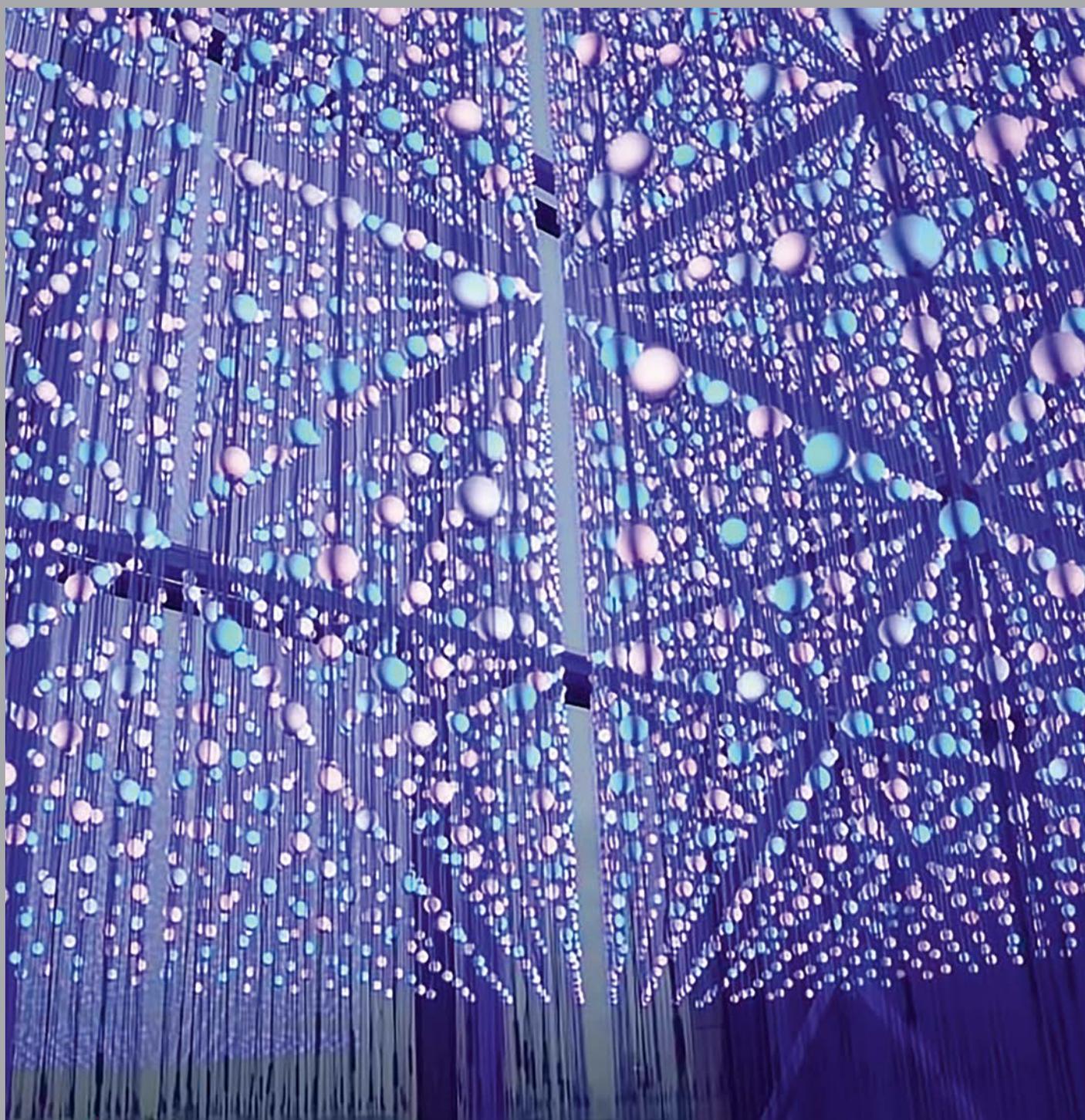


СВЕТО

6·2016

ТЕХНИКА



СУПЕРМАРКЕТ «ПЯТЁРОЧКА»

МОСКВА,
1-Й ПЕНЯГИНСКИЙ ПР-Д



Федеральная торговая сеть «Пятёрочка» – крупнейшая российская сеть продуктовых магазинов.

В ассортименте магазина большой выбор разнообразных продуктов, некоторые из которых требуют специального освещения. Для овощей и фруктов – тёплый цвет, для мясных изделий – специальный с розовым оттенком. Например, для подсветки алкогольной продукции в стеклянной таре лучше подходят не светильники общего освещения с рассеянным светом, а прожекторы с направленным светом. Именно такое освещение позволяет свету «играть» на стекле. К тому же, прожекторы позволяют направлять внимание покупателя на ту продукцию, которую необходимо продать.

При освещении супермаркета использовались прожекторы «TrackLED» со светодиодными модулями Vossloh-Schwabe DMS128 4000K 28W.

В светильниках использованы комплектующие VS:

- COB модуль – DMS 128C40G 4000K
- Драйвер – ECXe 1050.196
- Держатель светодиодного модуля – 559165
- Теплопроводящая прокладка (PC TIM) – 561002

LUGA Shop Gen. 5

- БОЛЬШОЙ СРОК СЛУЖБЫ: ДО 100 000 Ч
- ТОЧНОСТЬ ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ: 2 ШАГА MACADAM (R_a 85/95)
- ВЫСОКАЯ СВЕТОВАЯ ОТДАЧА: ДО 180 ЛМ/Вт
- КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЛАТА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕПЛОТВОДА
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЦВЕТА ДЛЯ ПОДСВЕТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ: PEARLWHITE, CLEARWHITE



Компания «Смарт Лампс» (ООО)
Ярославское ш., вл.3 | (495) 668-0670
info@smartlamps.ru | www.smartlamps.ru

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

Поздравляем вас с наступлением Нового 2017 года и желаем здоровья, многих успехов, счастья, спокойной и творческой жизни!

Предыдущий 2016 год был наполнен важными событиями и пролетел чрезвычайно быстро.

Мы желаем, чтобы 2017 год был успешным для журнала «Светотехника» и его подписчиков, был полон положительных эмоций и способствовал преодолению любых трудностей.

Широкое общение журнала с читателями – залог его успеха!

Мы также ждём ваших откликов и предложений.

*Редакция и редколлегия
журнала «Светотехника»*

УЧРЕДИТЕЛЬ:

ООО «Редакция журнала «Светотехника»

Шеф-редактор
Ю.Б. Айзенберг, д.т.н., проф., академик
АН РФИ.о. главного редактора
В.П. Будаков, д.т.н., проф.; BudakVP@gmail.com
Зам. главного редактора и научный редактор
англоязычной версии
Р.И. Столяревская, д.т.н.; lights-nr@inbox.ru**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:****Г.В. Боос**, председатель редакционной
коллегии, к.т.н., НИУ «МЭИ», Москва
С.Г. Ашурков, к.т.н., Москва
В.Е. Бугров, д.ф.-м.н., проф., Университет
ИТМО, С.-Петербург
Н.В. Быстрянцева, к. арх., Университет ИТМО,
С.-Петербург
Л.П. Варфоломеев, к.т.н., Москва
П.П. Зак, д.б.н., проф., ИБХФ РАН, Москва
А.А. Коробко, к.т.н., УК «БЛ Групп», Москва
А.Т. Овчаров, д.т.н., проф., ТГАСУ, Томск
Л.Б. Прикупец, к.т.н., ВНИСИ
им. С.И. Вавилова, Москва
В.М. Пятигорский, к.т.н., ВНИСИ
им. С.И. Вавилова, Москва
А.К. Соловьёв, д.т.н., проф., НИУ «МГСУ»,
Москва
К.А. Томский, д.т.н., проф., СПбГИК, ИТ,
С.-Петербург
А.Г. Шахпаруянц, к.т.н., ВНИСИ
им. С.И. Вавилова, Москва
Н.И. Щепетков, д. арх., МАРХИ (ГА), Москва

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

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:

Генеральный директор

Н.С. Шерри; sherrin@list.ru

Старший научный редактор

Е.И. Розовский; lamptech@mail.ru

Научный редактор

С.Г. Ашурков; svetlo-nr@yandex.ru

Выпускающий редактор

П.А. Федорищев; fedorishchev@gmail.com

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. БогдановПерепечатка 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 17.11.16

Подписано в печать 09.12.16

Формат 60x88 1/8. Печ.л. 10,00

Тираж 1200

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

СОДЕРЖАНИЕ

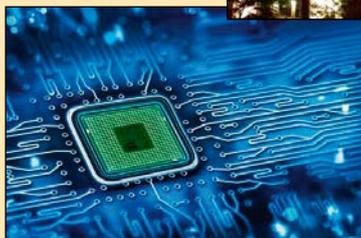
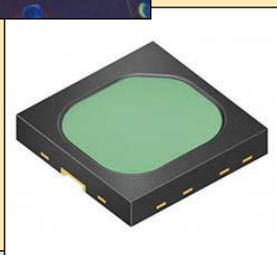
В НОМЕРЕ

- Бизнес и инновации** 4, 29, 42, 47, 54, 61
- Щепетков Н.И.** Итоги и перспективы развития светового дизайна в городах России 6
- Соловьёв А.К.** Современное состояние и перспективные направления исследований в области освещения зданий и сооружений в архитектурно-строительных вузах и НИИ 13
- Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Валухов В.П., Загкейм А.Л., Тальнишних Н.А., Черняков А.Е.** Динамически управляемая система освещения светодиодами с широким диапазоном цветовых температур (2800–10000 К) и высоким качеством цветопередачи ($R_a > 90$) 19
- Рябцева А.А., Зак П.П., Андрухина А.С., Коврижкина А.А., Трофимова Н.Н., Лапина В.А.** Исследование остроты зрения у лиц молодого возраста в зависимости от спектрального состава искусственного освещения 26
- Нарбони Р.** От светового урбанизма к ночному урбанизму 30
- Голубин С.А., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Комаров В.М., Семенов Э.И.** Исследование влияния светотехнической схемы оптических министиков на их характеристики 34
- Гончаров И.Н., Кабышев А.М., Козырев Е.Н., Малдзигати А.И.** Разработка и оптимизация источника питания для гибких электролюминесцентных панелей 39
- Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О.В., Спиридонов А.В.** Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств 43
- Сапрыкина Н.А.** Солнечный свет как организующий фактор формирования динамической архитектуры 48
- Земцов В.А., Соловьёв А.К., Шмаров И.А.** Яркостные параметры стандартного неба МКО в расчётах естественного освещения помещений и их применение в различных светоклиматических условиях России 55
- СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
- Пашковский Р.И.** Аварийное освещение. Нормативные документы 62

6 • 2016

НОЯБРЬ • ДЕКАБРЬ

СВЕТО ТЕХНИКА



ДИСКУССИИ

О статье Вагина Г.Я., Малафеева О.Ю., Мартынюка М.В. «Исследование парка источников света, оценка электропотребления и потенциала экономии электроэнергии в системах освещения России», опубликованной в журнале «Светотехника», № 3, стр. 12–21:

Айзенберг Ю.Б. и Варфоломеев Л.П. Замечания и предложения **67**

Лесман Е.А. Об энергосбережении в осветительных установках **68**

ХРОНИКА

Н.И. Щепеткову – 75 лет **70**

А.А. Коробко – 70 лет **73**

Н.И. Емельянову – 70 лет **74**

Защита диссертации аспирантами кафедры светотехники НИУ «МЭИ» **38**

LED Форум на выставке *Interlight Moscow powered by light+building* **71**

Содержание журнала за 2016 год **75**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Световая инсталляция «*LIGHT CUBE*» в Москве (1 с. обл.)

Освещение супермаркета светильниками со светодиодными модулями *Vossloh-Schwabe* (2 с. обл.)

Светильник со светодиодами *GALAD АРКЛАЙН LED* (3 с. обл.)

Решения с применением силиконовой оптики *Vossloh-Schwabe* с модулями «*LUGA COB*» (4 с. обл.)

Лучший реализованный проект наружного освещения в России

Победителем ежегодного Всероссийского конкурса «Российский светодизайн», проходящего в рамках выставки *Interlight Moscow powered by light+building*, в номинации «Лучший реализованный проект наружного освещения» в этом году стал проект светотехника Василия Тарасенко и светодизайнера Натальи Копцевой «*LIGHT CUBE*», реализованный компанией «МТ-Электро».



Уникальная для нашей страны световая инсталляция расположена в верхней части штаб-квартиры компании «Лукойл» в двух километрах от Московского кремля. По своей сути «*LIGHT CUBE*» является динамической скульптурой, которая не только светится, но и способна менять световую форму за счёт использования статических и динамичных сценариев, создающих 3D образы.

Инсталляция представляет собой трёхмерный массив индивидуально управляемых светодиодных модулей. Светодиодные модули равномерно заполняют объём, размером 5,7x5,7x12 метров и располагаются с шагом 250 мм относительно друг друга. Пиксели механически и электрически объединены в вертикальные линии-гирлянды. Крепление происходит с помощью тросовой подсистемы (по 2 троса на каждую линию). Длина каждой линии – 12 метров, общее количество линий – 484 штуки, общее количество пикселей – 19 360 шт. Суммарная потребляемая мощность в пиковом режиме – 25 кВт.



Кроме первого приза конкурса «Российский светодизайн», «*LIGHT CUBE*» был удостоен второго приза в номинации «Лучший высокобюджетный световой арт-объект» на престижном профессиональном международном конкурсе-премии *DARCAWARDS* в 2016 году и вошёл в список 15 лучших проектов конкурса *City.People.Light 2016*, проводящегося Международным сообществом городского освещения *LUCI*.

www.rldc.ru
12.11.2016

Доля возобновляемой энергии в 2015 году впервые превысила долю энергии угольных станций



Доля электрической энергии, произведённой в прошлом, 2015 году, из возобновляемых источников, согласно отчёту Международного энергетического агентства, оказалась выше произведённой традиционным способом на угольных станциях. Это событие произошло впервые в истории, а суммарная установленная мощность «зелёной» энергетики достигла в 2015 году 153 ГВт – в основном за счёт ветряных и солнечных станций.

Эксперты предполагают, что к 2021 году доля возобновляемой энергии на планете увеличится до 42 %, а лидерами в этой области станут Индия и КНР. Цена производства «зелёной» электроэнергии снизилась, постоянно появляются новые разработки, позволяющие делать выпуск солнечных панелей эффективнее и дешевле, и за последние 5 лет солнечная энергия подешевела на 30 %. Эффективнее стали и ветряные электростанции. Электроэнергия, производимая на них, через несколько лет упадёт в цене ещё на 15 %, а цена солнечной – на 25 %.

В прошлом году намечился существенный рост спроса на солнечные панели, их охотно начали устанавливать на крыши домов, при этом сто-

имость строительства солнечных электростанций тоже уменьшилась минимум на треть. В докладе компании *Bloomberg* приводятся ещё более смелые прогнозы. Эксперты утверждают, что к 2040 году солнечные и ветряные электростанции станут производить самую дешёвую электроэнергию в мире.

<http://hi-news.ru>
06.11.2016

Новая серия светодиодов для автомобилей от Osram

Компания *Osram Opto Semiconductors* запустила серию «*Oslon Black Flat S*» – первых в мире светодиодов (СД) для поверхностного монтажа с 3–5 индивидуально управляемыми кристаллами, предназначенных для адаптивных матричных автофар. Переключаемые «световые сегменты» позволяют хорошо видеть встречные и попутные передние автомобили, делая вождение более комфортным и безопасным. Благодаря своим улучшенным тепловым характеристикам эти мощные СД обеспечивают лучшую работу системы и подходят в качестве привлекательного предварительного решения для адаптивных фар даже малогабаритных автомобилей. 3-кристальная новая модель серии «*Oslon Black Flat S*» находится в продаже с октября 2016 г., а модели с 4 и 5 кристаллами начнут продаваться с января 2017 г.



При этом кристаллы управляются индивидуально и обеспечивают оптимальное в любое время суток распределение света на дороге.

«*Oslon Black Flat S*» позволяет использовать преимущества, предоставляемые адаптивными матричными фарами, не только во «флагманских» моделях, но и в автомобилях начального уровня (*entry-level*) и малогабаритных, так что повышенными безопасностью и комфортом смогут наслаждаться водители и этих автомобилей», – сказал управляющий выпуском новой продукции компании *Osram Opto Semiconductors*. Наряду с неслепящим дальним светом, «*Oslon Black Flat S*» позволяют реализовать и другие возможности адаптивных фар, такие как виражное освещение и освещение «*city light*» безо всяких механических приспособлений.

СД «*Oslon Black Flat S*» имеют оптимизированные симметричные контактные поверхности, что дополнительно улучшает отвод тепла и стабильность. Подобное сочетание превосходного терморегулирования и стандартной обработки приводит к уменьшению системных издержек.

www.led-professional.com
04.11.2016

Учёные превратили бактерии в крошечные живые лампочки

Огромное количество научных данных, знаний и высокий уровень развития современных технологий определяют то, что всё чаще и чаще начинают возникать области и направления исследований, лежащие на границе областей, которые, как считалось ранее, совершенно не пересекаются друг с другом. В одной из таких удивительных областей работают учёные из Ньюкаслского университета (Великобритания), эта область является своего рода симбиозом электротехники, электроники и биологии, а результатом деятельности в данном направлении являются разнообразие электробиологические и электронно-биологические системы, обладающие целым рядом необычных свойств и функциональных возможностей.



В рамках соревнования «*International Genetically Engineered Machine*» («*iGEM*») 2016 года (5600 участников из 42 стран) исследователи из Ньюкасла представили вниманию общественности несколько своих разработок. Наибольший интерес вызвали модифицированные особым образом микроорганизмы вида *Escherichia coli*, превращённые в крошечные живые лампочки, которые светятся, эффективно поглощая тепловую энергию из

окужающей среды. На снимке показана микрожидкостная система из ряда лаборатория-на-чипе, в каналах которой как раз и находятся эти светящиеся микроорганизмы.

Помимо крошечных лампочек, исследователи продемонстрировали не менее крошечные живые электрические конденсаторы, фоторезисторы и т.п. А дальнейшее развитие данного направления сулит разработку целого ряда электронно-биологических компонентов, совмещение которых, в свою очередь, может дать весьма необычный и фантастический результат. Только представьте себе некие живые объекты, которые функционируют подобно электронным (светотехническим) устройствам, или, наоборот, подобные устройства, которые живут, питаются и выполняют работу, для которой они и созданы.

www.dailytechinfo.org/news/02.11.2016

Компания Intel устроила грандиозный «фейерверк» при помощи «роя» из 500 беспилотников

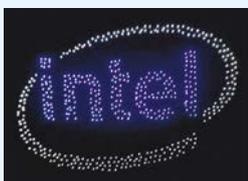
Оказывается, небезызвестная компания Intel, помимо всего прочего, занимается разработкой и производством малых беспилотных летательных аппаратов (МБЛА), предназначенных для самых разных целей. Последним из таких творений «гиганта» является беспилотник «Shooting Star», который предназначен исключительно для создания световых шоу в воздухе. И недавно Intel устроила в Германии грандиозный «фейерверк», в котором было одновременно задействовано 500 МБЛА «Shooting Star», благодаря чему этот случай занял соответствующее место в Книге рекордов Гиннеса.

Предыдущий рекорд данного вида был установлен в прошлом году той же компанией Intel, которая подняла в воздух группу из 100 беспилотников предыдущего поколения.

МБЛА «Shooting Star» могут излучать свет миллионов цветов и оттенков, а специализированное программное обеспечение, разработанное в своё время немецкой компанией MAVinci GmbH, управляет синхронными «танцами» этих аппаратов в воздухе, рассчитывая траекторию движения для каждого в отдельности и не допуская их столкновений.

При этом следует отметить, что демонстрация полёта группы из 500 МБЛА была проведена в Германии в силу лояльности местных законов в этом отношении. Сейчас же представители компании Intel ведут переговоры с Федеральным управлением гражданской авиации США (Federal Aviation Administration) и подобными органами других стран на предмет получения разрешения на ночные полёты больших групп МБЛА под управлением одного пилота, наряду со вторым пилотом на случай подстраховки.

www.dailytechinfo.org/space
10.11.2016



Современная живопись в инновационном свете

Институт русского реалистического искусства (ИРПИ) провёл реорганизацию выставочных залов, приуроченную к пятилетию музея. В проекте приняла участие Philips Lighting, благодаря которой редкие произведения живописи из коллекции ИРПИ предстанут перед гостями в новом свете. В рамках модернизации компания установила в выставочных залах светодиодные решения, разработанные специально для освещения музейных пространств. Новые энергоэффективные источники света наилучшим образом подчёркивают цветовую палитру картин, предотвращая деформацию полотен от нагревания.

Стояла задача организовать освещение выставочных залов таким образом, чтобы ничто не отвлекало внимания от картин столь выдающихся



мастеров как Константин Коровин, Александр Куприн, Владимир Лебедев и др., и Philips Lighting помогла её выполнить – показать коллекцию в максимально выгодном свете.

ИРПИ стал первым московским музеем, который Philips Lighting оснастила светильниками с СД, разработанными совместно с музейными специалистами художественного музея Рейксмузеум (Rijksmuseum) в Амстердаме. На двух этажах выставочного пространства установлены решения «StyliD PerfectBeam», которые обеспечивают оптимальную цветопередачу, по качеству света превосходя аналоги с галогенными ЛН. Более того, модульная конструкция светильников делает возможным настраивать необходимый уровень освещения для каждой конкретной картины.

(Институт русского реалистического искусства (ИРПИ) – частный проект, возрождающий общественные традиции российского меценатства. Музейно-выставочный комплекс ИРПИ открылся в декабре 2011 года в одном из старинных корпусов бывшей ситценабивной фабрики, построенной в Замоскворечье в конце XIX века. Художественное собрание ИРПИ на сегодняшний день по праву считается одной из лучших коллекций живописи национальной реалистической школы XX века.)

www.svetozone.ru
21.11.2016

GlacialTech представила новые радиаторы с тепловыми трубками для мощных светильников со светодиодами



Компания GlacialTech, занимающаяся разработкой теплоотводящих устройств для осветительных приборов (ОП), представила два новых эффективных радиатора с тепловыми трубками (Igloo SR250HP-3 и Igloo SR350HP-3) для мощных светильников со светодиодами (СД)

мощностью от 200 до 350 Вт, в основном предназначенных для освещения высоких промышленных помещений.

Особенности:

- Предназначены для ОП с СД-модулями с бескорпусным монтажом кристаллов на печатной плате (CoB) или с печатными платами на металлическом основании (MCPCB).
- Встроенные тепловые трубки, обеспечивающие более эффективный теплоотвод и повышенный эксплуатационный срок службы.
- Низкое тепловое сопротивление: 0,1663 (Igloo SR250HP-3) и 0,1125 (Igloo SR350HP-3) К/Вт.
- Подходят для использования в ОП для внутреннего и наружного освещения.
- Могут поставляться в полусобранном виде с корпусом для устройства управления («драйвера»), кронштейном и колпаком, что позволяет компоновщикам систем освещения с лёгкостью реализовывать заказные проекты освещения, позволяющие наилучшим образом использовать выбранные ими СД-модули и устройства управления.

Благодаря своим термическим и весовым характеристикам, эти эффективные радиаторы идеально подходят для ОП мощностью 200–250 (Igloo SR250HP-3) или 300–350 (Igloo SR350HP-3) Вт. По сравнению с менее продвинутыми изделиями, эти новые радиаторы могут снижать расходы на электроэнергию благодаря поддержанию низкой температуры, что приводит как к увеличению световой отдачи СД, так и к уменьшению теплового загрязнения окружающей среды и, в долгосрочной перспективе, увеличению сроков службы СД и устройств управления в результате исключения вредного тепла, которое постепенно приводит к повреждению изделий. Кроме того, привлекательное и долговечное серебристое покрытие и анодирование поверхности также способствуют обеспечению долгой и безотказной работы этих изделий.

www.led-professional.com/
08.11.2016

Итоги и перспективы развития светового дизайна в городах России

Н. И. ЩЕПЕТКОВ

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва
E-mail: n_shchepetkov@inbox.ru

Аннотация

Подведены итоги последнего 23-летнего этапа развития светодизайна в городах России, в целом рассматриваемого как новое комплексное направление в эволюции наружного освещения. На примере Москвы и, отчасти, других городов рассмотрены вопросы рождения новой профессии, проблемы формирующейся теории светодизайна, опыт проектных разработок и реализаций светодизайнерских решений на новой светодиодной базе и неубедительные попытки московских чиновников создать методологическую базу в виде стандартов и эталонов для проектировщиков и согласующих органов.

Кроме того, рассмотрены некоторые вероятные направления развития светодизайна на основе новых технологий и нового мировоззрения участников этого процесса.

Ключевые слова: светодизайн, искусство, светотехника, наука, архитектура, световая среда.

Чтобы подвести итоги развития городского светодизайна в России, вначале определимся с точкой отсчёта: пусть это будет 1993 г., когда в преддверии празднования 850-летия Москвы после предшествовавшего многолетнего запустения начался очередной, самый масштабный, продолжительный и результативный этап развития отечественного архитектурного освещения, называемого ныне светодизайном. Вслед за столицей с разными задержками, разной скоростью, объёмом и качеством светодизайн «прописывался» и в других городах России — «процесс пошёл». Для ряда городов (Петербург, Сочи, Смоленск, Псков, Казань и др.) разработаны световые генпланы. Сегодня трудно найти населённый пункт областного и даже районного масштаба, где бы не было нескольких так или иначе освещаемых фасадов или памятников — на средства ли города или

инвесторов. Поэтому просматриваются некие перспективы развития в этой области: с одной стороны, несмотря на дефицит финансовых средств, процесс превращается в массовый благодаря проснушемуся к нему интересу общества, а с другой — он может стать рутинным (как давно уже происходит в архитектуре), ибо в большинстве примеров освещения множественное количество не переходит в высокое качество, а это грозит дискредитацией имиджу всего перспективного направления. Но раз искусство «дневной» архитектуры в глазах человечества как-то веками выживает и развивается со взлётами и падениями, у светодизайна (второй образной «ипостаси» архитектуры) также есть этот шанс. Столичные и некоторые крупные города могут себе позволить с определённой периодичностью стряхивать сплин заурядности наружного освещения устройством шикарных зрелищных световых шоу, другие ограничиваются праздничным «световым оформлением» по средствам и самодельными фейерверками по случаю. В данной статье эти кратковременные ОУ вынесены за скобки, хотя в жизни они оказывают на зрителей тонизирующее действие и подспудно влияют на оценки предмета нашего анализа — стационарного освещения в городской среде.

Учитывая бурно развивающуюся практику наружного освещения, надо уже определиться: светодизайн — это искусство или инженерия? Очевидно, он зиждется на двух «китах» — архитектуре (включая урбанизм и дизайн) и светотехнике (видимые излучения как форма существования материи, их квалитетрия и техника воспроизводства), «удельный вес» которых в профессии равноценен. Гармония архитектуры обеспечивается «алгеброй» светотехники. При этом в сферу светодизайна должны быть включены, на мой взгляд, все виды искусственного освещения — утилитарное (дорожные покрытия), архитектурное (фасады

зданий, сооружений, «вертикальных» элементов ландшафта) и светоинформационное (автономно светящиеся элементы), совместно на постоянной основе, но в разных пропорциях, функционирующие в городских ансамблях и оптически формирующие их светопространства и световые образы. Поэтому и создавать эти системы освещения нужно вместе, комплексно, начиная с проекта. Уже по наличию утилитарной составляющей в любой световой ситуации светодизайн (как и архитектура) не является «чистым» искусством, подобным живописи, скульптуре или кино, в которых творцу позволено всё.

Что «перевешивает» в практике светодизайна — художественность или практичность? Везде существуют претензии на художественность, но они нередко безосновательны, зато утилитарная роль освещения неизбывна — дополнительный к уличному («фонарному») свет в городской среде от установок фасадного и светорекламного освещения обычно полезен при ориентации в вечерних городских пространствах. Светодизайнер, умеющий рисовать лишь «красивые картинки» (т.е. без знаний светотехники), которые затем «доводит» до практического употребления инженер, — не более чем визуализатор (и этот конвейерный способ используется в ряде проектных бюро). Но и инженер, фундаментально не «подкованный» в древнейшем, синтетичном и сложном искусстве архитектуры, не сможет быть творцом светодизайна. Хотя возможны исключения, которые лишь подтверждают правило.

Так, в истории зарубежного светодизайна сложились творческие пары (архитектор и светотехник), создавшие известные произведения световой архитектуры (Л. Мис ван дер Роэ и Р. Келли, В. Лукхардт и В. Келлер, Ж. Нувель и Я. Керсале, Х. Ян и Я. Керсале, З. Хадид и Ван дер Хейде, Т. Ито и К. Менде), но есть и «самодостаточные» светодизайнеры с инженерно-художественным образованием: архитекторы Р. Нарбони, И. Мотоко, Л. Клер, А. Гийо, Д. Спейрс, М. Мейджор и др.

