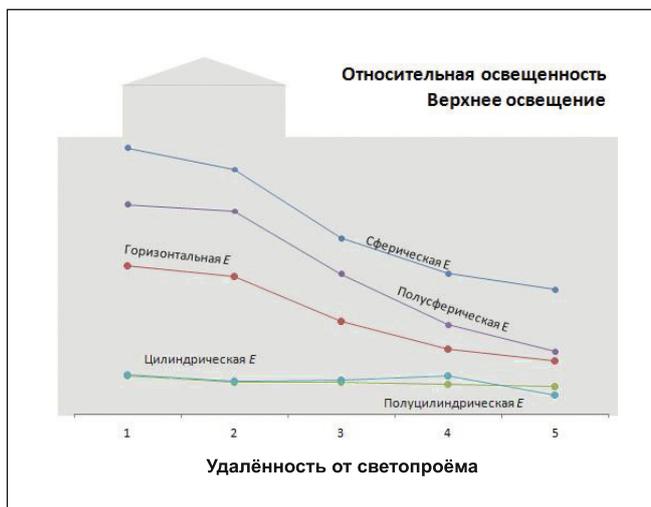


Рис. 2. Сравнение КЕО и КЕцО для помещения с боковым светопроёмом (учебная аудитория в МГСУ)

имеются в климатических справочниках [3].

Авторы сосредоточили своё внимание на исследовании характера распределения именно ЦО после проведения анализа распределения пространственных характеристик светового поля для лаборатории строительной физики кафедры «Архитектура» МГСУ, имеющей верхнее естественное освещение. При этом наблюдается схожий характер распределения сферической, полусферической и горизонтальной освещённости (рис. 1), падающих по мере удаления от зоны, находящейся под светопроёмом. Однако цилиндрическая и полуцилиндрическая освещённости демонстрируют равномерное распределение по помещению, что действительно характеризует уровень насыщенности светом помещений с верх-

ним освещением и светлой отделкой стен<sup>2</sup>.

### Исследование световой среды в аудитории с боковыми светопроёмами

Для более тщательного анализа распределения по помещению относительной ЦО авторами проведено экспериментальное сравнение особенностей распределения относительных ЦО и ГО в нескольких помещениях с боковыми светопроёмами. Анализ

показал, что ЦО имеет более плавный характер распределения, чем ГО, однако сильнее зависит от удалённости от светопроёма и отражающих свойств ограждающих поверхностей (рис. 2).

### Нахождение зависимости ЦО от ряда факторов

Для проведения следующего эксперимента, по определению зависимости ЦО от таких характеристик помещения, как размеры светопроёмов и материалы отделки поверхностей, потребовалось создание модели помещения.

При этом авторы исходили из того факта, что естественная освещённость в помещении имеет прямую и отражённую составляющие. Прямая определяется уровнем наружной освещённости, характеристиками светопропускания и геометрическими параметрами светопроёма, а отражённая, кроме зависимости от наружной освещённости и расположения точки измерения, зависит от расположения светопроёма, размеров помещения и материалов отделки его поверхностей [5].

В данном исследовании мы полагали, что естественная ЦО, как и естественная ГО, подчиняется закону подобия, то есть прямо зависит от наружной освещённости. Светопропускающая способность заполнения светопроёма в данном эксперименте в расчёт не принималась: предварительно было принято, что ЦО прямо пропорционально зависит от коэффициента пропускания светопроёмов, что, однако, нуждается в дополнительной экспериментальной проверке. Ширина светопроёма и размеры помещения для уменьшения количества обрабатываемых данных считались постоянными.

В итоге для реализации эксперимента требовалось обеспечить возможность изменения высоты окон и материала отделки. Для реального помещения быстрое изменение этих факторов сложно осуществимо, поэтому было принято решение проводить эксперимент на модели.

<sup>2</sup> Поясним, почему выбор авторов остановился именно на ЦО, а не на полуцилиндрической освещённости. Обе вышеназванные величины характеризуют распределение яркости по бесконечно малому цилиндру, ось которого перпендикулярна плоскости пола помещения. В связи с этим восприятие освещённости цилиндрической головкой сравнимо с восприятием человеческого глаза, но вследствие того, что направление линии зрения человека постоянно и иногда кардинально меняется, общее восприятие насыщенности помещения светом точнее отражается именно ЦО.

Рис. 3. Модель помещения в масштабе 1:10

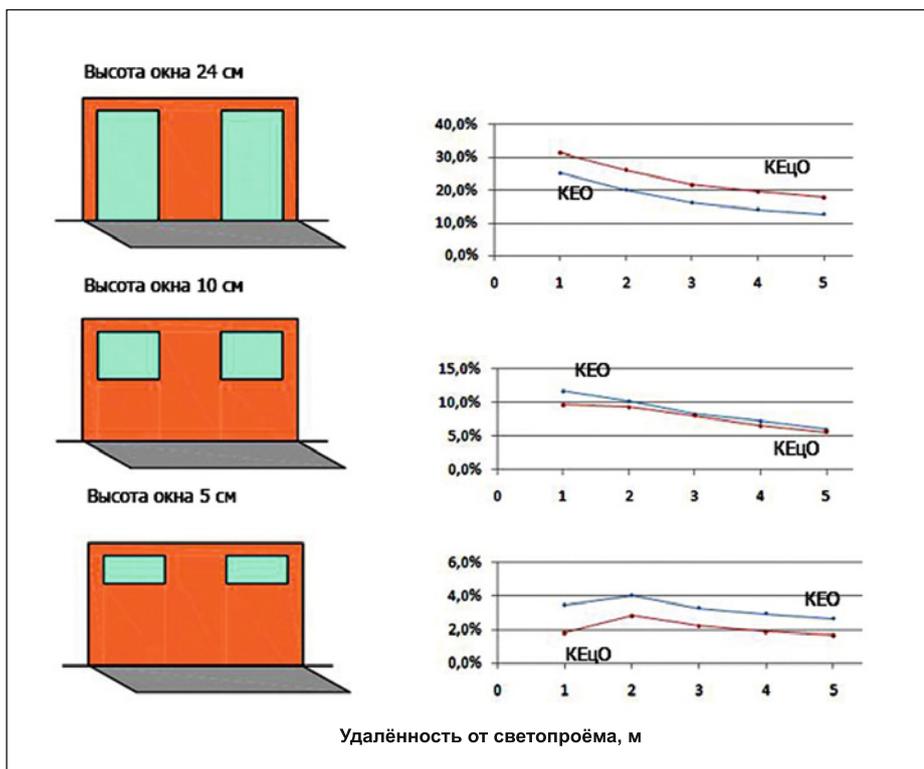
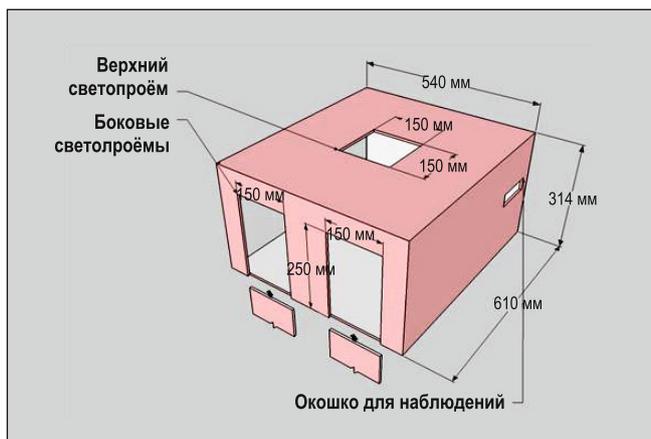


Рис. 5. Распределения КЕО и КЕЦО при светопроёмах разной высоты

По результатам анализа литературы авторы выбрали оптимальные масштаб и размеры модели: масштаб 1:10 [6], так как при этом модель достаточно мала, чтобы её можно было легко транспортировать, но по размерам достаточно для измерения освещённости в нескольких точках. Стоит также отметить, что модель такого масштаба позволяет наблюдателю при просмотре интерьера через отверстие в стене воспринимать её как помещение и оценивать такие качества световой среды в ней, как насыщенность светом, тенеобразование, неравномерность освещения и др. Прототипом модели стала учебная аудитория для практических занятий МГСУ-МИСИ с размерами

в плане 6,1 × 5,4 м. В помещении имеется 2 светопроёма с регулируемой высотой для исследования зависимости ЦО от высоты светопроёма (рис. 3).

Для измерений использовался прибор «Radiolux 111» производства фирмы PRC Krochmann (рис. 4), имеющий разные фотометрические головки, позволяющие, в том числе, измерять ЦО [7]. Измерение ЦО производилось на уровне 15 см, что в масштабе соответствует 1,5 м или высоте линии зрения среднестатистического человека. Для ГО был принят уровень рабочей поверхности 0,8 м. Измерения производились на передвижной платформе в пяти точках с шагом в 10 см (что в масштабе соответствует 1 м).

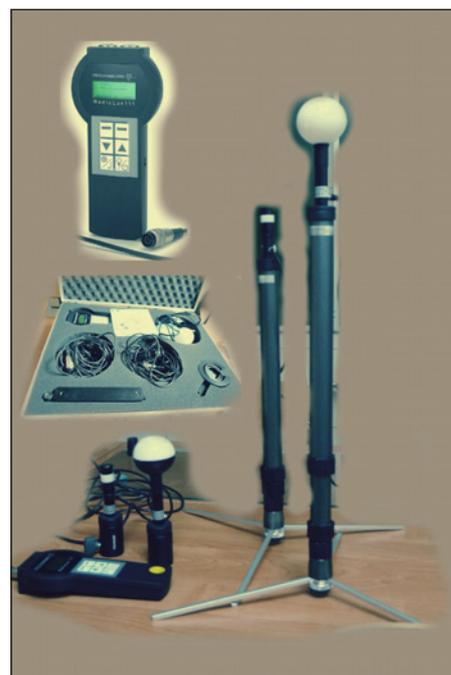
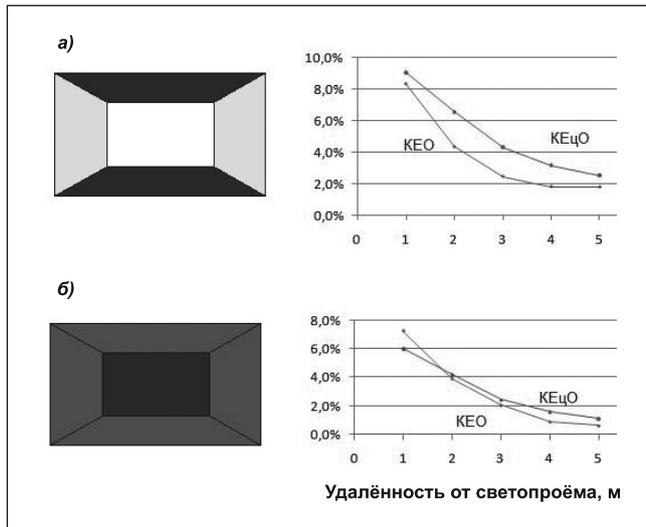


Рис. 4. Люксметр «Radiolux111» с фотометрическими головками

Результаты измерений распределения относительных ЦО (КЕЦО) и ГО (КЕО) от удаления от светопроёма в помещении с максимальным средним значением коэффициента отражения внутренних поверхностей при различной высоте светопроёмов показали, что при уменьшении высоты светопроёмов характеры распределения КЕО и КЕЦО относительно друг друга кардинально меняются (рис. 5). При максимальной высоте светопроёмов модели в 24 см и минимальной высоте в 5 см виден схожий характер распределения, но в первом случае, при большой высоте светопроёмов, выше оказался график распределения КЕЦО, а во втором – КЕО, причём с уменьшением высоты ЦО становится ниже ГО. Во то же время при достаточно стандартной высоте светопроёма в 1 м и высоте подоконника 1,5 м в центре помещения графики распределения исследуемых величин имеют одну точку пересечения.

Авторы предполагают, что наблюдаемую картину можно объяснить различным характером влияния на измеряемые величины уровня отражения в помещении. В указанной точке пересечения сумма отражённой и прямой составляющих КЕО и КЕЦО близки друг к другу. В центральных же точках, где расстояние от всех ограждающих конструкций максимально, доля отражённой со-

Рис. 6. Распределения КЕО и КЕЦО при разных коэффициентах отражения внутренних поверхностей и высоте окон 24 см (2,4 м в масштабе), без подоконника:  
 а – цвет стен – белый, цвет пола и потолка – чёрный; б – цвет стен, пола и потолка – чёрный



ставляющей минимальна. Однако при максимальной и минимальной высотах окон графики распределения не пересекаются, так как в этих случаях большую роль играет прямая составляющая.

#### Эксперимент по определению отражённой составляющей освещённости

Указанные рассуждения обусловили проведение эксперимента по измерению доли отражённой составляющей КЕО и КЕЦО. Измерения проводились в 4 этапа: на модели с белыми ограждающими конструкциями (максимальный уровень отражения); на модели со стенами, покрытыми натуральным чёрным бархатом; на модели с чёрным потолком и на полностью чёрной модели. Как видно из рис. 6, для помещения с белыми стенами в середине помещения (точки 2, 3, 4) ЦО в среднем на 40% больше ГО, тогда как в абсолютно чёрном помещении графики распределения относительных ГО и ЦО имеют очень схожий характер и пересекаются в одной (второй) точке. При удалении от светопрёма разница значений этих величин увеличивается до 40% в сторону ЦО.

Как это объяснить? В ГОСТ 24940–96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещённости» ЦО для искусственного освещения определяется как среднее значение от вертикальной освещённости, измеренной по 4-м взаимоперпендикулярным сторонам на уровне 1,5 м от поверхности пола. Ранее авторами было проведено экспериментальное сравнение

данных, полученных для естественного освещения по вышеуказанному методу и с использованием прибора «Radiolux111». Эксперимент показал, что оба метода дают сходные результаты [4]. Так как в абсолютно чёрном помещении практически отсутствует отражённая составляющая, значение ЦО может быть условно приравнено к значению вертикальной освещённости на плоскости, проходящей через искомую точку и ориентированной на светопрём. В таком случае точка пересечения кривых на рис. 6 соответствует такому углу падения светового потока и такому средневзвешенному коэффициенту отражения, при которых значения вертикальной и горизонтальной относительных освещённостей равны.

В результате проведённых экспериментов были получены кривые распределения естественной ЦО при различных размерах светопрёма и различных отражающих свойствах ограждающих поверхностей. Были выявлены существенные различия в характерах распределения ГО и ЦО при разных параметрах исследуемого помещения. Сравнительный анализ характеров распределения по помещению относительных значений ЦО и ГО показал, что существуют такие точки в помещении, в которых при определённых условиях данные величины имеют одинаковые значения. Проведённые эксперименты и полученные результаты открывают новые возможности в исследовании особенностей распределения естественной ЦО и поиске способа оценки качественных показателей естественной световой среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьёв А.К. Использование теории светового поля для проектирования естественного освещения зданий // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 3. – С. 40–41.
2. Епанешников М. М., Сидорова Т.Н. Оценка насыщенности светом помещений общественных зданий // Светотехника. – 1965. – № 1. – С. 11–15.
3. Соловьёв А.К. Научные основы повышения энергоэффективности систем верхнего естественного освещения промышленных зданий с применением теории светового поля / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МГСУ, 2010.
4. Муравьёва Н.А., Соловьёв А.К. О перспективах и методах измерения цилиндрической освещённости как характеристики естественной световой среды помещения // Научное обозрение. – 2014. – № 7–1. – С. 62–68.
5. Онишина А.С., Чикота С.И. Оценка световой среды торговых залов самообслуживания // Светотехника. – 2012. – № 4. – С. 39–42.
6. Стецкий С.В. Создание комфортной световой среды в помещениях с боковым естественным освещением (на примере рабочих помещений проектных организаций) / Дис. к-та техн. наук. – М.: МИСИ, 1979. – 246 с. Муравьёва Н.А. О возможности измерительного прибора RADIO LUX111. URL: <http://www.mgsu.ru/http://www.mgsu.ru> (дата обращения: 31.03.2015).



**Муравьёва Нина Антоновна,**  
 инженер. Окончила в 2012 г. ФГБОУ ВПО «МГСУ». Ассистент и аспирант кафедры «Архитектура гражданских и промышленных зданий» этого вуза



**Соловьёв Алексей Кириллович,**  
 доктор техн. наук. Окончил в 1965 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Профессор кафедры «Архитектура гражданских и промышленных зданий» ФГБОУ ВПО «МГСУ». Член редколлегии журнала «Светотехника»

# ИК излучающий диод с пиковой длиной волны порядка 1550 нм

Л.М. КОГАН<sup>1</sup>, А.А. КОЛЕСНИКОВ

ООО «НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ» и ОАО «ОПТРОН», Москва

## Аннотация

Разработан ИК излучающий диод с длиной волны излучения  $(1550 \pm 50)$  нм. Он характеризуется узким углом излучения ( $4-5^\circ$ ), осевой силой излучения  $70-80$  мВт/ср при токе  $50$  мА и предназначен для анализа газов, жидкостей и твёрдых веществ, контроля за влажностью, для применения в системах управления и в волоконно-оптических линиях связи.

**Ключевые слова:** излучающий диод, ИК диод, спектр излучения, угол излучения, поток излучения, сила излучения, кристалл, полимерная линза, длина волны излучения.

ИК излучающие диоды (ИКД) с пиковой длиной волны излучения  $\lambda_{max} \approx 1550$  нм применяются в анализе газов, жидких и твёрдых веществ, контроле за влажностью, в толщинометрии, а также в системах управления одно-

временно с ИКД с другими  $\lambda_{max}$ . Они применяются также в ВОЛС, так как их излучение соответствует окну прозрачности в используемых кварцевых оптических волокнах.

Ниже сообщается о разработке и исследовании характеристик ИКД с  $\lambda_{max} \approx 1550$  нм с узким углом излучения.

Использовался излучающий кристалл в системе *InGaAsP/InP* размером  $0,35 \times 0,35$  мм фирмы *Marubeni*. Кристалл размещался на печатной плате в корпусе, представленном на рис. 1. Для сбора бокового излучения кристалла применялся керамический отражатель. Для получения узкого угла излучения использовался полимерный корпус (относительный

показатель преломления  $1,56$ ) с эллипсоидной световыводящей поверхностью. Кристалл располагался во втором от вершины линзы фокусе эллипса<sup>2</sup>. Тип ИКД – У-190–1,5.

Как видно из рис. 2, пороговое напряжение составляет  $0,7$  В, прямое напряжение  $U_f$  при прямом токе  $I_f$   $50$  мА –  $(0,87-0,91)$  В и дифференциальное сопротивление на прямой ветви при этом токе –  $1,75$  ом.

Измерения потока излучения ИКД с  $\lambda_{max} \approx 1550$  нм проводились с помощью шарового фотометра, содержащего фотометрический шар с внутренним диаметром  $50$  мм и входным отверстием диаметром  $6$  мм и серийно выпускаемый германиевый фотодиод ФД-10Г.

Относительная спектральная чувствительность шарового фотометра определялась посредством универсального вычислительного спектраль-

<sup>2</sup> Коган Л. М., Рассохин И. Т., Гальчина Н. А. Мощный светодиод / Патент России на полезную модель № 48673. 2005. Бюл. 30.

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

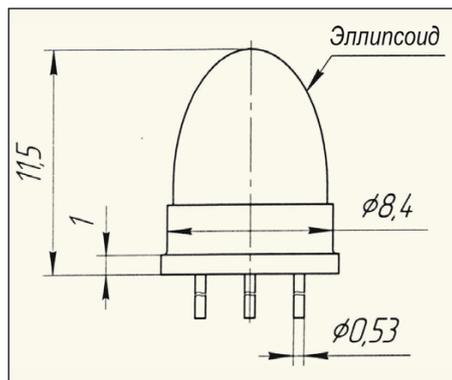
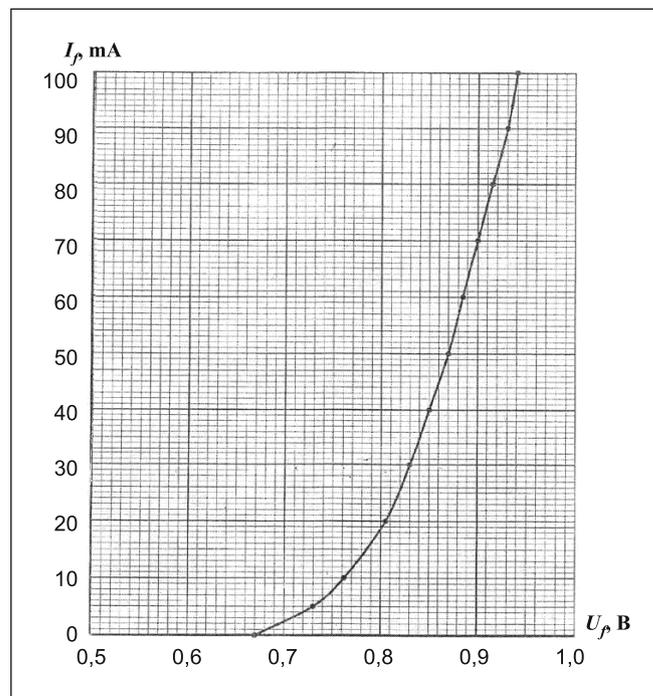


Рис. 1. Схематическая конструкция ИК излучающего диода (ИКД) У-190–1,5

Рис. 2. Вольт-амперная характеристика ИКД У-190–1,5



Таблица

Входные электрические параметры		Фотометрические характеристики				
I <sub>f</sub> , мА	U <sub>f</sub> , В, не более	λ <sub>max</sub> , нм	Поток излучения, мВт		2θ <sub>0,5</sub> , °	I <sub>e, o</sub> , мВт/ср, тип. знач.
			не менее	тип. знач.		
50	1,0	1560	1,5	2,0	4-5	70-80

Рис. 3. Относительная кривая силы света трёх ИКД У-190-1,5

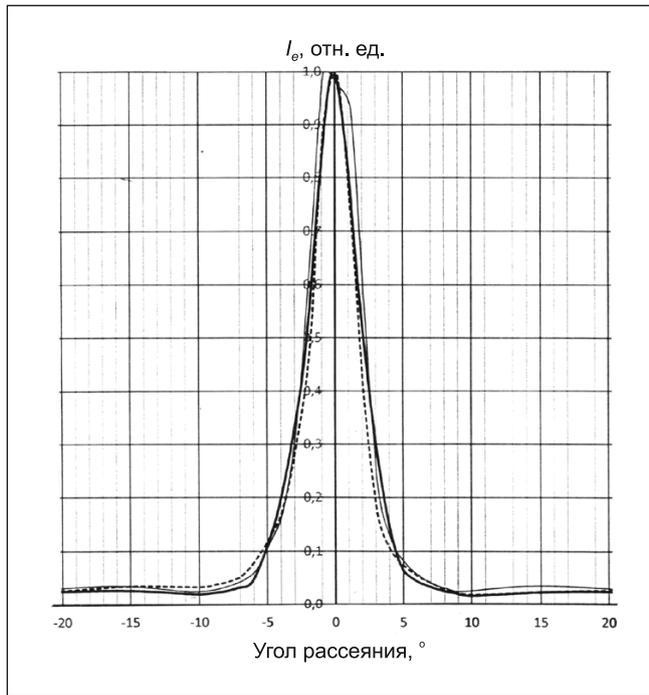


Рис. 4. Относительный спектр излучения двух ИКД У-190-1,5

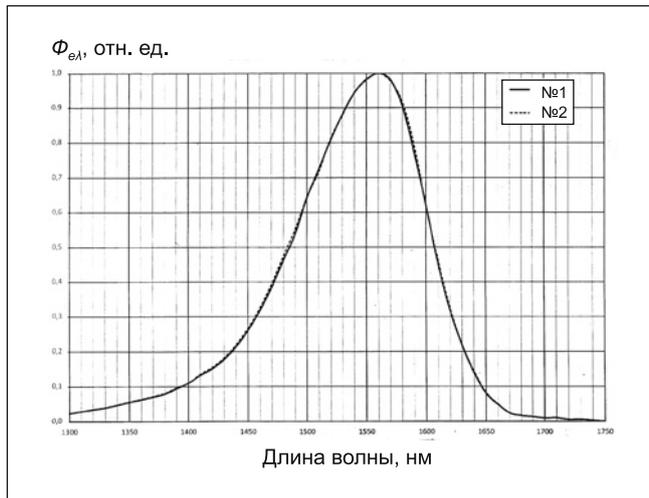
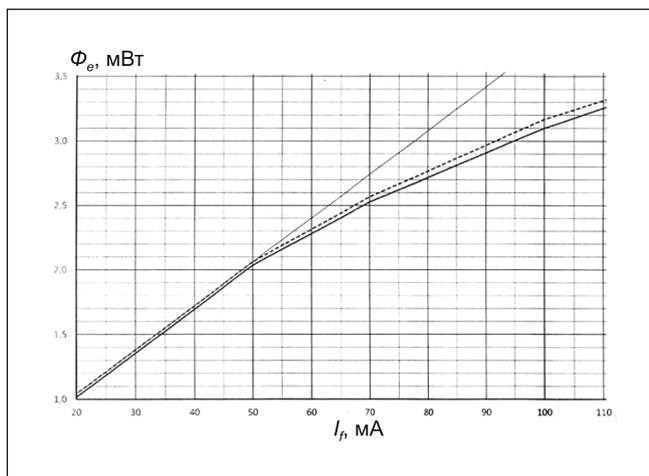


Рис. 5. Зависимость потока излучения от прямого тока двух ИКД У-190-1,5



ного комплекса КСВУ-23. В качестве опорного приёмника использовался германиевый фотодиод  $4786H5Ge$  с известной спектральной чувстви-

тельностью и погрешностью её определения 2,5% в диапазоне длин волн 800–1720 нм. Калибровка по спектральной чувствительности шарово-

го фотометра проводилась с помощью образцового средства измерений потока излучения ОСИПИ-2 с  $\lambda_{max} = 940$  нм и погрешностью воспроизведения потока излучения не более 2%.