Сфера светодизайна — это архитектурная среда открытого (в ландшафте) или закрытого (в интерьере) типов, в лоне которой он существует и развивается. В его первооснове лежит утилитарная функция — обеспечение

необходимого количества рукотворного света для выполнения зрительной работы той или иной сложности. Но этот физиологический минимум никогда не устраивал человека — при первой возможности он старался сделать «тварный» свет и его действие благолепным, чтобы представить видимую при нём окружающую среду и объекты божественно красивыми. Хотя термин «красивый» не научно-конкретный, даже бытовой, в его содержательной расшифровке до сих пор заключается основная задачей светодизайнерской науки: как количественные светотехнические параметры освещения, доступные расчёту и объективным измерениям, перевести на язык качественных субъективных, а по науке — статистически объективизированных зрительных оценок и затем использовать их в проектном моделировании параметров световой среды, гарантированно обеспечивающей позитивные эстетические оценки в натуре. Превращение светотехнических параметров в светокомпозиционные критерии архитектурной среды — актуальный этап развития этой науки. Например, важно бы знать: при каком градиенте яркости (хотя бы диапазон, порядок значений) освещаемый в темноте (по вертикали) объект (obelisk, башня, небоскрёб) выглядит статичным, массивно-утяжелённым, а при каком динамичным, парящим, дематериализованным, разумеется, с учётом его масштаба и ситуации; какие яркости, соотношения и рисунок световых пятен на поверхности, характерный для локального освещения фасадов, явно её разрушают, а какие сохраняют определённую, характерную для дня целостность (пусть и благодаря феномену зрительной памяти и константности восприятия); как влияет всё шире используемый цветной свет на формообразование и эмоции в архитектуре, на восприятие среды. Из всех категорий архитектурной формы организованное пространство, визуально воспринимаемое целиком как гомогенное по своей структуре в пределах физических границ в режиме дневного зрения (традиционно), является важнейшей, но наименее осознаваемой и изученной категорией при искусственном свете, когда оно превращается в гетерогенное светопространство как новую сущность с совершенно иными объективными

и зрительно воспринимаемыми качествами, которые принципиально важны для расчёта, нормирования и проектирования световой среды в пешеходных зонах города.

Гармонизация параметров световой среды, как и многовековая, традиционно используемая гармонизация размерных характеристик в архитектуре, должна осуществляться на основе пропорционирования, в данном случае, света по его количественным и качественным показателям. Зрительный развал архитектурной формы при её искусственном освещении происходит из-за: чрезмерных ярких или цветных (или тех и других) контрастов между её элементами; несгармонизированных по угловым размерам или форме световых пятен (здесь есть чему поучиться у живописцев); неурегулированной (пока хоть и в меньшей степени) кинетики освещения разных ОУ в каждом городском пространстве и т.п. Определить оптимальные пропорции искусственного света на конкретной архитектурной и в конкретной светопространственной форме (с учётом зрительной адаптации) — одна из фундаментальных задач научных исследований и теории светодизайна.

Резюме — все категории архитектурной формы, канонизированные в теории архитектуры на основе зрительных оценок при «всеобъемлющем» дневном свете, в теории светодизайна должны быть пересмотрены и квалитетированы для условий искусственного освещения и темновой адаптации.

Есть определённый, но явно недостаточный для теории и практики светодизайна задел в этой области [1, 2], и потому в проектировании освещения ныне царит эмпирика, в частности, процветающая из-за непонимания того, что соблюдение, тем более мало контролируемого, норм освещения недостаточно для обеспечения художественного качества создаваемой световой среды. Хотя, казалось бы, всё здесь в наших руках.

Пора привести смысловые взаимосвязанные тезисы настоящей статьи:

- наша страна официально не готовит светодизайнеров, хотя они востребованы практикой («кадры решают всё»). В некоторых зарубежных странах такие подготовка (образование) и профессия существуют;

- в светодизайне российских городов много позитивного и негативного, но ни у кого нет целостного представления о ситуации со светодизайном в стране;

- наука в этой области пока лишь представлена немногими энтузиастами, не способными в желаемые сроки решать основные теоретические и методологические проблемы;

- «ахиллесова пята» современного светодизайна — плохие мониторинг результатов проектирования и эксплуатация ОУ;

- вряд ли кто-то сегодня достоверно определит общие среднемесячные и, тем более, долгосрочные перспективы развития этого направления.

Де-юре (по диплому) профессии светодизайнера в России нет, хотя в ряде технических университетов такая подготовка инициативно ведётся (Университет ИТМО, НИУ «МЭИ» и др.) [3]: преподаются определённые дисциплины, выполняются курсовые и дипломные проекты бакалавров, специалистов и магистров. Следует надеяться, это принесёт свои плоды. В архитектурных вузах такие работы представлены обычно на кафедрах дизайна архитектурной среды, реже — архитектурного проектирования (МАРХИ, Тюменский и Саратовский ГАСИ, Казанский и Томский ГАСУ, ДВФУ, Институт бизнеса и дизайна, Национальный институт дизайна в Москве и др.). Главное внимание в них уделяется эстетике освещения, нередко в ущерб проработке светотехнических вопросов. При этом непостижим и необъясним всеобщий прискорбный факт, что вузовские преподаватели практически ни в одном городе властями не привлекаются к реальным светодизайнерским проектам, что не приносит пользы ни процессу образования, ни городу. Для становления профессии целесообразно объединить усилия архитектурно-дизайнерских и инженерных вузов по разработке единой или синонимичной учебной программы для новой профессии, хотя организационно это совсем не просто, но при современной электронной почте в принципе возможно (в частности, в рамках Учебно-методического объединения (УМО) Минобрнауки РФ).

По масштабам светодизайна Москва, безусловно, «впереди планеты всей», но по художественному эффекту ей далеко, например, до Баку



Рис. 1. Санкт-Петербург. Малая Конюшенная улица (а) и Александринский театр (б)

[4]. Первую «подножку» имиджу столицы светодизайна в России подставил Петербург к своему 300-летию, в 2003 г., и последовательно укрепляет свой успех в последующие годы без революционного пересмотра ранее содеянного. Москва же, сменив руководство (2010 г.), пустилась «во все тяжкие» с применением цветного освещения светодиодами в 2012 г., который можно считать началом второго современного этапа развития светодизайна: ещё при Ю.М. Лужкове Москомархитектурой, в 2007 г., под руководством главного художника столицы И.Н. Воскресенского была разработана претенциозная, но весьма компилятивная концепция создания единой светоцветовой среды, утверждённая правительством города в 2008 г. Её реанимация началась в 2011 г. с абсурдной организации Департаментом топливно-энергетического хозяйства (в роли заказчика) тендеров на проектирование этой среды по трём магистралям — Новому Арбату с Кутузовским проспектом, Тверской улице с Ленинградским проспектом и проспекту Мира с Ярославским шоссе. Этот старт, вполне достойный Шнобелевской премии, был предметом дискуссии в журнале [5], но городские власти её по обыкновению проигнорировали, хотя на освобождение от должности руководителей вышеупомянутых ведомств, возможно, это и повлияло.

Ажиотаж, навязанный проектировщикам заказчиком с обязательным внедрением, нужным и ненужным, цветных светодиодов, и лукаво трактуемая идея новой «единой светоцветовой среды» привели к спорным результатам: Новый Арбат действи-

тельно приобрёл оригинальный образ (авторы получили Премию им. Москвы), а Тверская, первый в нашей практике крупный светоурбанистический ансамбль 1997–98 гг., была обезображена — почти на всех фасадах исчезли все ОП с разрядными лампами (а с ними — кронштейны и кабели) и появились ОП с RGB-светодиодами «продиктованных» генподрядчиком фирм (а с ними — новые дырки в фасадах). А ведь было б разумнее просто заменить некоторые старые ОП на новые, добавить недостающие и удалить, при редкой необходимости, лишние. Но для этого нужны квалифицированные специалисты, которых у заказчика не было, да и сроки проектирования были нереально малы. Зато быстро «освоились» немалые деньги. Включение новых ОУ в новогодне-рождественские праздники в 2012 г. привело публику в шок цветовой какофонией на фасадах, необъяснимой и вульгарной, не основанной ни на каких законах гармонии, символики, смысла. Вскоре даже власти города поняли это и перевели ОП с RGB-режима в режим плохого белого света. О яркостной композиции или световом рисунке в связи с архитектурой при этом говорить не хочется. Редкие сохранившиеся рудименты старых ОУ на некоторых зданиях по Тверской ул. выглядят гораздо убедительней новых и могут подтвердить эти скептические оценки.

В 2012 г. на фасадах ряда репрезентативных зданий из серии «сталинский ампи́р» по проспекту Мира также были смонтированы (впервые) ОУ с ОП с цветными светодиодами. Ядрёный красный, зелёный, синий, фиолетовый свет, который авторы кон-

цепции не планировали использовать, но исполнители рабочего проекта без ведома концептуалистов их внедрили, просуществовали недолго — только на пробных включениях. Как и на Тверской, от этой затеи «Моссвет» отказался тем же манером. Остался лишь странный осколок цветного «великолепия» — дом Долгова (д. № 50), памятник архитектуры XVIII в., изящно-классический бело-жёлтый портик которого изнутри высвечен фиолетовым светом, особенно раздражающим пятнами на левом фрагменте аттика.

В последующие годы накал страстей упал, тендеры проводились всё незаметнее, участники и победители в них всё неизвестнее, и сегодня все как «воды в рот набрали»: кто делает, как получается, какие светодизайнерские проблемы решаются и т.д.? В течение первого этапа (1993–2010 гг.) публикаций на эту тему только в «Светотехнике» были десятки, то же и в других журналах — авторы проектов делились опытом. А сегодня, как будто, и сказать нечего?

Объехать огромную ночную Москву без конкретной задачи и адресов практически невозможно, поэтому впечатления о ней могут быть отрывочны и даже случайны. По ним можно судить, что освещено очень много объектов по столичным магистралям, но среди них мало удач — штучных и особенно светоансамблевых. А именно эту цель преследовала разработка концепции и её реализация. Вот Садовое кольцо: карнизы и венчающие парапеты многих зданий ярко высвечены «янтарным» светом, зрительно отрывающим их от плоскости фасада, нередко освещённого весьма индифферентно. Нали-

цо массовое нетектоничное решение световой (яркостной) композиции парадных фасадов периметральной застройки. Говорят, реализована попесенная метафора обручального кольца. Но кольцо-то исторически и урбанистически Садовое! Янтарные карнизы не обеспечили ни эффекта ансамблевости, ни метафоричности — вряд ли кто-то сам догадается об этой идее.

Всё же, справедливости ради, надо отдать должное — и на Садовом кольце, и на проспекте Мира, и на других магистралях и площадях Москвы встречаются вполне оригинальные, но опять же «штучные» светокomпозиционные решения. Возможно, многие из них непосредственно не связаны с городской программой — инвесторы, обнаружив десяток лет назад экономическую эффективность архитектурного освещения, сами финансируют этот раздел проекта и его реализацию. Например, Останкинская телебашня радикально изменила свой световой имидж, будучи оплетённой «чулком» из медийной светодиодной сетки. Ещё — модернизируется освещение объектов Кремля, к которому раньше у московских светодизайнеров не было доступа (как к объекту федерального, а не столичного значения). По сути, это самый ответственный светоурбанистический ансамбль не только Москвы, но и России, живущий сегодня в режиме реставрации, и реализованные фрагменты освеще-

ния уже ставят вопросы правильности светокomпозиционной иерархии его элементов.

В последние годы в связи с реконструкцией двух сталинских высоток — гостиниц «Украина» и «Ленинградская» — были усовершенствованы установки их наружного архитектурного освещения: при сохранении характера предшествовавшего светокomпозиционного решения оно стало более целостным и экспрессивным за счёт замены старых ОП на новые, увеличения их количества и, соответственно, уровня освещения, иной цветности излучения и т.д.

Новой и ёмкой темой современного светодизайна стало освещение пешеходных улиц Москвы. Вот где можно было с блеском реализовать идеи комплексного создания архитектурной, в т.ч. вечерней, световой среды для человека, поскольку старые установки уличного освещения при реконструкции полностью демонтировались. Но, увы, гранитное великолепие мощения не получило адекватного великолепия в освещении [6]. Нет ни одной улицы (разве что Крымская набережная), где бы сложился полноценный световой ансамбль с соответствующей атмосферой пешеходной улицы — в каждом «чего-то не хватает» для гармонии уличного, фасадного и светоинформационного освещения между собой и с урбанистическим контекстом. Словесный пафос концепции «единой световце-

товой среды» в освещении архитектурных ансамблей магистралей и площадей свёлся к освещению фасадов, а в пешеходных зонах — к расстановке фонарей.

Теперь уже ясно, что многолетний монополизм «Светосервиса» в архитектурном (и не только) освещении Москвы сменился тендерной системой с неизвестными участниками — «заменяли шило на мыло». Результаты совсем не лучше, а к кому предъявить вопросы и претензии? Разве что к Москомархитектуре, художественный совет которой согласовывает светодизайнерские проекты. Но кто же должен ещё мониторить качество реализации этих проектов? Совет, в котором нет светодизайнеров-профессионалов, на протяжении многих лет ведёт «гибкую» политику — то проекты согласовываются платно (в широких пределах), то бесплатно, то один из цветов радуги (синий) попадает в опалу и его запрещают, то приветствуется вся *RGB*-палитра. Но самое главное, совет не обращает внимания на некомплексность светодизайнерских решений, традиционно считая фасадное освещение «световым оформлением», как главную и, видимо, единственную художественную задачу.

Москомархитектура силами своего подразделения ГлавАПУ (ГУП) в последние годы занимается совершенствованием методологии городского благоустройства, включая све-

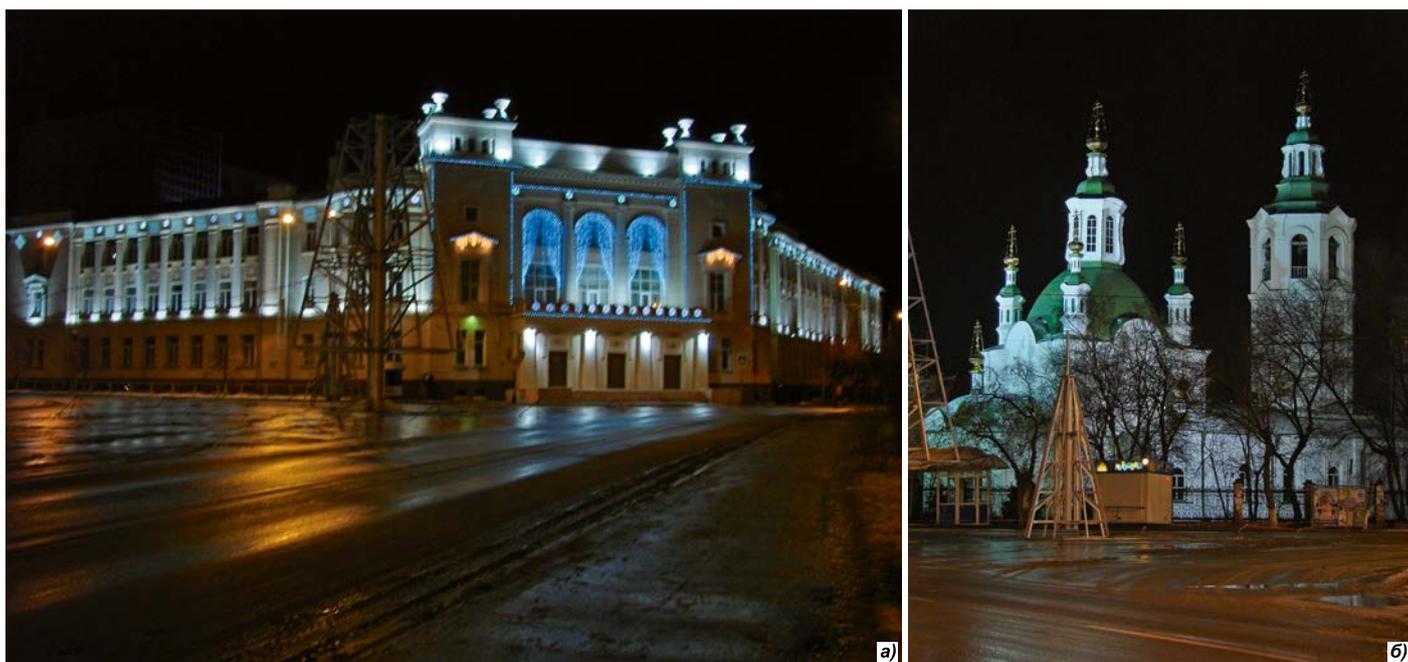


Рис. 2. Тюмень. Здание Тюменского ГАСУ (а) и Крестовоздвиженский храм (б)



Рис. 3. Воронеж. Здание областной администрации

тодизайн. В 2014 г. совместно с ООО «СветоПроект» разработаны «эталонные технические задания, концепции архитектурно-художественного, ландшафтного освещения фрагмента городской среды и проектной документации архитектурно-художественного освещения монообъекта» (язык-то какой!), в 2015 г. ГлавАПУ выпустило «Альбом типовых решений (стандартов) комплексного благоустройства территории «вылетных» магистралей города Москвы», в котором раздел «Освещение» также представлен [7]. Если к ним добавить разработанный в 2016 г. КБ «Стрелка», по контракту с Правительством Москвы, «Сводный стандарт благоустройства улиц Москвы», то может создаться впечатление о замечательной обеспеченности светодизайнеров новыми инструктивно-руководящими материалами, предположительно основанными на проведённых исследованиях. Одна-

ко сравнение этих двух как бы родственных стандартов (в т.ч. в части освещения) свидетельствует о примитивности стандартизуемых решений ОУ (где уж там искусство светодизайна), о несовпадении ряда изложенных в них требований с федеральными нормами, об отсутствии достоверной научной базы с необходимой новизной и об общей несогласованности между собой. Вряд ли это полноценная помощь практике, разве что перегруженные формальными, в т.ч. тавтологическими, требованиями эталоны дают некую канву критерияльного единообразия для выполнения и оценки разных светодизайнерских проектов. Но очень жаль, что правительственный комитет (Москомархитектура) все усилия и публикации посвятил только внутриведомственным формально-организационным мероприятиям и практически не делится с горожанами, проектиров-

щиками и научным сообществом своими соображениями, задачами, перспективами, успехами и оценками в области светодизайна, не участвует в дискуссиях, не отвечает на запросы, а если ему и приходится где-то докладывать (например, на конференциях и «круглых столах»), то всё представляется в розовом свете («всё хорошо, прекрасная маркиза»). Эта политика недемократична, недальновидна и непродуктивна.

Как сказано в начале, светодизайн «шагает» по стране, не ведая о тонкостях и хитросплетениях московской практики. Складываются более или менее передовые региональные школы светодизайна, некоторые из которых обслуживают не только свои и соседние области, но и конкурируют по всей России, а возможно, и в республиках СНГ. Но об этом, к сожалению, мало сведений. Так, Петербург уверенно и по-своему оригинально реализует программу, заложенную в световом генплане (рис. 1)¹. Световые ансамбли исторического центра с перспективами проспектов и ампирических площадей, изобретательно освещёнными мостами и светопанорамами набережных полноводной Невы не могут не поражать гостей города своим великолепием и масштабностью (жители привыкли). Казань образным языком света эффективно выражает свою самобытность. Владивосток [8], Тюмень (рис. 2), Саратов, Воронеж (рис. 3), Великий Новгород (рис. 4), Вологда, Астрахань, Белгород, Калининград (рис. 5), Якутск (города, которые автор воочию, хоть и бегло, оценил при искусственном

¹ Все рисунки в статье — фото автора.



Рис. 4. Великий Новгород. Кремль (а) и Софийский собор (б)



Рис. 5. Калининград. Кафедральный собор (а) с могилой И. Канта (б)

свете в последние годы) — в каждом из них есть свои более или менее удачные светодизайнерские решения, но много и непрофессиональных, заурядных, главное же — «штучных» объектов, существующих вне понятия «световой ансамбль». Ряд исторических городов районного масштаба («соль земли русской») — Гороховец, Ростов Великий, Кашира, Дмитров, Сергиев Посад, Коломна, Зарайск и многие другие — могли бы составить славу отечественного светодизайна и спровоцировать более активное развитие вечернего туризма, если бы в них были качественно освещены замечательные памятники национальной архитектуры. Среди вышеназванных городов количеством освещаемых объектов выделяется Коломна, но и там качество светодизайна небезупречно. В других же разнообразные сохранившиеся и возрождённые кремли, монастыри, храмы, дворцы и палаты имеют в лучшем случае лишь охранное освещение. В Комитете по архитектуре и градостроительству Подмосковья существуют планы развёртывания этой работы в области, начиная с выполнения светового генплана для каждого города, но мешает, как утверждают руководящие чиновники, хронический дефицит бюджетных и инвестиционных средств. Троице-Сергиеву лавру, как и Ростовский кремль, в последние годы капитально отреставрировали и отремонтировали, но средств на их архитектурное освещение, к сожалению, не выдели-

ли. А ведь монтаж ОП на памятниках архитектуры весьма проблематичен и лучше его осуществлять в процессе ремонтно-реставрационных работ, а не после их окончания.

Перспективы развития светодизайна обычно связывают с прогрессом в технике освещения — со всё более широким применением светодиодов и внедрением современных систем управления освещением. Но это лишь инструменты для решения определённых задач: в первую очередь, по энергоэффективности, ресурсосбережению, экологии и т.п. и, во вторую, задач и сверхзадач, формируемых идеологией светодизайна как средового искусства в каждой конкретной ситуации — создать зрительно комфортную среду и сделать её художественно полноценной. В конечном счёте речь идёт не о светодизайне отдельных объектов, хотя с этого обычно начинается история, а именно о вечерней городской среде как иерархизированной системе разнообразных светопространственных ансамблей, обладающих индивидуальной образной выразительностью. И актуальнейшей задачей при этом является обеспечение «двойной» комплексности в проектировании этой среды и ситуационном воплощении. При этом: ОУ стилистически и физически должны быть органичной частью элементов материальной среды, причём ОП должны инкорпорироваться в мощения и газоны, фасады зданий и сооружений, малые архитектурные

формы, подпорные стенки, лестницы и т.п.; стационарные установки утилитарного, архитектурного (включая ландшафтное) и рекламно-информационного освещения, совместно функционирующие в городских пространствах, должны рассчитываться и разрабатываться вместе, с учётом режимов, кинетики и цветности освещения в каждой из них. Организационно этого достичь непросто, но есть ситуации (реконструкция пешеходных улиц, парков, площадей), когда (было бы желание и соответствующие знания) позитивный результат будет подтверждён экономическим и социальным эффектом (Крымская набережная в Москве, площади *Finsbury Avenue* и *Regents Place* в Лондоне [1, с. 231], Нагорный и Приморский парки в Баку [4], опыт французских светодизайнеров [9] и др.)

Некомплексность нередко приводит к очевидным курьёзам: в Дмитрове на площади перед кремлём на рубеже XX–XXI вв. установили десяток 5-метровых световых колонн, которые давали мало света, так на них укрепили слепящие прожекторы с ГЛН для освещения мостовой, ухудшившие зрительные условия. На пешеходном участке улицы Рождественка в Москве на двухпафонных ретро-фонарях недавно выросли «уши» из двух прожекторов, обращённых в небо. Вместо того, чтобы наладить производство уличных фонарей двойного назначения с современной оптикой (автономный свет вверх и вниз), как

на бульваре Ришар-Ленуар в Париже или на ул. Эспланада в Хельсинки [1, с. 282], принимаются нелепые решения. Самодеятельность эксплуатирующих организаций иногда является вынужденным «латанием дыр» светодизайнерского проекта, но в целом качество эксплуатации установок архитектурного освещения желает лучшего. Новенькая ОУ с ОП со светодиодами на фасадах отреставрированного «Детского мира» в 2015 г. неоднократно выходила из строя целыми секциями. Возможно, это результаты тендерной закупки дешёвых светодиодных решений.

Несмотря на случайные отказы, светодиоды, в т.ч. органические, вместе с компьютерным управлением ими существенно расширили возможности новых творческих решений — архитектура зримо становится «разумной» благодаря медиа-фасадом и интерактивным системам освещения, ещё не массовым, но уже реализованным в единичных экземплярах в разных городах мира. Эта тенденция, несомненно, и есть будущее светодизайна.

Сегодня светодиоды относительно активнее применяются в фасадном, ландшафтном и рекламном освещении, нежели в уличном, где ОП со светодиодами появляются в жилых дворах, парках, на местных улицах, дублёрах и проездах. Но пока ещё рано списывать разрядные лампы, у них есть свои достоинства и пер-

спективы. Некоторые производители ведут дальнейшие разработки в этой области. Надо также надеяться, что когда-нибудь найдут практическое применение технологии производства «самосветящихся» отделочных материалов на основе электролюминоесценции или фотолуминесценции, в т.ч. от солнечной энергии. Фасады зданий, облицованных такими материалами, совершенно преобразят ночную среду города и радикально сократят число уличных ОП, ныне заполняющих и оптически формирующих городские пространства.

Р.С. За рамками обзора осталась тема светодизайна интерьеров, не менее важная, объёмная, сложная и интересная.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щенетков Н.И.* Световой дизайн города. — М.: Архитектура-С, 2006. — 320 с.
2. *Батова А.Г., Щенетков Н.И.* Свет и тектоника ордерной архитектуры // Светотехника. — 2012. — № 5. — С. 23–27.
3. 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., Лебедкова С.М., Овчаров А.Т., Санжаров В.Б., Силкина М.А., Снетков В.Ю., Хаджин А.Г., Щепетков Н.И.) // Светотехника. — 2015. — № 5. — С. 60–68.
4. *Щенетков Н.И.* Эволюция светодизайна в Баку // Светотехника. — 2015. — № 5. — С. 51–58.

5. *Щенетков Н.И.* О концепции создания единой светоцветовой среды города Москвы // Светотехника. — 2012. — № 6. — С. 49–52. Обсуждение вопросов, поднятых в статье (А.Г. Батова, О.Р. Бокова, Д.В. Буров, Н.В. Быстрянцева, Г.И. Гарифулина, О.А. Гизингер, А.В. Ефимов, Ю.С. Медведев, М.В. Осиков, Е.Г. Прилукова, М.А. Силкина, А.К. Соловьёв, П.А. Терёшко, В.Г. Чудинова) // Светотехника. — 2012. — № 6. — С. 52–61.

6. *Матовников Г.С., Щенетков Н.И.* Освещение новых пешеходных улиц Москвы // Светотехника. — 2015. — № 2. — С. 11–17.

7. *Щенетков Н.И.* К выходу очередного пособия Москомархитектуры по комплексному благоустройству и освещению Москвы // Светотехника. — 2016. — № 3. — С. 73–75.

8. *Ефимов А.В., Карпенко В.Е., Щенетков Н.И.* Освещение набережных Владивостока и города в целом // Светотехника. — 2016. — № 5. — С. 62–68.

9. *Narboni R.* La Lumiere et le Paysage. Creer des paysages nocturnes. — Paris: Le Moniteur, 2003.



Щенетков Николай Иванович,
доктор архитектуры, профессор. Зав. кафедрой «Архитектурная физика» МАРХИ (ГА). Лауреат Государственной премии РФ (за архитектурное освещение Москвы). Член редколлегии журнала «Светотехника»

От руководителя Федерального дорожного Агентства Коллективу холдинга «БЛ ГРУПП»

Поздравление



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

и ответственность, проявленные в ходе реализации деятельности вашей организации при работе на объектах федеральных автомобильных дорог. За эти годы «БЛ ГРУПП» заслужил репутацию одного из ведущих светотехнических холдингов с высококвалифицированными сотрудниками, эффективным менеджментом, собственной технологически развитой производственной базой.

От имени коллегии Федерального дорожного агентства поздравляю холдинг «БЛ ГРУПП» с 25-летием и благодарю за профессионализм

Светотехническое оборудование и металлоконструкции, изготавливаемые на заводах холдинга, являются ядром масштабных проектов на всей территории России.

Искренне выражаю признательность и поддерживаю социальные инициативы холдинга, в числе которых фестиваль «Вместе ярче», благотворительный проект «Забег добрых дел», поддержка мер по повышению безопасности дорожного движения и качества освещения на дорогах.

Желаю новых производственных и творческих успехов, дальнейшего роста и процветания, реализации намеченных планов, счастья и здоровья.

С наилучшими пожеланиями,
Р. Старовойт

Современное состояние и перспективные направления исследований в области освещения зданий и сооружений в архитектурно-строительных вузах и НИИ

А.К. СОЛОВЬЁВ

НИУ МГСУ, Москва
E-mail: agpz@mgsu.ru

Аннотация

Приводятся краткие исторические сведения о направлениях научных исследований в области строительной светотехники и проектирования естественного освещения зданий в XX в. Рассматриваются темы перспективных научных исследований для инженеров, архитекторов и светотехников, работающих в области проектирования естественного и совмещённого освещения зданий. Отмечается, что строительная светотехника является комплексным научным направлением, требующим синтеза научных знаний как в области светотехники, строительства и архитектуры, так и в области других, в том числе и гуманитарных, дисциплин.

Ключевые слова: строительная светотехника, внутренняя среда, световой климат, бактерицидное воздействие, солнечный свет, диффузный естественный свет, световое поле, цилиндрическая освещённость, динамика освещения, светопроёмы, стеклянные фасады, остекление, теплопотери, теплопоступление, световоды, автоматическое регулирование освещения, экономия энергии.

1. Краткая история развития строительной светотехники со 2-й половины XX в. до наших дней

Интерес к проектированию естественного и совмещённого освещения зданий в последние годы растёт. Различные фирмы, производящие современное остекление, проводят международные конференции, посвящённые системам естественного освещения зданий, привлекающие большое количество архитекторов и специалистов-светотехников. В то же время, несмотря на то, что Международная комиссия по освеще-

нию (МКО) основное внимание уделяет вопросам искусственного освещения и связанным с ним научным направлениям светотехники, в последнее время она организовала новый совместный технический комитет (JTC) «Зрительные, оздоровительные и средовые преимущества окон в зданиях в дневные часы». Этот технический комитет будет включать членов Отделения 3, «Внутренняя среда и проектирование освещения» и Отделения 6 «Фотобиология и фотохимия» [1]. Но пока исследования в области гигиены и физиологии освещения и влияния света на здоровье человека (например, [2]), также посвящены, в основном, искусственному освещению или освещению безотносительно его источника. В то же время, ещё в середине XIX века гигиеническое воздействие естественного света привлекло к себе внимание учёных. Сначала это касалось бактерицидного воздействия солнечного света. Затем преимущество диффузного естественного света стало очевидным.

Изобретение люминесцентных ламп дало возможность значительно повысить уровни освещённости в зданиях и привело к соблазну строительства безоконных и бесфонарных зданий. В США перед второй мировой войной без окон и фонарей начали строить даже школы, полностью отгородившись от естественного света. Особенно эта тенденция проявила себя в строительстве промышленных зданий. Однако вскоре падение производительности труда и повышенная утомляемость людей в таких зданиях заставили учёных искать причины этих негативных явлений. Причины вскоре были найдены: это монотонность освещения, отсутствие динамики, присущей естественному свету, отсутствие связи с внешней средой, потеря

чувства времени. Это вскоре поняли и производственники. Так, во второй половине XX века автору пришлось по заказу предприятий вести работы по устройству зенитных фонарей в безоконных и бесфонарных цехах Череповецкого сталепрокатного завода и Херсонского текстильного комбината. Устройство зенитных светопроёмов в покрытии одноэтажных многопролётных цехов этих предприятий устранило монотонность освещения. Что касается связи с внешней средой, то многие учёные в Европе считали, что такую связь могут обеспечить только боковые светопроёмы, т.е. окна [3]. Но анкетные опросы людей, работающих в Череповце и Херсоне после устройства фонарей в покрытии цехов, показало, что минимальную связь с внешней средой могут обеспечить и системы верхнего естественного освещения, так как они дают человеку чувство времени и представление о погоде снаружи. Говорить о клаустрофобии в больших помещениях не приходится, так как в них достаточно внутренней информации. В небольших помещениях этот фактор также добавляет негативные ощущения в безоконных и бесфонарных зданиях. Кроме того, до сих пор не исследовано влияние спектрального состава света и его динамики при естественном освещении в сравнении с линейчатым спектром при освещении люминесцентными лампами. Влияние на человека освещения светодиодами также ещё не до конца изучено.

На рис. 1 показан комплекс высотных зданий «Москва-Сити». Все фасады этих зданий выполнены из стекла. Эта тенденция современной архитектуры широко распространена как в России, так и за рубежом. Огромные площади остекления позволяют в максимальной степени использовать естественный свет. Но через окна зимой из здания уходит тепло, очевидно, в большей степени, чем через глухие участки стен. Летом через окна в помещение поступает солнечная радиация и перегревает их. Это вызывает значительные затраты тепла для восполнения теплопотерь зимой и значительные затраты энергии на охлаждение воздуха, связанное с ликвидацией теплопоступления летом. Однако максимальные площади остекления позволяют в дневное время полностью отказаться от искус-

венного света в помещениях. Это даёт экономию энергии.

Затраты энергии могут быть снижены за счёт проектирования энергоэффективных светопрозрачных конструкций, применения солнцезащиты и применения новых энергоэффективных систем искусственного освещения, например, светодиодов или автоматического регулирования дополнительного искусственного освещения.

В СССР исследования в области естественного освещения занимались многочисленные учёные, работавшие в Научно-исследовательском институте Строительной физики Госстроя СССР, теперь НИИСФ РААСН. В 50-е годы XX в. эту научную школу возглавляли такие учёные, как проф. Н.М. Гусев и проф. Н.Н. Киреев. Большую роль в развитии строительной светотехники сыграли проф. Н.В. Оболенский и сотрудники геофизической обсерватории МГУ Н.П. Никольская и Т.В. Евневич, работавшие в тот период в области светового климата СССР. Этот период времени можно считать расцветом строительной светотехники. В это время многочисленные аспиранты НИИСФ защитили кандидатские диссертации и стали работать в различных вузах СССР. В некоторых вузах образовались научные школы в области строительной светотехники. Например, это Ташкентский архитектурно-строительный институт, где такую школу возглавил проф. Х.Н. Нуретдинов, Макеевский инженерно-строительный институт, теперь Донбасская академия строительства и архитектуры (В.А. Егорченков), Магнитогорский горно-металлургический институт, теперь Магнитогорский государственный технический университет (проф. В.С. Федосихин и С.И. Чикота), Краснодарский политехнический институт, теперь Кубанский технологический университет (проф. В.Т. Иванченко), Таджикский политехнический институт, теперь университет (У.Н. Раджабов и К.Х. Хамидов). Отдельно следует отметить научную школу Нижегородского архитектурно-строительного университета во главе с Д.В. Бахаревым, под руководством которого защитила докторскую диссертацию проф. Л.Н. Орлова и другие специалисты, а также научную школу Московского инженерно-строительно-

Рис. 1. Фотография комплекса Москва-Сити



го института, теперь НИУ МГСУ, где под руководством проф. А.Н. Кондратенкова, проф. А.К. Соловьёва и С.В. Стецкого защитили кандидатские диссертации руководители научных школ в вышеперечисленных вузах, а также работники высших школ Вьетнама, Монголии, Китая, Сирии, Ирака, Афганистана и др.

К сожалению, в последние 25 лет развитие научных школ замедлилось и происходило, в основном, в МИСИ-МГСУ, Нижегородском ГАСУ и Магнитогорском ГТУ, где продолжали вестись научные исследования и защищались кандидатские диссертации. В последние годы наметились положительные тенденции в развитии строительной светотехники и в Научно-исследовательском институте строительной физики (НИИСФ РААСН), где проводятся интересные научные исследования под руководством И.А. Шмарова и В.А. Земцова, защищаются кандидатские диссертации.

2. Научные направления в области строительной светотехники, разрабатываемые в настоящее время

Основным научным направлением в области строительной светотехники продолжает оставаться совершенствование методов расчёта естественного освещения в зданиях. Современные возможности, которые даёт применение ЭВМ, позволяют моделировать естественное освещение помещений при различных условиях облачности, производить визуализацию условий естественного освещения помещений. В этой области разработаны различные программы для

ЭВМ, некоторые из которых отражают условия естественного освещения с достаточно высокой точностью [4, 5]. Поэтому для исследовательских целей нет проблемы смоделировать, например, небосвод при любом состоянии облачности. При этом отпала необходимость в создании дорогостоящих установок «Искусственный небосвод». Экспериментальную проверку своих исследований можно проверить в помещении или на модели помещения под естественным небосводом, предварительно рассчитав величины относительной освещённости ЭВМ для аналогичного состояния облачности, времени дня и времени года. Однако для архитекторов и инженеров-строителей в процессе проектирования здания необходимо иметь возможность оперативной проверки условий естественного освещения в помещениях, оперативно изменить размеры, формы и расположения светопроёмов. Для этого желательно иметь достаточно точные инженерные методы расчёта естественного освещения в помещениях, которые не требуют трудоёмкого ввода исходных данных и которые можно оперативно использовать в проектировании.

Совершенствование инженерных методов расчёта от простейших (замена графиков А.М. Данилюка формулами для расчёта геометрического КЕО) до точной формулы для расчёта составляющей КЕО от прямого света небосвода с конхoidalным распределением яркости проводилось в МИСИ – НИУ МГСУ. Так, величина, определяемая по графику А.М. Данилюка № 1, рассчитывается по формуле:

$$n_1 = \frac{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}{2} \cdot 100. \quad (1)$$

Величина, определяемая по графику А.М. Данилюка № 2, рассчитывается по формуле:

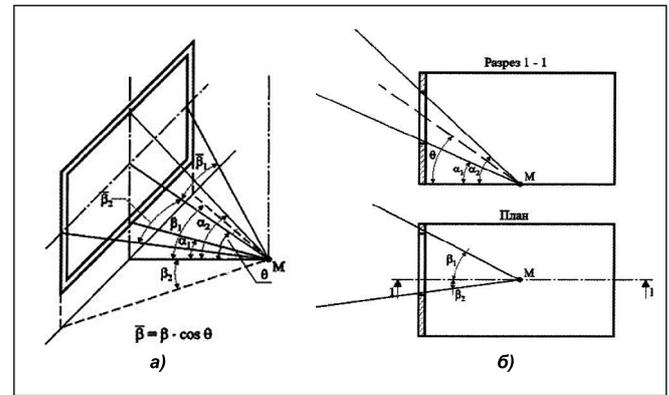
$$n_2 = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\bar{\beta}_2 - \bar{\beta}_1}{180^\circ} \pi + \sin \bar{\beta}_2 \cdot \cos \bar{\beta}_2 - \right. \\ \left. - \sin \bar{\beta}_1 \cdot \cos \bar{\beta}_1 \right). \quad (2)$$

Все углы можно выразить через геометрические параметры помещения (рис. 2).

Это приближённые формулы, т.к. они получены в результате отдельного интегрирования двойного интеграла А.М. Данилюка [6]. Более точная формула получена также в НИУ МГСУ с помощью точного решения двойного интеграла светового потока. В современном СНИПе приводятся устаревшие значения светопропускания проёмов. В последние годы в НИИСФ исследуются новые светопропускающие материалы (Е.В. Коркина), а также влияние новых оконных переплётов и вертикальных и горизонтальных импостов. Этим занимается в г. Нижний Новгород ученик Д.В. Бахарева И.А. Зимнович.

Необходимо совершенствование учёта света, отражённого от внутренних поверхностей помещения и от прилегающих поверхностей земли, и балконов, лоджий, галерей и т.п. Этот вопрос разработан давно с использованием для эксперимента купола «Искусственный небосвод», что привело к значительным неточностям и ошибкам. Метод нуждается в уточнении. Этим занимается И.А. Зимнович, но пока работа не доведена до конца, и здесь ещё большое поле деятельности для молодых исследователей, легко использующих для этого современные программы для ЭВМ, например, программы типа *Radiance*. Но результатом должен быть инженерный метод, похожий на привычный из СНИПа. Также нуждается в уточнении метод учёта отражённого света от противостоящих зданий, в том числе и с зеркально отражающими фасадами. Инженерные методы решения задач строительной светотехники позволяют проектировщикам оперативно изменять архитектурно-конструктивные решения зданий, в которых задачи строительной светотехники составляют лишь

Рис. 2. Схема к расчёту составляющей КЕО от прямого света небосвода



небольшую часть вопросов, которые должны быть решены. Поэтому они должны быть просты и оперативны и не включать в себя большой объём работы по вводу исходных данных, большинство из которых представляют собой геометрические параметры зданий, меняющиеся в процессе проектирования. Отдельно должны быть решены сложные задачи типа расчёта КЕО в атриумах и в прилегающих к ним помещениях.

Совершенствование методов расчёта включает также проверку справедливости основных допущений, которые делаются при расчётах характеристик естественного освещения. В 2016 г. была завершена совместная работа НИИСФ и НИУ МГСУ по разработке ГОСТа по учёту неравномерной яркости неба при различных условиях облачности [7]. Учёт неравномерной яркости неба имеет две цели, первая из которых – обеспечить выполнение сравнительных расчётов естественного освещения в помещениях (например, для сравнения с нормами). Эта задача требует разработки стандартного распределения яркости по небосводу независимо от ориентации светопроёмов со стандартным учётом светового климата местности. Причём это может быть и пасмурный небосвод при десятибалльной облачности, когда яркость его изменяется только по меридиану и не изменяется по широте (конхоидальный небосвод).

Вторая задача связана с определением энергетической эффективности систем естественного освещения зданий, которое включает в себя определение не только затрат электроэнергии не искусственное освещение, но и затрат энергии на восполнение теплопотерь и ликвидацию теплопоступлений через светопроёмы. С этой целью должны быть определены усло-

вия распределения яркости по небу при различных условиях облачности. Стандарт содержит метод решения этой задачи, однако модели распределения яркости для конкретных районов России ещё предстоит разработать. Эта работа может привести в будущем к заветной цели ученых-светотехников конца XX в. – к светотехническому районированию территории России.

Вопросы естественного освещения зданий нельзя решать в отрыве от решения вопросов инсоляции и солнцезащиты. Нормирование инсоляции в настоящее время ведётся в часах. Оно показывает, в течение какого времени в определённые месяцы года прямые солнечные лучи должны проникать в квартиру. Причём в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах достаточно, чтобы солнце проникало на подоконник в одной из жилых комнат в течение 2-х часов с 22 марта по 22 сентября (разумеется, когда солнце не закрыто облаками). Это нормы для Москвы. Для других городов даты могут быть другими. В центральных районах больших городов с высокой плотностью застройки нормы допускают сокращение продолжительности инсоляции до 1,5 ч. Нормы инсоляции разработаны для Минздравсоцразвития РФ врачами-гигиенистами. Это СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1076.03 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите жилых и общественных зданий». Нормирование инсоляции по времени объясняется гигиенистами тем, что за 2 ч в чашке Петри под лучами ультрафиолетовой радиации погибают бактерии туберкулёза – палочки Коха. При этом не учитывают тот факт, что пятно солнечного света может быть только на подоконнике в одной комнате квартиры и что ультрафиолетовая радиация многократно уменьшается при про-

Рис. 3. Пример различного освещения лица человека



хождении через обычное остекление. На Западе нормирование инсоляции производится только из психологических соображений. При этом нормы там отнюдь не меньше, чем в России. В 70-е годы энергетическим нормированием инсоляции занимались проф. В.А. Белинский и другие учёные [8]. В наши дни этими вопросами занимается Казанский архитектурно-строительный университет. Там под руководством проф. В.Н. Куприянова возобновляются работы по энергетическому нормированию инсоляции (Ф.Р. Халикова).

В России пока что мало внимания уделяется тому, что требуется человеку от световой среды при естественном освещении помещений. Гигиенисты, золотой период работы которых также приходится на вторую половину XX в., исследовали и нормировали освещённость для различных зрительных работ применительно к искусственному освещению. Нормирование естественного освещения по КЕО производится исходя из равенства годового количества естественного и искусственного освещения в помещении. Эта система была предложена проф. Н.Н. Киреевым вместо существовавшей до середины XX в. системы нормирования по равенству годового количества эффективного естественного освещения, предложенной Т.А. Глаголевой на основе закона Вебера – Фехнера. Все исследования проводились для плоских объектов на горизонтальной поверхности. В основном, это были написанные объекты и кольца Ландольда без учёта яркости вуалирующей пелены.

Для объёмных объектов различения в пространстве, а также для характеристики общей насыщенности светом помещения, нормирование на горизонтальной плоскости не подходит. В этом случае надо отказаться от

нормирования по КЕО на горизонтальной плоскости и перейти к пространственным характеристикам светового поля.

Световое поле исследуется уже давно. Основоположником является А.А. Гершун. До него к этой идее приходили В. Арндт, Л. Вебер и др. Однако в области естественного освещения применение теории светового поля начали разрабатывать с 70-х годов XX в. проф. Х.Н. Нуретдинов в Ташкенте и проф. А.К. Соловьёв в Москве в МИСИ – НИУ МГСУ. Но только в МГСУ образовалась научная школа, где по этой тематике было защищено 6 кандидатских диссертаций. По смежным тематикам в области естественного освещения в МГСУ были защищены ещё 8 кандидатских диссертаций.

В результате проведённых исследований были получены требуемые значения пространственных характеристик светового поля для таких производств, как приборостроение, метизная промышленность, текстильная промышленность, электроламповое производство и др. Исследовались и предлагались инженерные методы расчёта пространственных характеристик светового поля. Однако в этой области ещё предстоит много сделать. Также ещё предстоит много сделать в области разработки методики проектирования естественного освещения в зданиях с помощью пространственных характеристик светового поля. Хотя были предложены такие относительные характеристики, как коэффициенты естественной цилиндрической (КЕЦО), сферической (КЕСО) и полусферической (КЕПО) освещённости и отношения пространственных характеристик светового поля к одновременной горизонтальной наружной освещённости, что позволяет использовать данные СНиПа по строи-

тельной климатологии. Также была в первом приближении предложена методика проектирования естественного освещения [9], но стройная и простая методика проектирования ещё не разработана.

Система проектирования естественного освещения по критерию насыщенности естественным светом помещения разрабатывается в МГСУ аспиранткой Н.А. Муравьёвой [10]. Это необходимо для вестибюлей, выставочных залов, жилых и административных помещений, учебных аудиторий. Для торговых помещений такие исследования проводятся в Магнитогорском государственном техническом университете (С.И. Чикота и А.С. Оншина). Для каждого из видов помещений такие исследования должны проводиться отдельно.

В скульптурных и картинных галереях пространственные характеристики светового поля должны обеспечивать правильное моделирование скульптурных объектов посредством правильного сочетания сферической освещённости и светового вектора. Это хорошо можно видеть на примере различного освещения лица человека (рис. 3). В НИУ МГСУ в лаборатории строительной физики имеются уникальные комплекты сертифицированных в ФРГ приборов, которые способны измерять среднюю сферическую, среднюю полусферическую, цилиндрическую и полуцилиндрическую освещённость (рис. 4), а также специальные штативы и фиксаторы для измерения светового вектора и углов его наклона, в том числе и в плоскости картин (рис. 5).

Отдельным направлением, основоположником которого был профессор Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета Д.В. Бахарев, является развитие теории светового поля для целей проектирования естественного освещения в помещениях. Д.В. Бахарев назвал её «Оптическая теория светового поля». Отличительной особенностью этой теории является оптическое проецирование внешней среды на внутренние поверхности помещения, на которых эти проекции выступают в качестве размытых изображений с редуцированными яркостями. В точке внутреннего пространства прямой свет из светопрёма и свет, отражённый от наружных и внутренних поверхностей, создают бесконеч-

но малое тело неравномерной яркости, которое в упрощённом виде для определённых объектов может рассматриваться для определения средней полусферической, средней цилиндрической и средней полуцилиндрической освещённости. Однако довести эту теорию до конкретного применения пока не удалось в связи со смертью автора-разработчика. В этой области перспективы научных исследований пока не ограничены.

Важно отметить, что в середине 70-х гг. прошлого века, благодаря работам проф. Ю.Б. Айзенберга и Г.Б. Бухмана было положено начало новому направлению светотехнической науки и техники — транспортированию и перераспределению в пространстве световых потоков искусственных источников света и (или) прямого солнечного излучения и рассеянного излучения небосвода с помощью полых протяжённых световодов [11]. Эта идея защищена патентами СССР и многих развитых стран мира (для примера, патент США № 3.902.056 от 26.08.1974 г.).

Авторами совместно с В.М. Пятигорским и А.А. Коробко был разработан и реализован в Швейцарии (в городах Санкт-Галлен и Ширс) проект естественного и искусственного освещения полыми световодами центральных зон многоэтажных школ, получивший золотую медаль на всемирной экологической выставке в Берне (подробнее в книге Ю.Б. Айзенберга «*Hollow Light Guides*», М: «Знак», 2009 г.).

При этом были сформулированы следующие требования к таким интегральным системам освещения:

- необходимо применять простые герметизированные гелиостаты;
- системы должны интегрировать естественный и искусственный свет;
- количество узлов, в которых осуществляется оптическое преобразование света, должно быть минимальным;
- следует исключить нагрев, вызываемый солнечным светом и электрическими лампами;
- размеры отверстий, через которые свет попадает в помещение, должны быть минимальными.

К сожалению, многие конструктивные решения с использованием полых световодов в России не были реализованы. И как обычно, такие

решения с начала XXI в. стали применяться в Америке и Западной Европе для естественного освещения помещений, в которых не требуется или невозможно устройство светопроёмов различного типа. Световоды обеспечивают динамику и спектральный состав, характерные для естественного света, минимальную связь с внешней средой в части определения времени дня и погоды и экономии затрат на электрическое освещение помещений. Метод расчёта КЕО в помещениях со световодами разработан в НИУ МГСУ [12]. Методика определения затрат энергии на освещение помещений с системами естественного света разработана в НИИСФ и модернизирована в НИУ МГСУ. Сравнение энергетической эффективности обычных систем естественного освещения, например, фонарей, и световодов показывает большую эффективность световодов, в основном, благодаря значительному сокращению теплопотерь и теплопоступлений через них из помещения или в него [13].

Самым крупным примером применения световодов в России является оснащение ими помещений таможенного терминала порта в Санкт-Петербурге [14]. В настоящее время в Ижевске построен завод по производству полых трубчатых световодов (ООО «Соларжи»), которые по качеству не уступают световодам итальянской фирмы «Соларспот» и американской фирмы «Солартьюб», присутствующим на рынке РФ. В связи с этим в городах Урала и Сибири начинается массовое внедрение световодов, чему, несомненно, будет способствовать включение положений об их применении в новую редакцию СНиП — СП по естественному и искусственному освещению, разрабатываемую совместно НИИСФ и НИУ МГСУ. Следует отметить, что ранее положения о применении световодов для естественного освещения зданий были включены в СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Применение световодов особенно эффективно в сочетании с автоматически регулируемым дополнительным искусственным освещением. Это показали расчёты затрат энергии на устройство освещения в небольших помещениях без обычных светопроёмов [10].



Рис. 4. Прибор *RadioLux 111*

Расчёты естественного освещения при применении световодов в больших многопролётных помещениях уже начинали проводиться, но не были закончены. Это является темой дальнейших исследований, особенно в сочетании с определением их энергетической эффективности при автоматическом регулировании дополнительного искусственного освещения.

Вообще, направление исследований в области автоматически регулируемого совмещённого освещения является одним из важнейших в области строительной светотехники



Рис. 5. Штатив для измерения освещённости в музее

ки, так как напрямую связано с задачей экономии энергии. Это направление начало развиваться в МИСИ – МГСУ ещё в конце 60-х годов XX в. (проф. А. Н. Кондратенков). Затем в этом направлении работали проф. А. К. Соловьёв и его аспиранты. В настоящее время, несмотря на то, что современные светодиодные системы искусственного освещения позволяют экономить энергию примерно в 6 раз по сравнению с лампами накаливания, эта тема не перестаёт быть актуальной, особенно для больших помещений. Тем более что эта тема связана с темой комфорта световой среды. При этом строители должны подсказывать разработчикам техники автоматического регулирования, какие системы являются наиболее эффективными для тех или иных помещений, где наиболее целесообразно дискретное, а где – непрерывное регулирование, где располагать фотодатчики, а главное – они должны заранее рассчитать экономический и энергетический эффект от применения таких систем в зависимости от вида, размеров и формы систем естественного освещения. Эти работы связаны с определением энергетической эффективности светопрёмов, которая может служить критерием при нормировании естественного освещения наряду с равенством количества освещения при искусственном и естественном освещении. При этом энергетический подход позволяет выбрать нормируемые значения КЕО с учётом различных подразрядов зрительных работ, что в настоящее время в нормах отсутствует.

3. Проектирование, ориентированное на световой климат местности

В данной статье, к сожалению, не представлены работы и направления в области строительной светотехники, которые, возможно, разрабатываются в других научных учреждениях, вузах и лабораториях России, т.к. публикации о них либо отсутствуют, либо неизвестны автору. Так, например, светотехники, защитившие кандидатские диссертации в НИИСФ, работают в Самаре и Нальчике, выпускники аспирантуры МИСИ-МГСУ работают в Монголии, Вьетнаме, Ираке, Палестине. В работах этих аспирантов, а теперь – кандидатов тех-

нических наук, отражена специфика проектирования систем естественного освещения в различных климатических районах земного шара. Климатическое и свето-климатическое проектирование является важным направлением исследований в строительной светотехнике. Районы строительства обладают массой особенностей, которые следует учитывать при проектировании систем естественного освещения. К ним относятся такие факторы, как среднестатистическое распределение яркости по небосводу, преобладающий характер облачности, альбедо подстилающей поверхности, ветровой, тепловой, влажностный и радиационный климат местности и даже психологические особенности и менталитет местных жителей. Вообще светотехническое проектирование в строительстве отличается комплексностью. В этом оно аналогично архитектурно-строительному проектированию. Вследствие этого большинство научных тем в строительной светотехнике находятся на стыке таких научных направлений, определённых Высшей аттестационной комиссией, как «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» и «Строительные конструкции, здания и сооружения». В паспортах обеих научных специальностей есть положение, касающиеся как строительства, так и светотехники. И это закономерно, так как современная наука не может не быть на стыке разных специальностей. В этой области имеется непочатое поле деятельности для молодых учёных в архитектурно-строительных вузах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кноор, М.* Visual, health and environmental benefits of windows // New eyes on existing buildings // 5th VELUX Daulight Symposium. 15–16 May 2013. The Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Architecture, Copenhagen.
2. *Ван ден Бёльд Г.* Свет и здоровье // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 4–8.
3. *Ne'eman, E., Hopkinson, R. G.* Critical minimum acceptable window size; a study of window design and provision of a view // Lighting Research and Technology. – 1970. – No. 2. – P. 17–29.
4. *Бахарев Д. В.* Компьютерный расчёт естественного освещения / В: Справочная книга по светотехнике / Под ред.

Ю. Б. Айзенберга (60 авторов). 3-е изд., перераб. и доп. – М: Знак, 2006. – Раздел 18.12. – С. 863–872.

5. *Будак В. П., Макаров Д. Н., Смирнов П. А.* Компьютерные программы для светотехнических расчётов осветительных установок // Светотехника. – 2004 – № 6. – С. 75–79.

6. *Объедков В. А., Соловьёв А. К. и др.* Лабораторный практикум по строительной физике / М: Высшая школа, 1979.

7. *Земцов В. А., Соловьёв А. К., Шмаров И. А.* Учёт яркости небосвода .../ Светотехника. – 2016. – № 6. (в печати).

8. *Белинский В. А., Семенченко Б. А.* Радиационная модель атмосферы в ультрафиолетовой области спектра / Сб. НИИСФ. Естественное освещение и инсоляция зданий. М: Издательство литературы по строительству. 1968 г.

9. *Егорченков В. А., Соловьёв А. К.* Проектирование систем естественного освещения промышленных зданий с использованием пространственных характеристик световой среды // Промышленное строительство. – 1983. – № 7. – С. 17–19.

10. *Муравьёва Н. А., Соловьёв А. К.* Исследования характера распределения цилиндрической освещённости в помещениях с боковым естественным освещением // Светотехника. = 2015. – № 6. – С. 27–30.

11. *Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б., Коробко А. А., Пятигорский В. М.* Несколько нереализованных оптических схем и осветительных систем с полыми световодами // Светотехника. – 2016. – № 3. – С. 4–11.

12. *Соловьёв А. К.* Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2015.

13. *Соловьёв А. К., Туснина О. А.* Сравнительный теплотехнический расчёт систем верхнего естественного освещения (Зенитные фонари и полые трубчатые световоды) // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 2. – С. 24–35.

14. *Кузнецов А. Л., Оселедец Е. Ю., Соловьёв А. К., Столяров М. В.* Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России // Светотехника. – 2011. – № 6. – С. 4–11.



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»

Динамически управляемая система освещения светодиодами с широким диапазоном цветовых температур (2800–10000 K) и высоким качеством цветопередачи ($R_a > 90$)

А. В. АЛАДОВ¹, С. Б. БИРЮЧИНСКИЙ², В. П. ВАЛЮХОВ³, А. Л. ЗАКГЕЙМ¹,
Н. А. ТАЛЬНИШНИХ¹, А. Е. ЧЕРНЯКОВ¹

¹ Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН, Санкт-Петербург

² ООО «Оптико-механические системы», Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет имени Петра Великого, Санкт-Петербург

E-mail: zakgeim@mail.ioffe.ru

Аннотация

Рассматриваются основные теоретические, конструкторско-технологические, схематехнические и программные аспекты создания динамически управляемой системы высококачественного освещения светодиодами с широким диапазоном коррелированных цветовых температур $T_{ки}$, 2800–10000 K. Для обеспечения высокого качества цветопередачи основу светильника со светодиодами составляет набор пятицветных (красный, синий, зелёный, тёпло-белый, холодно-белый) светодиодных матриц. Тёпло-белый и холодно-белый цвета создаются люминофорными светодиодами, дающими основной световой поток, а три остальных цвета — монохроматическими светодиодами, обеспечивающими плавную широкую регулировку $T_{ки}$ и поддержание высоких значений всех частных индексов цветопередачи, R_1 – R_{14} . Питание светодиодных матриц осуществляется в режиме широтно-импульсной модуляции с выбором оптимального амплитудного тока для каждого типа светодиодов, а получение требуемого светового потока достигается модуляцией длительности импульсов питающего тока. Предусмотрен дежурный (спящий) режим с минимальным энергопотреблением. Оптическая система светильника обеспечивает однородное цветосмещение и формирует оптимальное по условиям освещения пространственное светораспределение. Программное обеспечение, пульт дистанционного управления и система дистанционного управления по радиоканалу

позволяют управлять до 30 светильниками в радиусе до 35 м, задавая любые временные алгоритмы по световому потоку и $T_{ки}$.