Измерение силы излучения  $I_e$  ИКД проводилось с помощью германиевого фотодиода  $4786H5Ge$  с известной спектральной чувствительностью и калиброванной диафрагмы диаметром 3 мм. Расстояние от ИКД до фотоприёмника составляло 1 м.

Расчёт значений потока и силы излучения проводился по измеренным значениям фототока фотодиодов, работающих в режиме короткого замыкания, с учётом спектра излучения ИКД, измеренного на двойном монохроматоре МДР-2 по светоизмерительной лампе СИРШ6–100 с известным спектральным распределением излучения.

Как видно из рис. 3 и 4, угол излучения  $2\theta_{0,5}$  ИКД составляет 4–5°,  $\lambda_{max} = 1560$  нм и полуширина полосы излучения  $\approx 120$  нм.

Фотометрические и электрические характеристики ИКД типа У-190–1,5 (при температуре  $p-n$ -перехода  $(25 \pm 10)^\circ C$ ) приведены в таблице. При этом внешний квантовый выход излучения составляет 5%.

Зависимость потока излучения  $\Phi_e$  от  $I_f$  при  $I_f > 50$  мА демонстрирует некоторое насыщение (рис. 5).

Время нарастания и спада импульса излучения по уровням 0,1–0,9 составляет 20–25 нс.

Авторы благодарят И.Т. Рассохина за помощь в работе.



**Коган Лев Моисеевич**, доктор техн. наук. Окончил в 1956 г. МЭИ. Научный руководитель ООО «НПЦ ОЭП «ОПТЭЛ»



**Колесников Александр Алексеевич**, инженер-физик. Окончил в 1971 г. МИФИ. Главный метролог и начальник отдела ОАО «Оптрон»

# Оценка погрешности определения координат цветности светодиодных излучателей на основе спектрорадиометрического подхода

Р.И. СТОЛЯРЕВСКАЯ, А.А. ШАРАКШАНЭ, А.С. ШАРАКШАНЭ<sup>1</sup>

ООО «Редакция журнала «Светотехника» и Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва

## Аннотация

Рассмотрены предельные оценки погрешности определения координат цветности  $x$  и  $y$  осветительных приборов со светодиодами на основе изменений спектрального распределения плотности энергетической освещённости с учётом погрешности спектральной характеристики эталонного источника, используемого для калибровки спектрометра. Исследования выполнены посредством анализа линейных погрешностей и методом стохастического моделирования.

**Ключевые слова:** спектральная плотность энергетической освещённости, эталонная лампа, предельные оценки погрешностей, координаты цветности, случайные погрешности, стохастическое моделирование.

## Введение

В случае прямых измерений цветности на основе детекторного подхода теория и практика световых и цветных измерений предполагает использование эталонных светоизмерительных ламп, работающих в режиме источника типа  $A$ , для калибровки фотометров. При этом необходимо вводить поправочные множители [1, 2], исключая систематическую составляющую погрешности качества коррекции приёмных каналов под табулированные функции МКО.

В случае спектрорадиометрического подхода [3] к измерению цветности основной неисключённой систематической погрешностью измерения является погрешность эталонной светоизмерительной лампы спектральной плотности энергетической величины (энергетической яркости (СПЭЯ), энергетической освещённости (СПЭО), энергетической силы света (СПСИ) или потока излучения,

воспроизведение которого отсутствует в поверочной схеме [4], (СППИ)). В пределах видимого диапазона спектра пределы погрешности рабочих средств измерения СПЭЯ, СПЭО и СПСИ не превышают  $\pm 4\%$  для абсолютных значений.

Основными задачами данного исследования являлись:

– определение максимально возможных пределов систематической составляющей погрешности, связанной с эталонной лампой для калибровки спектрометра, в данном случае светоизмерительной лампой СПЭО на уровне рабочего средства измерения;

– сопоставление результатов анализа с пределами погрешности поверочной схемы для средств колориметрических измерений в части самосветящихся объектов;

– сопоставление результатов анализа с допусками, регламентируемыми ГОСТ Р 54350–2011 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний».

## Анализ

Координаты цветности  $x$ ,  $y$  источника вычисляются по формулам:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad (1)$$

где  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , – координаты цвета. В свою очередь, координаты цвета зависят от функции СППИ  $\phi_{e\lambda}(\lambda)$ :

$$X = \int_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda,$$

$$Y = \int_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = \int_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda,$$

где  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  – функции сложения в стандартной колориметрической системе МКО 1931 [4].

Практически вместо интегралов используются интегральные суммы

$$\begin{aligned} X &= \sum_{\lambda} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda, \\ Y &= \sum_{\lambda} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda, \\ Z &= \sum_{\lambda} \phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Delta\lambda$  – шаг по длине волны  $\lambda$ .

В качестве примера источника излучения авторы использовали светодиод  $CREE$  серии  $MK-R$  с коррелированной цветовой температурой  $3500 K$  и относительным спектром излучения согласно рис. 1.

Координаты цветности  $x$  и  $y$ , вычисленные по этому спектру и формулам (1) и (2) при  $\Delta\lambda=5$ , равны  $0,405001$  и  $0,389928$  соответственно.

Предположим, что при некотором значении  $\lambda$  в измерениях  $\phi_{e\lambda}$  допущена ошибка  $\delta\phi_{e\lambda}$  и в формулах (2) использовано значение  $\phi_{e\lambda} + \delta\phi_{e\lambda}$  вместо точного  $\phi_{e\lambda}$ . При данном значении  $\lambda$  про-

изводные  $\frac{\partial x}{\partial \phi_{e\lambda}}$  и  $\frac{\partial y}{\partial \phi_{e\lambda}}$  характеризуют

значение и знак малых изменений в  $x$  и  $y$ , соответственно, вследствие малого изменения  $\phi_{e\lambda}$ .

Обращает на себя внимание сложный, немонотонный характер спектральной зависимости этих произво-

дных (рис. 2), особенно  $\frac{\partial x}{\partial \phi_{e\lambda}}$ .

Предположим, что в измерении  $\phi_{e\lambda}$  при каждом значении  $\lambda$  возможна ошибка в пределах  $\pm 4\%$  от измеряемой величины. Тогда, в рамках дискретной модели (2), наибольшая суммарная ошибка в  $x$  образуется, если при каждом  $\lambda$  ошибка в  $\phi_{e\lambda}$  равна  $0,04\phi_{e\lambda}$  и имеет тот же знак, что и

$\frac{\partial x}{\partial \phi_{e\lambda}}$ . Аналогично, знак  $\frac{\partial y}{\partial \phi_{e\lambda}}$  опреде-

ляет относительный спектр излучения  $\phi_{e\lambda}(\lambda)$  с 4-% ошибками, «максимально неблагоприятными» для расчёта  $y$ .

<sup>1</sup> E-mail: anton.sharakshane@gmail.com

Для *CREE MK-R3500K* соответствующие оценки показаны на рис. 3.

Соответственно находятся координаты цветности точки *P*, которая реализует максимально завышенное значение координаты *x* (0,412957) в результате 4-% ошибки в  $\phi_{e\lambda}$ , а максимальная суммарная ошибка в *x* составляет 0,007956, или около 1,96% от истинного значения. Аналогично находятся координаты точки *Q*, имеющей максимально завышенную координату *y* (0,398099), а максимальная суммарная ошибка в *y* составляет 0,008171, или 1,98% от истинного значения.

На рис. 4 показаны точки *P*, *Q* и точки *R*, *S*, симметричные им относительно точки истинной цветности светодиода *CREEMK-R3500K* и реализующие максимально заниженные значения *x* и *y*, соответственно.

Горизонтальные и вертикальные прямые, проведённые через точки *P*, *Q*, *R*, *S* ограничивают прямоугольник, в который заведомо должна попасть вычисляемая точка (*x*, *y*) при любых ошибках в спектральной плотности излучения, лежащих в пределах  $\pm 4\%$  от  $\phi_{e\lambda}$  для каждой  $\lambda$ . В действительности не весь этот прямоугольник «достижим» для точки (*x*, *y*). Примерная граница области, в которой может лежать точка (*x*, *y*) при 4-% ошибке показана на рисунке пунктиром; её точная форма и возможная связь с эллипсами Мак-Адама требует дополнительного исследования. Штриховой линией на рис. 4 представлен также четырёхугольник допустимых отклонений от точки АЧТ 3500 К по рекомендациям МКО [7]. Показательно, что возможные отклонения вследствие 4-% ошибки в  $\phi_{e\lambda}$  как раз укладываются в этот четырёхугольник.

Максимальные ошибки в координатах *x*, *y*, порождаемые специально сконструированными возмущёнными функциями  $\phi_{e\lambda}(\lambda)$  являются лишь теоретически возможными; на практике ошибки в определении  $\phi_{e\lambda}$  имеют случайный характер и не следуют за

знаками производных  $\frac{\partial x}{\partial \phi_{e\lambda}}$  и  $\frac{\partial y}{\partial \phi_{e\lambda}}$ ; бо-

лее того, ошибки на разных  $\lambda$  во многом компенсируют друг друга. Этот эффект максимально выражен, если эти ошибки являются независимыми случайными.

Предположим, что при каждой  $\lambda$  ошибка  $\delta\phi_{e\lambda}$  является случайной ве-

личной, распределённой по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием:  $\mu_{\delta\phi_{e\lambda}} = 0$  (несистематическая нормальная ошибка). Зададим среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{\delta\phi_{e\lambda}}$ , равным одной трети от  $0,04\phi_{e\lambda}$ .

Расчёт для *CREE MK-R3500K* даёт  $\sigma_{\delta x_{\xi}} = 0,000456$  и  $\sigma_{\delta y_{\xi}} = 0,000523$ .

Сравнивая эти результаты с найденными выше максимальными суммарными ошибками в *x* и *y*, можно заключить, что при случайных независимых ошибках в  $\phi_{e\lambda}$  ошибки в *x*, *y* будут примерно на два порядка меньше.

Воздействие случайных ошибок в измерении  $\phi_{e\lambda}$  на координаты *x*, *y* можно стохастически смоделировать с помощью генератора случайных чисел (рис. 5 и 6).

### Заключение

Линейный анализ и стохастическое моделирование позволили оценить погрешности определения координат цветности светодиодных излучателей на основе измерения их относительных спектральных характеристик в предположении, что пределы допусаемых относительных погрешностей рабочих средств измерений СПЭО не должны превышать  $\pm 4\%$  в диапазоне длин волн 0,3–1 мкм [4].

Результаты анализа свидетельствуют о том, что пределы погрешности измерения координат цветности на основе измерения СПЭО не превышают примерно  $\pm 0,008$ . Это соответствует требованиям стандарта [5] для рабочих средств измерений координат

цветности самосветящихся объектов и гораздо уже допусков, регламентируемых стандартом [8], а именно, допустимых четырёхугольников координат цветности для осветительных приборов.

Также это значение согласуется с предельной величиной отклонения результатов измерения координат *x*,

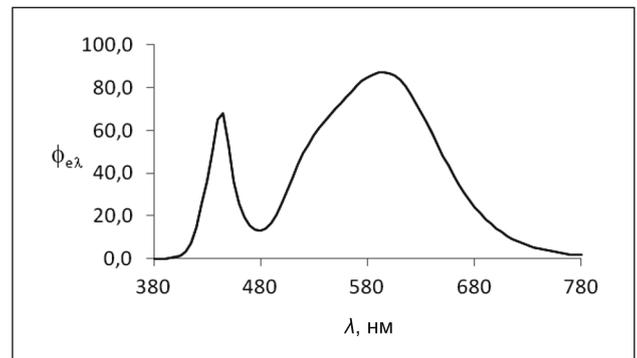


Рис. 1. Относительный спектр излучения светодиода *CREE MK-R3500K*, полученный посредством интерполяции по данным [6]

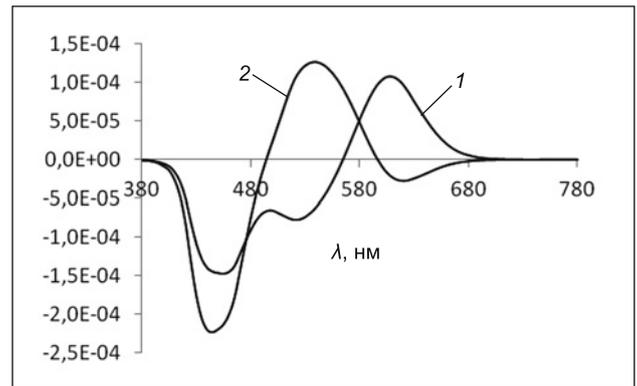


Рис. 2. Светодиод *CREE MK-R3500K*: спектральная зависимость производных  $\frac{\partial x}{\partial \phi_{e\lambda}}$  (1) и  $\frac{\partial y}{\partial \phi_{e\lambda}}$  (2)

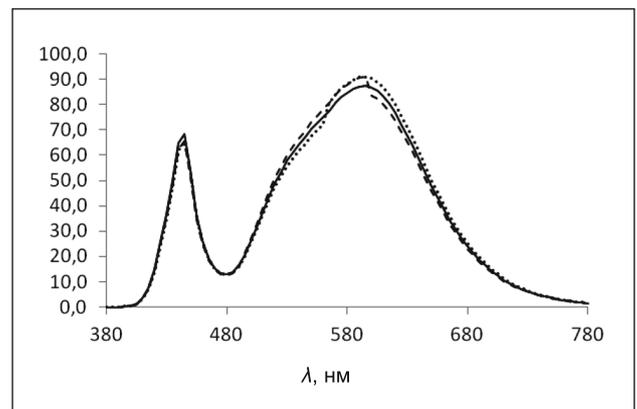


Рис. 3. Относительный спектр излучения светодиода *CREE MK-R3500K* с 4-% ошибками, приводящими к максимальному завышению координаты *x* (пунктирная линия) и *y* (штриховая линия), в сравнении с истинным распределением (сплошная линия)

Рис. 4. Возможные ошибки в расчёте координат  $x, y$  вследствие 4-% ошибки в  $\phi_{e\lambda}$  для светодиода CREE MK-R3500K

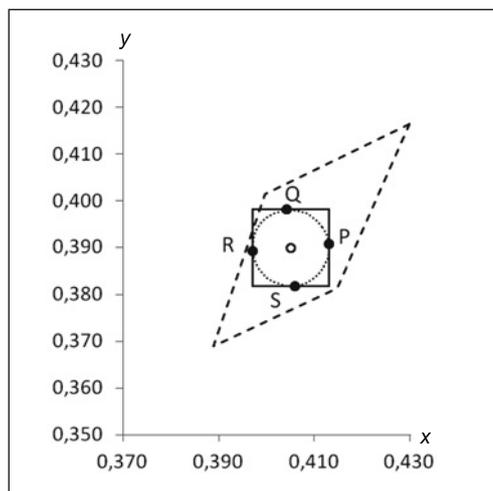


Рис. 5. Относительный спектр излучения светодиода CREE MK-R3500K со случайными независимыми ошибками, распределёнными по нормальному закону с  $\mu_{\delta\phi_{e\lambda}} = 0$ ,  $\sigma_{\delta\phi_{e\lambda}} = \left(\frac{0,04}{3}\right)\phi_{e\lambda}$  (пунктирные линии), сплошная линия – истинное распределение

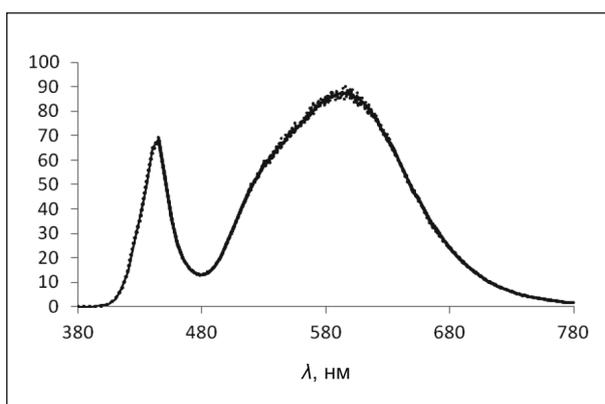
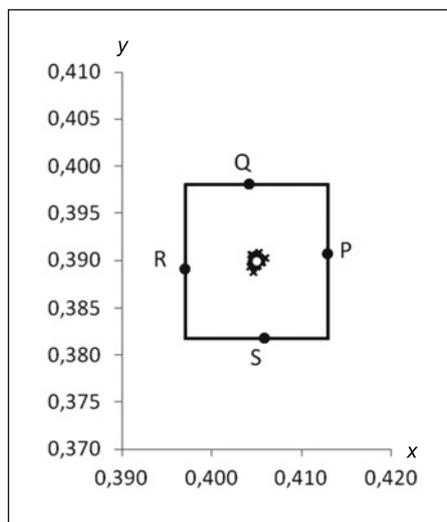


Рис. 6. Воздействие случайных ошибок в относительном спектре излучения светодиода на координаты  $x, y$ . Кругик в центре – CREE MK-R3500K; крестики вокруг кружка – точки  $(x, y)$ , вычисленные по  $\phi_{e\lambda}$  с независимыми случайными ошибками, распределёнными по нормальному закону с  $\mu_{\delta\phi_{e\lambda}} = 0$  и

$$\sigma_{\delta\phi_{e\lambda}} = \left(\frac{0,04}{3}\right)\phi_{e\lambda}$$



у при международных межлабораторных сличениях IC2013, равной  $\pm 0,005$ , [9] и существенно меньше естественного разброса значений цветности серийно производимых светодиодов [10].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CIE S023/E:2013 Characterization of The Performance of Illuminance Meters and Luminance Meters. 2. CIE179:2007 Methods

for Characterising Tristimulus Colorimeters for Measuring the Colour of Light.

3. Михайлов О.М. Проблемные вопросы радиометрических измерений // Светотехника. – 2015. – № 2. – С. 61–65.

4. ГОСТ 8.195–2013 Государственная система обеспечения единства измерений

Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещённости, силы

излучения и энергетической освещённости в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм.

5. ГОСТ 8. 205–2014 Государственная система обеспечения единства измерений

Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и координат цветности, показателей белизны и блеска.

6. URL: <http://www.cree.com/~media/Files/Cree/LED Components and Modules/XLamp/Data and Binning/XLampMKR.pdf> (дата обращения: 30.09.2015).

7. Рекомендации МКО 15:2004. Колориметрия – 3-е изд. (Colorimetry, 3<sup>rd</sup>ed.)

8. ГОСТ Р 54350–2011. Группа Е 83. Национальный стандарт Российской Федерации. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.

9. Барцев А.А., Беляев Р.И., Столяревская Р.И. Международные межлабораторные сличения – 2013 (IC2013). Опыт и результаты участия ИЦ ВНИСИ // Светотехника. – 2015. – № 5. – С. 35–41.

10. Богданов А.А. Контроль параметров и качества светодиодов и изделий с ними при серийном производстве // Светотехника. – 2015. – № 1. – С. 13–22.



**Раиса Иосифовна Столяревская**, доктор техн. наук. Окончила в 1968 г. физический факультет Казанского государственного университета.

Научный редактор ООО «Редакция журнала «Светотехника», старший менеджер ООО «ВНИСИ». Представитель Российского национального комитета МКО в Отделении 2 МКО



**Шаракшанз Александр Абович**, кандидат физ.-мат. наук, доцент. Преподаватель Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова



**Шаракшанз Антон Сергеевич**, кандидат физ.-мат. наук. Научный редактор ООО «Редакция журнала «Светотехника»

### Проект «Светлый город» холдинга «Швабе»: новый взгляд на систему освещения

**Холдинг «Швабе» планомерно воплощает в реальность проект «Светлый город» на территории Нижнего Тагила. Комплексная модернизация системы освещения данного города Свердловской области позволит повысить архитектурную выразительность и привлекательность зданий и сооружений, экономить на энергозатратах и создать комфортную среду для жителей.**

Проект «Светлый город» сегодня успешно реализуется в рамках долгосрочного контракта на выполнение работ по проектированию, строительству, последующему техническому обслуживанию объектов наружного освещения в городе на период жизненного цикла – с 2014 по 2042 гг., который был подписан 13 ноября 2014 г. Общая сумма уникального контракта составила 9,37 млрд руб., что на 25% ниже заявленной на электронном аукционе. Первоначальными инвестициями в реализацию данного проекта станут собственные средства «Швабе», а также привлечённые средства банка ВТБ, который выдал гарантию на исполнение муниципального контракта на сумму 1,87 млрд руб.

В основу проекта «Светлый город» заложена идея гармоничного взаимосвязанного использования всех средств наружного освещения – функционального (утилитарного), архитектурного, ландшафтного и праздничного, а также световой рекламы, информационных табло и других светящихся объектов, с при-

менением современных энергоэффективных технологий и оборудования. За 28 лет действия контракта «Швабе» будет установлено более 40000 энергоэффективных светильников, построено свыше 700 км распределительной сети освещения и 10 трансформаторных подстанций.

«Мы с уверенностью смотрим в будущее, поэтому реализация таких долгосрочных проектов для нас крайне важна. В основе работы «Швабе» – непрерывный поиск прогрессивных идей и стремление сделать жизнь каждого человека более комфортной и безопасной. Уникальность светотехнических изделий Холдинга заключается в технологии производства, которая позволяет разрабатывать надёжные и безотказные светильники, стоимость которых в 1,5 раза ниже зарубежных аналогов. В рамках реализации проекта по модернизации освещения Нижнего Тагила будет предусмотрено абсолютно всё – от электронных информационных дорожных знаков и опор освещения со встроенным *Wi-Fi*, до специальных очков для полицейских

и «умной» дорожной разметки. Это стало возможным благодаря диверсификации технологий, в основе которых наш многолетний опыт в решении важных задач на благо страны, и созданию совершенно новых материалов», – отмечает директор ООО «Швабе-Москва» Иван Ожгихин.

Мэр Нижнего Тагила Сергей Носов ранее сообщал, что долгосрочный контракт с холдингом «Швабе» на проектирование наружного освещения – яркий пример эффективности инвестирования бюджетных средств. «Реализация проекта имеет огромное значение для Нижнего Тагила: сохраняя историческое наследие, при помощи светотехнической продукции «Швабе» жители города смогут увидеть архитектуру города с другой стороны – более яркой и красочной. Кроме того, продукция Холдинга позволит значительно улучшить инфраструктуру города, обеспечить безопасность движения на дорогах», – прокомментировал он.

Сроки выполнения работ по проекту «Светлый город» разделены на три этапа: 2014–2015 гг. – проектирование сетей наружного освещения, 2016–2017 гг. – проведение работ по строительству сетей наружного освещения, 2018–2042 гг. – выполнение работ по техническому обслуживанию сетей наружного освещения.

Все указанные работы уже успешно апробированы в 2013–2014 гг. на территории Нижнего Тагила в рамках пилотного проекта «Светлый город». Тогда Холдинг провёл комплексную модернизацию системы уличного освещения ряда городских объектов: монтаж автоматизированной системы управления уличным освещением, создание центрального диспетчерского пульта управления и установка 374 исполнительных пунктов управления наружным освещением, осуществление архитектурно-художественного освещения зданий Нижнетагильского драматического театра им. Д.Н. Мамина-Сибиряка и Храма святого благоверного князя Александра Невского, снабжение более 120 объектов дорожной инфраструктуры современными светофорами со светодиодами и дорожными знаками с освещением, замена около 46 км сетей наружного освещения и свыше 1700 светильников.



«Особого внимания, конечно же, заслуживает новое световое оформление Нижнетагильского драмтеатра и Храма Александра Невского. Так, театр играет важную роль в «организации» нашей главной городской, Театральной, площади. При формировании идеи архитектурно-художественного освещения данного здания специалисты «Швабе» учли все декоративные элементы сооружения и его визуальное представление в дневное время. Для воплощения концепции по периметру театра было установлено 400 современных светильников цветосветодинамического освещения со светодиодами, каждый из которых управляется индивидуально. Светильники установлены в несколько ярусов, не только на фасаде, но и с боков здания. Каждый из них направлен под определённым углом, образуя необходимые тени. Комбинация внутреннего общего и акцентного типов освещения при оформлении Нижнетагильского драмтеатра точно подчёркивает пластические формы фасадов здания, а также позволяет осуществлять светомоделировку скульптурных композиций.

Что касается Храма Александра Невского, то он расположен на горке в центре микрорайона Гальянка, но, несмотря на это, является доминантой городского значения – его объём и яркая кровля хорошо видны из центральной части города. Для этого символа Нижнего Тагила специалисты «Швабе» выбрали концепцию «ассоциативного подобия» – с помощью света в ночное время был воссоздан природный внешний вид здания. К примеру, общий объём сооружения был выделен заливающим светом прожекторов, установленных на ограждающей конструкции территории храма. Основная часть света направлялась на венчающие части здания, чтобы подчеркнуть их силуэты. А при «окрашивании» звонов в золотисто-жёлтый свет был применён приём «интенсивного высвечивания». «Результат получился очень натуралистичным и впечатляющим», – сказал Сергей Носов.

Реализация пилотного проекта «Светлый город» подтвердила эффективность инвестирования бюджетных средств и перспективность



проведения дальнейшей модернизации системы освещения в формате контракта жизненного цикла. Проведённые работы обеспечили сокращение бюджетных затрат на текущую эксплуатацию наружного освещения до 30%, увеличили уровень освещения ряда объектов более чем в 10 раз, существенно повысили надёжность и эффективность функционирования сети наружного освещения.

«С момента начала реализации проекта «Светлый город» Нижний Тагил серьёзно преобразился. Он стал более красочным и, как показали недавние снимки из космоса, уже в самое ближайшее время догонит самые яркие города мира по уровню освещения. Благодаря «Светлому городу» Нижний Тагил сегодня превращается в полигон различных инновационных технологий», – отмечает Иван Ожгихин.