Разработанная динамически управляемая система освещения светодиодами предназначена для общего освещения крупных промышленных (цеха, депо, операционные залы) и автономных объектов, с созданием оптимальной для работы персонала световой среды, а также для медицинского (в хирургии и диагностике), музейного и архитектурно-декоративного освещения.

Ключевые слова: светодиод, система освещения светодиодами, цветосмещение, индекс цветопередачи, коррелированная цветовая температура, динамически управляемый светильник, дистанционное управление, беспроводные сети.

1. Введение

Одной из наиболее заметных тенденций в освещении светодиодами (СД) в последние годы стало смещение интереса от чисто количественных показателей (световая отдача, световые потоки) к качеству генерируемого света. Действительно, успехи, достигнутые в повышении КПД СД на основе квантово-размерных *AllnGaN* гетероструктур, впечатляют: рекордные значения КПД синих СД (основа для люминофорных белых СД) достигли 84 %, причём, что важно для реальной эксплуатации, КПД остаётся высоким в широком диапазоне плотностей тока и температур [1]. Для белых СД (лабораторные образцы) фирмой *Cree Inc.* про-

демонстрирована световая отдача $\eta_v = 303$ лм/Вт [2], что близко к теоретическому пределу, а уровень η_v серийных СД приблизился к 200 лм/Вт [3, 4]. Достигнутые значения свидетельствуют о высокой степени совершенства как конструкции, так и технологии изготовления белых СД на основе синих *AllnGaN* кристаллов с люминофорным преобразованием излучения. (В качестве исторической справки отметим, что десять лет назад оптимистические прогнозы по η_v СД составляли 80–100 лм/Вт). В новой ситуации, когда мировые лидеры *Nichia*, *Cree*, *Philips Lumileds* и *Osram* вышли на примерно равный и очень высокий уровень η_v , существенную роль в конкурентной борьбе приобретают качественные показатели генерируемого света. Коль речь идёт об освещении, то это, в первую очередь, возможность реализации широкого диапазона $T_{ки}$, 2800–6500 K при одновременно высоком качестве цветопередачи [5]. По современным требованиям, для высококлассного освещения общий индекс цветопередачи R_a должен быть не менее 95, а индексы цветопередачи для насыщенных цветов R_8 – R_{14} — по крайней мере не ниже 85 [6].

Наконец, новое и, вероятно, важнейшее качество освещения СД — управляемость в процессе работы по спектру (цвету) излучения. Последнее, обозначаемое часто как «интеллектуальный», или «настраиваемый», или «персонализируемый» свет, реализуется в светильниках с СД (ССД) на основе полихромных матриц, работающих на принципе цветосмещения (*RGB*). Управляемость по спектру (или цвету) кардинально расширяет функциональные возможности ССД, меняя подходы к решению множества светотехнических задач, включая наиболее масштабную — искусственное освещение. Степень управляемости может быть разной: от варьирования во времени в определённом диапазоне $T_{ки}$ (для белого света) до воспроизведения широкой цветовой гаммы с миллионом цветовых оттенков [7, 8].

Для сохранения конкурентоспособности на современном быстро прогрессирующем рынке освещения СД необходимы комплексное совершенствование ССД и переход от единичных ССД к системам освещения СД, совмещающим высокую энергоэффективность генерации и качество

света с удобством и простотой эксплуатации, дистанционным управлением, надёжностью и длительным ресурсом. Указанная задача создания эффективных интеллектуальных систем освещения СД содержит как минимум следующие подзадачи:

- моделирование и экспериментальное исследование процессов цветосмещения, обоснование оптимального выбора исходных СД по спектрам излучения для получения белого света с заданными $T_{ки}$, световой эффективностью излучения, индексами цветопередачи или цветного света, определяемого конкретными применениями;

- разработка технологии и конструкции полихромных многокристальных СД модулей, вторичной оптики, средств электрической коммутации, теплоотвода и др.;

- разработка электронных блоков дежурного и рабочего питания, блоков задания режимов по цвету и интенсивности излучения в соответствии с заданными алгоритмами с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ), устройств управления (УУ), непосредственно обеспечивающих питание СД матриц, а также элементов беспроводной сети: приёмно-передающих модулей дистанционного управления по радиоканалу от пульта или персонального компьютера (ПК);

- разработка программного обеспечения (ПО), обеспечивающего выбор, установку и регулировку режимов освещения, работу беспроводной сети.

Ниже рассматриваются пути решения данных подзадач на примере разработки динамически управляемой системы освещения СД (ДУСОСД), выполненной НТЦ микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН в рамках серии госконтрактов с Минобрнауки РФ.

2. Основные технические характеристики ДУСОСД

Как уже отмечалось, ДУСОСД должна, в первую очередь, обеспечивать регулируемую световую среду, оптимальную для жизнедеятельности человека в жилых и производственных помещениях, в том числе:

- имитировать освещение безоконных помещений с плавным изменением $T_{ки}$, отвечающим естест-

венному дневному циклу, задающему биологические циркадные ритмы;

- создавать специальные условия освещения для персонала, работающего при больших психофизических нагрузках (авиадиспетчеры, операторы центров управления, экипажи автономных объектов), способствующие либо повышению работоспособности и концентрации внимания, либо быстрой релаксации и снятию нервного напряжения во время перерывов в работе.

К другим применениям ДУСОСД можно отнести настраиваемое высококачественное музейное освещение и специальное медицинское освещение (для диагностики, контрастного выявления поражённых и здоровых участков тканей и др.).

В указанных целях ДУСОСД, содержащая до 30 отдельных ССД, даёт белое излучение с заданными цветовыми и световыми характеристиками, которые могут меняться во времени по заданной программе. При этом обеспечивается широкий диапазон $T_{ки}$, 2800–10000 К, с дискретностью выбора не более 200 К. Общий индекс цветопередачи R_a поддерживается на уровне не ниже 85, а индексы цветопередачи R_1 – R_{14} равны не менее 70 во всём диапазоне $T_{ки}$. Номинальный световой поток ССД составляет не менее 3000 лм, с возможностью его понижения с шагом в 10 % от номинального значения, а угол излучения («по уровню 0,5») – не менее 120°.

Управление световыми и цветовыми параметрами осуществляется дистанционно по радиоканалу с пульта дистанционного управления (ПДУ) или ПК. При этом обеспечиваются три режима работы:

- «Выключено» – сеть 220 В отключена;

- «Дежурный режим (спящий)» – питание (220 В) включено, свет выключен;

- «Рабочий режим» – работа в режиме обеспечения заданных требований к цветовым (колориметрическим) и световым (фотометрическим) характеристикам.

Мощность потребления отдельного ССД от источника питания в рабочем режиме не превышает 40 Вт, что позволяет не предусматривать наличия корректора коэффициента мощности. В дежурном режиме мощность рассеяния не превышает 0,5 Вт

ПДУ ДУСОСД обеспечивает: хранение во внутренней памяти режимов работы ДУСОСД; выбор программы и времени работы пользователем, с помощью кнопок ПДУ; управление работой ДУСОСД; синхронизацию работы нескольких ДУСОСД; привязку режима работы к реальному времени (времени суток); управление ДУСОСД (плавное изменение спектра излучения в течение суток с возможностью последующего повторения цикла) по радиоканалу на расстояниях до 35 м. Разветвлённая сеть ДУСОСД относится к устройствам локальных радиосетей (устройства малого радиуса действия, используемые для замены физических кабелей в локальных сетях передачи данных в пределах здания (помещения)).

СД модуль ССД содержит полихромные СД матрицы, оптическую систему формирования светового пучка и электронные блоки: источник питания, микроконтроллер со схемой управления и УУ СД матриц с ШИМ-регулированием светового потока по программе микроконтроллера. Диапазон регулирования скважности ШИМ – от 0 до 100 % с шагом в 0,1 %. Микроконтроллер обеспечивает приём команд управления с ПДУ или ПК, управление световыми характеристиками, регулировку температуры платы СД (более подробное рассмотрение отдельных блоков см. ниже). Общий вид отдельного ССД ДУСОСД с ПДУ приведён на рис. 1.

3. Полихромные светодиодные матрицы: оптимизация цветосмещения для получения белого света высокого качества

Вопросы оптимизации цветосмещения для получения белого света с заданной $T_{ки}$ и оптимальным ком-



Рис. 1. Общий вид полихромного управляемого светильника динамически управляемой системы освещения светодиодами (ДУСОСД) с пультом управления

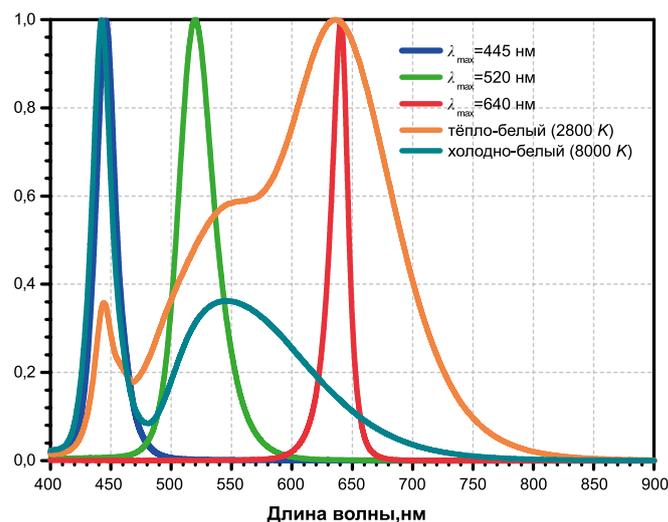
промиссом в соотношении «световая отдача – качество цветопередачи» применительно к СД в последние 10–15 лет исследованы достаточно полно и теоретически и экспериментально [9–12]. Обобщение ранее полученных результатов вкратце таково: при типичной полуширине спектров монохроматических СД $\Delta\lambda_{0,5} \approx 15\text{--}40$ нм получение белого света с $R_a \approx 90$ требует сложения излучений 4–5-ти таких СД с пиковыми длинами волн λ_{max} , относительно равномерно распределёнными в видимом диапазоне. Дальнейшее увеличение числа СД, мало что добавляет к значению R_a , но ведёт к заметным потерям η_v и усложнению системы. В то же время даже небольшое отклонение λ_{max} отдельных СД от оптимальных значений может приводить к резкому падению отдельных индексов цветопередачи, особенно $R_8\text{--}R_{14}$, относящихся к насыщенным цветам. Использование для цветосмешения люминофорных СД с более широким спектром, $\Delta\lambda_{0,5} \approx 70\text{--}100$ нм, естественно, облегчает проблему.

Для решения задачи смешения спектров монохроматических и люминофорных СД нами использовалась разработанная ООО «СОФТИМПАКТ» численная модель, позволяющая варьированием большого числа параметров смешения находить оптимум при специально заданной целевой функции [12]. В результате варьирования находится полный спектр излучения комбинированного ИС и проводится его анализ: определение координат цветности x и y , $T_{кц}$, R_a , $R_1\text{--}R_{14}$ и световой эффективности излучения. Модель позволяет формировать многопараметрическую целевую функцию и проводить оптимизацию белого света с заданной $T_{кц}$ либо по R_a , либо по световой эффективности излучения.

По результатам компьютерного моделирования нами для экспериментальных исследований по синтезу высококачественного белого света с $T_{кц} = 2800\text{--}10000$ К были выбраны пять СД для СД матрицы. Три монохроматических СД, два на основе *AllnGaN* (460/22 нм, 520/34 нм) и один на основе *AlGaInP* (630/15 нм)¹, и два люминофорных СД, тепло- и холод-

¹ Здесь через дробную черту указаны экспериментальные значения λ_{max} и $\Delta\lambda_{0,5}$.

Рис. 2. Относительные спектры излучения 3-х монохроматических и 2-х люминофорных светодиодов, используемых в качестве основы для цветосмешения



но-белого света с $T_{кц}$, соответственно, 2800 и 8000 К. Относительные спектры излучения выбранных исходных СД приведены на рис. 2.

В экспериментах по «синтезу» заданных $T_{кц}$ вначале задавались потоки излучения СД, полученные по результатам моделирования (оптимизация по максимуму R_a), а потом при непосредственном визуальном контроле за колориметрическими характеристиками с помощью прибора «OL 770-LED High-speed LED Test and Measurement System» проводилась соответствующая индивидуальная подгонка потока излучения каждого СД (посредством ШИМ).

Экспериментальные исследования совместно с моделированием показали, что выбранные базовые СД позволяют осуществить синтез высококачественного белого света в широком диапазоне $T_{кц}$: 2800–10000 К. На рис. 3 показаны соответствующие относительные спектры излучения, R_a , и $R_1\text{--}R_{14}$. Отметим, что при всех $T_{кц}$ основной вклад в общий световой поток вносят люминофорные СД, монохроматические же СД играют корректирующую роль, по «вытягиванию» $R_1\text{--}R_{14}$. При этом видно, что в части тепло- и нейтрально-белого света ($T_{кц} = 2800\text{--}5000$ К) реализуется ситуация, при которой $R_a \geq 90$, а все частные индексы, $R_1\text{--}R_{14}$, ≥ 80 , причём R_1 , R_5 и R_{13} приближаются к 100. Особенно важно высокое значение R_9 и R_{13} : до 95–98; эти индексы не учитываются в расчёте R_a , но важны для правильной цветопередачи биологических тканей и кожи. Лишь для очень холодных оттенков белого ($T_{кц} = 6500\text{--}10000$ К), редко используемых в освещении,

наблюдается снижение R_a до 85–87, а R_{10} и R_{12} до 60–65.

4. Конструктивно-технологические решения и оптическая схема светильников на основе полихромных СД модулей для ДУСОСД

Как уже отмечалось, разработанная ДУСОСД может объединять под общим управлением до 30 ССД. При этом основные задачи создания отдельного ССД сводятся к:

- выбору СД элементной базы, конструированию многоэлементного модуля с заданным расположением СД, индивидуальной электрической коммутацией и эффективным теплоотводом;
- разработке оптической системы, обеспечивающей высокий коэффициент передачи, заданное светораспределение и равномерность распределения цветовых параметров по площади выходного отверстия ССД и в дальней зоне;
- разработке схемы управления и электронных блоков, включающих источники питания, микропроцессор, УУ, датчики обратной связи, радиоканал передачи данных управления, ПДУ или ПК, ПО.

Общая структура ССД показана на рис. 4. Ключевой элемент ССД – полихромный СД модуль (плата с СД и вторичной оптикой). Спектральные характеристики СД, входящих в него, приведены выше, и требовалось выбрать соответствующие им СД, с возможно большими η_v и световым потоком. Современная промышленность (зарубежная) предлагает широкую

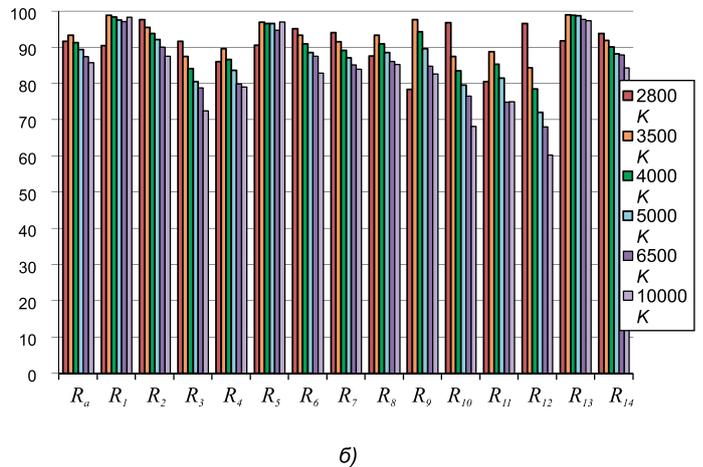
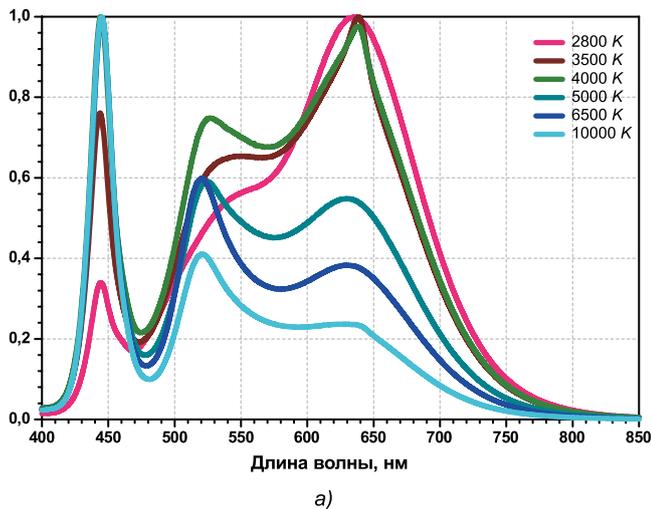


Рис. 3. Относительные спектры излучения (а) и индексы цветопередачи R_a, R_1-R_{14} (б) светильников со светодиодами с коррелированной цветовой температурой $T_{кл}$ 2800, 3500, 4000, 5000, 6500 и 10000 К

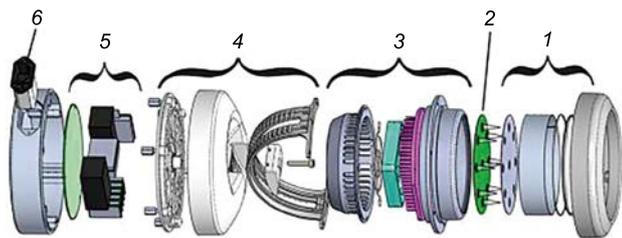


Рис. 4. Схематический вид основных узлов светильника со светодиодами:
1 – оптическая система, 2 – светодиодный модуль, 3 – радиатор с вентилятором, 4 – основание корпуса с поворотным механизмом, 5 – электронный блок питания и управления, 6 – световой фильтр

номенклатуру трёх-четырёхцветных и белых мощных СД в качестве элементной базы для полихромных ССД.

По совокупности качеств (функциональных, конструктивных, ресурсных) нами были выбраны 4-кристальные СД фирмы *Osram Opto Semiconductors* «LE RTDUW S2W» типа $R-G-B-W_{(cold)}$ и «LE CWUW S2W» типа $W_{(cold)}-W_{(warm)}$ [13]. В состав ССД вошли девять таких СД, четыре из которых типа $R-G-B-W_{(cold)}$ и пять – $W_{(cold)}-W_{(warm)}$. Это обеспечило наилучшее сочетание предельных световых потоков при варьировании цветовых характеристик. СД крепились на Al радиаторе, снабжённом вентилятором. В ходе исследований температура активной области СД контролировалось с помощью приборов «T3Ster» и «Ledmeter» по температурозависимым характеристикам (прямое напряжение), а общее температурное поле платы СД модуля контролировалось с помощью ИК тепловизора

Для поддержания теплового режима плата излучателей снабжена датчиком температуры, задающим включение вентилятора.

Оптическая система ИС должна обеспечивать высокий коэффициент передачи излучения от СД к выходному окну, заданное пространственное светораспределение, а также однородность по цвету в дальнем и ближнем поле, то есть хорошее смешение излучений отдельных СД. Расчёты и оптимизация оптической схемы проводились в соответствии с теорией по архитектуре оптимальных оптических систем. Была предложена специальная оптика для максимального обеспечения вышеприведённых требований.

Первым, достаточно очевидным, решением является добавление бокового отражателя на внутренней поверхности корпуса ССД между платой СД и выходным окном, который, как показывает расчёт, на 20 % повыша-

ет выходной световой поток. Далее были проанализированы различные геометрии вторичной линзы для выбранных СД для получения оптимального соотношения светового потока и пространственно-цветовых характеристик. В конце концов был выбран конический оптический элемент (сравнительно простой в изготовлении), рассчитаны соотношения высоты конуса к диаметру его основания, отвечающие компромиссу между коэффициентом вывода излучения, качеством цветосмещения и равномерностью (без провалов) пространственного светораспределения.

Выигрыш по эффективности светопередачи от использования конического оптического элемента и бокового отражателя позволяет дополнить оптическую схему рассеивателем с малыми оптическими потерями и определённым (расчётным) профилем, который существенно улучшает равномерность свето- и цветораспределения. Ещё один введённый оптический элемент для увеличения светопередачи – тыльный диффузный отражатель, перекрывающий все участки платы между СД. Указанная светооптическая система (рис. 4, поз. 1) оптимально решает задачи равномерного и широкого поверхностного и пространственного распределения (и гомогенизации) цветовых характеристик. Как видно из рис. 5, пространственное светораспределение осесимметрично и угол излучения составляет около 125° . Собственно СД модуль расположен на поворотном устройстве, крепящемся

к основанию корпуса ССД (рис. 4), а электронный блок содержит источники рабочего и дежурного питания, приёмно-передающие модули обмена информацией с ПДУ по беспроводному каналу связи, схемы микроконтроллера и УУ, задающих режимы работы СД и, соответственно, выходные характеристики ССД. Входной сетевой фильтр размещён непосредственно на входе преобразователей. Более подробно принципы функционирования и состав электронных блоков рассмотрены ниже.

5. Функциональная электрическая схема и её особенности

В основании корпуса 1 функциональной электрической схемы ССД (рис. 6) размещены входной сетевой фильтр СФ 2, параллельно подключённые к СФ два преобразователя 3 переменного тока в постоянный, образующие основной блок питания (БП) в виде двух составных частей БП-1 и БП-2. СД модуль образуют пять цветных групп (линеек последовательно включённых СД) *R*, *G*, *B*, *W_(cold)* и *W_(warm)*, 4–8 соответственно, размещённых на основании 9 и подключённых к пяти блокам УУ (ДР1–ДР5) 10, управляющих световым потоком каждой группы СД. Там же на плате располагается микроконтроллер МК 11 и блок источника питания режима ожидания (ИПРО) 12.

Выход БП-1 3 подключён к первым входам двух блоков 10 (ДР1 и ДР2), а выход БП-2 3 соединён с первыми входами трёх других блоков 10 (ДР3–ДР5). Вторые входы блоков 10 (ДР1–ДР5) соединены, соответственно, с первым–пятым выходами МК 11. Управление параметрами излучения ССД может осуществляться по сигналам, подаваемым на вход МК 11 с ПК 13 или по радиоканалу с ПДУ. ССД содержит размещённый на основании 9 датчик температуры ДТ 14 и установленный под основанием 9 вентильот В 15. ДТ 14 в этом случае соединяют с входом МК 11, выход которого подключают к В 15.

Оригинальным решением является включение в схему двух преобразователей переменного тока в постоянный, имеющих одинаковую номинальную мощность P_{np} и образующих каналы, работающие независимо друг от друга. Статистиче-

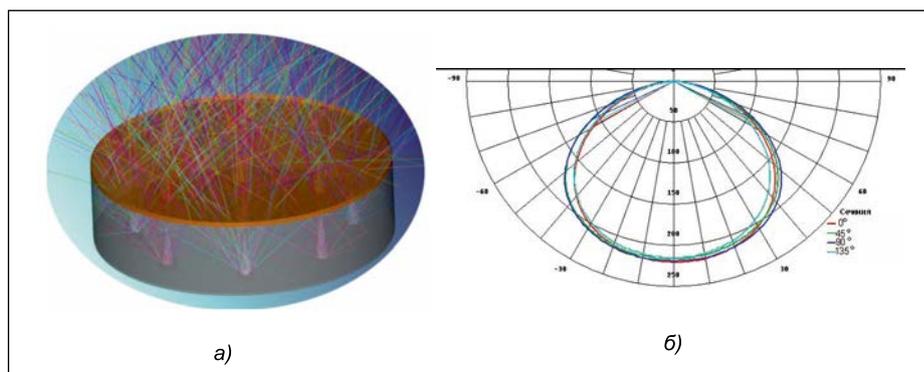


Рис. 5. Моделирование оптической системы по методу трассировки лучей (а) и график пространственного распределения излучения (б).

ская независимость этих преобразователей переменного тока в постоянный обуславливает некоррелированность электромагнитных наводок и помех, а также внутренних шумов, суммарные уровни которых оказываются ниже, чем у электромагнитных наводок, помех и внутренних шумов одного преобразователя переменного тока в постоянный, имеющего номинальную мощность $2P_{np}$.

Кроме того, применение в осветительном устройстве вместо одного преобразователя переменного тока в постоянный двух параллельных преобразователей половинной мощности, позволяет на практике существенно уменьшить занимаемые ими площадь и объём в ССД. Вследствие этого уменьшения появляется возможность размещения входного сетевого фильтра непосредственно на входе преобразователей, что также благоприятно отражается на уровне промышленных помех, создаваемых осветительным устройством, за счёт уменьшения длины соединительных проводов между входным сетевым фильтром и преобразователями.

Преобразование постоянного напряжения от источника напряжения в ток СД производится УУ с ШИМ-регулятором светового потока по программе микроконтроллера. Ди-

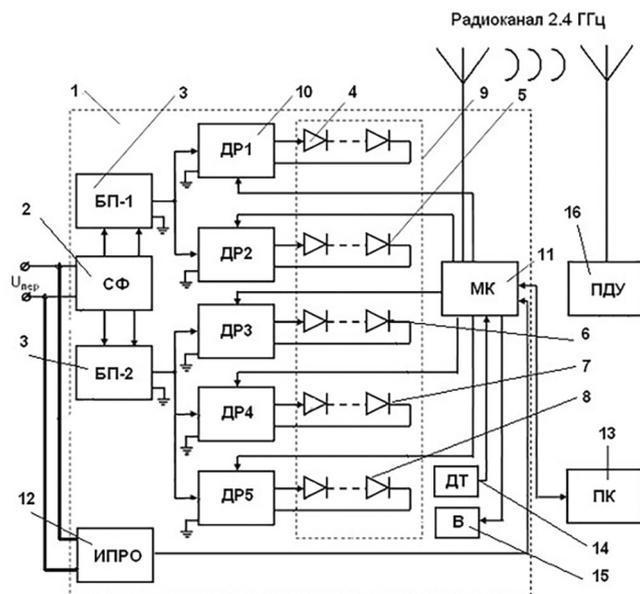


Рис. 6. Функциональная электрическая схема светильника динамически управляемой системы освещения светодиодами (ДУСОСД)

азон регулирования скважности ШИМ – от 0 до 100 %, с шагом 0,1 %. Микроконтроллер обеспечивает приём команд управления с ПДУ или ПК, управление световыми характеристиками и контроль за температурой платы СД. Мощность потребления одного ССД от источника питания не превышает 40 Вт в рабочем режиме. Это позволяет обходиться без введения в схему корректора коэффициента мощности. В дежурном режиме мощность рассеяния не превышает 0,5 Вт.

Для управления СД выбрано импульсное повышающее УУ «MAX16834», причём регулирование светового потока производится посредством ШИМ с током до 1500 мА.

Питание ПДУ осуществляется от сети с потребляемой мощностью в режиме «Программирование» не более 5 Вт, а в рабочем режиме – 0,5 Вт.

Так как управление сетью ДУСОСД с ПДУ связано с круглосуточным режимом работы, актуальным является уменьшение потребляемой мощности в дежурном режиме («standby»). Проблема решена разработкой блока питания для передатчика с микроконтроллером как для ПДУ, так и для ССД; последний в режиме приёма потребляет 60–80 мВт, а в дежурном – (1–5) мкВт.

6. Беспроводная сеть и её программное обеспечение

При создании сети ДУСОСД, которая формирует устройство «LR-WPAN» («Low-Rate Wireless Personal Area Network»), основная задача состоит в передаче сравнительно небольших объёмов данных на небольшие расстояния, причём сеть должна иметь минимальное потребление, реализуя необходимые схемы мониторинга и управления при решении светотехнических задач [14].

В описываемой системе освещения технология построения сети основана на стандарте *IEEE802.15.4* и его программной надстройки «ZigBee» [15, 16], которые описывают разные уровни классической схемы взаимодействия открытых систем.

Низкое отношение сигнал/шум позволяет сигналам стандарта успешно сосуществовать с альтернативными источниками излучения на той же частоте (*Wi-Fi*, *Bluetooth*). В стандарте также предусмотрены каналы, которые не пересекаются по частоте с конкурентами, что позволяет реализовывать сеть даже в непосредственной близости от очень мощных источников излучения.

Модель передачи данных определяется топологией сети, в нашем случае это «звезда» [2] (рис .7).

В любой сети должен иметься только один координатор сети, выполняющий функции её создания и организации обмена. В сети ДУСОСД реализуются три варианта компоновки (организации):

- Вариант 1 – с ПК в качестве координатора сети и ПДУ в качестве оконечного устройства. Данная сеть полезна для настройки, тестирования и загрузки в ПДУ программ управления.