Проект «Светлый город» в г. Нижний Тагил является важным этапом реализации крупномасштабной программы «Швабе» по всей России. Уже сейчас разработаны аналогичные долгосрочные проекты по освещению городов в Свердловской области. В планах – реализация программы в ряде российских городов, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, Нижневартовске, а также за рубежом.

«Швабе» готов выполнять проекты любого уровня, связанные с модернизацией систем наружного освещения: проектирование, строительство, последующее техническое обслуживание объектов наружного освещения, в том числе с возможным при-

менением контрактов жизненного цикла. Мы рады, что инновационные разработки и технологии, которыми обладает наш Холдинг уже сегодня приносят ощутимую пользу жителям Нижнего Тагила», – сказал Иван Ожгихин.

Стоит отметить, что в 2015 г. холдинг «Швабе» также принял участие в капитальной реконструкции сторожевой башни на Лисьей горе, которая расположена на самой высокой точке городского рельефа и является символом Нижнего Тагила. В 2018 г. архитектурному объекту, который в разные годы служил городу наблюдательным пунктом, пожарной каланчой, «общественной обсерваторией», пунктом метеонаблюдений и основанием для телеретранслятора, исполнится 200 лет.

В преддверии юбилея администрация Нижнего Тагила приняла решение осуществить капитальный ремонт сооружения и превратить близлежащую территорию в комфортную зону отдыха горожан. Специалисты Холдинга в рамках данного проекта провели комплексную работу по световому оформлению башни на Лисьей горе, используя классические приёмы и колористику освещения. Подсветка ротонды с внутренней стороны и выступов в виде колонн с наружной стороны придало объекту необходимый объём. Открытие всего архитектурного комплекса состоялось 9 августа 2015 г. – в День города Нижний Тагил.

**В.Э. Соколов, копирайтер**

# Математическая модель для расчёта бактерицидной производительности УФ рециркулятора

А.Л. ВАССЕРМАН<sup>1</sup>, В.Г. ЮЗБАШЕВ  
ФБУН «НИИ Дезинфектологии», Москва

## Аннотация

В настоящее время в большинстве случаев разработка УФ бактерицидных рециркуляторов ведётся без предварительных расчётов. В статье предлагается математическая модель, которая позволяет проводить такие расчёты.

**Ключевые слова:** УФ излучение, бактерицидная производительность рециркулятора, бактерицидная доза, пространственная облучённость, бактерицидная эффективность рециркулятора, объёмная бактерицидная доза.

На рисунке показан принцип устройства рециркулятора с камерой в форме прямоугольного параллелепипеда. (Однако форма камеры может быть и другой, например цилиндрической – на вид выводимой ниже математической модели это не влияет.) В центре камеры располагается УФ бактерицидная лампа. Через камеру прокачивается воздух, содержащий болезнетворные микроорганизмы. Под воздействием УФ бактерицидного излучения микробные клетки гибнут в объёме камеры в первом или последующем поколениях.

<sup>1</sup> E-mail: alexzo@list.ru

Принятые обозначения:

$h$  – рабочая длина камеры, м;  
 $S_k$  – рабочая площадь поперечного сечения камеры, м<sup>2</sup>;

$V_k$  – рабочий объём камеры, м<sup>3</sup>.

$\Phi_{\delta}$  – бактерицидный поток лампы, Вт;

$N_l$  – число ламп в камере;

$\Phi_{\delta 0}$  – действующий бактерицидный поток, Вт;

$K_{\phi}$  – экспериментальный коэффициент использования бактерицидного потока лампы, учитывающий их взаимное экранирование и самоэкранирование (часто, ориентировочно, может считаться равным 0,4);

$K_k$  – коэффициент многократных отражений бактерицидного потока от внутренней поверхности камеры;

$\rho_k$  – средний коэффициент отражения излучения на длине волны 253,7 нм;

$J_{\delta k}$  – бактерицидная эффективность (показатель снижения микробной обсеменённости воздушной среды под воздействием бактерицидного излучения), %;

$H_v$  – бактерицидная доза, Дж/м<sup>3</sup> 2;

<sup>2</sup> Рассматривая процесс уничтожения бактерий на поверхности при бактерицидной облучённости  $E_s$  (Вт/м<sup>2</sup>) и, соответственно, бактерицидной дозе, необходимой для этого,  $H_s$  (Дж/м<sup>2</sup>), можно сделать

$\sigma_v = 0,0179$  м<sup>3</sup>/Дж – константа фоточувствительности санитарно-показательного микроорганизма *S. aureus* при объёмном УФ облучении [1];

$t$  – время облучения микроорганизма в камере, с;

$\omega_k$  – скорость воздушного потока в камере, м/с;

$Pr$  – бактерицидная производительность рециркулятора, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – суммарный коэффициент местного сопротивления (степень гидравлического сопротивления), оценочно находится в пределах 1,1–1,3 [4];

$Pr(\phi)$  – производительность вентилятора рециркулятора, м<sup>3</sup>/с.

По законам фотохимической кинетики, число бактерий, уничтоженных в единице объёма за единицу времени пропорционально  $H_v$ , Дж/м<sup>3</sup> (редуцированная величина, согласно относительной спектральной бактерицидной эффективности УФ излучения [1]).

С учётом вышеизложенного имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \Phi_{\delta 0} &= N_l \cdot \Phi_{\delta} \cdot K_{\phi} \cdot K_o, \\ t &= H_v \cdot V_k / \Phi_{\delta 0}, \\ V_k &= S_k \cdot h, \\ \omega_k &= h / t, \\ Pr &= \omega_k \cdot S_k, \\ Pr(\phi) &= \mu \cdot Pr \end{aligned}$$

Откуда следует:

$$\begin{aligned} Pr &= N_l \cdot \Phi_{\delta} \cdot K_{\phi} \cdot K_o \cdot 3600 / H_v, \text{ м}^3/\text{ч}; \\ Pr(\phi) &= \mu \cdot N_l \cdot \Phi_{\delta} \cdot K_{\phi} \cdot K_o \times \\ &\times 3600 / H_v, \text{ м}^3/\text{ч}. \end{aligned}$$

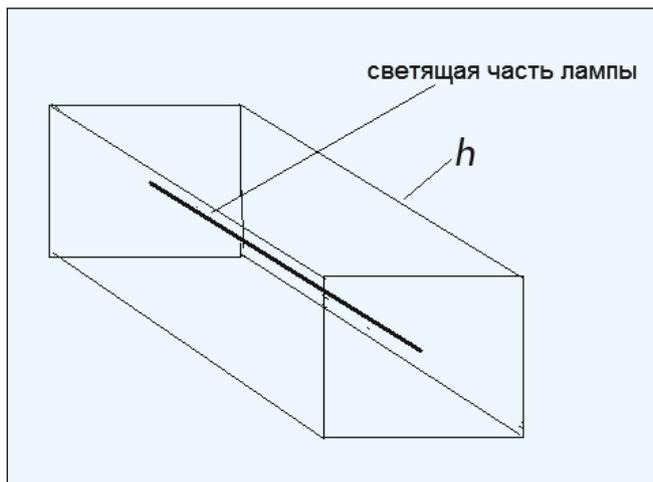
А учитывая, что, согласно [5],  $H_v = -\ln(1 - J_{\delta k} \cdot 10^{-2}) / \sigma_v$ , Дж/м<sup>3</sup>, и

$K_o \approx 1/(1 - 0,6 \cdot \rho_k)$ , другим расчётным выражением для  $Pr$  служит следующее:

$$\begin{aligned} Pr &\approx N_l \cdot \Phi_{\delta} \cdot K_{\phi} \cdot \sigma_v \times \\ &\times 3600 / [(-\ln(1 - J_{\delta k} \cdot 10^{-2})) \times \\ &\times (1 - 0,6 \cdot \rho_k)], \text{ м}^3/\text{ч}. \end{aligned}$$

вывод, что расчёты объёмной бактерицидной дозы воздушного пространства ( $H_v$ ) не могут производиться на основании формул для расчёта дозы поверхностного воздействия на микроорганизмы ( $H_s$ ), и такой расчёт не адекватен процессу уничтожения микроорганизмов в воздушном объёме. В данном случае следует пользоваться пространственной облучённостью, которая пропорциональна плотности энергии излучения в единице объёма среды [2, 3].

Рисунок.  
Принципиальная конструкция рециркулятора



В «НИИ Дезинфектологии» в течение многих лет проводились испытания разных типов закрытых облучателей (рециркуляторов) и расчёты их бактерицидной производительности, которые подтверждают, что расхождения между результатами эксперимента и расчёта не превышают 20%

В настоящее время авторами готовится руководство «Использование УФ бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях», в которое войдёт и данная модель для расчёта *Пр.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбаев В.Г.* Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний. – М.: Медицина, 2003. – 204 с.

2. *Эпштейн М.И.* Измерения оптического излучения в электронике. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 249 с.

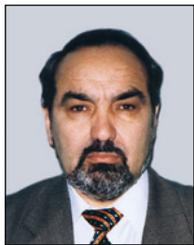
3. Ультрафиолетовая технология в современном мире: Коллективная монография / Под ред. Ф.В. Карамзинова, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцева, С.В. Храменкова. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012. – 391 с.

4. *Кухлинг Х.* Справочник по физике. – М.: Мир, 1982.

5. *Вассерман А.Л., Юзбаев В.Г.* Инженерный метод расчёта закрытых бактерицидных облучателей для обеззараживания воздушной среды // Светотехника. – 2008. – № 2. – С. 25–28.



**Вассерман Александр Львович,**  
кандидат техн. наук. Окончил в 1957 г.  
электрофизический факультет ВЭИ.  
Пенсионер. Инвалид ВОВ



**Юзбаев Виктор Григорьевич,**  
кандидат мед. наук. Окончил в 1965 г.  
Ленинградский санитарно-гигиенический медицинский институт.

Ведущий специалист ФБУН «НИИ Дезинфектологии»



International Commission on Illumination  
Commission Internationale de l'Éclairage  
Internationale Beleuchtungskommission

## Нужное освещение должно обеспечиваться в нужное время<sup>1</sup>

### История вопроса

Согласно определению, свет – это электромагнитное излучение, которое делает возможным зрение. Однако теперь уже доподлинно известно, что попадание света в глаза не только позволяет нам видеть, но и влияет на физиологию, настроение и поведение людей, что в сумме часто называют невизуальным воздействием света. Исследования подобных воздействий активизировались в начале этого тысячелетия. Пищей для них стало революционное открытие нового класса фоторецепторов человеческого глаза, которые воспринимают излучение, но не участвуют в формировании изображений. Эти фоторецепторы были впервые обнаружены благодаря их участию в регулировании циркадных ритмов (в частности, в выработке гормона мелатонина), и по этой причине можно говорить о воздействии света на циркадные ритмы и выработку мелатонина. Теперь мы узнаём, что эти фоторецепторы участвуют также во многих других процессах. В последние годы лозунг «Биологически и эмоционально эффективное освещение» (*Human-Centric Lighting*) стали применять к освещению, которое учитывает все эти воздействия.

Основополагающие доказательства существования новых фоторецепторов, которые получили название меланопсинсодержащие или светочувствительные ганглионарные клетки сетчатки (*ipRGC*), и первые связанные с этими фоторецепторами последствия для освещения были изложены в публикации *CIE158:2004* (которая впоследствии была преобразована в публикацию *CIE158:2008* [1] со списком печаток

*Erratum 1*). МКО продолжала рассматривать эту проблему на двух симпозиумах (в 2004 и 2006 гг. [2, 3]) и на семинарах, проводившихся на сессиях МКО 2007-го и 2011-го гг., а также путём создания нескольких технических комитетов. Не остались в стороне и другие общества, организуя конференции и дискуссии по наилучшему внедрению новых знаний в практику освещения.

Учёные, светотехническая промышленность, проектировщики освещения и прочие члены светотехнического сообщества продолжают работу по выявлению возможностей и разработке изделий и решений по наилучшей реализации возможностей невизуального воздействия света, даже несмотря на неполноту накопленных в этой области знаний. Из моментов, относительно которых было сформулировано единое мнение, можно отметить то, что невизуальное воздействие света зависит от спектрального состава и интенсивности света, а также от продолжительности, момента времени и предыстории воздействия света.

Чтобы снабдить заинтересованные стороны рекомендациями по использованию невизуального воздействия света с пользой для здоровья и жизнедеятельности людей, избегая при этом возможных опасностей, МКО вскоре представит две новые публикации, посвящённые состоянию исследований в этой чрезвычайно интересной области.

### 1. Как измерять свет с учётом его невизуального воздействия: техническая записка

*CIE DR6-42 (CIE TN003 [4])*

Одной из основных проблем разработки конкретных рекомендаций в части благоприятных для здоровья

<sup>1</sup> Информационное письмо МКО  
Перевод с англ. Е.И. Розовского

уровней не визуального воздействия света, была сложность описания последствий экспонирования *ipRGC*. В 2013 г. в Манчестере состоялся независимый семинар с участием ведущих учёных в области количественного описания света с учётом его не визуального воздействия, помощь в проведении которого была оказана МКО, предоставившей модератора и докладчика. Результатом этого семинара явилась выработка единого мнения относительно спектральной чувствительности фотоприёмника *ipRGC* и стратегии количественного описания световых стимулов в плане их воздействия на фоточувствительную систему человека с учётом взаимодействия между всеми фоторецепторами [5]. *CIE TN003* [4] содержит исчерпывающую информацию о семинаре и его результатах. С этой технической запиской можно будет бесплатно ознакомиться на сайте МКО, где также будет размещён калькулятор для проведения расчётов характеристик стимулов и сопоставления полученных результатов.

## 2. Идентификация нужного света: отчёт технического комитета TC3-46 МКО

Манчестерский семинар пришёл к выводу, что на не визуальные реакции оказывают влияние сложный процесс обработки сигналов в центральной нервной системе и до сих пор не описанное взаимодействие светочувствительных элементов. Отсутствие понимания зависимости между световым стимулом и результирующей не визуальной реакцией, вроде бы, делает невозможным целенаправленное применение света для реализации требуемого не визуального воздействия. С другой стороны, лабораторные и практические исследования продемонстрировали положительное воздействие на здоровье и жизнедеятельность людей использование систем освещения, спроектированных на основе очень общих представлений о том, как можно преобразовывать результаты научных исследований в технические характеристики проектируемых осветительных установок. В основу были положены повышение уровня освеще-

ния и (или) изменение спектрального состава излучения в дневное время суток для увеличения сигнала на входе *ipRGC*, и обратные действия во время вечернего и ночного отдыха для уменьшения этого сигнала. Так что в данной области могут существовать не требующие особых усилий возможности, что, впрочем, нуждается в уточнении.

Даже до подтверждения того, что *ipRGC* – класс фоторецепторов сетчатки, отличный от палочек и колбочек, наблюдалось принципиальное расхождение во мнениях между теми, кто считал, что новые знания следует немедленно внедрять в светотехническую практику, и сторонниками осторожного подхода, требующего как наличия более основательных доказательств в пользу благоприятности воздействия для здоровья, так и устранения возможности непредвиденных неблагоприятных последствий этого воздействия. Рабочая версия отчёта *CIE TC3-46 WD «Research Roadmap for Healthful Interior Lighting Applications»* (План научно-исследовательских работ по созданию благоприятного для здоровья внутреннего освещения) направлена на выявление прорех в современных знаниях, не позволяющих обеспечивать безопасное и полезное использование света, в том числе в части его не визуального воздействия. Кроме того, отчёт содержит план научно-исследовательских работ и инструменты для обеспечения систематизированного и глубокого понимания биологических процессов, позволяющего, исходя из характеристик входных сигналов, делать прогнозы об их биологическом воздействии. Цель этого отчёта – сфокусировать внимание исследователей на тех недостающих знаниях, которые в наибольшей степени затрудняют выработку рекомендаций по внутреннему освещению.

### Дальнейшая стратегия МКО

МКО формирует из представителей нескольких отделений<sup>2</sup> новый

<sup>2</sup> Отделения 1 («Зрение и свет»), 2 («Измерение света и излучения»), 3 («Освещение помещений и проектирование освещения») и 6 («Фотобиология и фотохимия»).

объединённый технический комитет по развитию результатов манчестерского семинара и воплощению научного консенсуса в первом международном стандарте по количественному описанию облучённости применительно к стимуляции всех фоторецепторов глаза. Что касается вопросов безопасности и здоровья, то МКО совместно с Техническим комитетом *TC274* Международной организации по стандартизации и другими заинтересованными сторонами сосредоточится на выработке рекомендаций для тех, кто начинает использовать освещение по-новому, сознательно учитывая при этом не визуальное воздействие света, причём при выработке этих рекомендаций особое внимание будет уделяться вопросам обеспечения освещения, высококачественного во всех отношениях. Этот дуальный подход должен привести к улучшенному и полному пониманию воздействия света на людей и созданию в будущем более благоприятного для здоровья внутреннего освещения.

Дополнительную информацию можно получить по адресу:

CIE Central Bureau.

Dr. Peter Zwick, email: peter.zwick@cie.co.at.

Babenbergerstraße 9/9A, A-1010 Vienna, Austria.

T: +43 1 714 31 87.

ZVR: 640982399.

Website: <http://www.cie.co.at>.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CIE158:2009 Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour.
2. CIE x027:2004 Proceedings of the CIE Symposium 2004 on Light and Health: Non-Visual Effects, 30 Sep. – 2 Oct. 2004, Vienna, Austria.
3. CIE x031:2006 Proceedings of the 2nd CIE Expert Symposium «Lighting and Health», 7–8 September 2006, Ottawa, Ontario, Canada.
4. CIE TN003:2015 Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013 (в печати).
5. Lucas, R.J., Peirson, S.N. et al. Measuring and using light in the melanopsin age // Trends Neurosci. – 2014. – Vol. 37, No. 1. – P. 1–9.

## ГОСТ Р 50571.5.52–2011/МЭК 60364–5–52:2009 (по выбору и монтажу электропроводок)

ГОСТ Р 50571.5.52–2011 [1] вступил в действие с 1 января 2013 г., идентичен международному стандарту МЭК 60364–5–52:2009 и заменяет ГОСТ Р 50571.15–97 (МЭК 364–5–52–93) [2]. Стандарт устанавливает требования к выбору и монтажу электропроводок. Положения стандарта применимы и к защитным проводникам.

### Комментарий

1. Допустимые токовые нагрузки кабелей и изолированных проводов, указанные в приложении В ГОСТ Р 50571.5.52–2011, заменяют токовые нагрузки кабелей и изолированных проводов напряжением до 1 кВ переменного тока, предусмотренные главой 1.3 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [3]. Исключения составляют: кабели с бумажной пропитанной маслосканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочках, допустимые токовые нагрузки которых следует выбирать по ГОСТ 18410–73 [4]; кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, прокладываемые в земле, допустимые токовые нагрузки которых следует принимать по ГОСТ 31996–2012 [5] или, если иное не установлено, в технических условиях на кабели конкретных марок.

2. Требования главы 2.1 ПУЭ [3] в основном устарели и не соответствуют действующим нормативным документам. Внимания заслуживают следующие пункты главы 2.1 ПУЭ: 2.1.21–2.1.27, 2.1.32, 2.1.38, 2.1.44–2.1.48, 2.1.56–2.1.58.

3. В таблице 3 (см. ниже) указаны таблицы ГОСТ Р 50571.5.52–2011, за-

меняющие таблицы главы 1.3 ПУЭ [3].

4. В ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364–1:2005) [6] указано, что стандарт является основополагающим в комплексе ГОСТ Р 50571 на низковольтные установки и в соответствии с пунктом 11.2 охватывает электрические цепи с номинальным напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока включительно, а также стационарные проводки связи, сигнализации, управления и т.п. (за исключением внутренней электропроводки оборудования).

Эти положения относятся и к ГОСТ Р 50571.5.52–2011.

*Перейдем теперь к содержанию ГОСТ Р 50571.5.52–2011 с комментариями к отдельным пунктам.*

### 521 Виды электропроводок

По способу монтажа электропроводки в соответствии с таблицей А.52.1 могут выполняться: без фиксации, с непосредственным креплением, в трубах, в кабельных коробах, включая короба-плинтусы и короба в полу, в специальных кабельных коробах, на лотках, лестничных лотках, кронштейнах, на изоляторах, на тросе.

В соответствии с требованиями таблицы А.52.1 изолированные провода разрешены для монтажа в трубах, в кабельных коробах, специальных кабельных коробах и на изоляторах, при этом изолированные провода допускаются к применению, если кабельные короба обеспечивают, по крайней мере, степень защиты IP4X или IPXXD и если оболочка может быть удалена посредством инструмента или намеренных действий.

Для изолированных проводов, которые используются как защитные проводники или защитные проводники уравнивания потенциалов, может использоваться любой метод монтажа, и они необязательно должны быть проложены в трубах, кабельных коробах или специальных кабельных коробах.

Способы монтажа электропроводок указаны в таблице 1.

### Комментарий

• В таблице А.52.3 указаны 47 способов монтажа электропроводок. Другие способы монтажа допускаются при условии выполнения требований настоящего стандарта.

• Отметим для сравнения, что в пунктах 3 и 6 статьи 82 документа [7] в зданиях разрешены только 2 способа выполнения электропроводок и 1 способ выполнения наружных сетей в раздельных огнестойких каналах и не указан способ прокладки в земле.

• При выборе способа выполнения электропроводок необходимо руководствоваться отечественными противопожарными требованиями, в том числе по применению огнестойких кабелей, указанными в соответствующих сводах Правил и ГОСТ.

• В ГОСТ Р 50571.5.52–2011 отсутствуют требования к распаечным коробкам. Требования по их установке приведены в пунктах 2.1.21–2.1.27 главы 2.1 ПУЭ [3]. Отметим, что для противопожарных устройств, аварийного освещения и систем оповещения при пожаре следует применять огнестойкие распаечные коробки. Такие коробки, имеющие сертификат соответствия техническому регламенту

Таблица 1

Способы монтажа электропроводок	Номер таблицы по ГОСТ Р 50571.5.52–2011
Способ монтажа в зависимости от применяемых кабелей и проводов: голые провода, изолированные провода, многожильные и одножильные кабели в оболочке, включая бронированные и в минеральной изоляции	А.52.1
Способ монтажа в зависимости от места расположения электропроводки: - в строительных пустотах, в кабельных и специальных кабельных коробах, в земле, замоноличенно, по поверхности, в воздухе, в рамах окон, в балках, в воде	А.52.2
Способ монтажа с указанием рекомендуемого способа, по которому определяется допустимая токовая нагрузка изолированных проводов и кабелей	А.52.3

Наименование цепей	Способ монтажа
Взаиморезервируемые цепи	В разных трубах, кабельных коробах, специальных кабельных коробах, на кабельных лотках и кабельных лестницах
Цепи рабочего освещения и силовые цепи	В разных трубах, кабельных коробах, специальных кабельных коробах, на кабельных лотках и кабельных лестницах или в разных отсеках кабельных коробов, специальных кабельных коробов, кабельных лотков и кабельных лестниц, в воздухе, на поверхности, замоноличенно
Цепи противопожарных систем	В отдельных от других цепей трубах, кабельных коробах, специальных кабельных коробах, кабельных лотках и кабельных лестницах, в воздухе, на поверхности, замоноличенно
Цепи аварийного освещения и системы оповещения о пожаре	В трубах, в разных отсеках кабельных коробов, специальных кабельных коробов, кабельных лотков и кабельных лестниц противопожарных систем, в воздухе, на поверхности, замоноличенно

## Приложение F (справочное)

Таблица F.52.1 – Рекомендованные характеристики для труб (классификация согласно МЭК 61386)

Месторасположение		Степень сопротивления сжатию	Степень сопротивления удару	Минимальная рабочая температура	Максимальная рабочая температура	
Наружная установка	Открытая прокладка	3 средняя	3 средняя	2 - 5 °С	1 60 °С	
	Открытая прокладка	2 легкая	2 легкая	2 - 5 °С	1 60 °С	
В закрытом помещении	В полу (фальшпол)	2 легкая	3 средняя	2 - 5 °С	1 60 °С	
	Скрытая	В бетоне	3 средняя	3 средняя	2 - 5 °С	1 60 °С
		В деревянных перегородках (воспламеняющийся материал)	2 легкая	2 легкая	2 - 5 °С	1 60 °С
		В каменной кладке				
		В строительных пустотах				
	В подвесных потолках					
Напольная прокладка	4 тяжелая	3 средняя	3 - 15 °С	1 60 °С		

о требованиях пожарной безопасности, выпускает фирма *Hensel*, Германия. Целесообразно предусматривать указанные коробки в спецификациях проектов и выполнять указания по их установке с применением огнестойких дюбелей. Следует исключить применение коробов, для которых не указан предел огнестойкости в минутах и отсутствует сертификат соответствия.

**521.6 Системы электропроводок в трубах, кабельных и специальных кабельных коробах, кабельных лотках и кабельных лестницах**

Допускается совместная прокладка в одной трубе или отдельном отсеке кабельного короба, или специального кабельного короба нескольких цепей при условии, что все проводники имеют изоляцию, соответствующую высшему из всех напряжений цепей.

Примечание – Рекомендации по выбору систем электропроводок в трубах приведены в приложении F.

**Комментарий к пункту 521.6**

Указанная в пункте 521.6 совместная прокладка цепей относится также к прокладке на кабельных лотках и кабельных лестницах,

Способы монтажа цепей в зданиях приведены в таблице 2.

**Комментарий к таблице F.52.1**

Таблица F.52.1 дополнена данными из пунктов 6.1, 6.2 ГОСТ Р МЭК 61386.1–2014 [8].