- Вариант 2 – с ПК в качестве координатора сети и ССД в качестве оконечных устройств. Предназ-

начен для настройки, тестирования ДУСОСД и управления освещением, когда не требуется длительного (круглосуточного) цикла. Преимуществом этого варианта является простота изменения режимов работы, а к его недостаткам следует отнести повышенное энергопотребление, сложность создания

дежурного режима и сложность автоматической перезагрузки ПК в аварийных ситуациях (плюс повышенное время перезагрузки операционной системы и программы).

- Вариант 3 – с ПДУ в качестве координатора сети. Предназначен для управления освещением с коротким и длительным (круглосуточным) циклом. Данному варианту присущ более сложный ввод программы управления освещением, но к преимуществам относятся возможность работы в круглосуточном режиме, минимальное потребление энергии всей системой в ждущем режиме (когда выключено освещение) и предельная быстрота восстановления освещения в аварийных ситуациях.

ПДУ выполнен в виде блока, который вставляют в розетку сети электропитания, с цветным *TFT*-индикатором (размер по диагонали – 3,5 дюйма) и с клавиатурой, состоящей из шести кнопок. ПДУ обеспечивает дискретное задание устанавливаемых $T_{ки}$, яркости каждой линейки СД, а также режима или времени суток его изменения. Микроконтроллер содержит кварцевые часы.

ПДУ обеспечивает целый ряд функций: хранение во внутренней памяти режимов работы ССД; выбор программы и времени работы пользователем, с помощью кнопок ПДУ; управление работой ДУСОСД; синхронизация работы нескольких ДУСОСД; привязка режима работы к реальному времени (времени суток); управление ДУСОСД по радиоканалу (плавное изменение спектра излучения в течение суток с возможностью последующего повторения цикла).

ПДУ обеспечивает управление ССД на расстоянии до 35 м. Дальность передачи данных беспроводной

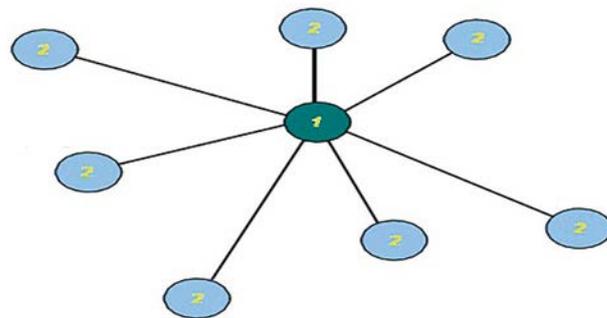


Рис. 7. Оптимальная конфигурация сети динамически управляемой системы освещения светодиодами (ДУСОСД) – «звезда»: 1 – координатор сети, 2 – оконечные устройства

сети определяется чувствительностью приёмника, мощностью передатчика и наличием помех (препятствия, в том числе стены, и другие источники радиосигнала). Скорость передачи данных – от 250 кбит/с до 2,0 Мбит/с, число каналов – 16, с шагом в 5 МГц.

ПО сети представлено набором программ и позволяет реализовывать следующие режимы работы:

- управление с ПДУ разветвлённой сетью ДУСОСД по радиоканалу в круглосуточном энергосберегающем режиме;

- программирование на стадиях изготовления ПДУ и ДУСОСД уникального заводского адреса для каждого ССД с целью его сопряжения с ПДУ в процессе эксплуатации, а также для помехоустойчивости и сетевой безопасности;

- тестирование ДУСОСД и настройка сети с ПК, при этом ПДУ заменяется ПК с *USB*-адаптером;

- программирование режимов работы и установка программы в ПДУ с подключением ПК через адаптер.

ПО предусматривает также возможности аварийного отключения при превышении температуры радиатора, заданной условиями эксплуатации, и регулирования скорости вращения вентилятора (в случае необходимости).

7. Заключение

В статье приведены результаты комплексной разработки ДУСОСД, включающей до 30 ССД, управляемых по радиоканалу с единого ПДУ или ПК. Рассмотрены конструктивно-технологические аспекты создания динамически управляемых ССД, а также схемотехнические решения электронных блоков управления и ПО.

Продемонстрирована возможность достижения высокого качества освещения с общим и частными индексами цветопередачи порядка 90 в широких диапазонах $T_{ки}$ (2800–10000 К) и уровней освещённости. Разработанная система освещения позволяет по заданным алгоритмам менять в течение суток $T_{ки}$ и освещённость, либо имитируя естественный свет, либо создавая специальные условия освещения, оптимальные для той и иной деятельности. ДУСОСД в основном предназначена для промышленных (цехов, депо, операционных залов), и автономных объектов, лишённых естественного света, но может быть использована и в жилых помещениях, обеспечивая индивидуально настраиваемый, благоприятный для пребывания, свет.

Авторы благодарят К.А. Булашевича и С.Ю. Карпова за моделирование и проведение расчётов по оптимизации цветосмещения.

Измерения световых параметров выполнены в ЦКП «Элементная база радиофотоники и наноэлектроники: технология, диагностика, метрология».

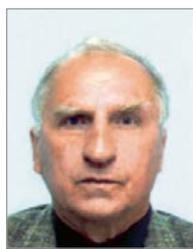
Исследования выполнены в рамках серии госконтрактов с Минобрнауки РФ, в том числе одного действующего (№ 14.607.21.0010 от 05.06.2014, уникальный идентификатор: RFMEFI60714X0010).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hurni Ch.A., David A., Krames M.R. et al.* Bulk GaN flip-chip violet light-emitting diodes with optimized efficiency for high-power operation // *Appl. Phys. Lett.* – 2015. – Vol. 106, No. 3. – Article ID1101.
2. Cree: First to Break 300 Lumens-Per-Watt Barrier. URL: <http://cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier> (дата обращения: 06.2016).
3. Cree's MK-R LED Offers up to 200 Lumens-Per-Watt. LED professional Review 35, 2013, 6.
4. URL: <http://www.ledsmagazine.com/content/leds/en/articles/2014/05/cree-launches-200-lm-w-1226-lm-discrete-led-for-directional-ssl.html?cmpid=EnLEDsMay282014> (дата обращения: 06.2016).
5. Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products / ANSI/NEMA C78.377–2008.
6. LED Engine Achieves Highest Color Rendering in World's Smallest LED Emitters for High-End Directional Lighting. LED Professional Review LpR37 | May/June 2013, p.28. URL: www.led-professional.com/products/leds_led_modules/led-engin-achieves-highest-color-rendering-in-world2019s-smallest-led-emitters-for-high-end-directional-lighting (дата обращения: 06.2016).
7. *Закгейм А.Л.* Светодиодные системы освещения: энергоэффективность зрительное восприятие, безопасность для здоровья человека // *Светотехника.* – 2012. – № 6. – С. 12–20.
8. *Аладов А.В., Закгейм А.Л., Мизеров М.Н., Черняков А.Е.* Полихромные спектрально-перестраиваемые осветительные приборы со светодиодами: опыт разработки и применения // *Светотехника.* – 2013. – № 5–6. – С. 34–40.
9. *Zukauskas A., Vaicekauskas R., Ivanauskas F., Gaska R., Shur M.S.* Optimization of white polychromatic semiconductor lamps // *Appl. Phys. Lett.* – 2002. – Vol. 80 – P. 234; *Chhajed S., Xi Y., Li Y. – L., Gessmann Th., Schubert E.F.* Influence of junction temperature on chromaticity and color-rendering properties of trichromatic white-light sources based on light-emitting diodes // *J. Appl. Phys.* – 2005. – Vol. 97, No. 5. – Article ID054506.
10. *Ohno Y.* Spectral design considerations for white LED color rendering // *Optical Engineering.* – 2005. – Vol. 44, No. 11. – Article ID11302.
11. *Гутцайт Э.М., Закгейм А.Л., Коган Л.М., Маслов В.Э., Социн Н.П.* К моделированию стандартных источников света светодиодными модулями // *Светотехника.* – 2013. – № 4. – С. 61–66.
12. *Булашевич К.А., Кулик А.В., Карпов С.Ю., Черняков А.Е., Аладов А.В., Тальниших Н.А., Закгейм А.Л.* Оптимизация смещения цветов для перестраиваемых твердотельных источников света / Тез. докл. 10-й Всерос. конф. «Нитриды галлия, индия и алюминия – структуры и приборы». – СПб., 2015. – С. 12.
13. URL: http://www.osram-os.com/osram_en/company/index.jsp (дата обращения: 06.2016).
14. *Аладов А.В., Валюхов В.П., Закгейм А.Л., Черняков А.Е., Цацульников А.Ф.* Динамически управляемые светодиодные источники света для новых технологий освещения // *Научно-технические ведомости СПбПУ. Физико-математические науки.* – 2014. – № 4 (206). – С. 38–40.
15. Беспроводные сети ZigBee и IEEE802.15.4. Yu. Semenov (ИТЕР-МИРТ).: URL: <http://book.itper.ru/4/41/zigbee.htm> (дата обращения: 06.2016).
16. *Аладов А.В., Валюхов В.П., Демин С.В., Закгейм А.Л., Черняков А.Е., Цацульников А.Ф.* Беспроводные сети управляемых энергоэффективных светодиодных источников освещения // *Научно-технические ведомости СПбПУ. Физико-математические науки.* – 2015. – № 1 (213). – С. 50–60.



Аладов Андрей Вальменович, физик. Окончил в 1981 г. физический факультет Белорусского государственного университета. Старший научный сотрудник Научно-технологического центра микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН



Валюхов Владимир Петрович, доктор техн. наук. Окончил в 1963 г. Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина. Профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета имени Петра Великого



Тальниших Надежда Андреевна, инженер. Окончила в 2014 г. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Стажёр-исследователь Научно-технологического центра микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН



Бирючинский Сергей Борисович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 1996 г. Санкт-Петербургский государственный институт точной механики и оптики (технический университет). Технический директор ООО «Оптико-механические системы»



Закгейм Александр Львович, кандидат техн. наук. Окончил в 1972 г. Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина). Учёный секретарь и зав. лабораторией Научно-технологического центра микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН



Черняков Антон Евгеньевич, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 2006 г. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Научный сотрудник Научно-технологического центра микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН

Исследование остроты зрения у лиц молодого возраста в зависимости от спектрального состава искусственного освещения

А.А. РЯБЦЕВА¹, А.С. АНДРЮХИНА¹, А.А. КОВРИЖКИНА¹, В.А. ЛАПИНА²,
Н.Н. ТРОФИМОВА³, П.П. ЗАК².

¹ ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского.

² ФГБУН Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва.

³ ГНУ Институт физики НАН Беларуси им. Б.И. Степанова, Минск, Республика Беларусь.

E-mail: pavelzak@mail.ru

Аннотация.

Работа посвящена исследованию различительной способности глаз лиц молодого возраста в зависимости от спектрального состава источников освещения. Исследования проводились на 2-х группах молодых людей: школьниках 12–14 лет и студентах 20–24 лет. Острота зрения школьников составляла, но не превышала 1.0; в студенческой группе острота зрения была не меньше 2.0. Различительную способность оценивали по количеству ошибок в различении колец Ландольта на таблицах Головина-Сивцева. Сравнивались эффективности стандартной лампы накаливания с $T_{\text{ц}}$ 2500 К, светодиодной лампы тёплого белого света с $T_{\text{ц}}$ 2500 К и светодиодной лампы холодного белого света с $T_{\text{ц}}$ 6500 К при одной и той же освещённости 450 ± 3 лк. Было найдено, что у школьников при использовании светодиодной лампы холодного белого света, количество ошибок в различении колец Ландольта (строки таблицы 7–9) в 1,5–2 раза выше, чем при использовании источников тёплого белого света. При этом светодиодная лампа тёплого белого света давала несколько лучшие показатели, чем лампа накаливания. В студенческой группе количество ошибок было минимальным, они имели случайный характер и не зависели от спектра излучения использовавшихся ламп. Предполагается, что полученные результаты обусловлены тем, что светодиодные лампы тёплого белого света обладают наиболее узкой спектральной полосой излучения в жёлто-оранжевой области, и таким образом формируют на сетчатке более чёткое изображение с минимальными хроматическими абберациями глаза. Полученные данные свидетельству-

ют в пользу применения в школьных учреждениях источников освещения тёплого белого света.

Ключевые слова: спектральное распределение энергии, острота зрения, зрительная работоспособность, освещение светодиодами, цветовая температура, школьники, студенты.

1. Введение.

В последние годы в светотехнической и медико-биологической литературе широко обсуждаются вопросы светогигиеничности освещения светодиодами (СД). Наибольшие сомнения в этом плане вызывают СД холодного белого света с высоким уровнем излучения в синей области спектра и коррелированной цветовой температурой ($T_{\text{ц}}$) свыше 6000 К. Основные замечания к таким СД связаны с повышенной фотобиологической опасностью синего света для сетчатки глаза, а также с нарушениями суточных ритмов выработки мелатонина, приводящими к сбоям работы всех обменных процессов организма [1, 3, 5]. В дополнение к этому, в последние два года появились статьи о том, что нормальное постнатальное формирование оптики глаза экспериментальных животных (цыплята, детёныши морских свинок и обезьян) зависит от спектрального состава освещения [6–8]. В целом, несформировавшееся детское зрение имеет повышенную чувствительность к негативным свойствам синей области спектра, и предполагается, что повседневное СД освещение с избыточной синей компонентой может иметь непредсказуемые отдалённые последствия для формирования зрительной системы и общего состояния организма. В связи с тем, что в настоящее время в школах России допускается использова-

ние шадящего освещения светодиодами нейтрального белого света с $T_{\text{ц}}$ не более 4000 К, на повестку дня выходят менее изученные вопросы зрительной работоспособности детского зрения при разных видах освещения СД [2]. Настоящее исследование, поставленное на 2-х группах молодых людей (школьники 12–14 лет и студенты 22–24 лет) имеет постановочный для этого экспериментального научного направления характер. При проведении исследований были использованы осветительные светодиодные лампы (СДЛ) с крайними значениями $T_{\text{ц}}$: от самой низкой (2500 К) до предельно высокой (6500 К), с тем, чтобы оценить важность спектрального состава освещения для обеспечения различительной способности глаза.

2. Методы

В работе использованы бумажные таблицы Головина-Сивцева для измерения остроты зрения. Согласно утверждённому в 1994 г. международному стандарту по измерению остроты зрения, в качестве основного оптического оценивалось кольцо Ландольта [9]. Измеряемым параметром было количество ошибок в распознавании колец Ландольта. Исследования были проведены на школьниках 12–14 лет (22 человека) и студентах 22–24 лет (15 человек).

2.1. Источники освещения

Измерения остроты зрения проводили в затемнённом офтальмологическом кабинете с подсветкой таблиц Головина-Сивцева по стандартной методике с расстояния 5 м. Были использованы три аппарата Рота, каждый со своим типом лампы: аппарат со стандартной лампой накаливания (ЛН) мощностью 60 Вт и два аппарата с филаментными СДЛ мощностью 3 Вт компании *Madix* (Китай), модель *MD-NEO-A60*, с заявленными номинальными значениями $T_{\text{ц}} = 3000$ К для СДЛ тёплого белого света (СДЛТ) и с $T_{\text{ц}} = 6400$ К для СДЛ холодного белого света (СДЛХ), эквивалентным ЛН мощностью 60 Вт. Согласно результатам измерений, проведённых при помощи 2-х спектрометров (*Avantes 1020*, Голландия и *UPRtec 350*, Тайвань), реальные $T_{\text{ц}}$ использовавшихся ламп имели значения около 2500 К у ЛН и СДЛТ и чуть больше

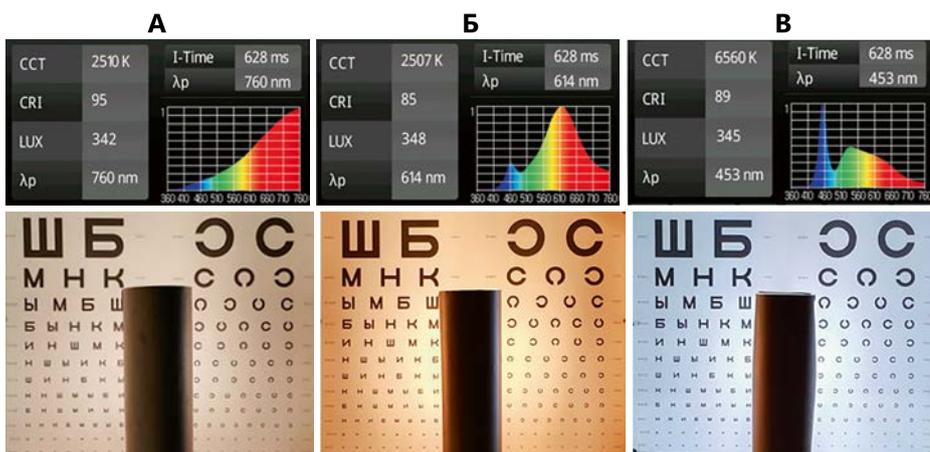


Рис. 1. Спектральные характеристики света, отражённого от поверхности таблиц по остроте зрения. А – ЛН; Б – СДЛТ; В – СДЛХ. Цветные графики – спектральное распределение энергии излучения, отн. ед. По осям: X – длина волны, нм, Y – спектральная плотность энергии излучения, отн. ед. CCT – коррелированная цветовая температура, К; CRI – общий индекс цветопередачи; LUX – освещённость поверхности таблицы опто типов, лк

чем 6500 К у СДЛХ. Освещённость таблиц составляла 345 ± 3 лк. При этом у ламп всех трёх типов полная энергия излучения в диапазоне 400–650 нм оказалась практически одинаковой с разбросом $\pm 5\%$. На рис. 1 приведены данные по характеру освещения использовавшихся аппаратов Рота. Как следует из рисунка, каждая из использовавшихся ламп имеет свою спектральную специфику. Так, ЛН имеет преобладающее излучение в красной области спектра, приходящееся на длинноволновую часть V_λ . Спектр СДЛТ занимает центральное положение на оси длин волн, близкое к максимуму V_λ . У СДЛХ значительная часть излучения смещена в коротковолновую синюю область по отношению к максимуму V_λ .

2.2. Измерения остроты зрения

Определение остроты центрального зрения проводилось для каждого глаза последовательно, монокулярно, используя окклюдер на парном глазу. В каждой из 12 строк таблицы, начиная с первой, фиксировали количество непрочитанных опто типов (кольца Ландольта) в абсолютных числах и в процентах от числа представленных в данной строке опто типов. Как реальную остроту зрения, которая в ряде случаев была выше 1,0, отмечали ряд с наименьшими по размеру знаками, которые испытуемый смог правильно узнать. Таблица с опто типами фиксировалась с помощью аппарата Рота на высоте глаз сидящего испытуемого.

Таблица 1

Количество ошибочных ответов (%) детской группы 12–14 лет по различению колец Ландольта начиная с 6-ой строки таблицы Головина-Сивцева ($n = 44$, $M \pm m$, $P < 0,05$) (V – острота зрения)

Строка таблицы	Тип лампы		
	ЛН	СДЛТ	СДЛХ
Строка 6, $V = 0,6$	$0,83 \pm 0,047$	$1,25 \pm 0,033$	$1,67 \pm 0,041$
Строка 7, $V = 0,7$	$2,92 \pm 0,068$	$2,08 \pm 0,051$	$3,33 \pm 0,061$
Строка 8, $V = 0,8$	$4,64 \pm 0,093$	$3,57 \pm 0,060$	$6,43 \pm 0,077$
Строка 9, $V = 0,9$	$5,71 \pm 0,130$	$4,29 \pm 0,084$	$10,36 \pm 0,243$
Строка 10, $V = 1,0$	$6,87 \pm 0,179$	$7,19 \pm 0,132$	$11,25 \pm 0,163$
Строка 11, $V = 1,5$	$95,94 \pm 0,882$	$96,25 \pm 0,856$	$96,56 \pm 0,855$
Строка 12, $V = 2,0$	$100,00 \pm 0,983$	$100,00 \pm 0,978$	$100,00 \pm 0,977$

3. Результаты исследований.

В целом, среднестатистическая острота зрения школьников была равна 1,0, но не выше, в то время как острота зрения студенческой группы была не менее 2,0. Ниже дана развёрнутая справка по общим офтальмологическим характеристикам обследованных групп испытуемых.

3.1. Характеристика обследованных групп.

Детская группа (12–14 лет) состояла из 22-х пациентов (44 глаза), 18-ти мальчиков (36 глаз) и 4-х девочек (8 глаз). Из них 38 здоровых глаз, 2 случая с миопией высокой степени без изменений на глазном дне и 4 случая миопии слабой степени.

Группу молодых людей (20–24 года) составили 15 пациентов (29 глаз), в том числе 6 мужчин (11 глаз) и 9 женщин (18 глаз). Из них 20 здоровых глаз, 4 случая гиперметропии слабой степени, 1 случай миопии высокой степени, 1 случай миопии средней степени и 3 случая миопии слабой степени.

Нарушения рефракции были полностью компенсированы очковой коррекцией.

3.2. Оценка эффективности источников света по количеству ошибок в различении опто типов

При исследовании остроты зрения школьников 12–14 лет было найдено, что крупные кольца Ландольта 1–5-ой строк различаются при всех 3-х источниках света практически без ошибок, а мельчайшие кольца 11-ой и 12-ой строк (острота зрения 1,5–2,0) полностью неразличимы. Строки с 6-ой по 10-ю (острота зрения 0,6–1,0) распознавались с ошибками, причём количество ошибок систематически возрастало с уменьшением размеров колец Ландольта. В табл. 1 приведены данные по относительному количеству зрительных ошибок детей школьной группы при использовавшихся источниках света. Как следует из таблицы, наибольший процент ошибок в распознавании опто типов наблюдается при освещении таблиц лампой СДЛХ, а наименьший – при использовании СДЛТ. В случае ЛН результаты были несколько хуже, чем в случае СДЛТ. Более наглядно эти различия показаны

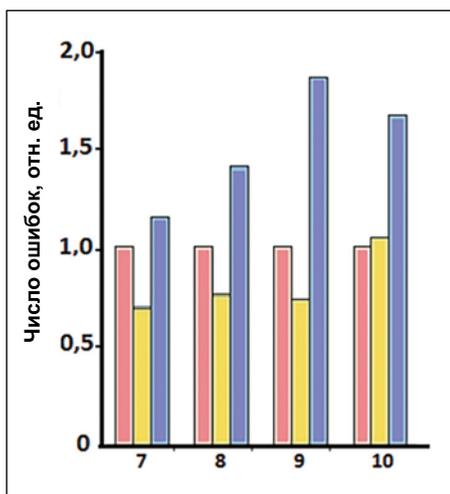


Рис. 2. Диаграммы распределения количества ошибок в различении оптоотипов у детей 12–14 лет в зависимости от вида источника света, нормированные относительно показателей в случае ЛН. Розовые столбики – ЛН, жёлтые столбики – СДЛТ, синие столбики – СДЛХ. Цифры под диаграммами – номера строк таблицы Головина-Сивцева

ны на диаграмме рис. 2. В целом, эти данные, представленные в таблице и на диаграммах, указывают на то, что в детском возрасте источники тёплого белого света позволяют в полтора-два раза лучше решать зрительные задачи по распознаванию чёрно-белых изображений на бумажных носителях.

Точно такие же эксперименты, проведённые при участии студенческой группы (22–24 года), не выявили какой-либо заметной зависимости зрительного различения от спектральных характеристик использовавшихся ламп. Результаты этих измерений представлены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, у лиц молодого возраста (22–24 года), независимо от размеров колец Ландольта и от спектрального состава излучения источника света, ошибки зрительного различения минимальны и носят случайный характер.

4. Обсуждение

Основным результатом проведённых исследований является выявление зависимости различения и распознавания чёрно-белых изображений на бумажных носителях от спектрального состава искусственного освещения у детей школьного возраста. Согласно полученным данным, наибольшее число ошибок в различении оптоотипов наблюдалось при использовании СДЛХ: примерно в 1,5–2

Количество ошибочных ответов (%) студенческой группы 22–24 года по различению колец Ландольта, начиная с 6-ой строки таблицы Головина-Сивцева ($n = 29$, $M \pm m$, $P < 0,05$) (V – острота зрения)

Строка таблицы	Тип лампы		
	ЛН	СДЛТ	СДЛХ
Строка 10, $V = 1,0$	$0,12 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,03$
Строка 11, $V = 1,5$	$0,45 \pm 0,09$	$0,33 \pm 0,07$	$0,35 \pm 0,07$
Строка 12, $V = 2,0$	$0,88 \pm 0,15$	$0,85 \pm 0,14$	$0,84 \pm 0,14$

раза больше, чем при использовании источников тёплого белого света. При этом ЛН обеспечила почти такие же, хотя и несколько худшие, офтальмо-эргономические показатели, как и СДЛТ. Вероятной причиной этих различий является разная фокусировка синего, жёлтого и красного излучений на структурах глазного дна, определяемая хроматической аберрацией глаза. Так, согласно известным зависимостям [4], синий пик с длиной волны 450 нм расфокусирован по отношению к жёлто-оранжевому излучению с длиной волны 580 нм на 1–1,5 дптр.; для красной области спектра эта же расфокусировка составляет около 0,3 дптр. В соответствии с этим, можно ожидать, что, из использовавшихся источников света, жёлто-оранжевое излучение СДЛТ обеспечивает наилучшую фокусировку изображения на глазном дне. ЛН, с её преобладающим в красной области спектра излучением, должна несколько проигрывать по сравнению с СДЛТ. И наконец, СДЛХ с избыточным синим излучением создают наименее сфокусированное сдвоенное сине-жёлтое изображение с нечётким обозначением разрыва в кольце Ландольта. Ещё одной причиной худших результатов в части разрешающей способности глаза при свете СДЛХ может быть наиболее высокое в синей области спектра рассеяние света в оптических средах глаза, смазывающее контуры изображения на сетчатке. В реальных условиях аудиторного освещения с освещённостью порядка 400 лк, т.е. при достаточно расширенных зрачках, эффекты хроматической аберрации и рассеяния света могут иметь ощутимый характер. В случае детского зрения паразитные оптические эффекты синей области спектра оказываются более ощутимыми вследствие повышенной прозрачности детских

хрусталиков в синей области спектра, а также более широкого диапазона зрачковой реакции детского глаза. Полученные нами количественные зависимости различительной способности глаза от спектрального состава излучения источников света могут показаться несущественными, однако надо иметь в виду, что при длительной зрительной работе они могут сказаться на её точности и на устойчивости зрения к утомлению. Различия между данными, полученными при освещении ЛН и СДЛТ, имеющими одинаковые T_c , но различные спектры излучения, ещё раз указывают на то, что T_c источника света не может служить показателем офтальмоэргономичности источника света. Опыт настоящей работы свидетельствует о том, что анализ спектров излучения источников света в сочетании с известными фундаментальными механизмами физиологической оптики позволяет производить предварительную оценку светогигиеничности тех или иных источников света. Методический подход, предложенный в данном исследовании, представляется перспективным для массового обследования состояния зрения в образовательных учреждениях. Следует подчеркнуть, что безошибочная зрительная работа является основой восприятия учебного материала и устойчивости к развитию утомления зрительного анализатора в целом.

5. Заключение

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что из тестированных источников света заметно более эффективными для зрительного различения являются светодиодные лампы тёпло-белого света. Представляется перспективным дальнейшее развитие сравнительных исследова-

ний действия других видов источников света на разрешающую способность детского глаза.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16–53–00141 Бел_а. и БРФФИ № Ф16Р-077.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зак П.П., Островский М.А.* Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков // Светотехника. – 2012, – № 3. – С. 4–6.

2. *Зак П.П., Трофимова Н.Н.* Зависимости зрительных функций от спектрального состава освещения в сопоставлении с характеристиками белых светодиодов // Светотехника. – 2012, № 5–6, С. 31–34.

3. *Закгейм А.Л.* Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья (обзор) // Светотехника. – 2012, – № 3. – С. 12–21.

4. *Хартридж Г.* Современные успехи физиологии зрения. – М.: ИЛ, 1952. – 328 с

5. *Behar-Cohen, F. et al.* Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? // Progress in Retinal and Eye Research. – 2011. – Vol. 30. – P. 239–257.

6. *Foulds, W., Barathi, V., Luu, D.* Progressive myopia or hyperopia can be induced in chicks and reversed by manipulation of the chromaticity of ambient light // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – December 2013. – Vol.54. – P. 8004–8012. doi:10.1167/iovs.13–12476

7. *Liu, R. et al.* The Effects of Monochromatic Illumination on Early Eye Development in Rhesus Monkeys // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – March 2014. – Vol.55. – P. 1901–1909. doi:10.1167/iovs.13–12276.

8. *Qian, Y-F et al.* Transfer from blue light or green light to white light partially reverses changes in ocular refraction and anatomy of developing guinea pigs // Journal of Vision. – September 2013. – Vol.13. – P. 16. doi:10.1167/13.11.16.

9. International standart. ISO 8597. Optics and Optical Instruments – Visual acuity testing – Geneve, 1994.



Рябцева Алла Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ. Офтальмолог, руководитель офтальмологического отделения МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского,

главный офтальмолог МЗ Московской области и ЦФО России, член редакционных советов журналов «Российский офтальмологический журнал», «Российская педиатрическая офтальмология», «Альманах клинической медицины».