ГОСТ Р МЭК 61386.1–2014 устанавливает следующую классификацию трубных систем: по механическим характеристикам: степень сопротивления сжатию (давлению), степень сопротивления удару, степень сопротивления изгибу, степень сопротивления растяжению, способность выдерживать подвесную нагрузку; по

температуре окружающей среды; по электрическим характеристикам; по защите от внешних воздействий; по защите от коррозии; по нераспространению горения;

В спецификациях проектов по электрооборудованию для труб целесообразно указывать степень сопротивления сжатию, степень сопротивления удару и температурный режим окружающей среды.

Минимальная рабочая температура окружающей среды указана для условий транспортировки, монтажа и эксплуатации.

Максимальная рабочая температура окружающей среды указана для условий эксплуатации и монтажа,

До устройства чистых полов необходимо обеспечивать защиту от механических повреждений труб, проложенных по перекрытиям.

### **521.7 Несколько цепей в одном кабеле**

В одном кабеле, применяемом для устройства электропроводок, допускается наличие нескольких цепей при условии, что все проводники имеют изоляцию, соответствующую высшему из всех напряжений цепей.

### **522 Монтаж электропроводок по условиям внешнего воздействия**

Способы и методы монтажа электропроводок должны быть такими, чтобы защита от ожидаемых внешних воздействий обеспечивалась во всех соответствующих частях электропроводки. Особое внимание должно быть уделено электропроводкам в местах изменения направления и подключения оборудования.

Ниже приведены виды внешних воздействий, которым могут подвергаться электропроводки: температура окружающей среды, внешние источники тепла, наличие воды или высокая влажность, наличие внешних твердых тел, наличие коррозионно-активных и загрязняющих веществ, удары, вибрация, другие механические воздействия, наличие флоры и/или плесени, наличие фауны, солнечное и ультрафиолетовое излучение, воздействие сейсмических факторов, движение воздуха, характер обрабатываемых и складываемых материалов, конструкция зданий.

### **523 Допустимые токовые нагрузки**

**523.1** В качестве допустимой токовой нагрузки для заданного периода времени при нормальных усло-

виях эксплуатации принимается нагрузка, при которой достигается допустимая температура изоляции. Данные для разных типов изоляции приведены в таблице 52.1. Значение тока должно быть выбрано в соответствии с 523.2 или определено в соответствии с 523.3.

**523.2** Требования 523.1 выполняются, если для изолированного проводника и кабеля без брони нагрузки выбраны по таблицам приложения В со ссылкой на таблицу А.52.3, с учетом поправочных коэффициентов, приведенных в приложении В. Допустимые токовые нагрузки, приведенные в приложении В, даны как рекомендуемые.

#### **Комментарий к таблице 52.1**

В таблице 52.1 ГОСТ Р 50571.5.52–2011 приведена максимальная рабочая температура изоляции проводников, при которой обеспечивается допустимая токовая нагрузка для заданного периода времени при нормальных условиях эксплуатации: термопластовая PVC (ПХВ) – 70°C, реактопластовая XLPE (сшитый полиэтилен) и EPR (резина) – 90°C, минеральная – 70°C или 105°C.

В примечании б) к таблице 52.1 указано, что если проводник работает при температуре, превышающей 70 °С, то нужно подтвердить, что оборудование, соединённое с проводником, допускает такую температуру в соединении.

#### **523.5 Группы, содержащие больше, чем одну цепь**

Поправочные коэффициенты (таблицы В.52.17–В.52.21) применяются к группам однотипных проводов и кабелей, имеющих одинаковую допустимую температуру нагрева. Для групп проводов и кабелей, имеющих различные максимальные температуры нагрева, допустимая токовая нагрузка рассчитывается с поправочными коэффициентами, относящимися к той части проводов и кабелей, у которых допустимая температура минимальна.

Если у части изолированных проводов и кабелей в группе нагрузка не превосходит 30% допустимой, то они исключаются из общего числа при определении поправочного коэффициента для остальной части группы.

#### **523.6 Число нагруженных проводников**

**523.6.1** Допустимые токовые нагрузки для цепи зависят от числа

проводников. В многофазной сбалансированной системе совместно проложенный нейтральный проводник не учитывается. В этом случае допустимая нагрузка четырехжильного кабеля принимается как для трехжильного кабеля с тем же сечением фазных проводников. Четырех- и пятижильные кабели могут иметь большую допустимую токовую нагрузку, если нагружены только три фазных провода.

**523.6.2** Если нейтральный проводник пропускает ток, являющийся следствием дисбаланса фазных токов, то увеличение тепловыделения в нейтральном проводнике компенсируется его соответствующим уменьшением в одном или нескольких фазных проводниках. В этом случае сечение всех проводников выбирается по наиболее нагруженному проводу.

Во всех случаях сечение нейтрального проводника должно соответствовать указаниям 523.1.

**523.6.4** Проводники, которые выполняют исключительно функцию защиты (РЕ-проводники) не учитываются. Наличие PEN-проводников учитывается в порядке, установленном для нейтральных проводников.

#### **Комментарий**

При проектировании и эксплуатации электроустановок следует проверять равномерность нагрузки фаз.

### **524 Площади поперечного сечения проводников**

**524.1** Для соблюдения требований по механической прочности площадь поперечного сечения линейных проводников в цепях переменного тока и рабочих проводников в цепях постоянного тока должна быть не меньше, чем значения, приведенные в таблице 52.2.

#### **Комментарий**

Минимальные сечения PEN-проводников, защитных проводников и защитных проводников уравниваний потенциалов, в том числе с алюминиевыми жилами, указаны в ГОСТ Р 50571.5.54–2013/МЭК 60364–5–54:2009 [9].

**524.2** Площадь поперечного сечения нейтрального проводника

#### **Комментарий**

Целесообразно принимать сечение нейтрального проводника, равное сечению фазного проводника, при этом: увеличивается ток однофазного короткого замыкания, уменьшается время срабатывания аппаратов защиты

Таблица G.52.1 – Падение напряжения

Тип установки	Освещение,%	Другие пользователи,%
А – установки низкого напряжения, питающиеся непосредственно от общей системы электроснабжения низкого напряжения	3	5
В – установки низкого напряжения, питающиеся от индивидуального источника низкого напряжения	6	8

и одновременно создаются условия для обеспечения нормируемого времени отключения защитного аппарата по ГОСТ Р 50571.3–2009/МЭК 60364–4–41:2005 [10].

В приложении Е «Учет влияния токов высших гармоник для симметричных трехфазных систем» приведены данные по определению площади поперечного сечения фазных и нейтральных проводников и пример расчета с учетом понижающего коэффициента, учитывающего наличие высших гармоник тока.

#### 525 Падение напряжения в установках потребителей

В отсутствии других соображений падение напряжения между источником питания установки потребителя и оборудованием не должно быть более приведенного в таблице G.52.1.

Примечание – К другим соображениям относятся время запуска для двигателей и оборудования с высоким пусковым током. Переходные процессы в сетях и изменение напряжения из-за аварийной работы могут не учитываться.

#### Приложение G Падение напряжения в установках потребителей. Максимальное значение падения напряжения

Падение напряжения между источником питания и любой точкой нагрузки не должно быть больше, чем значения в таблице G.52.1, выраженные относительно значения номинального напряжения установки.

#### Комментарий к пункту 525 и таблице G52.1

В соответствии с разъяснением, полученным в электронном письме от 27.04.2015 от ответственного секретаря Технического комитета по стандартизации ТК 337 «Электрические установки зданий» Г.Д. Дасько и технического директора Московского института энергобезопасности и энергосбережения А.А Шалыгина – разработчика ГОСТ Р 50571.5.52–2011 – «за источник питания в контексте ГОСТ Р 50571.5.52–2011 следует

принимать распределительный щит (щиток), непосредственно питающий приёмник электрической энергии». (Аналогичное разъяснение А.А. Шалыгина опубликовано на странице 52 журнала «Новости ЭлектроТехники» № 6 за 2014 г.)

Обращаем внимание на то, что в ГОСТ Р 50571.5.52–2011 термин «падение напряжения» в русском переводе с английского языка применяется вместо термина «потеря напряжения».

#### Приложение В (справочное) Допустимые токовые нагрузки

**В.52.1** Требования настоящего приложения предназначены для выбора рабочих проводников и изоляции по условиям нагрева электрическим током в длительном режиме при нормальных условиях эксплуатации. Имеются и другие условия, которые влияют на выбор поперечного сечения проводников, такие как требования для защиты от поражения электрическим током ГОСТ Р 50571.3–2009/МЭК 60364–4–41:2005 [10], обеспечение защиты от тепловых воздействий ГОСТ Р 50571.4.42–2012/МЭК 60364–4–42:2010 [11], защита от сверхтока ГОСТ Р 50571.4.43–2012/МЭК 60364–4–43:2008 [12] и падения напряжения и требования по ограничению температуры для зажимов оборудования, с которыми проводники соединяются.

Настоящее приложение распространяется только на небронированные кабели и изолированные провода с номинальным напряжением до 1 кВ переменного тока и 1,5 кВ постоянного тока. Данное приложение может быть применено для бронированных многожильных кабелей, но не применяется для бронированных однопровольных кабелей.

#### Комментарий

В приложении В приведены 12 таблиц, В.52.2–В.52.13, в каждой из которых в зависимости от способа монтажа (А1, А2, В1, В2, С, D1, D2, Е или F), материала проводника (медь или

алюминий), материала изоляции и количества нагруженных проводников (2 или 3) определяется допустимая токовая нагрузка кабелей и изолированных проводов.

В каждой таблице также указана допустимая температура проводников и окружающая температура в воздухе и земле,

Обращаем внимание на следующее: в проектах внутреннего электрооборудования жилых и общественных зданий следует применять данные таблиц В.52.2, В.52.4, В.52.10 и В.52.11, рассчитанные для кабелей и изолированных проводов с медными и алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридных пластикатов (ПВХ) и полимерных композиций, не содержащих галогенов, провода с минеральной изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена в жилых и общественных зданиях, как правило, не применяются, поэтому данные таблиц В.52.3, В.52.5, В.52.6, В.52.7, В.52.8, В.52.9, В.52.12 и В.52.13 не используются.

В отечественных ГОСТ и ТУ допустимые токовые нагрузки изолированных проводов приведены только для двух способов прокладки – в воздухе и земле.

Применение табличных данных ГОСТ Р 50571.5.52–2011 позволяет определять допустимую токовую нагрузку кабелей и изолированных проводов для каждого конкретного способа монтажа, указанного в таблице В.52.1.

В приложении В приведены также таблицы В52.14–В52.21, необходимые для определения допустимых токовых нагрузок кабелей и изолированных проводов.

В таблице 3 указаны таблицы из приложения В, заменяющие таблицы из главы 1.3 ПУЭ.

#### В.52.5 Группы изолированных проводов или кабелей разного сечения

Табличные поправочные коэффициент могут применяться для однопровольных одинаково нагруженных изо-

Номер таблицы по приложению В	Наименование таблицы по приложению В, заменяющей таблицу из главы 1.3 ПУЭ
В.52.14	Поправочные коэффициенты для определения допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных в воздухе при температуре окружающей среды, отличной от 30°C <i>Комментарий</i> Таблица В.52.14 заменяет таблицу 1.3.3 ПУЭ [3]
В.52.15	Поправочные коэффициенты для определения допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных в трубах в земле при температуре грунта, отличной от 20°C <i>Комментарий</i> Таблица В.52.15 заменяет таблицу 1.3.3 ПУЭ [3]
В.52.16	Поправочные коэффициенты для определения допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных в земле непосредственно или в трубах (расчетный метод D) при термическом сопротивлении грунта, отличном от 2,5 К·м/Вт <i>Комментарий</i> Таблица В.52.16 заменяет таблицу 1.3.23 ПУЭ [3]
В.52.17	Поправочные коэффициенты для групп контуров или многожильных кабелей при их совместной прокладке, используются применительно с допустимыми токовыми нагрузками по таблицам В.52.2–В.52.13
В.52.18	Понижающий коэффициент для групп контуров или многожильных кабелей, проложенных непосредственно в земле (способ D2 таблиц В.52.2–В.52.5). Одножильные или многожильные кабели <i>Комментарий</i> Таблица В.52.18 заменяет таблицу 1.3.26 ПУЭ [3]
В.52.19	Понижающие коэффициенты для групп контуров или многожильных кабелей, проложенных в трубах в земле (способ D1 таблицы В.52.2–В.52.5) <i>Комментарий</i> Таблица В.52.19 заменяет таблицу 1.3.26 ПУЭ [3]
В.52.20	Понижающие коэффициенты для групп многожильных кабелей относительно допустимых токовых нагрузок для многожильного кабеля, проложенного открыто в воздухе. Способ E по таблицам В.52.8–В.52.13
В.52.21	Понижающие коэффициенты для групп контуров или одножильных кабелей относительно допустимых токовых нагрузок для одного контура или одножильного кабеля, проложенных открыто в воздухе. Способ F по таблицам В.52.8–В.52.13

лированных проводов и кабелей. Расчёт поправочного коэффициента для групп, состоящих из изолированных проводов и кабелей разного сечения, ведётся для общего числа цепей разных сечений. Такой поправочный коэффициент не может быть представлен как табличный, но может быть рассчитан для каждой конкретной группы.

Примечание – Группа, состоящая более чем из трёх рядом расположенных сечений из стандартного ряда, может рассматриваться как группа изолированных проводов или кабелей разного сечения.

Группа однотипных кабелей рассматривается как группа, где допустимая токовая нагрузка определяется одинаковой допустимой температурой, состоящая не более чем из трех рядом расположенных сечений из стандартного ряда.

#### **В.52.5.1 Группы, проложенные в трубах, кабельных каналах**

#### **и специальных кабельных каналах**

Поправочный коэффициент для групп, проложенных в трубах, кабельных каналах и специальных кабельных каналах определяется как  $F = 1/\sqrt{n}$ , где  $F$  – групповой поправочный коэффициент,  $n$  – число кабелей или изолированных проводов в группе.

Применение группового поправочного коэффициента, определенного по данной формуле, обеспечивает защиту от перегрузки меньших сечений, но ведет к недоиспользованию больших сечений. Такого недоиспользования можно избежать, если кабели и изолированные провода больших и малых сечений не объединять в одну группу.

Использование метода расчета, специально предназначенного для групп, состоящих из разных по сечению изолированных проводов или кабелей, проложенных в трубах, позволит более точно определять поправочный коэффициент. Данный вопрос находится в стадии рассмотрения.

#### **Комментарий к пунктам В.52.5, В.52.5.1 и таблицам В52.17, В52.20, В52.21**

В позиции 1 таблицы В.52.17 указаны поправочные коэффициенты для кабелей и изолированных проводов, прокладываемых группами в воздухе, на поверхности, монолично, в трубах, кабельных коробах (каналах), специальных кабельных коробах (каналах).

В позиции 3 таблицы В.52.17 указаны поправочные коэффициенты для линий (электропроводок), закреплённых непосредственно под деревянным, кирпичным или бетонным потолком.

В соответствии с примечанием 2 к таблице В.52.17, когда зазор по горизонтали (добавим, и по вертикали) между смежными кабелями более, чем вдвое превышает их наружный диаметр, поправочные коэффициенты не используют.

Поправочные коэффициенты для кабелей и изолированных проводов, показанные в таблицах В.52.17, В.52.20 и В.52.21, рассчитаны для трёх рядом расположенных стандартных сечений, например, 1,5–2,5–4 мм<sup>2</sup> или 16–25–35 мм<sup>2</sup>, при этом максимальное количество многожильных кабелей, проложенных на лотке или отдельной секции лотка, отделённой перегородкой от смежных кабелей, равно девяти, а для одножильных кабелей равно трём трёхфазным группам.

Формула  $F=1/\sqrt{n}$  применяется для прокладок в трубах, кабельных коробах (каналах) и специальных кабельных коробах (каналах) с числом кабелей более трех в стандартном ряду, например, 2,5–4–6–10 мм<sup>2</sup> или с тремя кабелями разного сечения, не расположенных рядом в стандартном ряду, например, 1,5–4–10 мм<sup>2</sup>. Так при количестве кабелей 9 с числом кабелей более трех в стандартном ряду (2,5–4–6–10 мм<sup>2</sup>) групповой поправочный коэффициент равен  $F = 1/\sqrt{9} = 0,33$  (т.е. всего 33% от допустимой токовой нагрузки кабелей),

Формула  $F=1/\sqrt{n}$  не применяется для кабелей, прокладываемых на кабельных лотках и кабельных лестницах. Для этого способа прокладки, равно как и для прокладки в трубах, коробах и специальных кабельных коробах, целесообразно применять кабели и изолированные провода для трех рядом расположенных стандартных сечений,

В соответствии с примечанием 2 таблицы В.52.20 на кабельных лотках и кабельных лестницах кабели должны прокладываться однорядно; указанное требование относится также к прокладке кабелей в коробах и специальных кабельных коробах.

В соответствии с примечаниями 3 и 4 таблицы В.52.20 необходимо предусматривать между горизонтально проложенными лотками расстояние 300 мм, а между вертикально проложенными лотками – 225 мм,

В соответствии с пунктом В.52.6.2 б): у перфорированного кабельного лотка отверстия, служащие для фиксации кабелей, распределены равномерно. Допустимые токовые нагрузки для кабелей на перфорированном лотке были получены для случая, когда площадь отверстий составляет 30%. Если отверстия занимают меньше 30% площади, кабельный лоток рассматривается как неперфорированный. Это со-

ответствует рекомендованному способу С для определения допустимой токовой нагрузки.

В соответствии с пунктом 6.7 ТУ16.К71–277–98 [13] допустимая перегрузка составляет 1000 ч за весь срок службы кабелей, равный 30 годам, или всего 33,3 ч в год. Поэтому в проектах и при эксплуатации электроустановок не следует допускать перегрузку кабелей, прокладываемых в земле, в том числе в аварийном режиме, когда при отключении одного из двух вводов, питающих разные секции ГРЩ здания от трансформаторной подстанции, электроснабжение осуществляется по одному вводу.

#### **При выборе кабельного изделия (кабеля или провода) необходимо:**

Выбрать материал проводника (медь или алюминий), тип кабельного изделия (многожильный или одножильный кабель, изолированные провода) и способ его прокладки в соответствии с требованиями нормативных документов.

Определить расчётный ток нагрузки.

Определить по расчётному току нагрузки номинальный ток автоматического выключателя или предохранителя.

Определить по номинальному току автоматического выключателя или предохранителя поперечное сечение кабельного изделия, учитывая: требования пунктов 433.1 и 434.5.1 ГОСТ Р 50571.4.43–2012/МЭК 60364–4–43:2008 [11] и пункта 3.1.11 ПУЭ шестого издания [3]; поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды, способ прокладки и количество прокладываемых кабелей.

Определить ток однофазного короткого замыкания, обеспечивающий в конце защищаемой линии нормируемое время автоматического отключения питания, указанное в ГОСТ Р 50571.3–2009/МЭК 60364–4–41:2005 [10],

Определить потерю (падение) напряжения.

#### **Определение поперечного сечения кабельных изделий (кабелей и изолированных проводов) по ГОСТ Р 50571.5.52–2011, прокладываемых в зданиях**

Для определения поперечного сечения кабельного изделия необходимо:

- определить по таблице А.52.3 способ монтажа и соответствующий

ему способ для определения допустимой токовой нагрузки кабельного изделия;

- определить по таблице В.52.14 поправочный коэффициент  $K_1$  с учетом материала изоляции проводника и температуры окружающей среды;

- использовать для определения поправочного коэффициента  $K_2$ , соответствующего количеству групп контуров (цепей) или кабелей: таблицу В.52.17 для групп контуров или многожильных кабелей при их совместной прокладке; таблицу В.52.20 для многожильных кабелей, прокладываемых открыто в воздухе с количеством рядов лотков до шести;

таблицу В.52.21 для одножильных кабелей, прокладываемых открыто в воздухе с количеством рядов лотков до трёх;

- рассчитать значение тока  $I_0$  путём деления номинального тока выбранного защитного аппарата  $I_n$  на произведение рассчитанных поправочных коэффициентов:

$I_0 = I_n / (K_1 \cdot K_2)$  при защите сетей автоматическими выключателями;  $I_0 = I_n / (K_1 \cdot K_2 \cdot 0,9)$  при защите сетей предохранителями, где значение 0,9 принято по данным справочника [15];

$I_0 = I_n / (K_1 \cdot K_2 \cdot 0,8)$  при защите от перегрузки сетей предохранителями, где значение 0,8 принято в соответствии с пунктом 3.1.11 ПУЭ;

- по таблице В.52.1 в зависимости от способа прокладки, материала изоляции проводника и количества нагруженных проводников (жил) (2 или 3) определить таблицу, в которой указывается поперечное сечение кабеля с токовой нагрузкой  $I_0$ ;

- рассчитать реальную токовую нагрузку кабеля по формуле:  $I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2$  при защите сетей автоматическими выключателями;  $I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 0,9$  при защите сетей предохранителями;

$I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 0,8$  при защите сетей предохранителями от перегрузки.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 50571.5.52–2011/МЭК 60364–5–52:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». – М.: Стандартинформ, 2013.

2. ГОСТ Р 50571.15–97 (МЭК 364–5–52–93) «Электроустановки зданий. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». – М.: Издательство стандартов, 1997.

3. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. ГОСТ 18410–73 «Кабели силовые с бумажной пропитанной изоляцией, с изменениями 1, 2, 3, 4, 5». – М.: Издательство стандартов, 2008.

5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31996–2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. – М.: Стандартинформ, 2014.

6. ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364–1:2005) «Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2009.

7. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности – М.: Информационно-правовой портал «Гарант», 2015.

8. ГОСТ Р МЭК 61386.1 2014 «Трубные системы для прокладки кабелей. Часть 1. Общие требования». – М.: Стандартинформ, 2014.

9. ГОСТ Р 50571.5.54–2013/МЭК 60364–5–54:2009 Электроустановки низковольтные. Часть 5–54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов. – М.: Стандартинформ, 2014.

10. 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.

11. 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, 2013.

12. 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, 2013.

13. Извещение К71.717–2004 об изменении ТУ16.К71–277–98 «Кабели силовые с изоляцией из силанольношпигитого полиэтилена на напряжение 1 кВ». – М.: ВНИИКИП, 2004.

14. Справочник по электрооборудованию АББ. – М.: Издание ООО АББ, 2014.

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

## Межгосударственный стандарт ГОСТ 29322–2014 (IEC60038:2009) НАПРЯЖЕНИЯ СТАНДАРТНЫЕ

Standard voltages

Дата введения – 2015–10–01<sup>1</sup>

### 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется:

– на *электрические* системы переменного тока *номинальным* напряжением более 100 В и стандартной частотой 50 Гц или 60 Гц, используемые для передачи, распределения и потребления *электроэнергии*, и электрооборудование, применяемое в таких системах;

– на тяговые системы переменного и постоянного тока;

– на электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением менее 120 В и частотой (как правило, но не только) 50 или 60 Гц, электрооборудование постоянного тока с номинальным напряжением менее 750 В. К такому оборудованию относятся батареи (из элементов или аккумуляторов), другие источники питания переменного или постоянного тока, электрическое оборудование (включая промышленное и коммуникационное) и бытовые электроприборы.

Настоящий стандарт не распространяется на напряжения, используемые для получения и передачи сигналов или при измерениях. Стандарт не распространяется на стандартные напряжения компонентов или частей, применяемых в электрических устройствах или электрооборудовании.

Настоящий стандарт устанавливает

<sup>1</sup> Подготовлен ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС»). За принятие стандарта проголосовали Армения, Беларусь, Казахстан, Киргизия, Молдова, Россия, Украина.

Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту IEC60038:2009 «IEC standard voltages» («Напряжения стандартные»). При этом дополнительные и измененные положения, учитывающие потребности национальной экономики указанных выше государств, выделены в тексте курсивом.

ет значения стандартного напряжения, которые предназначены для применения в качестве:

– предпочтительных значений для номинального напряжения электрических систем питания;

– эталонных значений для электрооборудования и проектируемых *электрических* систем.

Примечания

1 Две главные причины привели к значениям, установленным в настоящем стандарте:

– значения номинального напряжения (или наивысшего напряжения для электрооборудования), установленные в настоящем стандарте, главным образом основаны на историческом развитии электрических систем питания во всем мире, так как эти значения оказались наиболее распространенными и получили всемирное признание;

– диапазоны напряжений, указанные в настоящем стандарте, были признаны самыми подходящими в качестве основы для разработки и испытания электрического оборудования и систем.

2 Однако определение надлежащих значений для испытаний, условий испытаний и критериев приемки является задачей систем стандартов и стандартов на изделия.

### 2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями. Для напряжений переменного тока ниже указаны действующие значения.

**2.1 номинальное напряжение системы (nominal system voltage):** Соответствующее приближенное значение напряжения, применяемое для обозначения или идентификации системы.

[[1] раздел 601–01, статья 21]

**2.2 наибольшее напряжение системы (исключая переходные и аномальные условия) (highest voltage of a system (excluding transient or abnormal conditions):** Наибольшее значение рабочего напряжения, которое имеет место при нормальных условиях оперирования в любое время и в любой точке электрической системы.

**Примечание** – Это определение включает переходные перенапряжения, например, вследствие коммутационных операций, и временные колебания напряжения.

[[1] раздел 601–01, статья 23]

**2.3 наименьшее напряжение системы (исключая переходные и аномальные условия)** (lowest voltage of a system (excluding transient or abnormal conditions)): Наименьшее значение рабочего напряжения, которое имеет место при нормальных условиях оперирования в любое время и в любой точке электрической системы.

**Примечание** – Это определение включает переходные перенапряжения, например, вследствие коммутационных операций, и временные колебания напряжения.

[[1] раздел 601–01, статья 24]

**2.4 зажимы питания** (supply terminals): Точка в передающей или распределительной электрической сети, обозначенная как таковая и определенная договором, в которой участники договора обмениваются электрической энергией.

**2.5 напряжение питания** (supply voltage): Напряжение между фазами или напряжение между фазой и нейтралью на зажимах питания.

**Примечание** – Эквивалентное определение: напряжение между линиями или напряжение между линией и нейтралью на зажимах питания.

**2.6 диапазон напряжения питания** (supply voltage range): Диапазон напряжения на зажимах питания.

### Системы и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно

Номинальное напряжение трехфазных четырехпроводных или трехпроводных систем, В		Номинальное напряжение однофазных трехпроводных систем, В
50 Гц	60 Гц	60 Гц
– 230 <sup>c)</sup> 230/400 <sup>a)</sup> –	120/208 240 <sup>c)</sup> 230/400 <sup>a)</sup> 277/480	120/240 <sup>d)</sup> – – –
– – – 400/690 <sup>b)</sup> 1000	480 347/600 600 – –	– – – – –

<sup>a)</sup> Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применяться.

<sup>b)</sup> Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.

<sup>c)</sup> Значение 200 или 220 В также используют в некоторых странах.

<sup>d)</sup> Значения 100/200 В также используют в некоторых странах в системах с частотой 50 или 60 Гц.

**2.7 используемое напряжение** (utilization voltage): Напряжение между фазами или напряжение между фазой и нейтралью в штепсельных розетках или в точках фиксированных электроустановок, к которым должны быть присоединены электроприемники.

**Примечание** – Эквивалентное определение: напряжение между линиями или напряжение между линией и нейтралью

в штепсельных розетках или в точках фиксированных электроустановок, к которым должны быть присоединены электроприемники.

**2.8 диапазон используемого напряжения** (utilization voltage range): Диапазон напряжения в штепсельных розетках или в точках фиксированных электроустановок, к которым должны быть присоединены электроприемники.

### Тяговые системы постоянного и переменного тока<sup>a)</sup>

	Напряжение, В			Номинальная частота для систем переменного тока, Гц
	Наименьшее	Номинальное	Наибольшее	
Системы постоянного тока	(400)	(600)	(720)	
	500	750	900	
	1000	1500	1800	
	2000	3000	3600 <sup>b)</sup>	
Однофазные системы переменного тока	(4750)	(6250)	(6900)	50 или 60 16 <sup>2/3</sup>
	12000	15000	17250	
	19000	25000	27500	50 или 60

<sup>a)</sup> Значения, указанные в скобках, считаются нежелательными значениями. Эти значения не рекомендуется использовать для новых систем, сооружаемых в будущем. В частности, для однофазных систем переменного тока номинальное напряжение 6250 В следует использовать только тогда, когда местные условия не позволяют применить номинальное напряжение 25000 В.

Значения, указанные в таблице, являются значениями, принятыми Международным комитетом по оборудованию электрической тяги и техническим комитетом 9 МЭК «Электрическое оборудование и системы для железных дорог».

<sup>b)</sup> В некоторых европейских странах это напряжение может достигать 4000 В. Электрическое оборудование транспортных средств, участвующих в международном сообщении с этими странами, должно выдерживать это максимальное значение напряжения в течение коротких промежутков времени до 5 мин.

**Системы трехфазные и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением свыше 1 до 35 кВ включительно<sup>а)</sup>**

Ряд I		Ряд II	
Наибольшее напряжение для электрооборудования, кВ	Номинальное напряжение системы, кВ	Наибольшее напряжение для электрооборудования, кВ	Номинальное напряжение системы, кВ
3,6 <sup>b)</sup>	3,3 3 <sup>b)</sup>	4,40 <sup>b)</sup>	4,16 <sup>b)</sup>
7,2 <sup>b)</sup>	6,6 <sup>b)</sup> 6 <sup>b)</sup>	—	—
12	11 10	—	—
—	— —	13,2 <sup>c)</sup>	12,47 <sup>c)</sup>
—	— —	13,97 <sup>c)</sup>	13,2 <sup>c)</sup>
—	— —	14,52 <sup>b)</sup>	13,8 <sup>b)</sup>
(17,5)	— (15)	—	—
24	22 20	26,4 <sup>c), e)</sup>	24,94 <sup>c), e)</sup>
—	— —	—	—
36 <sup>b)</sup>	33 <sup>d)</sup> 30 <sup>d)</sup>	—	—
—	— —	36,5 <sup>c)</sup>	34,5 <sup>c)</sup>
40,5	— 35 <sup>d)</sup>	—	—

**Примечания**

1. Рекомендуется, чтобы в любой стране соотношение между двумя смежными номинальными напряжениями было не менее двух.
2. В нормальной системе ряда I наибольшее и наименьшее напряжения не отличаются более чем на  $\pm 10\%$  (приблизительно) от номинального напряжения системы. В нормальной системе ряда II наибольшее напряжение не отличается более чем на  $+5\%$ , а наименьшее напряжение более чем на  $-10\%$  от номинального напряжения системы.
- а) Эти системы обычно представляют собой трехпроводные системы, если не указано иначе. Указанные значения являются напряжениями между фазами.
- Значения, указанные в скобках, считаются нежелательными значениями. Эти значения не рекомендуется использовать для новых систем, сооружаемых в будущем.
- б) Эти значения не следует применять для новых систем распределения общего назначения.
- в) Эти системы обычно представляют собой четырехпроводные системы, а указанные значения являются напряжениями между фазами. Напряжение между фазой и нейтралью равно указанному значению, деленному на 1,73.
- г) Унификация этих значений на рассмотрении.
- е) Значения 22,9 кВ для номинального напряжения и 24,2 или 25,8 кВ для наибольшего напряжения для электрооборудования также используют в некоторых странах.

**Примечание** – В некоторых стандартах на электрооборудование (например, в IEC60335–1 [2] и IEC60071 [3]), термин «диапазон напряжения» имеет другое значение.

**2.9 наибольшее напряжение для электрооборудования (highest voltage for equipment):** Наибольшее напряжение, для которого электрооборудование охарактеризовано относительно:

- а) изоляции;
- б) других характеристик, которые могут быть связаны с этим наибольшим напряжением в соответствующих рекомендациях для электрооборудования.

**Примечание** – Электрооборудование можно использовать только в электрических системах, имеющих наибольшее напряжение, которое меньше или равно его наибольшему напряжению для электрооборудования.

**2.10 напряжение между фазами (phase-to-phase voltage):** напряжение между двумя фазными проводниками в заданной точке электрической цепи. [[1] раздел 601–01, статья 29]

**2.11 напряжение между фазой и нейтралью (phase-to-neutral voltage):** напряжение между фазным и нейтральным проводниками в заданной точке электрической цепи.

[[1] раздел 601–01, статья 30]

**2.12 линейный проводник (line conductor):** Проводник, находящийся под напряжением при нормальных условиях и используемый для передачи электрической энергии, но не нейтральный проводник или средний проводник.

[[4] раздел 826–14, статья 09]

**2.13 нейтральный проводник (neutral conductor):** Проводник, электрически присоединенный к нейтрали и используемый для передачи электрической энергии.

[[4] раздел 826–14, статья 07]

**Системы трехфазные и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением свыше 35 до 230 кВ включительно<sup>а)</sup>**

Наибольшее напряжение для электрооборудования, кВ	Номинальное напряжение системы, кВ	
(52)	(45)	–
72,5	66	69
123	110	115
145	132	138
(170)	(150)	(154)
245	220	230

<sup>а)</sup> Значения, указанные в скобках, считаются неpreferred значениями. Эти значения не рекомендуется использовать для новых систем, сооружаемых в будущем. Значения являются напряжениями между фазами.

Таблица 5

**Системы трехфазные переменного тока с наибольшим напряжением для электрооборудования более 245 кВ<sup>а)</sup>**

Наибольшее напряжение для электрооборудования, кВ
(300)
362
420
550 <sup>б)</sup>
800 <sup>в)</sup>
1100
1200

<sup>а)</sup> Значения, указанные в скобках, считаются неpreferred значениями. Эти значения не рекомендуется использовать для новых систем, сооружаемых в будущем. Значения являются напряжениями между фазами.

<sup>б)</sup> Применяют также значение 525 кВ.

<sup>в)</sup> Применяют также значение 765 кВ. Значения напряжения, используемые при испытаниях электрооборудования, должны быть такими, которые установила ИЕС для 765 кВ.

**2.14 фазный проводник (phase conductor):** Линейный проводник, используемый в электрической цепи переменного тока.

[[5] пункт 20.91]

### 3 Стандартные напряжения

#### 3.1 Системы и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно

Номинальное напряжение системы переменного тока в диапазоне от 100 до 1000 В следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 1.

В Таблице 1 трехфазные четырехпроводные системы и однофазные трехпроводные системы включают однофазные *электрические* цепи, присоединенные к этим системам.

Меньшие значения в первой и второй колонках являются напряжениями *между фазой и* нейтралью, большие значения – напряжениями *между фазами*. Если указано одно значение, оно относится к *трехфазным* трехпроводным системам и устанавливает напряжение между фазами. Меньшее значение в третьей колонке является напряжением *между фазой и* нейтралью, большее значение – напряжением *между фазными проводниками*.

Напряжения, превышающие 230/400 В, предназначены для применения в тяжелой промышленности и в больших торговых предприятиях.

При нормальных условиях оперирования напряжение питания не должно отличаться от номинального напряжения системы больше чем на  $\pm 10\%$ .

Диапазон используемого напряжения зависит от изменения напряжения на зажимах питания и падения напряжения, которое может быть в потребительской электроустановке, *например – в электроустановке здания*. Для получения дополнительной информации см.[6]. Этот диапазон используемого напряжения следует учитывать техническим комитетам по стандартизации.

#### Примечание

Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и на зажимах электроприемника приведены в Приложении А для информации. Они могут быть рассчитаны, как указано выше и по [6].

#### 3.2 Тяговые системы постоянно-го и переменного тока

Напряжения тяговых систем постоянного или переменного тока следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 2.

#### 3.3 Системы трехфазные и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением свыше 1 до 35 кВ включительно

Напряжения для трехфазной системы переменного тока с номинальным напряжением свыше 1 до 35 кВ включительно следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 3.

#### 3.4 Системы трехфазные и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением свыше 35 до 230 кВ включительно

Напряжения для трехфазной системы переменного тока с номинальным напряжением свыше 35 кВ до 230 кВ включительно следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 4.

Выше приведены два ряда номинальных напряжений системы. В любой стране рекомендуется применять только один из двух рядов.

В любой стране в качестве наибольшего напряжения для электрооборудования рекомендуется применять только одно значение из следующих групп:

- 123 или 145 кВ;
- 245 или 300 кВ (см. Таблицу 5) или 362 кВ (см. Таблицу 5).

#### 3.5 Системы трехфазные переменного тока с наибольшим напряжением для электрооборудования свыше 245 кВ

Наибольшее напряжение для электрооборудования для трехфазной системы переменного тока, превышающее 245 кВ, следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 5.

В любом географическом регионе в качестве наибольшего напряжения для электрооборудования рекомендуется применять только одно значение из следующих групп:

- 245 (см. Таблицу 4) или 300 или 362 кВ;
- 362 или 420 кВ;
- 420 или 550 кВ;
- 1100 или 1200 кВ.

**Электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением менее 120 В и  
постоянного тока с номинальным напряжением менее 750 В**

Постоянный ток		Переменный ток	
Номинальное напряжение		Номинальное напряжение	
Предпочтительное, В	Дополнительное, В	Предпочтительное, В	Дополнительное, В
	2,4 3 4 4,5		
6	5	6	5
	7,5		
12	9	12	
	15		15
24	30	24	
36			36
48	40	48	
60			60
72			
96	80		
110		110	100
	125		
220	250		
440	600		

**Примечания**

1. Поскольку напряжение элементов или аккумуляторов менее 2,4 В и выбор типа применяемого элемента или аккумулятора для различных областей использования основан на иных критериях, чем его напряжение, эти напряжения не указаны в таблице. Соответствующие технические комитеты ИЕС могут устанавливать типы элементов или аккумуляторов и соответствующие напряжения для конкретных применений.
2. По техническим и экономическим причинам для специфических областей применения могут потребоваться другие напряжения.

**Примечание** – Термин «географический регион» может указать одну страну, группу стран, которые соглашаются принять один и тот же уровень напряжения, или часть очень большой страны.

**3.6 Электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением менее 120 В и постоянного тока с номинальным напряжением менее 750 В**

Номинальное напряжение менее 120 и 750 В для электрооборудования

соответственно переменного и постоянного тока следует выбирать из значений, приведенных в Таблице 6.

**Приложение А**  
(справочное)

**Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и электроприемников для систем переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно**

В Таблице А.1 указаны наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и электроприемников. Их можно рассчитать по данным Таблицы 1 Раздела 4 настоящего стандарта и указаниям, приведенным в [7].

**Примечания**

1. Значения в Таблице А.1 основаны на примечании к разделу 525 [7], в котором указано: «При отсутствии других соображений, рекомендуется, чтобы на практике падение напряжения между вводом в электро-

**Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и электроприемников для систем переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно**

Системы	Номинальная частота, Гц	Напряжение			
		Наибольшее напряжение питания или используемое напряжение, В	Номинальное напряжение, В	Наименьшее напряжение питания, В	Наименьшее используемое напряжение, В
Трехфазные четырехпроводные или трехпроводные системы	50	253	230 <sup>с)</sup>	207	198
		253/440	230/400 <sup>с)</sup>	207/360	198/344
		440/759	400/690 <sup>б)</sup>	360/621	344/593
		1100	1000	900	860
		132/229	120/208	108/187	103/179
		264	240 <sup>с)</sup>	216	206
		253/440	230/400 <sup>а)</sup>	207/360	198/344
	60	305/528	277/480	249/432	238/413
		528	480	432	413
		382/660	347/600	312/540	298/516
		660	600	540	516
Однофазные трехпроводные системы	60	132/264	120/240 <sup>д)</sup>	108/216	103/206

а) Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применять.

б) Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.

с) Значение 200 или 220 В также используют в некоторых странах.

д) Значения 100/200 В также используют в некоторых странах в системах с частотой 50 или 60 Гц.

установку пользователя и электрооборудованием было не более 4% от номинального напряжения электроустановки». Раздел 525 [7] находится на рассмотрении. В будущем значения для наименьшего используемого

напряжения могут быть изменены в соответствии с пересмотром [7].

2. Стандарт [7] заменен стандартом [6], в Таблице G.52.1 Приложения G которого для электроустановок, подключаемых

к электрическим сетям общего пользования, установлены следующие максимальные падения напряжения: для электрических светильников – 3%, для других электроприемников – 5%.

## Библиография

[1]	IEC60050–601:1985	Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General (Международный электротехнический словарь. Глава 601. Производство, передача и распределение электрической энергии. Общие понятия)
[2]	IEC60335–1:2013	Household and similar electrical appliances. Safety. Part 1: General requirements (Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Часть 1. Общие требования)
[3]	IEC60071	Insulation co-ordination (Координация изоляции)
[4]	IEC60050–826:2004	International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations (Международный электротехнический словарь. Часть 826. Электрические установки)
[5]	ГОСТ 30331.1–2013	Low-voltage electrical installations. Part 1. Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions (Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения)
[6]	IEC60364–5–52:2009	Low-voltage electrical installations. Part 5–52: Selection and erection of electrical equipment. Wiring systems (Низковольтные электрические установки. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрического оборудования. Системы электропроводок)
[7]	IEC60364–5–52:2001	Electrical installations of buildings. Part 5–52: Selection and erection of electrical equipment. Wiring systems (Электрические установки зданий. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрического оборудования. Системы электропроводок)

## Instrument Systems – эксперт по точным световым измерениям



Компания *Instrument Systems* основана в 1986 г. и находится в Мюнхене, Германия. Она разрабатывает, производит и продаёт готовые решения («под ключ») для световых измерений, поставляет широкий ассортимент изделий для промышленных и научно-исследовательских применений. Он включает высокоэффективные матричные и сканирующие спектрометры, а также фотометры с формированием изображения и колориметры. Широкий набор измеритель-



ных переходников и приспособлений вроде интегрирующих сфер, гониометров и испытательные гнезда для светодиодов завершает номенклатуру изделий. Все приборы обеспечивают точные и надёжные измерения согласно рекомендациям МКО. Их ключевые применения – световые измерения светодиодов (СД), осветительного оборудования с СД и дисплеев, а также спектрорадиометрия и фотометрия.

Ассоциированное подразделение *Optronik* в Берлине разрабатывает и продаёт светоизмерительное испытательное оборудование сугубо для автотранспортных средств и транспортного сектора.

Будучи «дочкой» компании *Konica Minolta*, компания *Instrument Systems* имеет доступ к обширным ресурсам и глобальной сети.

### Разнообразные применения

#### Измерения светодиодов

СД и органические СД являют собой свет будущего. Технология производства этого типа источников света обуславливает их существенный разброс по оптическим характеристикам на стадии изготовления. Поэтому необходимо их всестороннее тестирование. Как эксперт и лидер мирового рынка в области светодиодных измерений, *Instrument Systems* предлагает эффективные средства для определения светового потока, силы света, цветовых координат и пространственного светораспределения – приборы, идеаль-



ные для лабораторных измерений и быстрого производственного тестирования.

#### Измерения дисплеев

У *Instrument Systems* длинный послужной список как ведущего производителя средств измерения для приборных панелей и приборного оборудования кабин в автомобильной и авиационной промышленности. Измерительные приборы также успешно тестируют экраны смартфонов, планшетных ПК, мониторов и телевизоров. Они позволяют точно определять данные по яркости, однородности засветки, контрасту и цветовым показателям. Номенклатура изделий включает спектрорадиометры, фотометры с формированием изображения и колориметры, а также системы полного измерения дисплеев, предназначенных для анализа периферического зрения.

#### Измерительные системы для осветительного оборудования со светодиодами

Наряду с тем, что технология освещения светодиодами, как абсолютно новая, открывает огромные возможности в освещении общего назначения, она создаёт и проблемы. Подобно самим СД, осветительное оборудование



с СД требует всестороннего тестирования его оптических характеристик. Буквально в начале развития СД-технологии *Instrument Systems* разработала для неё инновационные системы измерения, что положительно сказывается, в частности, и на качестве выпускаемого оборудования с СД.

#### Спектрорадиометрия и фотометрия

Независимо от того, хотите ли вы измерить солнечный спектр, УФ излучение энергосберегающих ламп или в горизонтальных соляриях, высококачественные и точные спектрометры от *Instrument Systems* удовлетворят вас охватом широкого спектрального диапазона измерений: от УФ до ИК областей спектра. Гибкие волоконно-оптические соединители, множество разных измерительных переходников и всестороннее программное обеспечение «завершают» номенклатуру изделий *Instrument Systems*, и также способствуют выполнению многих измерительных задач (как например, определение характеристик пропускания и отражения).

Дополнительную информацию можно получить на сайте *Instrument Systems*: [www.instrumentsystems.com](http://www.instrumentsystems.com)

# Международная конференция «Световой дизайн – 2015»

8 и 9 октября в Санкт-Петербурге в рамках официальной программы мероприятий Международного года света и световых технологий прошла ежегодная Международная научно-практическая конференция «Световой дизайн – 2015». Организаторами конференции выступили Высшая школа светового дизайна Университета ИТМО (<http://CLD.ifmo.ru>) и Творческое объединение светодизайнеров RULD ([www.ruld.ru](http://www.ruld.ru)). Основная задача, которую ставили перед собой организаторы и участники: обсуждение актуальных вопросов проектирования световой среды современных городов, раскрытие междисциплинарного потенциала светового дизайна, рассмотрение практики и перспектив взаимодействия научной, художественной и технической составляющих в области светового дизайна.

В этом году темой конференции была заявлена «Световая культура», благодаря чему диапазон дискуссионных направлений оказался значительно шире, чем в прошлый раз: «Светодизайн и общество», «Светодизайн и город», «Светодизайн и наука», «Светодизайн и искусство», «Светодизайн и образование». О несомненном интересе профессионального сообщества и представителей смежных областей свидетельствовали число участников конференции (свыше двухсот), темы докладов,

которые раскрывали разные грани световой культуры и светового дизайна, а также активное обсуждение программы конференции в социальных сетях.

Среди участников «Светового дизайна – 2015» присутствовали представители ведущих российских и зарубежных вузов, практикующие специалисты в области светодизайна из Франции, Италии и России, архитекторы, проектные фирмы, государственные учреждения, представители администрации, студенты различных вузов России, специализирующихся на подготовке профильных специалистов в области светового дизайна.

Открыл конференцию круглый стол «Высшее образование: новые стратегии и тактики» (рис. 1 и 2). Участники заседания – руководители и преподаватели крупнейших вузов России и Франции, эксперты в области науки, культуры и искусства, техники и дизайна – рассмотрели наиболее острые проблемы подготовки конкурентоспособных специалистов-светодизайнеров, поделились опытом в развитии экспериментальных методик обучения в данной области, обсудили перспективные направления взаимодействия между вузами, представляющими разные грани световой культуры: научную, художественную и техническую.

На круглом столе присутствовали Н.И. Щепетков и А.Г. Приходько (МАрХИ (ГА)), Н.Н. Шальнева (НИУ «МЭИ»), Н.В. Быстрянцева и Е.Ю. Лекус (Высшая школа светового дизайна Университета ИТМО), И.С. Смилга и С.О. Горчанинов (СПбГХПА им. А.Л. Штиглица), В.Б. Санжаров и Е.Ю. Лобанов (ИДИ СПГУТД), К.А. Томский (СПбГУКиТ) и С. Каклен (Университет *INSA Lyon*). Благодаря тому, что каждое из этих учебных заведений – состоявшаяся школа, имеющая свои традиции, многолетний опыт и специалитет, – на круглом столе были представлены разные направления, подходы и методики образования в области светодизайна. Одной из наиболее актуальных тем обсуждения стала проблема развития и укрепления теоретического фундамента светового дизайна, без которого невозможно создание методологии профильного образования. Придя к единому мнению о необходимости использования междисциплинарного учебного подхода, учитывающего многоуровневую природу светового дизайна (научный, художественно-эстетический, технологический, социокультурный, экологический и др. аспекты), все участники круглого стола выразили готовность к разным формам межвузовского сотрудничества для того, чтобы объединить и развивать в дальнейшем наиболее сильные стороны образовательных программ разных вузов. Так, прозвучали предложения о проведении совместных исследований, студенческом обмене, курсах повышения квалификации, обсуждались возможности реализации совместных проектов.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

В целом задача, которую ставили перед собой организаторы и участники круглого стола, оказалась выполнена: были рассмотрены стратегически важные аспекты образовательной системы в области светового дизайна и намечены реальные тактические шаги для достижения общего результата – подготовки высококвалифицированных конкурентоспособных специалистов, обладающих знаниями и навыками комплексного светового дизайна.

В 2015 г. программу конференции отличало большее тематическое разнообразие, благодаря чему все участники, значительную часть которых составляли студенты российских вузов, имели возможность участвовать в обсуждении докладов и задавать вопросы докладчикам. Живой интерес к поднимаемым проблемам зачастую приводил к тому, что короткие перерывы превращались в продолжение дискуссий, начатых в конференц-зале.

Программа докладов открылась выступлением Н.И. Щепеткова (МАрХИ (ГА)), который тематически обозначил основной лейтмотив конференции – «Светодизайн и световая культура». Разные аспекты этой темы рассматривались в последующих докладах:

- в докладе «Световая культура как культура отношения к свету» (Е.Ю. Лекус, Высшая школа светового дизайна Университета ИТМО) рассматривалась проблема смыслообразующей функции света и его роль как культурной универсалии;
- доклад «Пылающая готика: роль света в архитектуре соборов. 1130–1280 гг.» (Н.В. Токарев, Университет ИТМО) касался проблемы эстетического воздействия света на человека в эпоху Высокого Средневековья;
- в следующем выступлении – «Изучение влияния цвета и света на человека: краткий исторический обзор и последние тенденции современной индустрии» (Н.С. Зазерская,

Школа дизайна *Divina Harmonia*) – поднимался вопрос изменения особенностей свето-цветового восприятия человека под влиянием разных факторов.

Научный и технологический аспекты световой культуры были раскрыты в докладах: «Яркость ночного неба – косвенный показатель уровня световой культуры» (С.В. Колгушкина, НИУ «МЭИ» и Университет ИТМО); «Проблемы использования цветного освещения в светодизайне городской среды» (Н.Н. Шальнева, НИУ «МЭИ»); «Дизайн оптических корреляций» (Н.В. Серов); «Светодиодные линейки и трубки на фасадах с архитектурным освещением – ошибки при проектировании и реализации осветительных установок на LED» (А.Г. Хаджин, архитектурно-проектная Мастерская № 9 ГУП «Моспроект-3»); «Исследования и эксперименты в светодизайне» (А.Г. Приходько, МАрХИ (ГА)) и др.

В первый день конференции также выступила С. Каклен (доклад



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

«INSA. Световой дизайн города»), рассказавшая о специфике образования светодизайнеров в Университете *INSA Lyon* и основных тенденциях развития светового дизайна во Франции.

Второй день конференции открылся круглым столом «Читательская конференция», который был отмечен выступлением главного редактора журнала «Светотехника» Ю.Б. Айзенберга (рис. 3) и его последующими ответами на многочисленные вопросы слушателей и читателей этого авторитетного издания.

Далее глава СПбГУП «Ленсвет» С.В. Мителев (рис. 4) в докладе «Современные тенденции развития системы наружного освещения города на примере Санкт-Петербурга» раскрыл основные перспективные направления «световой политики» Северной столицы, а руководитель ТО светодизайнеров *RULD* и Высшей школы светового дизайна Университета ИТМО Н.В. Быстрянцева

(рис. 5) акцентировала внимание аудитории на основных задачах и особенностях исследования световой среды («Современные задачи и методы исследования световой среды города»).