Андрюхина Анна Сергеевна. Окончила Российский национальный исследовательский университет имени Н.И. Пирогова (2016 г.). Офтальмолог, врач-интерн МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского



Коврижкина Алина Алексеевна. Окончила медицинский факультет ГКА им. Маймонида (2014 г.). Офтальмолог, младший научный сотрудник МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского



Лапина Виктория Алексеевна, кандидат химических наук. Биофизик, ведущий научный сотрудник Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, лауреат Государственной

Премии РБ 2000 г. за цикл работ «Механизмы развития, методы и средства лечения глаукомы, катаракты, фотоповреждений сетчатки глаза»



Трофимова Наталья Николаевна, кандидат биологических наук. Биофизик, научный сотрудник Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

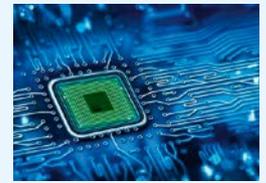


Зак Павел Павлович, доктор биологических наук, профессор. Биофизик, ведущий научный сотрудник Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, лауреат Государственной

Премии РФ 2006 г. за «Научное обоснование, разработку и внедрение в офтальмологическую практику искусственных хрусталиков с естественной спектральной характеристикой», член редколлегии журналов «Светотехника» и «Сенсорные системы»

Найден новый способ эффективного отвода и рассеивания тепла в электронике

Международная группа, возглавляемая учёными из Калифорнийского университета в Риверсайде (*University of California, Riverside*), разработала новый способ эффективного отвода и рассеивания тепла, выделяющегося во время функционирования полупроводниковых электронных приборов.



Высокой эффективности учёные добились путём принудительного изменения энергетического спектра акустических фононов – квазичастиц, состоящих из упорядоченных волнообразных тепловых колебаний атомов материала в кристаллической решётке. А распространение и параметры этих фононов регулировались и ограничивались структурами нанометрового масштаба, изготовленными из полупроводникового материала определённого вида.

В качестве ограничительных наноструктур выступали нанопроводники из арсенида галлия (GaAs), синтез которых выполнила группа исследователей из Финляндии, которая, кроме того, использовала метод спектроскопии Мандельштама-Бриллюэна (*Brillouin-Mandelstam light scattering spectroscopy, BMS*) для изучения движения фононов через прозрачные наноструктуры.

Изменяя форму и размеры наноструктур из GaAs, учёные смогли добиться изменений энергетического спектра, дисперсии, акустических фононов так, что эти фононы обеспечили максимально эффективный перенос тепла от места его выделения к месту его рассеивания. Такая возможность является ключевым моментом в деле разработки наноразмерных электронных устройств, ведь зачастую большое количество выделяющегося тепла не даёт инженерам возможности дальнейшего сокращения размеров устройства. Помимо этого, управление фононами позволяет направлять их в области термоэлектрических преобразователей, которые будут превращать его назад в электрическую энергию, которую можно будет использовать повторно.

«В течение нескольких лет единственным методом изменения удельной теплопроводности электронных устройств заключался в использовании наноструктур проводников фононов, имеющих определённые границы и интерфейсы. Мы же экспериментально продемонстрировали возможность изменения параметров фононов, которые передвигаются быстрее и которые могут двигаться в заданном направлении без дополнительных элементов-теплоотводов» – рассказывает Александр Баландин, профессор из Калифорнийского университета. – «Наша работа может стать основой для технологий, позволяющих создавать полупроводниковые материалы, имеющие заранее заданные тепловые и электронные свойства, которые, в свою очередь, станут основой электронных приборов нового поколения».

www.dailyinfo.org
19.11.2016

От светового урбанизма к ночному урбанизму¹

Р. НАРБОНИ

Международная лаборатория «Световой дизайн городской среды» университета ИТМО, Санкт-Петербург, Россия; Студия *Concepto*, Франция
E-mail: narboni.concepto@wanadoo.fr

Аннотация

Область, известная как «световой урбанизм» (*light urbanism*), зародилась во Франции в конце 1980-х годов, однако планирование городского освещения до начала работы над техническим проектом в сочетании с рассмотрением вопросов градостроительства уже практиковалось при создании пяти новых городов в окрестностях Парижа в рамках генерального плана развития региона Иль-де-Франс на 1964–1965 гг. Световой урбанизм в настоящее время используется стратегическими планами развития городов всех уровней (мегаполисов, конурбаций, небольших городов, посёлков и городских планировочных зон), хотя многие города мира всё ещё не осознали необходимость и полезность систематического сочетания подобного подхода к освещению с традиционным градостроительным проектированием или формированием дневного облика города. В статье описана история возникновения и развития «светового урбанизма» и изложены основные положения этого направления в области светодизайна.

Ключевые слова: световой урбанизм, освещение городов, ночной урбанизм, мастер-план освещения.

1. Истоки светового урбанизма

Область, известная как «световой урбанизм» (*light urbanism*), зародилась во Франции в конце 1980-х годов, однако планирование городского освещения до начала работы над техническим проектом в сочетании с рассмотрением вопросов градостроительства уже практиковалось при создании пяти новых городов в окрестностях Парижа в рамках генерального плана развития региона Иль-де-Франс на 1964–1965 гг. [1, стр. 37].

Эти первые исследования в области освещения, которые сейчас мы могли бы назвать «Мастер-планом освещения», в то время должны были привести системы и типы освещения в соответствие с типами дорог и, в частности, обеспечить разделение освещения автомобильных и пешеходных участков, которое градостроители пытались реализовать в некоторых других городах.

В первые декады 1988 г. студия светодизайна *Concepto* по поручению компании *Philips Lighting Company* осуществила первое комплексное исследование для разработки получившего название «Городские огни» (*City lights*) мастер-плана освещения (МПО) расположенного на юге Франции города Монпелье.

Это было первое творческое и содержательное исследование подобного типа, которое положило начало световому урбанизму, хотя и не получило всестороннюю поддержку. Многие, включая выборных должностных лиц, архитекторов и градостроителей, не испытывали желание поддержать это начинание. Тем не менее, за МПО Монпелье скоро последовали другие: МПО французских городов Эври (департамент Эсон), Безье и Брид-ле-Бен (маленький альпийский городок, в котором проходила часть соревнований зимних Олимпийских игр 1992 г.).

Первые попытки реализации светового урбанизма были сравнительно беспорядочными, осложнёнными отсутствием однозначной методики. Более того, их сознательно тормозили проектировщики освещения, рассматривающие градостроительство как часть генеральных планов развития и урбанизации, которые формулировали стратегические направления развития территории и координировали местные программы урбанизации с политикой развития региона. В то время МПО должны были формировать стратегию освещения, которую можно было бы постепенно воплотить во всех районах городской застройки.

Тогда идея состояла в том, чтобы резко расширить техническое представление о ночном городе, которое было фрагментарным, двойственным и сфокусированным либо на утилитарном освещении, либо на освещении архитектурного наследия, заменив его на иной, комплексный подход, который предоставлял бы возможность одновременного рассмотрения ночного ландшафта, освещения пешеходных дорожек и общественных пространств, формирования световой среды для пешеходов и выделения исторических, модернистских или современных архитектурных объектов.

За этими первыми стратегиями освещения быстро, в первые месяцы 1989 г., последовали и первые МПО. Наиболее известным из них является план освещения Лиона, разработка которого была инициирована городскими властями и техническими службами при участии лионского светодизайнера Алана Гийо (*Alain Guilhot*). В том же году был выпущен разработанный британской студией светодизайна *Lighting Design Partnership* МПО Эдинбурга, Шотландия.

МПО французского города Кан, который был разработан в 1990 г. французским светодизайнером Пьером Бидо (*Pierre Bideau*), ознаменовал собой ещё один важный шаг в сторону светового урбанизма, воплотив в жизнь политическое решение осветить 44 городских памятника в течение менее трёх лет.

Позже, в том же 1990 г., студия *CONCEPTO* впервые во французской практике разработала в рамках плана социального развития города МПО жилого квартала Клу Буше (*Clou Bouchet*) города Ньора. Это был шанс применить методы светового урбанизма к обычным пространствам, которые считались непривлекательными и заброшенными, с тем чтобы после реконструкции придать им в ночное время некоторое очарование.

После того, как студией *CONCEPTO* в 1992 г. был разработан МПО Нанта, созданный по заказу властей и служб города для формирования нового ночного ландшафта после реконструкции проспекта 50-ти заложников и строительства второй трамвайной линии, световой урбанизм стал доступен для градостроительных проектов. Этот образцовый для своего времени проект продемонстрировал возможности ночного освещения города в части со-

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

здания световой среды, выходящей за ограничительные рамки увеличения привлекательности исторических зданий.

В тот год французский светодизайнер Луи Клер (*Louis Clair*) выиграл первый международный конкурс на оказание консультативной помощи при разработке МПО Сингапура. Это было началом успешного экспорта опыта французских светодизайнеров.

Световой урбанизм, первоначально проповедовавшийся французами и английскими светодизайнерами, естественным образом распространился на все европейские страны (сначала на Бельгию, Германию, Швейцарию и Италию, а затем на Швецию, Нидерланды и, совсем недавно, Испанию), а потом добрался и до азиатских стран (Япония, Китай, Таиланд), городов Северной (Детройт, Монреаль, Квебек, Чикаго, Филадельфия) и Центральной (Мехико, Пуэбла) Америки, нескольких африканских (Касабланка, Алжир, Бамако) и ближневосточных (Иерусалим, Бейрут, Абу-Даби) городов.

Недавно он распространился и на основные города Южной Америки (разработанный студией *CONCEPTO* в 2012 г. МПО г. Сан-Пауло, Бразилия, и МПО г. Меделлина, Колумбия, разработанный в рамках международного семинара во время проведения конгресса светодизайнеров *EILD2014*).

2. Световой урбанизм сегодня

Современный световой урбанизм позволяет нам принимать во внимание ночной пейзаж и ночной силуэт города или конурбации, в результате выбирая одну из возможных световых сред. Кроме того, этот подход позволяет составлять МПО общественных мест при их реконструкции.

Этот использующий достижения педагогики и методологии подход служит инструментом при проектировании городского освещения (составлении МПО), и в настоящее время получил всеобщее признание и широко используется многими французскими и иностранными городами.

Световой урбанизм в настоящее время используется стратегическими планами развития городов всех уровней (мегаполисов, конурбаций, небольших городов, посёлков и городских планировочных зон), хотя мно-

гие города мира всё ещё не осознали необходимость и полезность систематического сочетания подобного подхода к освещению с традиционным градостроительным проектированием или формированием дневного облика города.

В зависимости от размера города, разработка МПО занимает от 4 месяцев до года. При этом МПО должен:

- Содержать сведения о подходах, связанных с культурой освещения.
- Повышать образовательный уровень должностных лиц и работников технических служб, обращая их внимание на зрительные и психологические аспекты освещения городов.
- Допускать взаимосвязь между различными городскими службами.

• Объединять государственные и частные предложения, направленные на разработку единой стратегии формирования ночного облика города.

Разработка МПО состоит из:

- Углублённого анализа текущего технического состояния города в ночное время (освещение общественных зон, световая среда, а также муниципальная и частная иллюминация).
- Разработки мастер-плана с учётом истории города, его географического положения, топографии, ландшафта, морфологии, архитектуры, известных жителей, характерных особенностей и будущего.
- Осмысления и контроля будущего ночного облика города.
- Выявления как способных помешать, так и представляющих потенциальный интерес объектов.
- Расстановки приоритетов.
- Концептуализации силуэта города в ночное время при наблюдении с небольшого и значительного расстояния и его зрительное воздействие, а также различные сценарии освещения.

Все разработанные документы и картографические материалы, заверенные и утверждённые комиссией по разработке проекта, собираются воедино в виде МПО города. Эти материалы представляют основу для рутинных и обеспечивают основу для ответственных действий, осуществляемых ответственными за освещение техническими службами и программами развития до проведения каких бы то ни было обсуждений, привлечения частных подрядчиков, освещения основных объектов (общественных зон, примечательных архитектурных сооружений, элементов

инфраструктуры, исторических мест, природных объектов и тематических городских маршрутов) и составления технических требований для будущих эксплуатационщиков (муниципальных или частных клиентов, руководителей проектов и застройщиков).

В настоящее время МПО не является нормативным документом, обязательным для сторонних лиц. Это набор рекомендаций и бесценный инструмент для городов и застройщиков, как муниципальных, так и частных. Его следует регулярно обновлять, с тем чтобы отразить новые тенденции в градостроительстве, включая быстрое совершенствование осветительной техники.

3. Развитие

В последние годы световой урбанизм развивался в соответствии с изменениями, происходящими в ночной жизни городов.

Мы перешли от концентрации внимания исключительно на самом городе к учёту его окрестностей, от рассмотрения города в целом, которое оказалось затруднительным, к более реальным локальным проектам, от увеличения привлекательности исторического архитектурного наследия к предвосхищению вносимых в город изменений, от избыточного освещения центра города к созданию истинно ночной атмосферы в непривлекательных и заброшенных пригородах.

Улучшилось понимание значимости близлежащих объектов. Всё больше жителей считают важными дорожки около домов, общественные зоны, расположенные перед оборудованием и служебными сооружениями, и ведущие к школам пути.

Граждане очень внимательно относятся к окружающей их городской среде и той роли, которое освещение играет при оценке этой среды, и в то же время большой интерес для них представляют и проекты освещения, учитывающие повседневные потребности жителей.

Всё большее число жителей считают, что эффективное представление города в ночное время и выделение его культурно-исторического наследия слишком часто осуществляется за счёт окружающей их световой среды, которая важна для их повседневной жизни и, тем самым, для их оценки качества жизни в городе или его окрестностях.

Преобразование нарушенных промышленным производством земель, возведение крупномасштабного оборудования и реконструкция объектов привели к медленному и постепенно изменению городского ландшафта. Вопросы оживления окрестностей воспринимаются местными жителями с трудом. Развитие инфраструктуры часто воспринимается потребителями как досадная помеха. Преобразования ландшафта и парки не сразу принимаются жителями из-за времени, которое требуется для выращивания растений. К этому можно добавить, что крупномасштабные или долгосрочные проекты часто понимаются гражданами неправильно.

Как же тогда обеспечить реальную заинтересованность в локальных проектах?

Как лучше помочь жителям в их зрительном восприятии пространственных и изменяющихся во времени объектов?

Как можно идентифицировать и прочувствовать потенциальные возможности района в ночное время?

Благодаря способности привлекать внимание, подчёркивать важные аспекты и символичности, городское освещение может в будущем участвовать — кратковременно или долгосрочно — в предвосхищении результатов преобразования местности, выделения городских объектов или освоения заброшенных территорий. Кроме того, благодаря своим «поэтическим» возможностям оно служит мощным инструментом выявления скрытого, подтверждения правильности выбранных направлений воздействия, преобразования местности, демонстрации изменений ландшафта, оформления строительных площадок и положительного изменения ночного облика города.

И наконец, связанные с городским освещением контроль светового загрязнения, защита окружающей среды и уменьшение энергопотребления стали в последнее время основными целями любых стратегических планов в области освещения. А это приводит к необходимости рассмотрения тёмных пространств, которое дополняет МПО в части переосмысливания той роли, которую играют тёмные городские объекты, с тем чтобы идентифицировать, сберечь и защитить тёмные зоны посредством учёта и рассмотрения их взаимосвязей, защиты ночной биосферы, обеспечения лучшего со-

четания ночных потребностей города и естественной природной среды.

Как и в случае городской среды, непрерывное развитие и усовершенствование светового урбанизма предоставило выборным должностным лицам возможность создания многочисленных и утончённых обликов своего города в ночное время. Со временем эти облики и ночные пейзажи будут усилены трудами различных светодизайнеров, которым будет поручена разработка освещения разных объектов.

Консультативное и реальное участие местных жителей, подкреплённое желанием обеспечить активную демократию, должны систематически включаться в методологию светового урбанизма. Необходимо предоставить местным жителям возможность высказывать своё мнение относительно того, как они ощущают свой город в ночное время, формулировать свои ночные желания и стремления, и участвовать в разработке МПО, что можно осуществить посредством организации вечерних курсов и семинаров на эту тему.

Вечерние прогулки с местными жителями позволяют им обменяться мнениями с техническими службами, выборными представителями и светодизайнерами. Кроме того, они позволяют активным резидентам познакомиться с культурой городского освещения, пополнить тем самым свой обычный словарный запас, что облегчит последующее обсуждение предложений и рекомендаций при разработке МПО. И наконец, резиденты получают возможность лично прочувствовать, что нужно или чего не хватает для обеспечения требуемого освещения, и принять участие в обсуждении вопросов энергосбережения, темноты и светового загрязнения с соответствующими рассмотрением вариантов, выявлении противоречий и неизбежными компромиссами [1, стр. 52].

4. Новые стратегии освещения

При разработке стратегии освещения в настоящее время следует учитывать несколько дополнительных целей:

- Обеспечение вечернего своеобразия города и его окрестностей [2, стр. 16–17].
- Переоценку уличного освещения (радикальные или постепенные изменения, реализация делегированного частного управления).

- Продолжение или пересмотр оценки архитектурного или природного наследия.

- Формирование привлекательной ночной атмосферы в районах новой городской застройки.

- Улучшение связи между центром города и пригородами.

- Создание единой социальной сети в ночное время.

- Координация освещения разнообразной жизни города.

- Поддержка инфраструктуры (метро, трамвайных путей и автомобильных дорог).

- Выделение исторических ценностей, существенное или символическое.

- Формирование ночного ландшафта.

- Развитие ночного туризма.

- Формирование ночного облика, связанного с городскими проектами.

- Предвосхищение крупных преобразований города.

- Праздничное освещение по случаю важных спортивных или исторических событий.

- Формирование политики устойчивого развития.

- Уменьшение энергопотребления и платы за энергию.

- Контроль и уменьшение светового загрязнения.

- Изучение «чёрной» инфраструктуры и реализация планов по защите темноты.

- Уважение и защиту ночной биосферы.

Во Франции, где освещение многих городов и деревень насчитывает много лет и давно устарело, одним из основных препятствий на пути реализации любой новой стратегии освещения является необходимость пересмотра политики в области уличного освещения в целях модернизации или замены освещения, реализованного за последние двадцать лет.

Например, французский город Валансьен запустил свой предыдущий МПО в 1997 г. В период с 2011 по 2013 г. муниципалитет решил полностью обновить его по причине частичной или полной деградации зрительного восприятия 90 освещённых ранее объектов. В рамках нового МПО 30 освещённых объектов были вообще исключены, освещение 60 объектов было полностью модернизировано, а 15 объектов были освещены дополнительно.

Другие французские города (Лорьян, Лион, По, Рен и др.) также находятся на стадии осуществления подобной вдумчивой переоценки.

5. Завтра: внедрение ночного урбанизма?

Световой урбанизм в настоящее время представляет собой зрелую дисциплину, навсегда встроенную в проектирование городов всего мира.

Мастер-планы освещения стали важным инструментом многопрофильных групп, обдумывающих планы развития и возможные мутации городов применительно к любому времени суток.

Они могут помочь местным властям сделать города более привлекательными и приветливыми в ночное время, с тем чтобы реализовать надежды завтрашних жителей.

Поэтому светодизайнерам придётся постепенно и систематически проводить консультации, призванные помочь всем городам запустить эти новые стратегии городского освещения. Рен был первым французским городом, заключившим в 2014 г. 4-летний контракт со светодизайнером, который должен был наряду с архитекторами и специалистами по ландшафтам оказывать помощь выборным должностным лицам и городским службам в деле реализации МПО и отслеживании его воплощения в жизнь, а также консультировать застройщиков и руководителей проектов, работающих в этом городе.

Следует развивать и поощрять участие жителей в формировании ночной среды их обитания.

Световой урбанизм обогащает возможности градостроителей, и эта новая ситуация подкрепляется интенсификацией ночной жизни города, которая приводит к уменьшению различий между днём и ночью.

Мы должны участвовать и в распространении влияния города на его ночные пространства.

В будущем это потребует разработки более систематического междисциплинарного подхода к планированию городов, которое учитывало бы потребности круглосуточной жизни города.

Световой урбанизм, каким мы его знали на протяжении почти трёх десятилетий, всё ещё уделяет слишком много внимания освещению города, однако эта концентрация внимания постепенно исчезнет и преобразует-

ся в ночной урбанизм. Он не пойдёт по пути внедрения ночной тематики в освещение города, которое было бы простым продолжением привычного планирования города, а станет, скорее, новой, посвящённой тёмному времени суток дисциплиной, основы и методы которой всё ещё следует определить.

Так на что же должен быть похож ночной урбанизм?

В первую очередь, он будет заинтересован в выделении элементов города, связанных, главным образом, с его ночной жизнью, основываясь при этом на результатах изучения как существующей ночных потребностей горожан, так и тех их потребностей, которые сформируются под воздействием этой новой морфологии.

Город завтрашнего дня можно было бы с тем же успехом изначально планировать применительно к его ночному, а не исключительно дневному предназначению.

В этом случае разнообразные сектора и слои города замысливались бы по-разному в соответствии с их преобладающим использованием в ночное время.

Программы частной застройки также могли бы формироваться исходя из ночного предназначения зданий. В этом случае архитектурные решения, в основном или полностью ориентированные на ночное время (например, «Центры знаний» («*Learning Centers*»)), исходили бы из другой ориентации солнца и плана первого этажа здания, необычного сочетания сложных и простых фасадов и более тесной связи с искусственным освещением.

Материалы фасада будут совершенствоваться для обеспечения новых возможностей в части объёмного строительства и светящихся зданий, которые будут освещать прилегающие общественные пространства и основания зданий, тем самым обеспечивая новое восприятие общественных пространств в ночное время, наконец-то свободных от традиционных осветительных опор, которые скоро станут бесполезными не только днём, но и ночью. И лица городов и улиц, которые мы всегда знали, изменятся полностью и бесповоротно.

Предназначенные для использования, главным образом, в ночное время общественные пространства и зоны, равно как и участки вокруг нового строительства, будут исследоваться и проектироваться с учётом, в первую

очередь, особенностей сумеречного и ночного зрения пользователей.

Ночной урбанизм будет развиваться и совершенствоваться с учётом всех этих условий. Нашим потомкам будет, конечно, казаться, что он существовал всегда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Narboni, R.* Les éclairages des villes, vers un urbanisme nocturne [The cities' lights: Moving towards nocturnal urban lighting design]. Collection Archigraphy. — Bale: Infolio, 2012.
2. *Narboni, R.* Lights and Cultures [Abstracts of international research-to-practice conference «Lighting Design – 2015»]. St. Petersburg: Edition of ITMO University, 2015.
3. *Deleuil, J.M.* Eclairer la ville autrement, innovation et expérimentations en éclairage public [Illuminating the city differently: innovation and experimentation in public lighting]. — Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009.²
4. *Isenstadt, S., Petty, M.M., Neumann, D.* Cities of light, two centuries of urban illumination. — Australia: Editions Routledge, 2015.²
5. *Montse, B., Narboni, R.* By Night, Lumière et architecture [By Night, Lighting and architecture]. — Barcelona: Loft Publications, 2009.²
6. *Narboni, R.* La lumière et le paysage, créer des paysages nocturnes [Lighting and the landscape, creating nightscapes]. — Paris: du Moniteur, 2003.²
7. *Narboni, R.* Lumière et ambiances, concevoir des éclairages pour l'architecture et la ville [Lighting and atmosphere, lighting design for city architecture]. — Paris: du Moniteur, 2006.²
8. *Narboni, R.* La nuit disparue [The Vanished Night]. — Florence: Fondation Targetti. — 2009.²

² Ссылка на эту работу в тексте статьи отсутствует. — Прим. пер.



Роже Нарбони (Roger Narboni) – автор идеи светового мастер-планирования, суть которого в создании единой концепции освещения зданий и городских пространств. На

его счету более 80 реализованных проектов освещения по всему миру, в числе которых замок Шамбор, собор Нотр-Дам де Пари во Франции, мост Рио-Антирио в Греции, принёсших ему престижные профессиональные премии и мировую известность. Роже Нарбони преподаёт световой дизайн в специальных школах в Блуа и Версале, читает лекции в Международной лаборатории «Световой дизайн городской среды» университета ИТМО, Санкт-Петербург, РФ

Исследование влияния светотехнической схемы оптических министиков на их характеристики

С.А. ГОЛУБИН¹, В.М. КОМАРОВ², А.Н. ЛОМАНОВ², В.С. НИКИТИН³,
Э.И. СЕМЁНОВ²

¹ ООО «НПП «Тензосенсор», ² ФГБОУ ВПО «РГТУ им. П.А. Соловьёва»,

³ ООО «НТЦ «Интрофизика», Ярославская обл., г. Рыбинск

E-mail: 707gsa@mail.ru

Аннотация

Описаны устройство и принцип действия оптического министика и варианты светотехнической схемы министиков. Исследованы характеристики экспериментальных образцов министиков различных схем. Проанализированы результаты исследования и сравнены преимущества и недостатки различных светотехнических схем.

Ключевые слова: оптический министик, управление робототехникой, коммутационное устройство, упругодеформируемый полимерный элемент, экспериментальное исследование.

Усложнение современной робототехники и повышение её функциональности за счёт оснащения сложными манипуляторами требует применения компактных и многофункциональных устройств ввода. Одним из видов таких устройств являются министики – двукоординатные миниджойстики, управляемые пальцем руки, в отличие от обычных джойстиков, управляемых всей кистью руки. Движение пальцев в 5–7 раз быстрее движения кисти руки, что позволяет намного быстрее и точнее формировать управляющие воздействия. А малые размеры мини-

стиком позволяют размещать их по несколько штук на панели или ручке управления.

Традиционные министики, построенные на резистивном принципе, имеют ряд недостатков: сложность в производстве, низкий ресурс, постепенное изменение характеристик в процессе эксплуатации.

ООО «НПП «Тензосенсор» с участием специалистов ФГБОУ ВПО «РГТУ им. П.А. Соловьёва» разработан оптический министик [1, 2]. Он отличается простотой, технологичностью в массовом производстве, высокой надёжностью (вследствие отсутствия механически контактирующих и деформируемых резистивных элементов), бесшумностью, пожаро- и взрывобезопасностью, травмобезопасностью, лёгкостью и многофункциональностью (возможностью перепрограммирования выполняемых функций [3]).

Внешний вид и устройство варианта оптического министика представлены на рис. 1 и 2. Министик состоит из печатной платы 1 и выполненного за одно целое корпуса 2, упругодеформируемого полимерного элемента 3, расположенного под приёмником излучения (ПИ) (фотодиод, фоторезистор) 7, и не менее одного источника

света (ИС) (светодиода, лазера) 6, которые соединены с микропроцессором (на рисунке не показан). Упругодеформируемый элемент 3 выполнен из эластичного полимерного материала и содержит светоотражающую или светопоглощающую поверхность 5, расположенную над ИС 6 и ПИ 7.

Принцип работы оптического министика заключается в эффекте отражения света от светоотражающей поверхности полимерного упругодеформируемого элемента. При нажатии оператором на управляющую рукоятку светоотражающая поверхность деформируется в зависимости от направления и величины нажатия. Деформация светоотражающей поверхности меняет распределение отражённого света, которое фиксируется ПИ. На основании реакции ПИ микропроцессор министика производит вычисление текущего положения управляющей рукоятки.

Разработаны четыре сравниваемые ниже светотехнические схемы министика с общим ПИ и: тремя ИС (1); четырьмя ИС, расположенными по-



Рис. 1. Внешний вид оптического министика

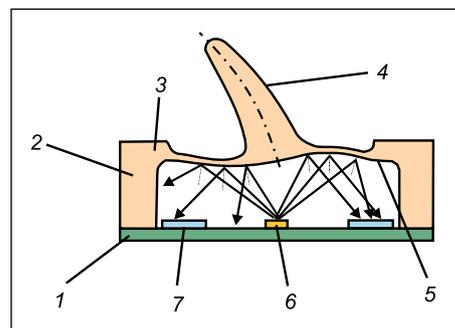
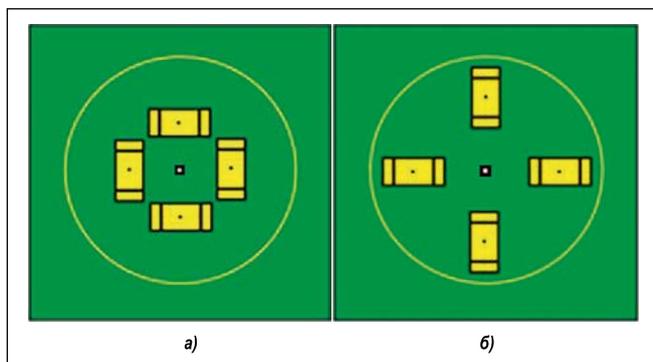


Рис. 2. Оптический министик: 1 – печатная плата, 2 – корпус, 3 – упругодеформируемый элемент, 4 – управляющая рукоятка, 5 – светоотражающая поверхность, 6 – источник света (светодиод, лазер), 7 – приёмник излучения (фотодиод, фоторезистор)

Рис. 3. Схемы министиков с поперечным (а) и радиальным (б) расположением четырёх источников света



перечно направлению отклонения рукоятки (2); четырьмя ИС, расположенными радиально, (3); шестью ИС (4).