В этот же день прозвучали доклады по проблемам влияния света на человека, повышения энергоэффективности световых решений, а также смыслового прочтения света и его роли в визуальном искусстве и общественных пространствах: «Планирование освещения с учётом современных исследований влияния света на человека» (Д. Бекташева, *Fagerhult* Россия); «Тенденции освещения в городской среде: влияние на психофизиологическое состояние человека» (С.В. Рослякова, ТО светодизайнеров *RULD* и Университет ИТМО); «Энергоэффективные решения на базе светодиодов» (А.А. Богданов, ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»); «Свет и смысл» (Э. Лобацкая, независимый журналист); «Световой

элемент в современном визуальном искусстве и пространстве города» (В.Ф. Колейчук, МАрХИ (ГА)) и др.

В заключительный день конференции состоялись также доклады зарубежных специалистов в области проектирования освещения: «Перспективы развития наружного освещения. Италия» (Л. Паче, компания *CARIBONI*, Италия); «Свет и культура» («*Lights and Cultures*») и «Перспективы развития городского освещения. Практический опыт» (Р. Нарбони, Студия *Concepto*, Франция). При этом Л. Паче (рис. 6) на многочисленных примерах разных городов Италии продемонстрировал наиболее перспективные тенденции в освещении городских пространств, а Р. Нарбони (рис. 7) дал широкий обзор особенностей световых сценариев разных городов мира, в которых он выступал в качестве автора и проектировщика-разработчика комплексных световых решений. Особое внимание он уделял специ-



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12

фике работы с уникальным культурным контекстом, от которого зависит индивидуальность и оригинальность каждого проекта<sup>1</sup>.

В течение двух дней, которые длилась конференция, все участники могли посетить Фестиваль световой культуры «LumiFest» (рис. 8–12), проходивший в Александровском парке в рамках официальной программы мероприятий Международного года света и световых технологий. Организаторами фестиваля также выступили Высшая школа светового дизайна Университета ИТМО и ТО светодизайнеров RULD при поддержке СПбГУП «Ленсвет».

Фестиваль «LumiFest» явился первым для Санкт-Петербурга массовым мероприятием, ориентированным на развитие световой культуры, формирование социального запроса на качественную профессиональную деятельность в области светового дизайна и высокий уровень световой среды города.

Основные задачи, решению которых призван способствовать «LumiFest»:

- объединение в «световом пространстве» как можно большего

круга специалистов-светодизайнеров, профессиональных коллективов и компаний, занимающихся разными сферами светового дизайна (их творческих навыков, оригинальных решений, профессионального опыта, инновационных технологий) и горожан, которые смогут не только оценить высокий уровень светодизайнерского искусства и получить заряд положительных эмоций от интересного зрелища, но и существенно расширить свои представления о том, какой может и должна быть световая среда современного города;

- демонстрация возможностей и достижений профессионального светодизайнерского сообщества администрации города с целью дальнейшего использования оригинальных решений в городском освещении, его фрагментов или отдельных объектов.

Световые решения, представленные на данном, первом фестивале световой культуры, были разработаны студентами Высшей школы светового дизайна Университета ИТМО при поддержке профессионалов в области светодизайна и мультимедиа. «LumiFest» заслужил положительную оценку горожан, международных и российских ведущих специалистов, администрации города.

Организаторы и участники фестиваля надеются, что он станет ежегодным событием, которое будет способствовать расширению спектра оригинальных, творческих идей для будничного и праздничного типов городского освещения, демонстрируемых городу и широкой общественности.

Возвращаясь к прошедшей в Петербурге Международной научно-практической конференции «Световой дизайн – 2015» и подводя итог этого значимого события, следует отметить, что заявленная тема «Световая культура» позволила объединить в одном дискуссионном пространстве профессионалов, представляющих разные стороны этой специализированной деятельности (науку, искусство, технологии, дизайн), обладающих уникальными для каждой из этих сфер знаниями, навыками, опытом, и вкуче способными укреплять теоретическую базу светового дизайна, развивать его творческий потенциал, формировать его междисциплинарную методологию и образовательное поле. Поэтому очень важно, что все участники проявили себя как единое сообщество теоретиков, практиков и творцов световой культуры.

Организаторы конференции от всей души благодарят участников «Светового дизайна – 2015» и приглашают посетить это ежегодное мероприятие в следующем году!

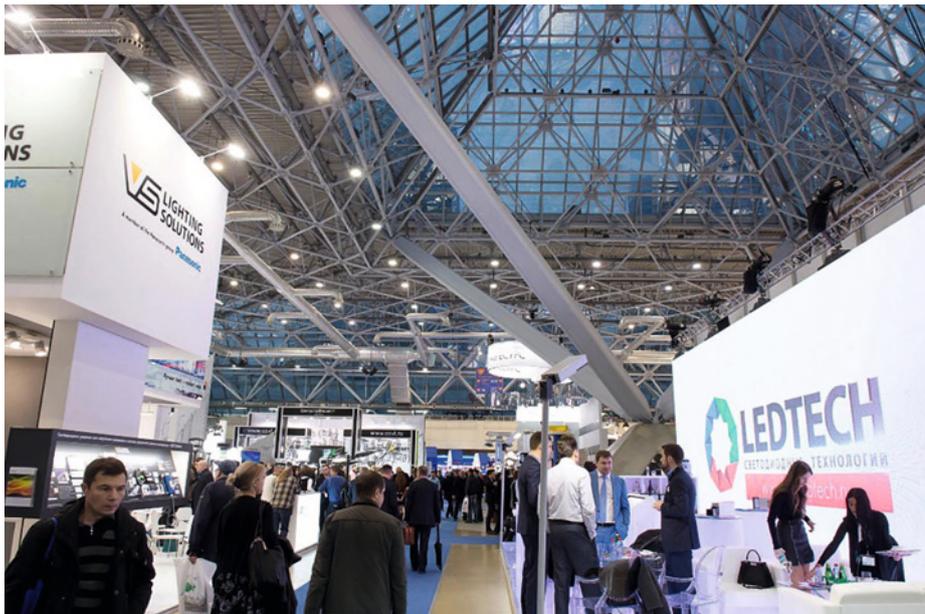
До скорой встречи на «Световом дизайне – 2016»!

Материалы конференции опубликованы в сборнике трудов. С электронной версией можно ознакомиться на сайте <http://CLD.ifmo.ru>.

**Н.В. Быстрянцева, архитектор-дизайнер, Творческое объединение светодизайнеров RULD и Высшая школа светового дизайна Университета ИТМО, Санкт-Петербург**

<sup>1</sup> Примечательно, что Р. Нарбони, который известен как автор свыше девяноста световых планов и проектов развития световой среды во Франции и других странах, с 2015 г. входит в ведущий преподавательский состав Высшей школы светового дизайна Университета ИТМО и является сотрудником созданной на базе Университета ИТМО международной лаборатории «Световой дизайн городской среды», занимающейся исследованиями по световой среде вечернего города.

## 21-я выставка «Interlight Moscow powered by light+building»



С 10 по 13 ноября 2015 г., в ЦВК «Экспоцентр» с успехом прошла 21-я выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий «Interlight Moscow powered by light+building».

Традиционно выставка продемонстрировала продукцию 7 тематических направлений: техническое освещение, декоративное освещение, электрические лампы, светодиоды/LED, автоматизация зданий и умный дом, электротехника и праздничное освещение.

В выставке приняло участие 519 компаний из 21 страны, а общая площадь составила более 22400 м<sup>2</sup>. Она была расположена в 4 павильонах (1, 7, 8 и «Форум») и собрала 29827 специалистов в области светотехники, электротехники, автоматизации зданий, представителей оптовых и розничных торговых компаний, проектировщиков, инженеров, девелоперов, строителей, инсталляторов, архитекторов внутренних пространств и дизайнеров.

Среди ключевых участников: OSRAM Opto Semiconductors GmbH (Германия) (партнёр секции «LED» на выставке), Seoul Semiconductor (Республика Корея), Schneider Electric (Германия), WAGO (Германия), ABB (Гер-

мания), Uniel (Россия), BL Group (Россия), Jung (Германия), Esylux (Германия), IEK (Россия), «Амира» (Россия), «АтомСвет» (Россия), Fael Luce (Италия), Makel (Турция), Mantra (Испания), Vita (Дания), LEDS-C4 (Испания), «Сонекс» (Россия), «Технолайт» (Россия), Hugo Brennenstuhl (Германия), «Ардатовский светотехнический завод» (Россия), «Белинтегра» (Беларусь), Vossloh-Schwabe (Германия), Arrant Light Oy (Финляндия), Klus (Польша) и многие другие. Официальными партнёрами выставки в 2015 г. выступили компания Maysun и ГК «Вартон».

Коллективные стенды Германии, Италии, Испании, Турции, КНР, Тайваня были ярко представлены на экспозиции.

Выставка прошла при поддержке авторитетных российских и международных профессиональных ассоциаций и государственных структур – Минпромторга РФ, «Роснано», Фонда «Сколково», «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», НП ПСС, АЕВ в России, СТА, KNX Россия, KNX International, KNX User Club CIS and Baltic, Союза московских архитекторов, Союза дизайнеров России, «МГСУ», НИУ «МЭИ», Университета ИТМО, Высшей школы светового дизайна Университе-

та ИТМО, RULD, Школы светодизайна LiDS, EnOcean Alliance, Континентальной ассоциации автоматизации зданий (CABA), LonMark RUS, LonMark International, Торгового отдела посольства Республики Корея (KOTRA), Международной ассоциации светодизайнеров (IALD), Тайваньской ассоциации экспорта осветительного оборудования, Китайской ассоциации светотехнической отрасли и Испанской ассоциации производителей светотехнической продукции (ANFALUM).

Экспозиция компаний из Германии в этом году была представлена в павильоне «Форум». В рамках экспозиции ведущие немецкие производители – Alanod, BJB, Covestro, Durable, GL Optic, Hugo Brennenstuhl, LED Linear, Metalluk, Vidis, Vossloh-Schwabe, Wibre – провели презентации своих последних разработок в области светотехники и электротехники.

Италия представила продукцию технического света и комплекующих материалов от лидирующих в этой сфере компаний – Fael Luce, Gi Plast, Khatod, SIDE, Rold lighting, TCI. Традиционно не обошлось без итальянских производителей средств декоративного освещения.



Национальная экспозиция Турции продемонстрировала новинки в области декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий.

Национальная экспозиция КНР представила последние разработки топовых производителей КНР в области светотехники, электротехники и автоматизации зданий.

В этом году экспозиция ассоциации *KNX city* особенно отличилась своими размерами, объединив ведущие компании, работающие на международном стандарте «*KNX*»: *Alef Elektro*, *EkeyRus*, *ESYLUX*, *EVIKA*, *GVS Russia* («Смартпроект»), *iRidium mobile*, *JUNG*, *Schneider Electric*, *Simple Distribution*, *SGA* («СтройГруппАвтоматика»), *STEINEL*, *VaDiArt*, *VIMAR*, *Vitrum*. Впервые в рамках выставки состоялся конкурс среди производителей – «Плагфест: выбор интеграторов», го-



лосование на котором проходило на публичной странице *Facebook KNX User club CIS and Baltic*, где интеграторы голосовали за лучший *KNX*-девайс, который был представлен на прошедших мероприятиях «Плагфест – Весна» и «Плагфест – Лето». Победителем стала новая версия устройства компании *iRidium mobile*.

Отдельного внимания заслуживает трёхдневный марафон, поддерживающий тематику автоматизации зданий и умного дома – «Всемирная олимпиада *KNX*», организованная Мессе Франкфурт РУС, совместно с «МГСУ», ассоциациями *KNX International* и *KNX Россия*. Участники соревновались в программировании в системе *ETS-5 (Engineering Tool Software/Инструментальный программный пакет для инженерного обеспечения)*. Победителем Олимпиады *KNX* стал Александр Ефремов, представитель компании *Schneider*

*Electric*. Он справился с задачей за наименьшее время, допустив минимальное количество ошибок, и получил ценные призы от официальных партнёров мероприятия – *iRidium mobile*, *Schneider Electric*, *ESYLUX* и *GIRA*.

В 2015 г. выставка была насыщена научными и бизнес-мероприятиями – «*LED Forum*», форум «Автоматизация зданий и энергоэффективность», круглые столы, открытые дискуссии и мастер-классы на конференц-площадках «*AGORA*» и «*Interlight Design Academy*».

При этом 10–11 ноября прошла крупнейшая конференция по светодиодным технологиям в России и Восточной Европе – «*LED Forum*». Она собрала более 180 специалистов, представителей науки, бизнеса и прикладных сфер. В этом году впервые в России на «*LED Forum*» была затронута тема «*Human Centric Lighting*», где были рассмотрены вопросы влияния света на физическое и эмоциональное состояние человека. Второй темой мероприятия стала новая технология связи посредством света – «*Li-Fi*». Эти доклады объединили рекордное количество иностранных специалистов из Чехии, Германии, Республики Корея, Франции, Швейцарии, Тайваня, Нидерландов, КНР и Израиля. Форум прошёл при поддержке Фонда «Сколково», «Роснано», НП ПСС, а партнёром региональной сессии стал Совет по развитию внешней торговли Тайваня (*TAITRA*). Партнёрами Форума стали *Seoul Semiconductor* и *Forest Lighting*.

В этом году форум «Автоматизация зданий и энергоэффективность» собрал более 200 делегатов. Главной темой Форума стала «Энерго-



эффективность для промышленных объектов и складских комплексов». Представители ведущих международных разработчиков систем автоматизации, девелоперы, представители крупнейших логистических центров и консалтинговые компании поделились опытом внедрения технологий при проектировании крупных складских помещений. В рамках Форума состоялась серия прямых *B2B*-встреч с крупнейшими компаниями, которые предоставляют энергоэффективные решения – ОАО «Альфа Лаваль Поток», *AERECO BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH*, «Легран», Сен-Гобен, «Филипс «Световые решения», «ФЕНИЧЕ РУС», «Экотим» (*Ecoteam*).

Соорганизатором Форума выступила *AEB* в России.

Среди традиционных мероприятий выставки – конкурс «Российский Светодизайн – 2015», организованный совместно с «ВНИСИ им. С.И. Вавилова». Мероприятие направлено на продвижение разработок и инноваций в области светотехники и светодизайна. Впервые в этом году отдельная номинация





«Лучший проект внутреннего освещения» была организована совместно с онлайн платформой «Pinwin». Данная номинация собрала более 60 работ от лучших архитектурных бюро и архитекторов внутренних пространств. Поддержку номинации оказали Центр Света «Палантир» и компания «Архистудия».

Победителем в номинации «Лучший проект внутреннего освещения» стал Марат Мазур с проектом веранды кафе «Каре» в г. Ижевск. Победителем в номинации «Лучший проект наружного освещения» стало архитектурное бюро *Weiss Group* за проект медиа-архитектурного освещения бизнес-холла «Бовид» в г. Челябинск. А в номинации «Лучший дизайн светового прибора» победителем стала компания «ЗодиакЭлектро» за световой шар, который украшал Манежную площадь на Новый год в Москве. При этом в состав международного жюри вошли представители «ВНИСИ им. С.И. Вавилова» и Союза дизайнеров России. Председатель жюри – представитель *IALD* Андреас Шульц. Награждение победителей состоялось 13 ноября, в 12:30, на конференц-площадке «*Interlight Design Academy*», где Андреас Шульц вручил ценные призы и поздравил победителей лично.

В этом году во второй раз состоялись мероприятия, которые успешно стартовали на предыдущей выставке:

- Форум «Светотехника: нормы, стандарты, измерительное оборудование», организованный совместно с «ВНИСИ им. С.И. Вавилова» и компанией «ЛБК», состоялся 12 ноября. На мероприятии были рассмотрены действующие стандарты в области светотехники в РФ и современные

средства измерения светотехнических характеристик от компаний-производителей. Форум является информационным пространством для обмена опытом между специалистами испытательных лабораторий и представителей компаний-производителей, а также

дискуссионной площадкой для обсуждения актуальных вопросов стандартизации, метрологии и испытаний. Форум прошёл при поддержке СТА и НП ПСС. Делегатами форума стали более 70 человек.

- HR-Форум «Малобюджетные HR-решения», впервые состоявшийся в 2014 г., собрал немало участников. В этом году мероприятие было организовано совместно с компанией «ЛБК», а генеральным партнёром выступило российское кадровое агентство «ВИЗАВИ Консалт». На форуме были затронуты такие темы, как аутсорсинг и нематериальная мотивация, а также были представлены практические кейсы по результатам внедренных малобюджетных решений в компаниях. Мероприятие посетило более 50 человек.

Помимо традиционной деловой программы, на выставке «*Interlight Moscow*» были представлены новые мероприятия:

- Открытая дискуссия «Преобразование рынков стран-участников Таможенного союза в целях продвижения энергоэффективного освещения», посвящённая обсуждению предложений по корректировке (актуализации) проекта технического регламента «О требованиях к энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств», разрабатываемых «ВНИСИ им. С.И. Вавилова» по заказу Проекта ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России. Мероприятие состоялось на конференц-площадке «AGORA». Дискуссию открыл помощник заместителя Министра энергетики РФ Д.А. Мельников.

- Маркетинговый форум, состоявшийся 11 ноября на конференц-пло-

щадке «AGORA». Преподаватели «ВШЭ» Алексей Бурочкин и Юлия Дидыченко рассказали о специфике продвижения брендов на рынке B2B и продажах в экономически нестабильные времена.

- Форум «Интернет вещей: новая концепция умного дома», прошедший в первый день выставки, 10 ноября, на конференц-площадке «AGORA». Соорганизатором мероприятия выступила компания *EVIKA*. Представители компаний *Google*, *Microsoft* и *Intel*, а также производители систем автоматизации зданий и «умный дом» рассказали о текущем положении дел в сфере «умных» вещей и о недалёком будущем, когда все бытовые приборы будут объединяться в одну сеть.

В течение четырёх дней на выставке работали открытые конференц-площадки «AGORA» и «*Interlight Design Academy*». Многочисленные семинары, мастер-классы, открытые дискуссии и образовательные мероприятия традиционно привлекали внимание множества специалистов по светотехнике, автоматизации зданий, электротехнике, дизайну и архитектуре.

На конференц-площадке «*Interlight Design Academy*» состоялись презентации, мастер-классы и воркшопы на темы освещения в жилых интерьерах, проектирования светильников и световых скульптур. В последний день выставки представитель *IALD* Андреас Шульц выступил с мастер-классом «Самый большой шаг со времён Эдисона – от аналогового к цифровому освещению».

Благодаря большой экспозиции и обширной деловой программе выставка «*Interlight Moscow powered by light+building*» является ведущим профессиональным событием в России и странах СНГ. «*Interlight Moscow powered by light+building*» относится к семье выставок «*light+building*», которые проводятся компанией *Messe Frankfurt GmbH*. Очередная главная выставка «*light+building*» состоится 13–18 марта 2016 г. во Франкфурте-на-Майне, Германия.

Более подробная информация доступна на сайте [www.interlight-messefrankfurt.ru](http://www.interlight-messefrankfurt.ru).

**К.А. Луньков,**  
**ООО «Мессе Франкфурт Рус», Москва**

# Впечатления от экспозиций и экспонатов 21-й Международной светотехнической выставки в Москве

С 10 по 13 ноября 2015 г. в ЦВК «Экспоцентр», на Красной Пресне, прошла 21-я «Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий» *«Interlight Moscow powered by light + building»*. В выставке приняли участие 519 компаний из 21 страны, что несколько меньше, чем в предшествующие годы. Наибольшее количество участников было из России (260), КНР (153) и Гонконга (18), Турции (16) и Германии (15). К сожалению, впервые за последние годы на выставке не было стендов таких постоянных и интересных её участников, как «Световые Технологии», «Белый свет», «Рефлекс», «Фокус», «ЦЕРС», «Физтех-Энерго», «Лампирис».

Поделюсь своими впечатлениями от экспозиции и экспонатов выставки.

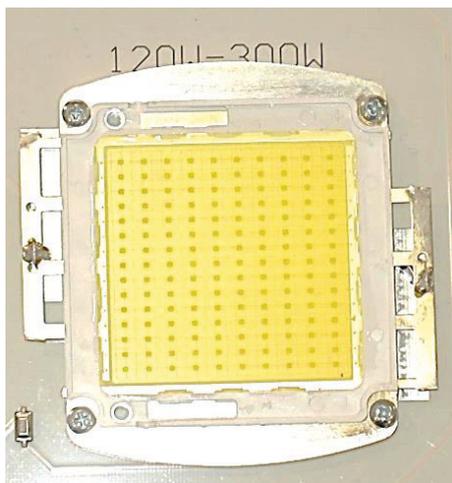


Рис. 1. Светодиодный модуль мощностью до 300 Вт. Good Light



Рис. 4. Светодиодные модули. Seoul Semiconductor



## Источники света

Как и на предыдущей выставке, ИС были представлены в основном светодиодами (СД). Каких-либо «революционных» изменений параметров СД по сравнению с предыдущей выставкой не произошло; практически все фирмы заявляли примерно одинаковые значения основных показателей – световой отдачи, срока службы, общего индекса цветопередачи. Увеличивается максимальная единичная мощность СД-модулей: на стенде фирмы Good Light демонстрировались модули мощностью до 300 Вт (рис. 1) со световым потоком более 30 000 лм.



Рис. 2. Филаментные лампы. «Лисма»



Рис. 3. Светодиодные лампы прямой замены. «Светлана-Оптоэлектроника»

Световая отдача выше 200 лм/Вт не встретилась ни на одном стенде. Достоверной (подтвержденной испытаниями) максимальной световой отдачей модулей среди представленных на выставке изделий было 190 лм/Вт (для сборки из маломощных СД, немецкая *Vossloh Schwabe*, входящая в корпорацию *Panasonic*) и 130 лм/Вт (для мощных СД-модулей, созданных по технологии *COB, Seoul Semiconductor*).

По сравнению с прошлым годом резко увеличилось количество фирм, экспонировавших СД-лампы прямой замены (СДЛПЗ) ЛН. При этом особенно добавилось фирм, представлявших СД-лампы с имитацией нитей



Рис. 5. Светодиодные лампы прямой замены. «ЛидерЛайт»



Рис. 6. Светоизмерительная лампа. «НИИ-ИС им. А.Н. Лодыгина»



Рис. 7. Светодиодный модуль с радиатором. «Практичный свет»



Рис. 8. Фрагмент стенда компании IEK

накала (филаментные лампы). Подавляющее большинство их родом из КНР, но экспонировались они и под российскими торговыми марками – Gauss, «Экола», «ВКЛ Электрик» и др.

Исключением были лишь два российских предприятия – флагман отечественной электроламповой промышленности ГУП РМ «Лисма» и ГК «Светлана-Оптоэлектроника».

На стенде «Лисмы» была представлена серия филаментных ламп мощностью 4, 6 и 8 Вт с цоколями E27



Рис. 11. Светильник-глубокоизлучатель. «АСТЗ»



Рис. 12. Уличные светильники. «АСТЗ»



Рис. 9. Фрагмент стенда компании Polaroid

и E14, предназначенных для прямой замены ЛН мощностью 40, 60 и 75 Вт (рис. 2). Световая отдача ламп – около 110 лм/Вт, срок службы – 30000 ч. По расчётам специалистов «Лисмы» срок окупаемости ламп в быту не превышает и полугодя, что весьма похвально. К сожалению, филаменты (имитаторы нитей накала) в России не производят, и на выставке фигурировали образцы тайваньского производства, используемые в лампах «Лисмы».

«Лисмой» были показаны и другие новые разработки – НЛВД серии «ДНАТ СУПЕР» со световой отдачей до 150 лм/Вт и сроком службы 48000 ч.

«Светлана-Оптоэлектроника», как и в прошлом году, демонстрировала широкий ассортимент СДЛПЗ «SvetaLED» и «iRLED» (рис. 3), построенных на отечественных СД. Их конструктивное решение запатентовано в ЕС, КНР, Тайване, Гонконге и некоторых других странах. Они широко поставляются за рубеж, в частности на Ближний Восток, и функционально не уступают лучшим образцам наиболее раскрученных европейских и американских компаний.

СД собственного изготовления показали ещё два российских предприятия: «Протон» (Орёл) и «Руслед» (Томск). «Руслед» также выпускает СДЛПЗ, а «Протон» – многокристальные СД-индикаторы и ОП высокой надёжности, в том числе и с военной приёмкой.

Компания Seoul Semiconductor показала СД-модули «Acriche 3», предназначенные для прямого (без УУ) включения в сеть переменного тока 220 В (50 Гц), мощностью 105 Вт (рис. 4). Недостаток этих удобных в применении модулей – в огромной пульсации светового потока (100%), из-за чего их принципиально нельзя использовать для внутреннего освеще-



Рис. 10. Мощный светильник-глубокоизлучатель. «АСТЗ»

щения. Компания представила также «первый в мире» бескорпусной СД для ОП.

Оригинальные СДЛПЗ, защищённые российскими и международными патентами, показало ООО «Лидер-Лайт», входящее в Международную ГК INCONEX Electronic Group. Радиатор в них имеет большие сквозные отверстия, что обеспечивает свободный проход через него воздуха и эффективный теплоотвод. Мощность ламп – от 1 до 13 Вт, световая отдача – 90 лм/Вт. заявленный срок службы – 50000 ч; лампы выпускаются с цоколями E14, E27 и B22d (рис. 5).



Рис. 13. Садово-парковые светильники с солнечной батареей. «АСТЗ»



Рис. 14. Уличные светильники. «Брайтэлек»

ГК имеет 5 заводов в России, 2 в Болгарии и 1 в КНР. На каком из них выпускаются эти лампы, выяснить не удалось.

Новые типы бактерицидных УФ ламп НД мощностью 9, 18 и 36 Вт, светоизмерительную температурную лампу (рис. 6) и оригинальные светильники (о них будет сказано ниже) показало ГУП РМ «НИИИС им. А.Н. Лодыгина».

Белорусское предприятие «Практичный свет» представило мощный СД-модуль с радиатором, который можно устанавливать в существующие светильники вместо ЛН или ламп «ДРЛ», что позволяет «сводить до минимума расходы на модернизацию освещения» (рис. 7). Какими при этом будут светотехнические параметры (КСС и защитный угол) – это вопрос.

ГК *IEK* – одна из немногих, кто экспонировал КЛЛ мощностью до 250 Вт, в том числе и весьма оригинальной конструкции (рис. 8). Они производятся в КНР. Параллельно демонстрировались СД-ленты разной длины и мощности и СДЛПЗ в ши-

роком ассортименте и с неплохими параметрами.

К производству СДЛПЗ подключилась и компания *POLAROID* (рис. 9). По словам её представителей, их продукция на российском рынке по цене должна быть соизмерима с китайской.

В целом экспозиция источников света показала некоторое оживление отечественного производства (стенды «Лисмы», «НИИИС им. А.Н. Лодыгина», «Светланы-Оптоэлектроники»), но одновременно и абсолютную бесперспективность конкуренции в этом направлении с производителями из Юго-Восточной Азии. (Так, сравнение цен на аналогичные изделия китайского и российского производства (по данным стендистов и из Интернета) показало явное преимущество первых.)

### Осветительные приборы

Как и в прошлом году, на выставке практически не было новых ОП с «традиционными» источниками света (за исключением декоративных



Рис. 15. Облучатели для растений. «АтомСвет»



Рис. 16. Светильники для производственных и офисных помещений. «АтомСвет»



Рис. 17. Взрывозащищённые светильники. «Гагаринский светотехнический завод»

многоламповых люстр и настольных светильников с ЛН) – все новые разработки основаны на СД. И в этом отношении одна из лучших экспозиций была у компании «Ардатовский светотехнический завод». Как отмечалось в обзоре прошлогодней выстав-



Рис. 18. Взрывозащищённый светильник с люминесцентной лампой. «Гагаринский светотехнический завод»



Рис. 19. Светильник отражённого света. «Вартон»

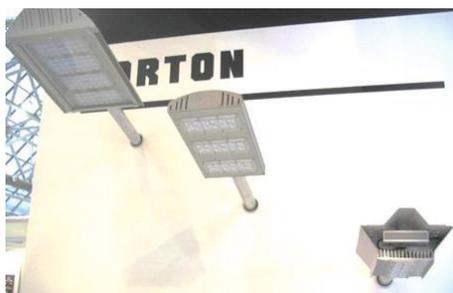


Рис. 20. Уличные светильники. «Вартон»

ки, «АСТЗ» пошла по оригинальному пути – разработки однотипных светильников с ЛЛ, РЛВД или СД. В каталогах и другой технической информации «АСТЗ» приводятся технические данные этих светильников и их цены, а потребителям предоставляется возможность самим выбирать, что им больше подходит в каждом конкретном случае. Из новых разработок «АСТЗ» выделялись широкоизлучатели с мощными СД-модулями



Рис. 21. Светильники для производственных помещений. «Вартон»

для высоких производственных помещений (рис. 10 и 11), серия уличных светильников (рис. 12) и серия садово-парковых светильников с возможностью питания от солнечных батарей (рис. 13). Светильники «АСТЗ» спроектированы светотехнически грамотно (обеспечены необходимые защит-

Нужен мощный светодиодный светильник, но есть ограничения по массе? Выбирайте легкие светильники на тепловых трубах серии «Промлайт»

Модель	Масса, кг	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Цена, руб. РФ
Промлайт-3	3	100	10 000	11800,00
Промлайт-5	5	200	20 000	21800,00
Промлайт-7	7	300	30 000	31600,00



Рис. 22. Светильник с тепловыми трубами. «ЦСОН НАН Беларуси»



Рис. 23. Облучатели для растений. «ЦСОН НАН Беларуси»

ные углы, сформированы требуемые для конкретных применений КСС, которые обязательно приводятся в каталогах, в светильниках с мощными СД-модулями УУ автономны и вынесены за пределы корпуса светильника, что значительно облегчает их работу. Предприятие развивается – создана новая производственная площадь в Саранске.

Оригинальные уличные светильники были представлены на стенде фирмы «Брайтэлек» (рис. 14).

Многолетний участник выставки «АтомСвет» и в этом году порадовал своей экспозицией. Среди других изделий на его стенде выделялись тепличные облучатели с СД, «спроектированные на основе исследований институтов РАН» (рис. 15), и светильники для производственных и офисных помещений (рис. 16).

Предприятие «Гагаринский светотехнический завод» показало свою

традиционную продукцию – взрывозащищенные светильники, но теперь уже с СД (рис. 17). Кроме того, оно представило новый взрывозащищенный светильник с ЛЛ T5 (рис. 18).

Много новых светильников собственной разработки показала молодая, но уже известная ГК «Вартон». Среди них можно отметить светильник отраженного света (рис. 19) и серии уличных и промышленных светильников (рис. 20 и 21).

Очень интересной была экспозиция Госпредприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси» («ЦСОН НАН Беларуси»): светильник с охлаждением СД с помощью тепловых труб (белорусского производства), уличные светильники для работы в экстремальных условиях (подтвердившие свою надежность безотказной многолетней эксплуатацией в Азербайджане и Армении) при температурах окружающего воздуха выше 50 °С, облучательная установка для выращивания растений, созданная совместно с Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси (рис. 22–24), ударопрочные светильники мощностью 10 Вт для ЖКХ. Светильники с тепловыми трубами выпускаются мощностью 100, 200 и 300 Вт (световые потоки 10000, 20000 и 30000 лм, масса 3, 5 и 7 кг соответственно), тип КСС – Г, степень защиты – IP66.

Из множества замечательных светильников на огромном стенде холдинга *BL Group* было трудно выделить что-то небольшое – каждый из них был хорош (рис. 25).

Как и на прошлогодней выставке, интересные светильники были показаны фирмой «Белинтегра» (Минск) (рис. 26 и 27). В мощных широкоизлучателях УУ автономны, позволяя выносить их за корпус светильников и тем самым облегчать их тепловую нагрузку, увеличивать срок службы.

На стенде фирмы «Ферекс» (Казань) среди прочих экспонатов выделялся уличный светильник серии «ДКУ», отмеченный в 2015 г. знаком «Сто лучших товаров России» (рис. 28). Светильники «ДКУ» выпускаются мощностью от 78 до 260 Вт, допускают регулирование выходного потока, имеют разные КСС (от Ш до К и асимметричные) и могут работать в широком температурном диапазоне: от – 60 до +50 °С.



Рис. 24. Светильники для работы в экстремальных условиях. «ЦСОТ НАН Беларуси»

Десятки типов уличных светильников, как функциональных, так и декоративных, показала компания «Гига-лайт» (Москва).

Впервые участвовавшее в выставке НПО «Нордвест» (г. Кириши Ленинградской области) экспонировало светильники с СД серии «LEDNIK», предназначенные для промышленного, офисного и уличного освещения. Стоит отметить, что это одно из очень немногих российских предприятий, имеющих собственную фотометрическую лабораторию, что вызывает доверие к приводимым «Нордвестом» параметрам.

Широкий ассортимент светильников с СД разного назначения показали «Технология света» (г. Таганрог Ростовской области), «Агрос-Трейд» (Санкт-Петербург), Good Light (Москва) и многие другие.

Фары с СД показало ООО «Про Свет» (Санкт-Петербург) (рис. 29).

Световые приборы, совмещающие функции светильника и облучателя, для компенсации УФ недостаточности показало ГУП РМ «НИИИС им. А.Н. Лодыгина» (рис. 30). В них используются обычные белые СД и маломощные диоды, излучающие в областях УФ-А и УФ-В. Уровни как видимого, так и УФ излучений легко регулируются независимо одно от другого в широком диапазоне. Безусловно, эти приборы могут найти широкое применение на севере России, во многих дошкольных заведениях, в медицинских учреждениях, в армии и на флоте.

На выставке я увидел один экспонат, достойный особого упоминания. Компания-разработчик представила его как «Плазменный светильник» (рис. 31), но фактически это облучатель для растений с безэлектродной МГЛ. По словам представителя компании, растения под таким облучателем растут и развиваются значительно



Рис. 25. Фрагмент стенда холдинга BL Group

лучше, чем при облучении светодиодами, «благодаря спектру излучения, очень близкого к солнечному».

СД открыли ранее невероятные возможности конструирования светильников. Особенно это видно на примере бытовых и «презентативных» ОУ (рис. 32).

Как никогда широко на выставке были представлены опоры освещения. Кроме постоянного участника почти всех выставок «Интерсвет»/«Interlight» «Амиры» в этом году опоры представляли ещё не менее пяти российских предприятий. Наиболее интересным мне показался стенд Производственно-коммерческой фирмы «Промснабресурс» (г. Электросталь Московской области). Предприятие имеет собственную производственную базу и может выпускать до 11000 металлических опор в месяц. В его номенклатуре – опоры высокомащтабовые со стационарной и мобильной коронами, с молниезащитой, силовые и несиловые, трубчатые и гранёные, а также разнообразные кронштейны и другие необходимые для монтажа светильников изделия. Для защиты от коррозии применяются порошковая окраска, лакокрасочные покрытия, метод горячего цинкования. В качестве примера на рис. 33 показана необычная декоративная опора от этого производителя.



Рис. 26. Мощный светильник со светодиодами с автономным устройством управления. «Белинтегра»



Рис. 27. Фрагмент стенда компании «Белинтегра»



Рис. 28. Светильник со светодиодами. «Ферекс»



Рис. 29. Фары со светодиодами. «Про Свет»

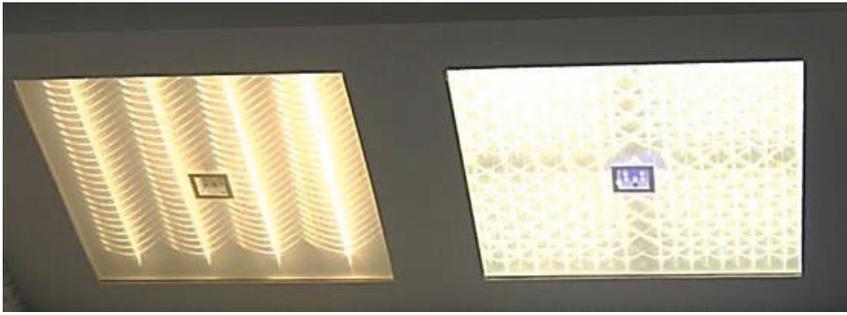


Рис. 30. Светильники-облучатели. «НИИИС им. А.Н. Лодыгина»

Ещё одним элементом ОУ служат подъёмные устройства для светильников. В этом году корейская *REEL TECH* показала целый ряд таких устройств – от небольших (грузоподъёмность до 3 кг) до сверхтяжёлых (грузоподъёмность до 1000 кг) (рис. 34).

В целом экспозиция ОП оставила двойственное впечатление. С одной стороны, заметно больше стало действительно хороших, грамотно спроектированных светильников с СД, а с другой, продукция гораздо большего числа производителей просто удручает своей безграмотностью и даже каким-то пренебрежением всяческих норм: часто казалось, что разработчик действует по принципу «чем светильник слепит сильнее, тем он лучшее». Хочется верить, что это – временное (хотя и затянувшееся) явление. Ну и ещё один не-

приятный момент (ежегодно мною «проклинаемый») – недостоверность светотехнических параметров многих изделий. Так, на вопрос «Где вы это измеряли?» мне очень часто отвечали «Взяли из каталога изготовителя светодиодов». То есть параметры «голых» СД выдавались за параметры готовых светильников.

#### Другие светотехнические изделия и материалы, системы управления освещением, технологическое оборудование

По сравнению с прошлым годом резко увеличилось число предприятий, представлявших системы управления освещением и их компоненты – на выставке их было свыше 50, причём в основном российских.

ООО «Светосервис ТелеМеханика», входящее в холдинг *BL Group*,



Рис. 31. Облучатель с безэлектродной МГЛ. «Триада-ТВ»

показало собственную разработку – автоматизированную систему управления наружным освещением «Бриз» и её отдельные компоненты: шкаф управления, контроллер, регулятор напряжения, ограничители пускового тока (рис. 35). Система серийно выпускается Московским опытным светотехническим заводом телемеханики и за годы эксплуатации показала высокую надёжность и удобство пользования.

Комплексные СУО были представлены немецкой *Vossloh Schwabe*, Институтом высоких технологий Белгородского университета, корейской *Ecolbiotech*, *IEK* (Москва) и др.

Очень много фирм (и российских, и зарубежных) представляли УУ для светодиодов. Наиболее широкий ассортимент их можно было видеть на стендах итальянской *TCI*, немецкой *Vossloh Schwabe*, российских «Неосвет» (рис. 36), «Форлайт», «СД Свет» и финской *Helvar*. По заявленным параметрам отечественные и зарубежные УУ практически не различаются.

Большинство фирм, представлявших УУ, экспонировали и другие элементы управления освещением: датчики освещённости и присутствия, контроллеры, усилители и т. п.

На выставке появилось достаточно много отечественных производителей разнообразных алюминиевых профилей, подходящих для изготовления радиаторов для СД. Наиболее интересная экспозиция таких профилей была у компании «Светоч» (Санкт-Петербург), показавшей также линзы и другие компоненты светильников с СД, как и сами эти светильники.

Представленные на выставке светотехнические материалы и полуфа-



Рис. 32. Декоративные бытовые светильники со светодиодами. HIFLY-LED



Рис. 33. Декоративная опора. «Промснабресурс»



Рис. 34. Подъемные устройства для осветительных приборов. Reel Tech



Рис. 35. Система управления освещением. «Светосервис ТелеМеханика»



Рис. 36. Устройства управления для светодиодов. «Неосвет»

брикаты практически не отличались от прошлогодних; по крайней мере обнаружить что-то существенно новое не удалось.

Электроустановочные изделия представили компании Турции, Испании, Италии и Беларуси. Очень широ-

кий ассортимент их, китайского производства, был показан российской фирмой *TDM Electric* (рис. 37).

Радовало присутствие на выставке фотометрической аппаратуры. *GL Optic* (Германия) показала аппаратуру для измерения параметров



Рис. 37. Фрагмент стенда компании TDM Electric



Рис. 38. Смарт-спектрофотометр. GL Optic

СД – интегрирующую сферу диаметром 500 мм, спектрогониофотометр и «первый в мире» смарт-спектрофотометр (рис. 38).

Комплексную фотометрическую лабораторию для измерения параметров СД показала ещё одна немецкая фирма – *Viquantex GmbH*.

Российская лаборатория «Архлайт» на стенде журнала «Полупроводниковая светотехника» представила проспект с описанием метрологических возможностей лаборатории. По сообщениям сотрудников лаборатории, она начала производство спектрогониофотометра собственной разработки. Прибор внесён в Государственный реестр средств измерения.

Выставка в целом произвела хорошее впечатление. Несмотря на тяжёлую экономическую ситуацию в стране, мировой экономической кризис и, соответственно, меньшее число экспонентов, было немало интересных стендов, в частности, показавших, что российская светотехническая промышленность продолжает жить и развиваться.

Очередная, 22-я, Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий «*Interlight Moscow powered by light + building*» состоится 9–12 ноября 2016 г.

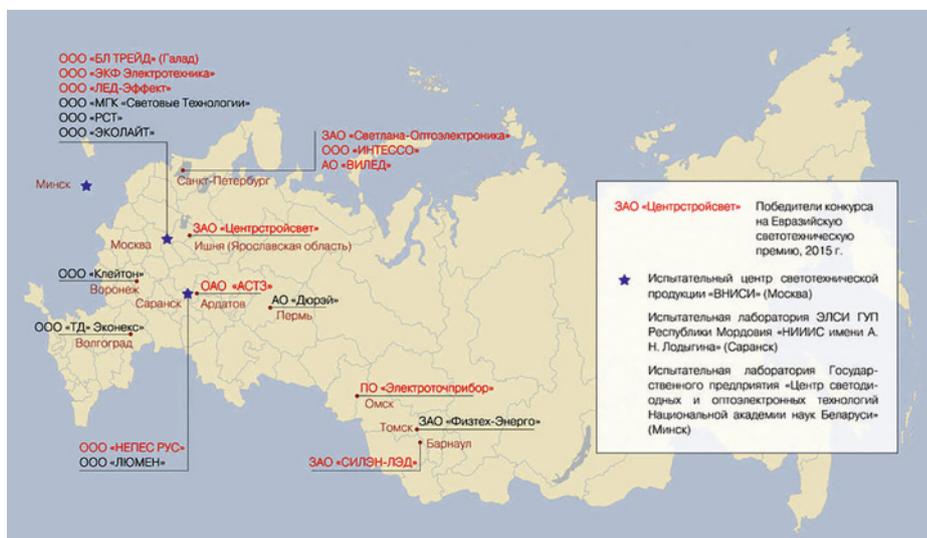
**Л.П. Варфоломеев, кандидат техн. наук, член редколлегии журнала «Светотехника»**

# Итоги конкурса на Евразийскую светотехническую премию 2015

Конкурс проведён в рамках «Международного года света и световых технологий» и Проекта ПРООН/ГЭФ/Минэнерго России «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения». Организаторы Конкурса – Минэнерго и Минпромторг России, ПРООН в России и журнал «Светотехника». Председатель оргкомитета Конкурса – Ю.Б. Айзенберг (главный редактор журнала «Светотехника»), председатель жюри Конкурса – А.Э. Юнович (профессор физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова).

Сайт конкурса: [www.eurasiansvet.enes-expo.ru](http://www.eurasiansvet.enes-expo.ru).

Для участия в Конкурсе поступили заявки от 30 компаний на 89 моделей светильников. Образцы для испытаний закупались организаторами в розничной сети или отбирались на складе или производстве контролёром от Минэнерго России. Проверку соответствия за-



География участников Конкурса (составитель: Л.А. Кадилова)

явленных параметров фактическим проводили Испытательный центр светотехнической продукции ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», Испытательная лаборатория ЭЛСИ ГУП Республики Мордовия «НИИИС им. А.Н. Лодыгина» и Испытательная лаборатория Государствен-

ного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси».

43 светильника от 19 компаний подтвердили соответствие заявленных параметров своей продукции и вышли в финал Конкурса.

## Список финалистов

### Категория «Светодиодные лампы с цоколем E27»

компания	лампа
ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED 11 Вт
ООО «ЭКФ Электротехника»	FLL-A60-9 -230-4K-827

### Категория «Светильники со светодиодами для ЖКХ»

компания	светильник
АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9-225.145.15-4-0-65
ООО «ИНТЕССО»	Soliaris LL-10p
ООО «ЭКФ Электротехника»	PWD-MR-12-4K-IP65-W-LED

### Категория «Светильники со светодиодами для общественных зданий»

компания	светильник
АО «Дюрэй»	Байкал 64,3600,32-ДН10
ЗАО «Силэн-Лэд»	SLG-LN4-1,5x1-25-IP20-УХЛ 3
ЗАО «Центрстройсвет»	CSVT Alumogips 38opal
ЗАО «Центрстройсвет»	LED-PL-CSVT-36 595x595 Крокус
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD ДВ001-40-003УХЛ 4
ООО «ИНТЕССО»	Matrix LO-35
ООО «ЛЕД-Эффект»	Офис 0359
ООО «НЕПЕС РУС»	Cap Flat 66-12 (uW) 4500K
ООО «ЭКФ Электротехника»	FLP-S-595-42-4K-D-LED

### Категория «Промышленные светильники со светодиодами»

компания	светильник
АО «ВИЛЕД»	Модуль Галочка
АО «Дюрэй»	Енисей 32.7000.60-ДН05
ЗАО «Физтех-Энерго»	Диора Craft 110 IP65
ОАО «АСТЗ»	ДСП04-50-001Star850
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Кассиопея LED-100 prom
ООО «ИНТЕССО»	Solaris LL-45
ООО «ИНТЕССО»	Solaris I-120p
ООО «ЛЕД-Эффект»	Кедр 0516
ООО «ЛЕД-Эффект»	Титан 0467
ООО «ЛЮМЕН»	Lumeon Industry 1200-750-IP63
ООО «МГК «Световые Технологии»	НВ LED
ООО «ТД» Эконекс»	Econex PowerX 120 D60 5000K
ПО «Электроточприбор»	ССП03-50

### 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 ОМЕГА-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 M LED-72-ШБ/У50
ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан S LED-37ШБ/У50
ООО «ИНТЕССО»	Matrix S-90
ООО «Клейтон»	СКУ 01-096x2-001-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-02-145-7278-65X

Также в категории «Уличные светильники со светодиодами» вне конкурсной программы прошёл квалификацию образец без сертификата RLP-01-375-02-114-С ODM – производителя ООО «РЕ-ИНЖИНИРИНГ».

В соответствии с правилами Конкурса в каждой категории были выбраны светильники, победившие в одной из номинаций.



## Список победителей

### Категория «Светодиодные лампы с цоколем E27»

номинация	победитель	лампа
«Энергоэффективность»	ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED11 Вт
«Качество света»	ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED11 Вт
«Осветительный прибор с лучшими параметрами»	ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED11 Вт
«Оптимальный выбор»	ООО «ЭКФ Электротехника»	FLL-A60-9 -230-4К-827
«Продуманное решение»	ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED11 Вт
«Стоимость единицы светового потока»	ООО «ЭКФ Электротехника»	FLL-A60-9 -230-4К-827

«Выбор Жюри»	ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»	SvetaLED11 Вт
«Приз потребительских симпатий»	ООО «ЭКФ Электротехника»	FLL-A60-9 –230-4К-827

#### Категория «Светильники со светодиодами для ЖКХ»

номинация	победитель	светильник
«Энергоэффективность»	АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
«Стоимость единицы светового потока»	АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
«Качество света»	АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
«Осветительный прибор с лучшими параметрами»	ООО «ЭКФ Электротехника»	PWD-MR-12–4К-IP65-W-LED
«Оптимальный выбор»	АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
«Продуманное решение»	ООО «ИНТЕССО»	Soliaris LL-10p
«Выбор Жюри»	АО «ВИЛЕД»	«Панель ЖКХшка, 9 Вт», арт. СС 06-У-М-9–225.145.15–4–0–65
«Приз потребительских симпатий»	ООО «ЭКФ Электротехника»	PWD-MR-12–4К-IP65-W-LED

#### Категория «Светильники со светодиодами для общественных зданий»

номинация	победитель	светильник
«Энергоэффективность»	АО «ДЮРЭЙ»	Байкал 64.3600.32-ДН10
«Стоимость единицы светового потока»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD ДВ001–40–003УХЛ 4
«Качество света»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD ДВ001–40–003УХЛ 4
«Осветительный прибор с лучшими параметрами»	АО «ДЮРЭЙ»	Байкал 64.3600.32-ДН10
«Оптимальный выбор»	АО «ДЮРЭЙ»	Байкал 64.3600.32-ДН10
«Продуманное решение»	ООО «НЕПЕС РУС»	Cap Flat 66–12 (uW) 4500K
«Выбор Жюри»	ЗАО «Центрстройсвет»	LED-PL–CSVT-36 595×595 Крокус

#### Категория «Промышленные светильники со светодиодами»

номинация	победитель	светильник
«Энергоэффективность» (до 10 000лм)	АО «ДЮРЭЙ»	Енисей 32.7000.60-ДН05

«Энергоэффективность» (свыше 10 000лм)	ООО «ИНТЕССО»	Solaris I-120p
«Стоимость единицы светового потока»	ООО «ИНТЕССО»	Solaris I-120p
«Осветительный прибор с лучшими параметрами»	ООО «ИНТЕССО»	Solaris I-120p
«Оптимальный выбор»	ООО «ИНТЕССО»	Solaris I-120p
«Продуманное решение»	ПО «Электроточприбор»	ССП03–50
«Выбор Жюри»	ОАО «АСТЗ»	ДСП04–50–001Star850
«Приз потребительских симпатий»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Кассиопея LED-100 prom

### Категория «Уличные светильники со светодиодами»

номинация	победитель	светильник
«Энергоэффективность» (до 10 000лм)	ЗАО «СИЛЭН-ЛЭД»	SLG-ST3–60–32–04–5000-УХЛ 1
«Энергоэффективность» (свыше 10 000лм)	ЗАО «СИЛЭН-ЛЭД»	SLG-ST3–120–64–03–5000-УХЛ 1
«Стоимость единицы светового потока»	АО «ВИЛЕД»	«Модуль», арт. СС М1-У-Е-32–280.100.130–4–0–67
«Осветительный прибор с лучшими параметрами»	ЗАО «СИЛЭН-ЛЭД»	SLG-ST3–60–32–04–5000-УХЛ 1
«Оптимальный выбор»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Волна мини LED60 ШБ/У50 premio
«Продуманное решение»	ООО «ЛЕД-Эффект»	КЕДР LE-СКУ-22–110–0260–65Д
«Выбор Жюри»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан М LED-72-ШБ/У50
«Приз потребительских симпатий»	ООО «БЛ ТРЕЙД» (Галад)	GALAD Урбан S LED-37ШБ/У50

Для сравнения светильников по комплексу параметров использовались критерии  $K_1$  и  $K_2$ , рассчитанные по формулам

$$K_1 = (\Phi_v/W)^2 \cdot [R_a \cdot P_f \cdot (100 - K_n)] / T_{кц} \text{ и } K_2 = K_1 / (C / \Phi_v),$$

где

$\Phi_v$  – световой поток, лм;

$W$  – потребляемая мощность, Вт;

$\Phi_v = W$  – световая отдача (возведена в квадрат, так как имеет преимущественное значение);

$R_a$  – общий индекс цветопередачи (для промышленных и уличных светильников в расчёт не включается);

$K_n$  – коэффициент пульсации светового потока, %;

$P_f$  – коэффициент мощности;

$T_{кц}$  – коррелированная цветовая температура, округлённая до типового значения по ГОСТ 54350–2011, но не ниже 4000 К для ламп, светильников для ЖКХ и общественных зданий, и не ниже 5000 К для промышленных и уличных светильников;

$C$  – стоимость лампы или осветительного прибора на момент покупки, Р;

$C / \Phi_v$  – стоимость единицы светового потока, Р/лм.