Различие министиков с четырьмя радиально и с четырьмя поперечно расположенными ИС показано на рис. 3.

Целью данного экспериментального исследования являлось определение влияния светотехнической (оптической) схемы министика на его передаточную функцию – зависимость полезного сигнала министика от величины отклонения его управляющей рукоятки.

Полезный сигнал министика представляет собой два числовых значения, которые соответствуют величинам отклонения рукоятки министика по координатам X и Y . Единицей измерения выходного сигнала являются отсчёты АЦП микроконтроллера министика, которые соответствуют отношению напряжений на ПИ министика к опорному напряжению АЦП. Напряжение на ПИ определяется интенсивностью падающего на него отражённого света, которая зависит от величины отклонения управляющей рукоятки министика.

Эксперимент состоял в регистрации показаний министика по осям X и Y в точках с заданными величиной отклонения рукоятки министика от центрального положения и направлением отклонения, которое задавалось углом поворота корпуса министика.

Для исследования зависимости сигналов министика от величины линейного отклонения рукоятки и угла поворота министика (передаточной функции) был разработан универсальный испытательный стенд для автоматизированного исследования характеристик министиков. Стенд (рис. 4) содержит поворотное основание 4, на котором закреплён министик 3, и элемент 2, который отклоняет рукоятку министика от центрального положения строго влево или вправо. Поворот основания и отклонение рукоятки производятся шаговыми двигателями. Для обеспечения точности позиционирования и выставления начальной позиции на валах двигателей установлены абсолютные цифровые энкодеры (датчики угла поворота), обеспечивающие погрешность установки угла поворота не более $0,35^\circ$.



Рис. 4. Универсальный испытательный стенд: 1 – корпус стенда, 2 – отклоняющий элемент, 3 – министик, 4 – поворотное основание

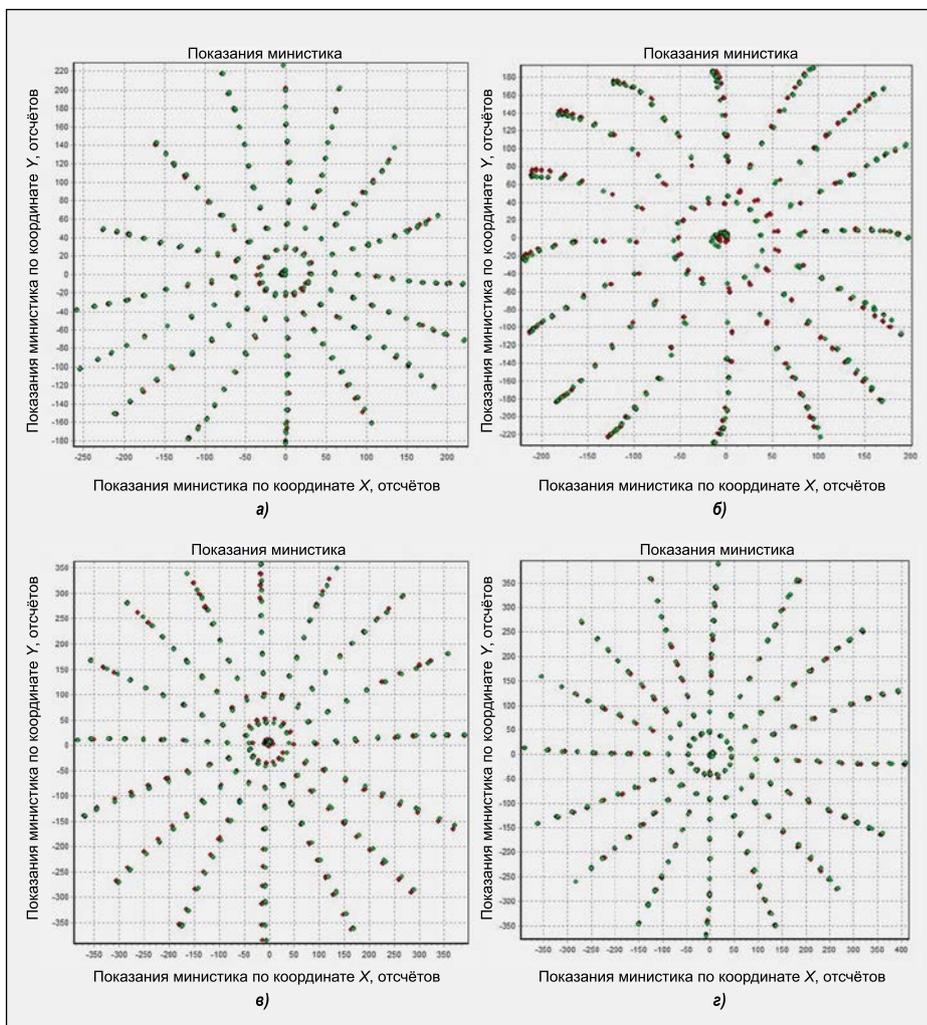


Рис. 5. Лучевые диаграммы показаний министиков с тремя (а), четырьмя поперечно (б) и радиально (в) расположенными, а также с шестью (г) источниками света

Параметры качества сигнала исследуемых оптических министиков

Тип светотехнической схемы министика	с 3-мя ИС	с 4-мя поперечно расположенными ИС	с 4-мя радиально расположенными ИС	с 6-ю ИС
Диапазон значений (амплитуда) по оси X	476	414	775	798
Диапазон значений (амплитуда) по оси Y	408	414	742	758
Макс. разброс значений, %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Макс. нелинейность по оси X, %	5,83	13,25	2,40	2,45
Макс. нелинейность по оси Y, %	5,91	14,27	4,75	3,23
Макс. гистерезис по оси X, %	0,84	4,35	1,16	0,75
Макс. гистерезис по оси Y, %	0,99	2,42	1,75	1,06

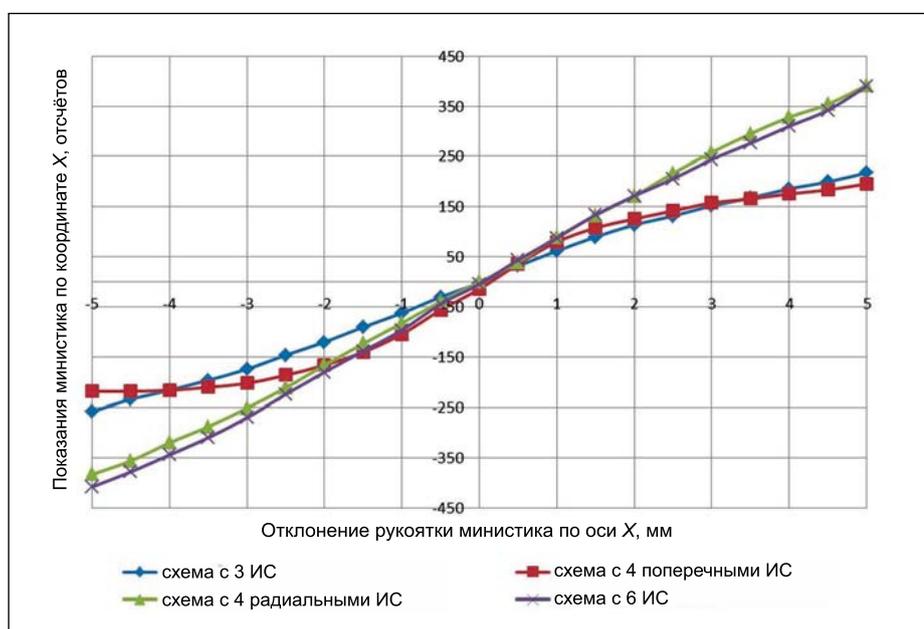


Рис. 6. Передаточная функция министиков различных схем по координате X (при угле поворота министика 0°)

Для обеспечения адекватности эксперимента по сравнению светотехнических схем образцы министиков были изготовлены со следующими одинаковыми компонентами: упругодеформируемый элемент одинаковых размеров и формы; ИС — светодиоды *KP-3216F3C* производства *Kingbright*; ПИ — *PIN*-фотодиод *PD15-21B/TR8* производства *Everlight*; тип измерителя — 12-разрядный АЦП, интегрированный в микроконтроллер *HT46R02B* производства *Holtek*.

Снятие показаний министиков проводилось при следующих условиях: пределы отклонения рукоятки министика от центра: от -5 до +5 мм, с шагом 0,5 мм; направления отклонения: влево — от +5 до -5 мм, впра-

во — от -5 мм до +5 мм; угол поворота министика: от 0 до 157,5°, с шагом 22,5°; число замеров показаний: 5, с последующим усреднением полученных значений.

По результатам тестирования программа стенда автоматически строит лучевую диаграмму¹. На ней результаты измерений полезного сигнала

¹ Лучевая диаграмма позволяет визуально оценивать качество выходного сигнала министика: амплитуду сигнала, точность, линейность, гистерезис.

² Точность — параметр характеризующий разброс значений полезного сигнала при определённом отклонении рукоятки.

Нелинейность — параметр, характеризующий отклонение кривой передаточной функции исследуемого министика от прямой линии.

Гистерезис — параметр, характеризующий различие значений выходного сигнала при одинаковой величине отклонения рукоятки, но разных (противоположных) направлениях его изменения.

министика представлены в виде точек с координатами X и Y, соответствующими числовым значениям выходного сигнала министика. Результаты измерений, полученные при отклонении рукоятки вправо, представлены точками красного цвета, а влево — зелёного. Лучевые диаграммы исследованных министиков приведены на рис. 5.

Графики передаточной функции министиков указанных выше светотехнических схем по оси X (угол поворота 0°) представлены на рис. 6, а по оси Y (угол поворота 90°) — на рис. 7.

Для возможности сравнения графики функций различных министиков наложены друг на друга.

Качество полезного сигнала реального министика оценивается по трём показателям: точность, нелинейность и гистерезис².

Для оценки точности показаний использовалось выражение

$$\delta = |\text{СКО} / \Delta X|,$$

где δ — относительное отклонение показаний министика по данной координате, СКО — среднее квадратическое отклонение показаний министика по данной координате, ΔX — диапазон значений (амплитуда) передаточной функции по данной координате.

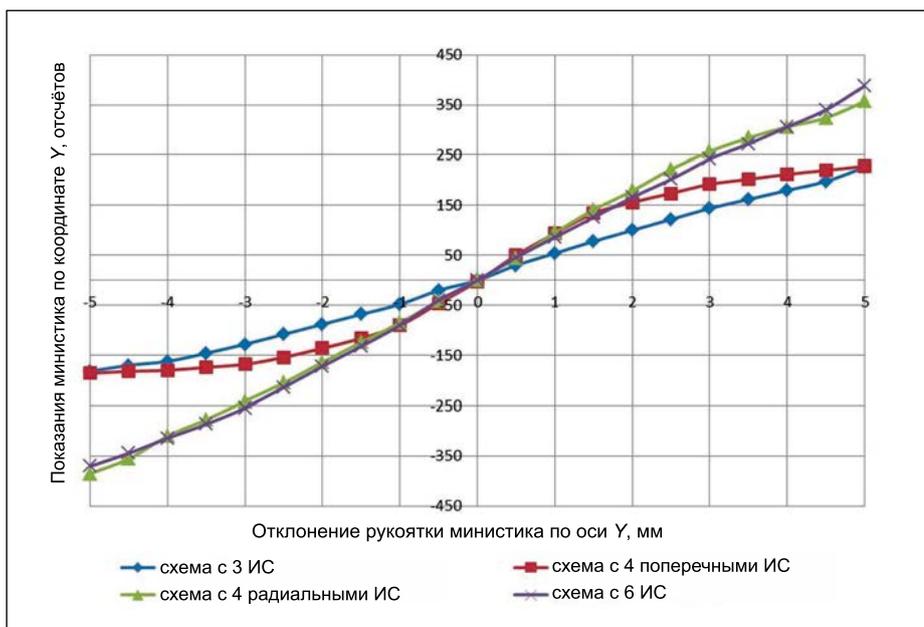


Рис. 7. Передаточная функция министиков различных схем по координате Y (при угле поворота министика 90°)

Для оценки нелинейности при помощи метода наименьших квадратов строилась аппроксимирующая функция прямой линии вида $X = k \cdot x + b$, и нелинейность N_L оценивалась как

$$N_L = |X - X_{\text{РАСЧ}}| / \Delta X,$$

где X и $X_{\text{РАСЧ}}$ — фактическое и рассчитанное (с помощью аппроксимирующей функции) значение показаний министика по данной координате в данной точке; ΔX — диапазон значений (амплитуда) передаточной функции по данной координате.

Гистерезис показаний G оценивался по выражению

$$G = |X_{\text{ПР}} - X_{\text{Л}}| / \Delta X,$$

где $X_{\text{ПР}}$ — значение показаний министика по данной координате в данной точке при перемещении рукоятки вправо; $X_{\text{Л}}$ — при перемещении влево; ΔX — диапазон значений (амплитуда) передаточной функции по данной координате.

Результаты расчётов представлены в таблице.

Выводы

- Выбранные оптические схемы министиков на основе упругодеформируемого элемента позволяют создавать работоспособные и высокоэффективные устройства.

- Максимальный диапазон отклонения рукоятки министика составляет $\pm 5,0$ мм, что укладывается в оптимальный диапазон амплитуд отклонения пальцев руки порядка 12–20 мм.

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

- Министик по схеме с общим ПИ и шестью ИС обладает наилучшими характеристиками полезного сигнала: высокой амплитудой, симметричностью передаточной функции, низкой нелинейностью (не более 3,3 %) и малым гистерезисом (не более 1,1 %).

- Министик по схеме с общим ПИ и четырьмя ИС, расположенными радиально, по характеристикам полезного сигнала незначительно уступает министик с шестью излучателями. Он обладает высокой амплитудой сигнала, симметричностью передаточной функции, низкой нелинейностью (менее 5 %) и низким гистерезисом (менее 2 %).

- Министик по схеме с общим ПИ и тремя ИС обладает низким гистерезисом выходного сигнала, но его передаточная функция несимметрична и нелинейна, а амплитуда сигнала в 1,7 раз ниже, чем у министика с шестью ИС.

- Министик по схеме с общим ПИ и четырьмя ИС, расположенными поперечно, обладает наихудшими характеристиками: высокой нелинейностью, низкой амплитудой и высоким гистерезисом.

Таким образом, наилучшими с точки зрения качества сигнала могут быть признаны светотехнические схемы министика с шестью ИС и с четырьмя радиально расположенными ИС.

Передаточная функция оптических министиков с этими светотехническими схемами соответствует основным требованиям, предъявляемым к средствам управления сложной робототехникой, манипуляторами и летательными аппаратами.

Светотехническая схема министика с тремя ИС позволяет создавать самые дешёвые приборы. Она годится для применений, не предъявляющих высоких требований к сигналу по точности и линейности, и рекомендуется для производства полиморфных переключателей разных типов [6].

Прикладные научные исследования и экспериментальные разработки в данном направлении проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки РФ. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок — *RFMEFI57914X0087*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубин С.А., Комаров В.М., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И. Исследование характеристик оптических министиков // Светотехника. — 2015. — № 6. — С. 17–20.
2. Голубин С.А., Комаров В.М., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И. Экспериментальное исследование характеристик оптических министиков с общим излучателем // Вестник РГАТУ им. П.А. Соловьёва. — 2015. — № 1.
3. Никитин В.С., Белов Р.Б., Голубин С.А. Цифровые оптические министики для управления робототехническими комплексами // Электросвязь. — 2015. — № 11. — С. 68–69.
4. Никитин В.С., Белов Р.Б. Управлять без рычагов // Наука и жизнь. — 2012. — № 12.
5. Никитин В.С., Морозов П.П. Оптический джойстик / Заявка на изобретение № 2013112435 РФ, 2014. Бюл. № 27.
6. Никитин В.С. Способ коммутации электрических цепей и многофункциональный переключатель для его осуществления / Патент РФ № 2455678, 2012. Бюл. № 19.

Защита диссертации аспирантами кафедры светотехники НИУ «МЭИ»



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. Тбилиское 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

На кафедре светотехники НИУ «МЭИ», заведующий кафедрой Георгий Валентинович Боос, 23 июня 2016 года успешно прошла защита кандидатской диссертации аспиранта кафедры Шагалова Олега Владимировича на тему «Быстрые и точные алгоритмы расчёта сигналов оптико-электронной системы дистанционного зондирования атмосферы из космоса», руководитель д.т.н., проф. В.П. Будак. Диссертация посвящена вопросам исследования земной поверхности и атмосферы с помощью оптического излучения с орбиты – оптическому дистанционному зондированию. Среди задач, стоящих перед всем человечеством есть ряд таких, решать которые, не прибегая к методам дистанционного зондирования, принципиально невозможно. Важнейшей из них представляется мониторинг малых газовых компонентов атмосферы, вносящих вклад в парниковый эффект. Такие исследования возможны только при очень высокой точности измерений. За последние годы измерительная аппаратура сделал большой шаг вперёд, и эти измерения стали возможны. Поскольку такие задачи являются косвенными, боль-

шим этапом их решения является построение прямых моделей переноса излучения в атмосфере, точность которых диктуется возможностями измерительных систем. При этом спутниковые измерения подразумевают огромное количество информации, которая должна обрабатываться практически в реальном времени, что требует от математических моделей высокой скорости вычислений, помимо высокой точности. В традиционных методах эти параметры обратно пропорциональны друг другу, в виду чего ни один алгоритм не отвечает этим требованиям одновременно. В диссертации Шагалова О.В. предложены новые алгоритмы на основе метода синтетических итераций, разрабатываемом в ядерной физике. Использование данного метода позволяет обойти проблему баланса скорости и точности, присущую алгоритмам на основе традиционных методов. В диссертации разработаны два новых метода для решения задачи переноса излучения в однородной атмосфере, а также намечен путь к решению задач переноса в среде с произвольной геометрией.



Председатель Специализированного совета д.т.н., проф. А.А. Григорьев поздравляет О.В. Шагалова с успешной защитой. Конференц-зал кафедры светотехники НИУ «МЭИ»

Разработка и оптимизация источника питания для гибких электролюминесцентных панелей

И. Н. ГОНЧАРОВ¹, А. М. КАБЫШЕВ¹, Е. Н. КОЗЫРЕВ¹,
А. И. МАЛДЗИГАТИ²

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», Владикавказ;

² ОАО «ГРАН», Владикавказ

E-mail: maldzigati@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены требования, предъявляемые к режимам работы источников питания для гибких электролюминесцентных панелей. Приведены результаты исследования влияния формы тока на эксплуатационные параметры данных изделий. Разработана схема источника питания для электролюминесцентных панелей и выполнена его оптимизация. Рассмотрено влияние режимов работы этого источника на эксплуатационные параметры электролюминесцентных панелей. Получены осциллограммы токов и напряжений, иллюстрирующие режимы работы электролюминесцентных панелей.

Ключевые слова: электролюминесцентная панель, частота, эквивалентная схема, люминофор, дроссель, автономный инвертор напряжения, транзисторные ключи, осциллограммы, яркость.

Введение

Электролюминесцентная панель (ЭЛП) представляет собой гибкий источник оптического излучения большой площади, спектр излучения которого зависит от состава люминофора и частоты переменного тока, протекающего через ЭЛП. Такие источники излучения находят применение в освещении панелей приборов стационарной и передвижной техники, в сигнальном и аварийном освещении, непрерывно работающем длительное время, а также используются в декоративных и рекламных целях [1].

ЭЛП различаются составом применяемых материалов и пространственным расположением слоёв тонкоплёночных структур [1–5]. Широкое распространение получили ЭЛП, структура которых содержит следующие

слои: лавсановая плёнка; прозрачный проводящий слой *ITO* (10 % *SnO* + 90 % *In₂O₃*); люминесцентный слой, в состав которого входят суспензия люминофора и диэлектрик; диэлектрический слой, состоящий из диэлектрического связующего и титаната бария (*BaTiO₃*); непрозрачный электрод.

Функционирование ЭЛП обусловлено свечением рабочего слоя, в состав которого входят цинкосульфидный люминофор и диэлектрик, выполняющий функции связующего компонента. Люминофор излучает фотоны под влиянием переменного электрического поля, работая в режиме предпробойной электролюминесценции.

В состав люминесцентного слоя входят люминофор и полимерный диэлектрик, выполняющий также функции связующего материала. Диэлектрик создаёт барьерные области и тем самым концентрирует электрическое поле на границах зёрен люминофора. Связующий диэлектрик должен быть прозрачен для видимого света, а также обладать хорошей адгезией к соседним слоям, достаточным уровнем пробивного напряжения, химической инертностью по отношению к материалам наполнителя и электродов, стабильностью электрофизических и оптических характеристик. Диэлектрическое связующее, входящее в диэлектрический слой должно характеризоваться высокой диэлектрической проницаемостью ϵ и малыми диэлектрическими потерями tgd . Для этого в его состав вводится до 40 % сегнетоэлектрика *BaTiO₃*.

Для возбуждения свечения электролюминесцентной панели требуется переменное напряжение [1, 6]. В этом случае люминофор ЭЛП испускает кванты света в течение обоих полупериодов напряжения, а его

мгновенная яркость является периодической функцией времени.

В настоящее время для повышения эксплуатационных параметров ЭЛП ведутся работы, направленные не только на совершенствование структуры и технологии изготовления ЭЛП, но и на оптимизацию преобразователей электрической энергии, предназначенных для питания гибких источников оптического излучения [1, 3, 4, 6].

Целью данной работы являлось исследование влияния формы тока, генерируемого источником питания, на основные эксплуатационные характеристики ЭЛП (яркость и рабочая температура) и разработка малогабаритного источника питания, обеспечивающего эффективное функционирование ЭЛП. При этом в тематической литературе практически отсутствуют сведения о влиянии формы тока на функционирование ЭЛП, как раз особенно актуальные при разработке малогабаритных источников питания, обеспечивающих высокие эксплуатационные параметры ЭЛП.

Описание техники эксперимента

ЭЛП для источника питания представляет собой нагрузку, в которой преобладает ёмкостная составляющая [2, 6]. Зная действующее напряжение U и ток I , их частоту f и пренебрегая активными сопротивлениями диэлектрических слоёв, входящих в структуру ЭЛП, можно приблизительно определить электрическую ёмкость ЭЛП $C_{элп}$ как

$$C_{элп} = I / (2\pi fU).$$

(Например, для ЭЛП формата *A3* при $U = 120$ В, $I = 377$ мА, $f = 1000$ Гц $C_{элп}$ составит 0,5 мкФ.)

Значение $C_{элп}$ оказывает влияние на значение и форму тока и, как следствие, на яркость ЭЛП и режимы работы источника питания для него.

На рис. 1 приведена функциональная схема разработанного малогабаритного сетевого преобразователя электрической энергии, предназначенного для питания ЭЛП. При этом элементы *VT1*, *VT2*, *VD1*, *VD2*, *C1*, *C2* входят в состав полумостового автономного инвертора напряжения (АИН). Конденсаторы *C1* и *C2* выполняют функцию делителя напряжения, образуют среднюю точку источника

питания полумостового АИН. Выпрямитель В преобразует переменное напряжение питающей сети в напряжение одной полярности (выпрямленное напряжение). АИН на основе постоянного напряжения, подаваемого на его вход, формирует переменное напряжение частотой 1000 Гц. Система управления СУ задаёт алгоритм работы транзисторных ключей VT1 и VT2, а также частоту и напряжение на выходе АИН. Можно реализовать работу этих ключей по алгоритму широтно-импульсной модуляции (ШИМ) или алгоритму широтно-импульсного регулирования (ШИР) [7].

В работе [6] показана возможность работы источников питания ЭЛП на основе алгоритма ШИМ, что позволяет за счёт высокочастотной коммутации транзисторных ключей с модуляцией длительности их закрытого и открытого состояний по синусоидальному закону получать оптимальный гармонический состав выходного напряжения АИН, близкий к гармоническому составу синусоидального напряжения. Однако при этом возрастают коммутационные потери в АИН, ухудшается КПД схемы [7].

ШИР позволяет реализовывать более простой алгоритм управления транзисторными ключами АИН. При однократной коммутации ключей за полупериод они открываются по очереди, один раз в течение полупериода, между интервалами проводимости транзисторов вводится «мёртвое время» (интервал времени, в течение которого закрыты оба транзистора). Снижаются коммутационные потери энергии, получается максимально высокий КПД схемы. Естественная форма выходного переменного напряжения АИН при использовании такого алгоритма управления – прямоугольная [7].

ЭЛП для АИН служит ёмкостной нагрузкой, и потому для ограничения амплитуды импульсов тока заряда конденсатора, образованного электрической ёмкостью ЭЛП, на выходе АИН установлен дроссель L1. Величина индуктивности дросселя оказывает влияние на форму и величину тока, протекающего через ЭЛП и транзисторные ключи АИН.

На рис. 2 показаны осциллограммы напряжения на ЭЛП $u(\tau)$ и тока, протекающего через неё, $i(\tau)$ при использовании в схеме дросселя L1 с индуктивностью $L = 10$ мкГн. Видно, что

Рис. 1. Функциональная схема источника питания для ЭЛП: В – выпрямитель; СУ – система управления; VT1, VT2 – транзисторные ключи; VD1, VD2 – диоды; L1 – дроссель; ЭЛП – электролюминесцентная панель; C1, C2 – конденсаторы

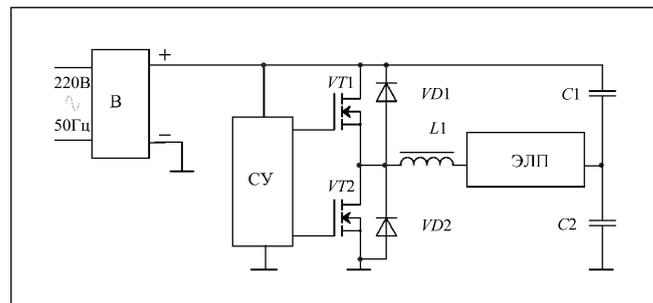


Рис. 2. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) при индуктивности (L) дросселя L1, равной 10 мкГн

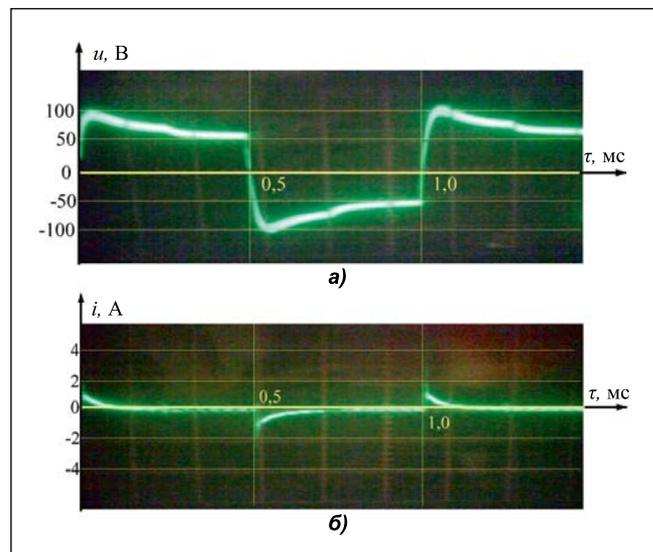
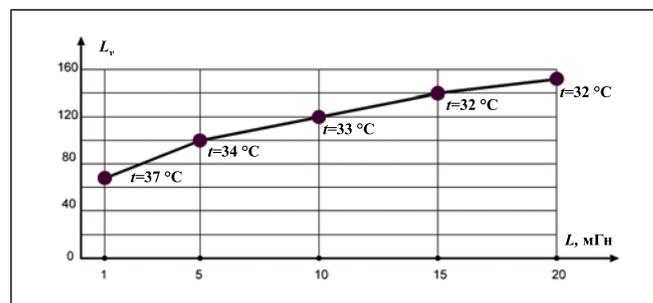


Рис. 3. Зависимость яркости ЭЛП L_v от индуктивности (L) дросселя L1



ток имеет форму коротких импульсов амплитудой выше 2 А.

Из рисунка 2, б видно, что ток имеет форму коротких импульсов, амплитуда которых превышает 2 А и ограничивается в основном только активным сопротивлением цепи питания ЭЛП и индуктивным сопротивлением дросселя. В таком режиме работы яркость ЭЛП формата А3 не превышает 35 кд/м². При этом было замечено значительное (до 55 °С) повышение температуры t, которое при длительной эксплуатации ЭЛП приводит к её деградации и разрушению. Эти осциллограммы получены при использовании ШИР-алгоритма управления транзисторными ключами АИН (VT1 и VT2).

Очевидно, следует добиваться ограничения амплитуды импульсов тока

и, как следствие, улучшения температурного режима ЭЛП. Эта задача может быть решена, если значение индуктивности дросселя L будет компенсировать ёмкостную составляющую эквивалентного сопротивления ЭЛП. Полная компенсация происходит при равенстве сопротивлений реактивных элементов схемы:

$$2\pi fL = 1 / (2\pi fC_{элп}).$$

(Например, при $f = 1000$ Гц и $C_{элп} = 0,5$ мкф имеем $L = 50,7$ мГн.)