## Лучшие фактические значения параметров конкурсных образцов

Категория	$\Phi_v/W$ , лм/Вт	$R_a$	$P_f$	$K_n$ , %	$C/\Phi_v$ , Р/лм	$K_1$	$K_2$
Светодиодные лампы с цоколем Е 27	97,8	81 при 4000 К	0,85	0,2	0,18	13754	55407
Светильники со светодиодами для ЖКХ	84,8	85,3 при 5000 К	0,96	0,2	0,72	8867	11941
Светильники со светодиодами для общественных зданий	123	83 при 3500 К	0,98	0,1	0,43	23726	42360
Промышленные светильники со светодиодами	125 (в категории до 10 клм) 134 (в категории от 10 клм)	не измерялся	0,99	0,1	0,63	355	564
Уличные светильники со светодиодами	131 лм/Вт (в категории до 10 клм) 134 лм/Вт (в категории от 10 клм)	не измерялся	0,99	0,1	0,83	355	287



Итоги Конкурса подведены 19 ноября на IV Международном форуме ENES215 (19–21.11.2015, Москва). Награды вручали первый директор Департамента государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России К.В. Леонидов и заместитель руководителя Федерального дорожного агентства И.Г. Астахов.

**А.С. Шаракшанэ, кандидат физ.–мат. наук,  
ООО «Редакция журнала «Светотехника», куратор Конкурса**

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ В 2016 ГОДУ (I ПОЛУГОДИЕ)

Дата	Название мероприятия	Место проведения
27.01–30.01	<b>EURASIA Light Antalya</b> Международная выставка осветительных, электро- и охранных технологий и технологии автоматизации зданий	<b>Анталия, Турция</b> <a href="http://www.ledinside.ru">www.ledinside.ru</a>
03.03–05.03	<b>CIE Lighting Quality &amp; Energy Efficiency</b> 4-я Международная конференция МКО по качеству освещения и энергетической эффективности	<b>Мельбурн, Австралия</b> <a href="http://melbourne2016.cie.co.at">http://melbourne2016.cie.co.at</a>
13.03–18.03	<b>Light+Building - 2016</b> Международная выставка осветительных технологий и интеллектуальных зданий	<b>Франкфурт, Германия</b> <a href="http://www.exponet.ru">www.exponet.ru</a>
15.03–17.03	<b>ЭкспоЭлектроника - 2016</b> Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих	<b>Москва, Россия</b> <a href="http://www.exponet.ru">www.exponet.ru</a>
	<b>ЭлектронТехЭкспо - 2016</b> 14-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности	
05.04–08.04	<b>BATIMAT RUSSIA 2016</b> Международная строительно-интерьерная выставка	
13.04–15.04	<b>Новая электроника - 2016</b> 6-я Международная выставка электронных компонентов и модулей	
26.04–28.04	<b>LIGHTFAIR International (LFI) 2016</b> Международная архитектурная и торгово-промышленная светотехническая выставка и конференция	
18.05–22.05	<b>АРХ МОСКВА</b> 21-я Международная выставка архитектуры и дизайна	<b>Москва, Россия</b> <a href="http://www.expopark.ru">www.expopark.ru</a>
06.06–09.06	<b>ЭЛЕКТРО 2016</b> Международная выставка «Электрооборудование. Светотехника. Автоматизация зданий и сооружений»	<b>Москва, Россия</b> <a href="http://expomap.ru/expo">http://expomap.ru/expo</a>

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЖУРНАЛА «СВЕТОТЕХНИКА» ЗА 2015 ГОД

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

**Айзенберг Ю.Б.** Журнал «Светотехника» в наши дни. № 1. С. 4.

### БИЗНЕС И ИННОВАЦИИ

№ 1. С. 6; № 2. С. 4; № 3. С. 7; № 4. С. 4; № 5. С. 6

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОУ

**Демирбаш М., Чавуш Т.Ф., Явуз Д.** Обеспечение энергоэффективности внутреннего освещения офисов и промышленных зданий методами обработки изображений. № 4. С. 35

**Онайгил С., Эркин Э.** Новый подход к расчёту экономии энергии для освещения офисных зданий. № 2. С. 30

### ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

**Богданов А.А.** Контроль параметров и качества светодиодов и изделий с ними при серийном производстве. № 1. С. 13

**Василяк Л.М., Воронов А.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Левченко В.А., Собур Д.А., Соколов Д.В., Шунков Ю.Е.** Влияния синусоидальной и прямоугольной форм тока повышенной частоты на резонансное излучение ртутного разряда НД. № 1. С. 50

**Гальчина Н.А., Гофштейн-Гардт А.Л., Коган Л.М., Колесников А.А., Сощин Н.П., Флегонтов Б.К.** Светодиодные белые излучатели кругового действия для сигнальных огней судов и навигационных знаков водных путей. № 1. С. 40

**Георгобиани С.А., Клык М.Е., Лобанов М.В.** Пульсация светового потока светодиодов и особенности её измерения и нормирования. № 4. С. 14

**Доброзраков И.Е.** Светодиодная филаментная лампа «Лисмы»: новое слово на рынке источников света. № 5. С. 48

**Коган Л.М., Колесников А.А.** Излучающий диод ИК диапазона с длиной волны излучения  $(1550 \pm 50)$  нм. № 6. С. 31

**Мнение** о статье Стребкова Д.С., Трубникова В.З., Чадаева Н.Н., Шешина Е.П. «Перспективы применения автокатодных люминесцентных ламп». В.Б. Киреев. № 1. С. 39

**Стребков Д.С., Трубников В.З., Чадаев Н.Н., Шешин Е.П.** Перспективы применения автокатодных люминесцентных ламп. № 1. С. 36

**Табака П.** Анализ светотехнических параметров светорегулируемых аналогов ламп накаливания. № 1. С. 53

**Табака П.** Влияние температуры окружающего воздуха на цветовые характеристики люминесцентных ламп. № 2. С. 39

**Тэтри Э.** Характеристики ламп прямой замены ламп накаливания. № 3. С. 37

**Юровских Д.Ю.** Деградация светодиодов: связь между условиями эксплуатации, реальным и декларируемым сроками службы. № 4. С. 18

### СВЕТ И ЗДОРОВЬЕ

**Буленгез П., Карре С., Мартинсонс К., Торриглия А., Шахори С.** Исследования опасности синего света на живых крысах. № 6. С. 8

**Гаврилкина Г.Н., Ильина Е.И., Сарычев Г.С.** Вновь о профилактическом УФ-облучении с целью ликвидации «солнечного голодания». № 2. С. 45

### СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

**Аймат Р.Ф., Арана Ф.С., Пуйол Ж.Р., Сандовал Х.Д.** О выборе спектра излучения и конструкции источника света с целью надлежащей демонстрации и поддержания сохранности картин. № 3. С. 49

**Александров С.А.** Спортивное освещение горнолыжных трасс на территории фристайл-центра комплекса «Роза Хутор». № 6. С. С. 4

**Ди Лечче П., Манчинелли А., Росси Д., Якомусси П.** Адаптивные системы дорожного освещения. № 5. С. 42

**Крупиньски Р.** Визуализация как альтернатива испытаниям проектируемого освещения в реальных условиях. № 4. С. 41

**Штокмар А.** Расширение яркостного подхода к оценке дорожного и тоннельного освещения. № 5. С. 33

### СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

**Николаенко Т.Ю., Николаенко Ю.Е.** Новые схемно-технические решения для теплового конструирования люстр со светодиодами. № 2. С. 48

**Новаковский Л.Г.** Внешние световые приборы со светодиодами для подвижного состава метрополитена. Особенности конструкции и эксплуатации. № 5. С. 19

**Рядинский А.Н.** Обзор взрывозащищённых светильников со светодиодами, выпускаемых ОАО «Гагаринский светотехнический завод» и ООО Фирма «Индустрия». № 3. С. 53

---

#### **ОБЛУЧАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

---

**Вассерман А.Л., Юзбашев В.Г.** Математическая модель для расчёта производительности УФ бактерицидного рециркулятора. № 6. С. 38

**Емелин А.А., Прикупец Л.Б., Тараканов И.Г.** Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры. № 4. С. 47.

**Кузьмичёв А.В., Лямцов А.К., Тихомиров Д.А.** Теплотехнические показатели ИК облучателей для молодняка животных. № 3. С. 57.

---

#### **ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

---

**Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л.** Новые решения для светопрозрачных конструкций. № 2. С. 51.

**Ёрс П.Ф., Казанасмаз Т.** Расчётное сравнение современных систем естественного освещения в целях улучшения уровня и равномерности освещённости. № 1. С. 28.

**Муравьёва Н.А., Соловьёв А.К.** Исследование характера распределения естественной цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением. № 6. С. 27

---

#### **ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ**

---

**Аллаш Е.Х., Варга Д.С., Новаковский Л.Г.** Модернизация сигнальных огней и внутреннего освещения вагонов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения). № 3. С. 22

**Быстриянцева Н.В.** Критерии комплексной оценки качества искусственной световой среды города. № 2. С. 26

**Грициенко Г.Д., Касьянов В.Ф.** Постановка задач по применению световодов и отражения света фасадами для улучшения условий инсоляции и повышения КЕО при реконструкции городской застройки. № 3. С. 27

**Матовников Г.С., Щепетков Н.И.** Освещение новых пешеходных улиц Москвы. № 2. С. 11.

**Проект «Светлый город» холдинга «Швабе»:** новый взгляд на систему освещения. Соколов В.Э. № 6. С. 36

**Силкина М.А.** История формирования визуально-коммуникативных составляющих световой среды ночного города. № 3. С. 31

**Силкина М.А.** Световые ориентиры в среде ночного города. № 2. С. 21

**Чувикин С.В.** Ландшафтное освещение Александровского сада, г. Москва. № 2. С. 18

**Шурыгина Н.В.** Освещение новых станций московского метро. № 3. С. 14

---

#### **ФОТОМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ**

---

**Арапов С.Ю., Арапова С.П., Тарасов Д.А.** Оценка применимости лампы *Decostar 51 Cool Blue 50W 36° (Osram)* в качестве специализированного источника излучения в полиграфии. № 4. С. 67

**Барцев А.А., Беляев Р.И., Столяревская Р.И.** Международные межлабораторные сличения – 2013 (*IC2013*). Опыт и результаты участия ИЦ ВНИСИ. № 5. С. 35

**Вайссхаар Ю.П.** Гониофотометрия следующего поколения. № 5. С. 23

**Лешхорн Г.** Проблемы современной стандартизации световых измерений осветительных приборов со светодиодами. № 4. С. 23

**Ли Ц., Моу Т., Чэн Л.** Определение характеристик спектрорадиометров для оценки фотобиологической безопасности светотехнических изделий. № 1. С. 23

**Скумс Д.В., Чайкова Л.Д.** Экспериментальные исследования новых методов оценки качества цветопередачи энергосберегающих источников света. № 4. С. 29

**Столяревская Р.И., Шаракшанэ А.А., Шаракшанэ А.С.** Оценка погрешности определения координат цветности светодиодных излучателей на основе спектрорадиометрического подхода. № 6. С. 33

---

#### **ПУСКРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ, ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ**

---

**Алтинай М., Чакир Б., Шехирли Э.** Сравнение линейного и повышающе-понижающего преобразователей для питания светодиодов от сети переменного тока. № 4. С. 59

**Рошин О.А., Стребков Д.С., Юферев Л.Ю.** О резонансной однопроводной системе электропитания в освещении светодиодами или люминесцентными лампами. № 5. С. 29

---

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СВЕТОТЕХНИКА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИКА**

---

**Банья Р.Р., Тэтри Э., Халонен Л.** Исследование предпочтений по освещённости и коррелированной

цветовой температуре в офисном освещении светодиодами. № 4. С. 53

**Егорченков В.А., Конопацкий Е.В.** Принципы построения модели светового поля помещения с криволинейным четырёхугольным светопроемом с использованием точечного исчисления. № 2. С. 59

**Ёдджан Э.К., Юнвер Р.** Воспринимаемые цвета фасадов при освещении их разными источниками света. № 1. С. 43

**Миллер К., Оно Й., Фейн М.** Зрительный эксперимент по определению предпочтительной насыщенности цвета. № 5. С. 12

**Ронки Л.Р.** О современном понимании связи между цветовым зрением и архитектурным языком. № 3. С. 42

---

### **СВЕТОВОЙ ДИЗАЙН**

---

**Быстрянцева Н.В., Лекус Е.И., Матвеев Н.В.** Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики. № 4. С. 65.

**Ревзина Ю.Е., Швидковский Д.О.** Освещение памятников классической архитектуры. В поисках аутентичности, № 6. С. 12

**Щепетков Н.И.** Эволюция светодизайна в Баку. № 5. С. 51

---

### **ДИСКУССИИ**

---

**Михайлов О.М.** Проблемные вопросы спектрорадиометрических измерений. № 2. С. 61.

**От редакции.** № 5. С. 68

**Ответ авторов статьи.** № 5. С. 67

**По теме статьи Быстрянцева Н.В., Лекус Е.Ю., Матвеева Н.В.** Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 65–66 (Карпенко В.Е., Лебедева С.М., Овчаров А.Т., Санжаров В.Б., Силкина М.А., Снетков В.Ю., Хаджин А.Г., Щепетков Н.И.). № 5. С. 60

---

### **ОБМЕН ОПЫТОМ**

---

**Голубин С.А., Комаров В.М., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И.** Исследование характеристик оптических министиков. № 6. С. 17

**Маццола К.** О комфортном промышленном освещении. № 1. С. 64.

**Спиридонов А.В., Шубин И.Л.** Контрафактное стекло → контрафактное окно → контрафактное здание. № 1. С. 66

---

### **СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

---

**Кондратов А.П.** Новые материалы для световых механо-оптических панелей. № 1. С. 59

**Пашковский Р.И.** Категории надёжности электрооборудования многоквартирных жилых и общественных зданий. № 3. С. 59

**Пашковский Р.И.** Национальные стандарты комплекса ГОСТ Р 50571. № 5. С. 70

**Пашковский Р.И.** Расширение области применения устройств дифференциального тока. № 1. С. 62

**Пашковский Р.И.** О ГОСТ Р 50571.5.52–2011/МЭК 60364–5–52:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». № 6. С. 41

**Пашковский Р.И.** О ГОСТ Р 50571.5.54–2013/МЭК 60364–5–54:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов». № 4. С. 69

**Пашковский Р.И.** Требования нормативных документов, касающихся проектирования электроустановок зданий, сооружений и наружных установок. № 2. С. 65

**Постановление** Правительства РФ от 28 августа 2015 г. № 898. № 5. С. 69

---

### **СТАНДАРТИЗАЦИЯ**

---

**ГОСТ 29322–2014** «Напряжения стандартные» № 6. С. 47

---

### **ПРЕЗЕНТАЦИЯ ФИРМ**

---

**«Лисма»:** там, где рождается свет. № 5. С. 72

**Instrument Systems** — эксперт по точным световым измерениям. № 6. С. 53

---

### **ОБРАЩЕНИЕ В МИНИСТЕРСТВА И ВЕДОМСТВА**

---

**Письмо** заместителю Председателя Правительства Российской Федерации. № 3. С. 62

---

### **ЖУРНАЛ ОБРАЩАЕТСЯ**

---

**Письмо** Министру энергетики Российской Федерации. № 3. С. 69

**Письмо** мэру Москвы. № 2. С. 38

---

### **ОТВЕТ МИНИСТЕРСТВ И ВЕДОМСТВ**

---

**Ответ** на письмо заместителю Председателя Правительства Российской Федерации. № 3. С. 64

**Ответ** на письмо Министру энергетики Российской Федерации. № 3. С. 69

**Ответ** на письмо мэру Москвы. № 2. С. 58

---

## ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

---

**Ответ** журнала «Светотехника» на письмо Филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Иркутск. № 4. С. 73

**Письмо** в Государственную комиссию по вопросам развития Арктики. Шаракшанэ А.С. № 4. С. 74

**Письмо** Филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Иркутск в журнал «Светотехника». № 4. С. 72

**Уточнение** и дополнение ответа на письмо М.В. Клигмана об отклонениях напряжения и потере напряжения в электроустановках 0,4 кВ. Пашковский Р.И. № 3. С. 52

---

## ХРОНИКА

---

**Впечатления** от экспозиций и экспонатов 21-й Международной светотехнической выставки в Москве. Варфоломеев Л.П. № 6. С. 61

**21-я выставка** «*Interlight Moscow powered by Light+Building*». Луньков К.А. № 6. С. 58

**Выставка** «*Interlight Moscow powered by light + buidling*» 2015 включена в список официальных мероприятий Международного года света и световых технологий. № 2. С. 68

**Документ** Международного энергетического агентства (*4E-SSL Annex Task 1*) «Итоговый отчет «*Potential Health Issues of SSL*», 24 сентября 2014 г.: резюме. № 2. С. 57

**Защита** диссертации. № 4. С. 73

**Итоги** конкурса на Евразийскую светотехническую премию 2015. Шаракшанэ А.С. № 6. С. 68

**Конкурс** на Евразийскую светотехническую премию. № 3. С. 1; № 4. С. 12

**Международная конференция** «Световой дизайн — 2015». Быстрянцева Н.В. № 6. С. 54

**Международные конференции и выставки** в 2015 году (II полугодие). № 2. С. 69

**Международные конференции и выставки** в 1916 году (I полугодие). № 6. С. 74

**Международный год** света и световых технологий 2015. № 1. С. 5

**Минимум терминов и понятий** от журнала «Светотехника». № 4. С. 11

**МКО:** Нужное освещение должно обеспечиваться в нужное время. № 6. С. 39

**Новый президент** МКО. № 5. С. 11

**Новый этап** развития испытательной лаборатории ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н. Лодыгина». № 4. С. 75

**Н.П. Дмитриевской** — 100 лет. Ильина Е.И., Ча-  
стухина Т.Н. № 4. С. 77

## Памяти

П.В. Пляскина. № 4. С. 34

А.М. Троицкого. № 4. С. 64

Я. Шанды. № 2. С. 40

**Петербургская** лампа SVETALED® стала лучшей в Евразии. № 6. С. 26

**Подведены** итоги первого фестиваля и смотра-конкурса «Световая архитектура». Петухова Е.Г. № 2. С. 25

## Поздравляем

С.А. Георгобиани. № 2. С. 70

Е.А. Лесмана. № 3. С. 35

В.М. Райхинштейна. № 6. С. 11

В.В. Сысуна. № 5. С. 76

А.М. Троицкого. № 1. С. 39

Т.Н. Частухину. № 1. С. 27

**Положение** о конкурсе на Евразийскую светотехническую премию. № 3. С. 4

**С.Г. Юров** — 100 лет со дня рождения. № 4. С. 28

**Световое шоу** «Эрмитаж. Бал истории». Е.А. Лесман, Ю.М. Погодина. № 1. С. 35

**Сессия МКО** в Манчестере. Коробко А.А. № 5. С. 75

**Создан** инновационно-технологический кластер энергосбережения в ЖКХ и промышленности Санкт-Петербурга и Ленинградской области. № 3. С. 26

**СПб ГУП «Ленсвет»** поздравило ФК «Зенит» уникальным световым проектом. Погодина Ю.М. № 3. С. 70

**Фестиваль** «Световая архитектура». № 1. С. 61

**Фестиваль** «Световая архитектура». Лукьянов Н.А. № 3. С. 65

**Электроэнергетика** на ПМЭФ — 2015. Лесман Е.А. № 4. С. 52

---

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

---

*Human Factors in Lighting. 3-d edition / Peter R. Boyce.* № 3. С. 41

*Road Lighting. Fundamentals, Technology and Application / W. van Bommel.* № 1. С. 42

**Новый стандарт:** ГОСТ Р 56228–2014 «Освещение искусственное. Термины и определения». Е.И. Розовский. № 1. С. 22

**Подписывайтесь** на журнал «Светотехника». № 1. С. 79; № 2. С. 79; № 4. С. 52; № 5. С. 79; № 6. С. 79

**Правила оформления** рукописей. № 5. С. 78

Содержание журнала «Светотехника» за 2015 год. № 6. С. 75

Содержание журнала за 6 лет. № 1. С. 71; № 2. С. 71; № 3. С. 72

Технический отчёт МКО «CIE standard general sky guide». № 1. С. 61

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Инновации** в уличном освещении (холдинг *BL Group*). №№ 2–4. 2 с. обл.

**Инновационные** измерители параметров наружного автомобильного освещения (компания *Instrument Systems*). № 5. С. 34

**Инновационные** решения от *Galad* и *Opora* для автострад (холдинг *BL Group*). № 1. 2 с. обл.

**Инновационные** энергосберегающие светильники и светодиодные лампы *SvetaLED*<sup>®</sup> (компания «Светлана-Оптоэлектроника»). № 4. С. 10

**Магазин** «Пятёрочка», Звёздный бульвар, г. Москва (компания *Vossloh-Schwabe*). № 5. С. 28; № 6. С. 1

**Международная** научно-практическая конференция «Световой дизайн — 2015». № 4. С. 76

**Новая** функция света: оптические министрики компании «Тензосенсор». № 5. С. 22

**Новинки** *GALAD* для освещения городов (холдинг *BL Group*). № 5. 3 с. обл.; № 6. 3 с. обл.

**ПРОЕКТ** СВЕТ (кураторский спецпроект по проблемам светового дизайна). № 2. С. 70

**Реализация** концепции городского освещения любого уровня сложности (холдинг *BL Group*). №№ 1–4. 3 с. обл.

**Решения** в уличном освещении *LUGA C2015* и силиконовая оптика (компания *Vossloh-Schwabe*). № 5. 4 с. обл.

**XV Российский** энергетический форум. **Международная** выставка «Энергетика БРИКС и ШОС» / XXI специализированная выставка «Энергосбережение. Светотехника. Кабель». № 4. С. 17

**Свет** в нашей жизни. № 6. С. 7

**Светильники** *GALAD «Cordoba LED»* (холдинг *BL Group*). № 5. 2 с. обл.; № 6. 2 с. обл.

**Светодиодная** оптика — создание совершенного освещения (компания *Vossloh-Schwabe*). № 3. 4 с. обл.

**Светодиодные** блоки питания со стабилизированным током (компания *Vossloh-Schwabe*). № 6. 4 с. обл.

**Светодиодные** лампы *OSRAM*. № 4. С. 6

**Фирма** «С.Е. Лютесс» ищет специалиста. № 4. С. 68; № 5. С. 76

**Экономия** энергии благодаря новой технологии. Башня «Агбар», Барселона (компания *Vossloh-Schwabe*). № 3. С. 36

**Экспозиционные** светильники для торгового освещения *SHOPLINE111* (компания *Vossloh-Schwabe*). № 4. С. 1

**BL GROUP: ЯРЧЕ. ЭКОНОМИЧНЕЕ. УМНЕЕ.** № 5. С. 77

**ENESS2015.** № 4. С. 22.

**Interlight Moscow powered by light+building.** № 2. С. 1; № 3. С. 46; № 4. С. 79; № 5. С. 59

**Lighting Kazakhstan — 2015.** № 4. С. 40

**LUGA C** — светодиодные модули (COB) (компания *Vossloh-Schwabe*). № 2. 4 с. обл.

**LUGA C/LUGA Shop** — светодиодные модули (компания *Vossloh-Schwabe*). № 4. 4 с. обл.

**Shoptone 85, 111 — Shoptone EVO 75, 90** (компания *Vossloh-Schwabe*). № 1. 4 с. обл.

**VS** в «313@SOMERSET», Сингапур (компания *Vossloh-Schwabe*). № 1. С. 1

*Подписывайтесь на журнал*

На 1-е полугодие  
2016 года

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

**СВЕТО  
ТЕХНИКА**

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

# ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества

## ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР ЖУРНАЛА



Холдинг BL GROUP



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

## БРИЛЛИАНТОВЫЕ



**ИНТЕР РАО**  
СВЕТОДИОДНЫЕ СИСТЕМЫ



СВЕТЛАНА-ОПТОЭЛЕКТРОНИКА®



## ПЛАТИНОВЫЕ



там, где рождается свет



ГЛОБАЛ  
ЛАЙТИНГ

## ЗОЛОТЫЕ



## СЕРЕБРЯНЫЕ



## БРОНЗОВЫЕ



TENZOSENSOR



СВЕТОВЫЕ СИСТЕМЫ



# НОВИНКИ GALAD ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДОВ



GALAD URBAN LED  
от 32 Вт  
до 130 лм/Вт

Первый в мире светильник –  
«КОНСТРУКТОР»



СВЕТИЛЬНИКИ ДЛЯ ГОРОДА  
УМНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ

INTERLIGHT 2015  
10-13.11.15 ЭКСПОЦЕНТР F.C80 FORUM





**Светодиодные блоки питания со стабилизированным током**

**PrimeLine**

- ИНТЕЛЛЕКТ
- РАБОТА И УПРАВЛЕНИЕ В ЦИФРОВОЙ СЕТИ
- ОЖИДАЕМЫЙ СРОК СЛУЖБЫ ДО 100 000 Ч
- МАКСИМАЛЬНАЯ АДАПТИРУЕМОСТЬ

**ComfortLine**

- КОМФОРТНЫЙ
- МНОГО ОПЦИЙ ДИММИРОВАНИЯ
- ОЖИДАЕМЫЙ СРОК СЛУЖБЫ ДО 100 000 Ч

**EasyLine**

- НИЗКИЕ ЗАТРАТЫ
- ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ОТ VS
- ОЖИДАЕМЫЙ СРОК СЛУЖБЫ ДО 50 000 Ч