Для оптимизации L проведён эксперимент, позволивший установить зависимость яркости ЭЛП L_v от L. На рис. 3 приведены зависимости L_v и рабочей температуры ЭЛП (формата А3) t от L. При этом для каждой точки указана t, измеренная через

Рис. 4. Временная зависимость температуры ЭЛП t при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 15 мГн

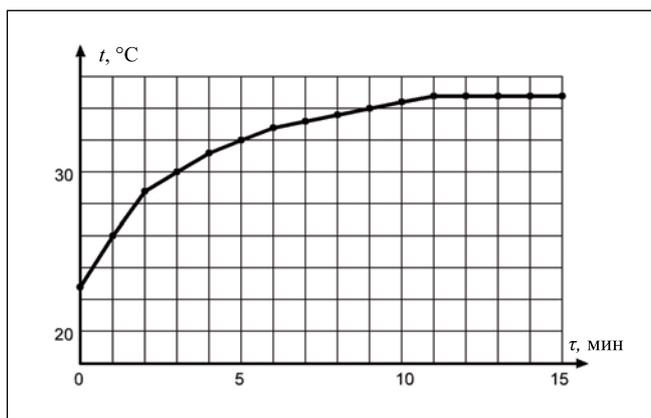


Рис. 5. Осциллограмма тока при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 1 мГн

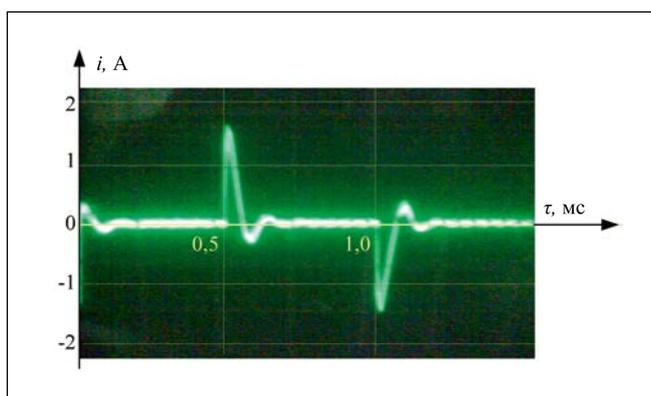
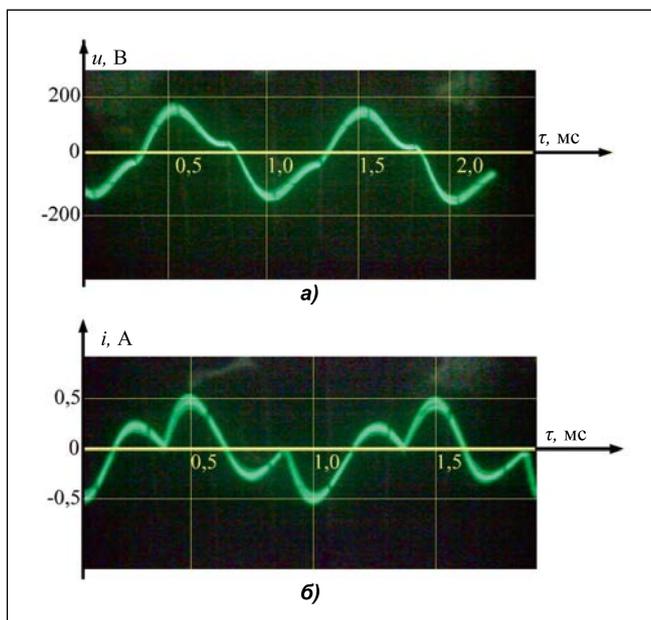


Рис. 6. Осциллограммы напряжения и тока при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 15 мГн



5 мин после включения источника питания, а начальная (для каждой точки) t соответствовала температуре окружающего воздуха (23 °C). Выбор временного интервала измерения в 5 мин позволяет фиксировать постепенный прирост температуры. Выбор большего интервала нежелателен, поскольку при малых значениях L наступает аномальный разогрев панели (рис. 3). Измерения про-

водились с использованием дросселя $L1$ с активным сопротивлением обмотки 2,6 Ом. L изменялась от 1 до 20 мГн. Дальнейшее увеличение L нецелесообразно, поскольку, во-первых, при $L > 15$ мГн рост L_v замедляется (рис. 3) и, во-вторых, дальнейшее увеличение L сопряжено с ухудшением массогабаритных показателей источника питания. При $L = 15$ мГн $L_v = 140$ кд/м², что удовлетворяет

большинству потребительских требований к ЭЛП [1].

Из построенной временной зависимости t для режима работы при $L = 15$ мГн (рис. 4) видно, что с 11-й минуты работы ЭЛП устанавливается комфортный температурный режим, с t порядка 35 °C, и дальнейшего повышения температуры практически не происходит.

Проведённые исследования показывают, что L влияет на эксплуатационные параметры ЭЛП и режим работы источника питания. Так, на рис. 5 приведена осциллограмма тока на выходе источника питания при использовании в схеме дросселя с $L = 1$ мГн. Из осциллограммы видно, что источник питания работает в режиме прерывистых токов, что приводит к неоптимальным по L_v и t параметрам ЭЛП. Как видно из рис. 3, $L_v = 70$ кд/м² при относительно высокой t . Максимальная амплитуда импульсов тока равна 1,6 А, а $I = 140$ мА.

На рис. 6 приведены осциллограммы напряжения на ЭЛП и тока, полученные при использовании в источнике питания дросселя $L1$ с $L = 15$ мГн. Видно, что ток ЭЛП имеет непрерывный характер, что значительно сказывается на уровне L_v , а из рис. 3 следует, что этот режим работы характеризуется высокой L_v (140 кд/м²) и приемлемым температурным режимом (рис. 4). Максимальная амплитуда тока равна 0,5 А, что по сравнению с предыдущими режимами снижает нагрузку на элементы схемы. I ЭЛП составляет 300 мА. Форма напряжения на ЭЛП близка к синусоидальной форме (рис. 6, а), а $U = 126$ В.

Таким образом, проведённые исследования показали, что для получения хороших массогабаритных показателей блока питания и эксплуатационных параметров ЭЛП целесообразно принять $L = 15$ мГн.

Разработанный источник питания представляет собой функционально законченный модуль с габаритными размерами 100×50×50 мм. Мощность источника составляет 200 ВА, что позволяет его использовать для питания ЭЛП широкого диапазона форматов. Для согласования параметров блока питания с параметрами ЭЛП, формат которых отличается от А3, с целью получения требуемых режимов работы необходимо последовательно в цепь питания панели включать реактивные элементы (дроссель, кон-

денсатор, не являющийся составной частью блока питания) необходимо го номинала.

Заключение

Яркость, оптимальный температурный режим работы и долговечность ЭЛП в значительной степени определяются формой и значением протекающего через ЭЛП тока.

Рассмотренный принцип построения схемы источника питания для ЭЛП и приведённые зависимости и осциллограммы позволяют разрабатывать преобразователи электрической энергии для питания гибких ЭЛП, обладающие хорошими массогабаритными и энергетическими показателями и обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики ЭЛП.

Результаты работы получены при поддержке Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор ПНИЭР – *RFMEFI57715X0196*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушков В.Я. Электролюминесцентные панели. Не проходите мимо // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2003. – № 7(49). – С. 54–57.
2. Гусев А.И., Самохвалов М.К. Электрические характеристики тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов / Под науч. ред. М.К. Самохвалова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 125 с.
3. Шубин Н.Е., Козырев Е.Н., Платова А.А., Брежнев А.А., Малдзигати А.И. Разработка и изготовление высокоэффективных электролюминесцентных панелей // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 6–2. – С. 74–77.
4. Гончаров И.Н., Козырев Е.Н., Аскеров Р.О., Малдзигати А.И. Исследование и повышение долговечности излучения электролюминесцентных панелей // Радиотехника и электроника. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 89–92.
5. Буланый М.Ф., Коваленко А.В., Полежаев Б.А. Электролюминесцентные источники света на основе монокристаллов ZnSe: Mn с оптимальными яркостными характеристиками // Журнал технической физики. – 2003. – Т. 73, вып. 2. – С. 133–135.
6. Zhou Jia, Tong Ge, Linfei Guo, Ng Pei Jian Eileen, Huiqiao He, Joseph Chang A high power driver IC for electroluminescent panel: design challenges and advantages of using the emerging LEES-SMART GaN-on-CMOS

process // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 141. – P. 91–93.

7. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с.



Гончаров Игорь Николаевич, доктор техн. наук, профессор. Доцент кафедры «Электронные приборы» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (госу-

дарственный технологический университет)». Область научных интересов – современные источники оптического излучения, оптические квантовые генераторы, электронно-оптические преобразователи



Кабышев Александр Михайлович, кандидат техн. наук. Доцент кафедры «Промышленная электроника» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)». Область научных интересов – преобразователи электрической энергии



Козырев Евгений Николаевич, доктор техн. и экон. наук, профессор. Зав. кафедрой «Электронные приборы» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт

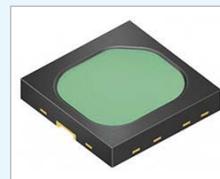
(государственный технологический университет)». Академик РАЕН и МАНЭБ. Область научных интересов – фотоэлектронные и электронно-лучевые приборы, твердотельные приборы и устройства СВЧ диапазона



Малдзигати Алан Ильич, инженер. Ведущий инженер-технолог ОАО «Гран». Аспирант. Область научных интересов – оптико-электронные приборы и устройства

Osram представила первый широкополосный ИК-диод

В ИК-спектроскопии используется характерное поглощение конкретных молекулярных соединений. Если имею-



щее известное спектр излучения направить на образец, то исходя из спектрального распределения отражённого света, можно обнаружить присутствие и определить количество определённых ингредиентов. Этот метод применяется, помимо прочего, в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Можно, например, измерить содержание в продуктах питания воды, жиров, углеводов, сахара или протеина. Эти данные дают представление о свежести, качестве или калорийности продуктов.

Компания Osram Opto Semiconductors впервые использовала люминофорные преобразователи в своих источниках ИК излучения. В результате появился ИК-диод SFH 4735 с широкополосным излучением в диапазоне длин волн 650–1050 нм, основная область применения которого – как раз спектроскопия в ближней ИК области, например, для анализа пищи.

Основа SFH 4735 – синий кристалл площадью 1 мм², изготовленный по технологии «UX:3». Его свет преобразуется в ИК излучение специально созданным для этого люминофорным преобразователем. Остаточная синяя составляющая излучения помогает пользователям нацеливаться на исследуемый участок. ИК излучение SFH 4735 имеет равномерное спектральное распределение. Кристалл смонтирован в корпусе для светодиодов «Oslon Black Flat», обладающем высокой термостойкостью.

Компактные спектрометры для спектрального химанализа открывают совершенно новую область применения бытовой электронной техники. Специалисты ожидают, что уже в ближайшем будущем их удастся встраивать в мобильные устройства. Новая техника обеспечит расширение возможностей биомониторинга или, другими словами, измерения основных показателей жизнедеятельности, таких как частота пульса и количество потребляемых калорий. Смартфон со спектрометром позволит пользователям аналогичным образом исследовать съедаемую ими пищу. Точно так же можно будет проверять и лекарства, а чуть позже – анализировать определённые характеристики окружающей среды (например, качество воздуха).

www.compoundsemiconductor.net
07.11.2016

Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств

А.Т. ДВОРЕЦКИЙ¹, М.А. МОРГУНОВА¹, О.В. СЕРГЕЙЧУК²,
А.В. СПИРИДОНОВ³

¹ ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
Россия, Симферополь

² Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина, Киев

³ ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН», Россия, Москва
E-mail: dvoretskyat@ukr.net, riyu@ukr.net, ovsergeich@mail.ru, spiridonova@aprok.org

*Архитектор может прекрасно управлять естественным освещением, если он владеет знанием траектории Солнца.
Фрэнк Ллойд Райт, американский архитектор*

Аннотация

Приведены математические модели процесса инсоляции зданий. В основе этих моделей лежит солнечная геометрия, описанная суточным конусом солнечных лучей, без знания которой невозможно профессиональное и качественное проектирование энергоэффективных зданий и городов. Для формообразования стационарных солнцезащитных устройств в виде пространственных форм целесообразно применять способ, основанный на использовании суточного конуса солнечных лучей, который легко реализуется с помощью специализированных компьютерных программ.

Самый информативный и универсальный способ проектирования стационарных солнцезащитных устройств основан на использовании так называемых «солнечных карт».

Ключевые слова: солнцезащитные устройства, суточный конус солнечных лучей, солнечная карта, инсоляция, микроклимат помещений.

Введение

Одним из основных факторов формирования микроклимата помещений является инсоляция, регулирование которой можно производить с помощью солнцезащитных устройств (СЗУ). Задачей повышения энергетической эффективности здания при проектировании СЗУ является определение его формы, при которой в перегревный период года (необходимость охлаждения здания) солнечная радиация не проходит в помещение,

а в отопительный период помещение максимально инсолируется, получая дополнительные теплоступления от Солнца [1–3].

Создание в ближайшее время комплекса российских стандартов по солнцезащите абсолютно необходимо, востребовано и будет способствовать повышению теплового и зрительного комфорта в помещениях, снижению энергетических затрат на эксплуатацию зданий [4].

Существуют две важные задачи, связанные с регулированием инсоляционного режима помещений: 1) расчёт продолжительности инсоляции и её соответствия санитарным нормам [5], в которых, нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции, например, для центральной зоны (48–58° с.ш.) с 22 марта по 22 сентября – не менее 2,0 ч в день; 2) формообразование СЗУ с заданными свойствами.

В настоящей статье анализируются существующие способы формо-

образования различных СЗУ с учётом климатических условий и ориентации фасада.

Методические основания. Геометрическая модель процесса инсоляции точки на поверхности земли в течение суток

В основе всех способов оптимального формообразования стационарных СЗУ лежит геометрия видимого движения солнца по небосводу, а именно – геометрическая модель процесса инсоляции точки на поверхности земли в течение суток. Эта модель представляет собой однопараметрическое множество солнечных лучей, проходящих в эту точку в течение суток, и является, по определению проф. А.Л. Подгорного, суточным конусом солнечных лучей (СКСЛ) [2]. Использование СКСЛ – основа всех способов формообразования СЗУ и большинства способов определения продолжительности инсоляции.

Из большого разнообразия методов расчёта инсоляции [6, 7] наиболее точны методы на основе математической модели СКСЛ.

На рис. 1 представлено условное, но достаточно наглядное изображение дневной части СКСЛ, а на рис. 2 изображён СКСЛ в прямоугольных проекциях. При этом: на фронтальной проекции I изображены две полы¹

¹ Коническая поверхность, образуемая вращением прямой (образующей) вокруг пересекающей её с ней осью, состоит из двух частей или пол, смыкающихся в точке пересечения образующей и оси конуса – вершине конуса.

Рис. 1. Геометрическая модель суточного конуса солнечных лучей:

A – инсолируемая точка; Φ – суточный конус солнечных лучей (СКСЛ); α – угол между образующей конуса и его осью; P – горизонтальная плоскость (поверхность земли в инсолируемой точке); δ – географическая широта местности; i – ось вращения земли; S, N – направления на юг и север; $S_{\text{восх.}}$ – направление на восход солнца; $S_{\text{зах.}}$ – направление на заход солнца

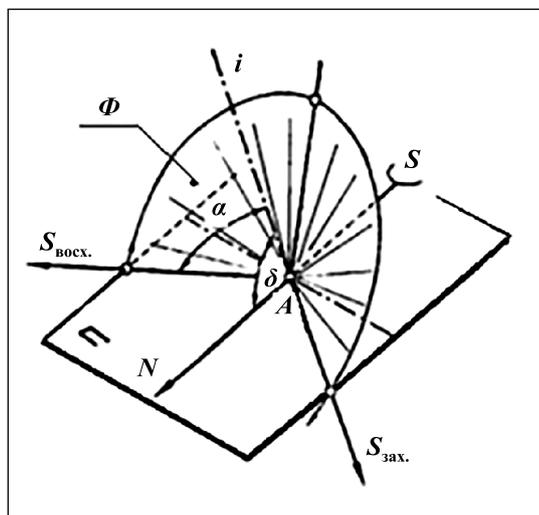
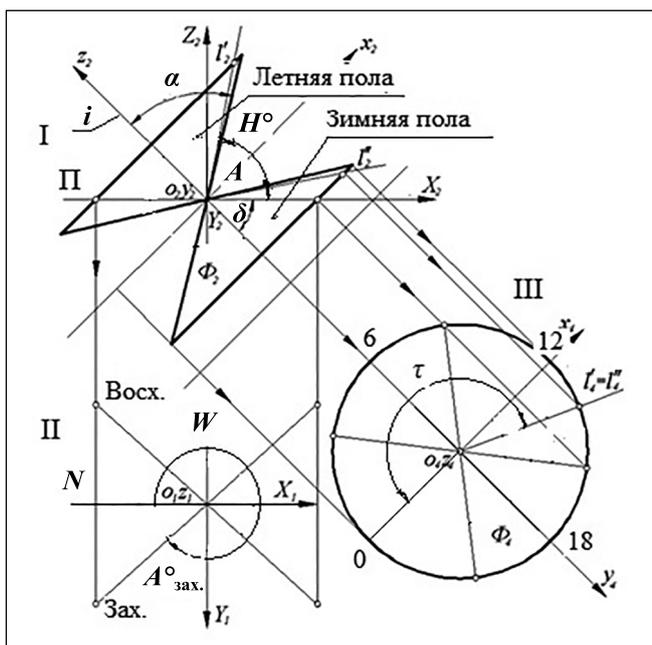


Рис. 2. Прямоугольные проекции суточного конуса солнечных лучей:
 H° – угловая высота солнца; Π – горизонтальная плоскость; $A^\circ_{\text{зах}}$ – азимут захода солнца; τ – часовой угол; l^i – образующая конуса. Остальные буквенные обозначения – в соответствии с рис. 1



$$\alpha = \arccos \begin{bmatrix} \cos 66,55^\circ \cdot \\ \cdot \cos \left(\frac{360^\circ}{365} \cdot N \right) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $66,55^\circ$ – наклон оси вращения Земли к плоскости её орбиты; 360° – угол, который за год описывает Земля, двигаясь вокруг Солнца; 365 – количество дней в году; N – число суток, отсчитываемых от 22 июня до заданного дня года.

Требуемая геометрия СЗУ может определяться графически, аналитически или с помощью графических программ (например, «INTEAR» (Киев), «Солярис» (Екатеринбург), «Lara» (Нижний Новгород), а также с использованием «AutoCAD», «ArchiCAD», «3ds Max» и др.). Традиционные решения, использовавшиеся до сих пор в течение многих поколений, были графическими и достаточно трудоёмкими.

Основные методы определения оптимальной формы стационарных СЗУ

Все методы формообразования СЗУ базируются на СКСЛ. При этом основные методы следующие: 1) с помощью солнечных карт [2, 6, 8]; 2) с помощью горизонтальных и вертикальных теневых углов [1]; 3) на основе СКСЛ [3].

С помощью солнечных карт

Солнечная карта представляет собой графический инструмент для инсоляционных расчётов и проектирования СЗУ. Она получается проецированием на горизонтальную плоскость видимой небесной полусферы. На ней отражены солнечные траектории, часовые линии и координатная сетка, состоящая из азимутальных линий и альмукантарат (концентрические круги, с помощью которых определяют высоту солнца). В зависимости от вида проецирования солнечная карта может быть ортогональной, стереографической и др. Солнечные карты строятся для конкретной географической широты. Стереографическая проекция (рис. 3) наиболее удобна при ручном построении и с использованием вышеуказанных компьютерных программ. На стереографической солнечной карте изображены: ради-

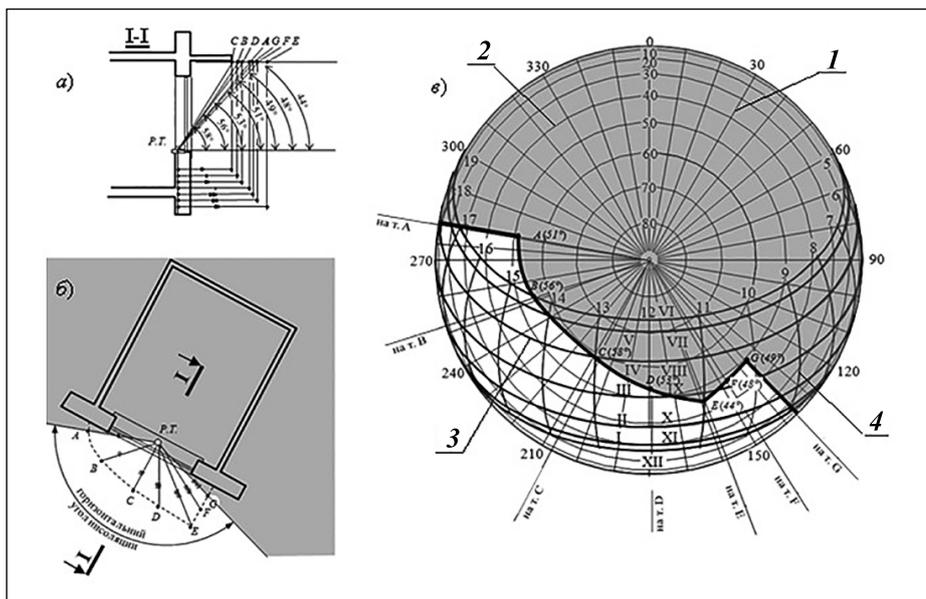


Рис. 3. Определение теневой маски СЗУ с помощью солнечной карты:
 а – определение вертикальных углов инсоляции; б – определение горизонтального угла инсоляции и направлений для построения теневой маски СЗУ; в – теневая маска

СКСЛ – летняя и зимняя; высота H° на рис. 2 соответствует времени 12:00; плоскость Π рассекает полам конуса по двум образующим, которые на горизонтальной проекции Π указывают направления на восход и заход солнца; на дополнительной проекции Π в направлении оси конуса изображена часовая диаграмма; для любого положения солнца может быть найдена соответствующая образующая конуса, например l^i и определено время суток τ .

С помощью СКСЛ можно: 1) определить направление и время восхода и захода солнца в любой день года; 2)

определить азимут и высоту солнца в любой момент времени; 3) построить солнечные часы и любой из известных графических инструментов для решения инсоляционных задач.

Для заданной географической широты d СКСЛ для произвольных суток определяется следующим образом:

- в вертикальной плоскости, параллельной направлению север-юг определяется наклон оси конуса по отношению к оси X – ось наклонена под углом d в северном полушарии вниз, а в южном полушарии – вверх;
- определяется угол a между образующей конуса и его осью:

альные линии, с помощью которых определяют азимут солнца, *I*; концентрические круги – альмукантары, с помощью которых определяют высоту Солнца, *2*; дуги окружностей, которые являются стереографической проекцией пересечения небесной полусферы и суточных конусов для 22 числа каждого месяца, *3*; дуги окружностей, которые являются солнечными часовыми линиями, *4*.

Чтобы построить теневую маску козырька на солнечной карте с последующим определением продолжительности инсоляции, необходимо знать угловую высоту лучей, проходящих через точки козырька и расчётную точку (*P.T.*). В качестве *P.T.* принимается точка пересечения срединной поверхности и луча, который касается СЗУ и нижнего внутреннего контура светопрёма в вертикальной секущей плоскости, перпендикулярной срединной поверхности светопрёма.

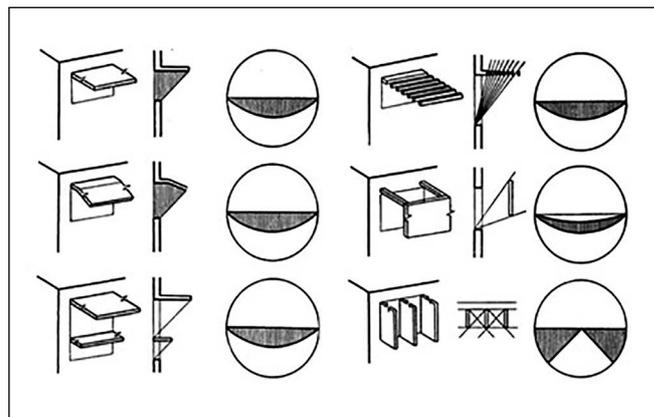
Для этого проводится вертикальная секущая плоскость *I-I* через точку на козырьке, например через точку *C* (рис. 3, б). На разрезе окна (рис. 3, а) определяется угловая высота луча, проходящего через точку *C* и расчётную точку *P.T.* С помощью альмукантарат на направлении *C* находится точка на солнечной карте (рис. 3, в), соответствующая точке *C* на козырьке. Аналогичным способом строятся и другие точки теневой маски на солнечной карте, соответствующие выбранным точкам на козырьке.

Важно заметить, что решение обратной задачи позволяет спроектировать форму СЗУ по теневой маске, закрывающей нежелательную с точки зрения перегрева помещения зону на солнечной карте.

Солнечные карты целесообразно использовать при расчёте продолжительности инсоляции помещения при наличии СЗУ.

Некоторые СЗУ, состоящие из плоских элементов (как бы отсеков плоскостей), и их теневые маски представлены на рис. 4 [1]. Рядом с аксонометрией и разрезом конструкции СЗУ показана его теневая маска, которая может быть использована при расчёте продолжительности инсоляции наложением её на солнечную карту. Центр теневой маски необходимо совмещать с центром солнечной карты и ориентировать её в соответствии с ориентацией окна.

Рис. 4. Некоторые типы солнцезащитных устройств и их теневые маски



С помощью горизонтальных и вертикальных теневых углов

В работе [1] предложен способ формообразования СЗУ с помощью горизонтальных и вертикальных теневых углов. При проектировании затеняющих систем оптимальной формы использование высоты и азимута солнца не совсем удобно [1]. Удобнее использовать углы положения Солнца, измеренные от перпендикуляра к фасаду в горизонтальной и вертикальной плоскостях, называемые горизонтальными и вертикальными теневыми углами.

Горизонтальный теневой угол *HSA* определяется как угол между солнечным азимутом A° и азимутом фасада A_Φ° (рис. 5 и 6).

$$HSA = A^\circ - A_\Phi^\circ$$

Вертикальный теневой угол *VSA* является углом между перпендикуляром *OP* к стене и проекцией *BP* её тени в вертикальной плоскости, в которой находится перпендикуляр *OP*.

Используя элементарные тригонометрические соотношения, получим:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} VSA &= OB / OP = PC / BC = \\ &= (PC / AC)(AC / BC) = \operatorname{tg} H^\circ \sec HSA. \end{aligned}$$

На рис. 7 изображены прямоугольные проекции СЗУ, которое состоит из вертикального цилиндра с произвольной горизонтальной проекцией, обозначенной как *FKRKBA*. Этот пример рассмотрен в книге [1] для 32° ю.ш. Горизонтальные и вертикальные теневые углы определены по СКСЛ

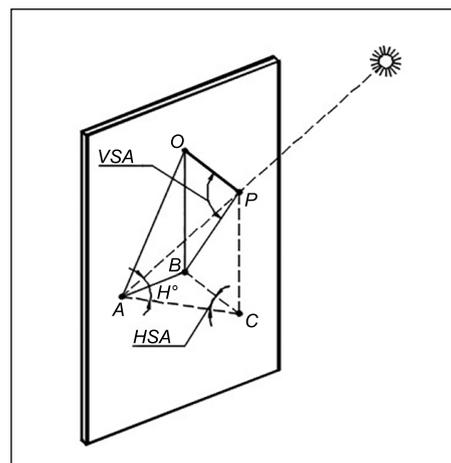


Рис. 5. Теневые углы: *OP* – перпендикуляр к стене; *HSA* – горизонтальный теневой угол; *VSA* – вертикальный теневой угол; H° – угловая высота солнечного луча

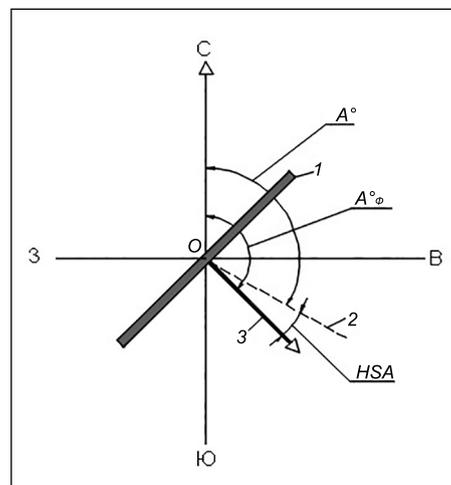


Рис. 6. Азимутальные углы: 1 – стена; 2 – луч солнца; 3 – перпендикуляр к стене; A° – солнечный азимут; A_Φ° – азимут фасада

ракетные точки, учитываемые при проектировании.

Для формообразования контура СЗУ необходимо удалить лишнюю часть на цилиндре, чтобы зимнее сол-

Горизонтальные и вертикальные теневые углы

Солнечное время		10:00			16:30
Теневые углы, °	<i>HSA</i>	22	40	52	61
	<i>VSA</i>	33	31	23	10
Кривые и точки		Кривая <i>RZF</i>	К	Л	Кривая <i>BD</i> и прямая <i>DA'</i>

Рис. 7. Прямоугольные проекции СЗУ: *QZKLBDA* – контур СЗУ; 33° – вертикальный теневой угол; 22° – горизонтальный теневой угол

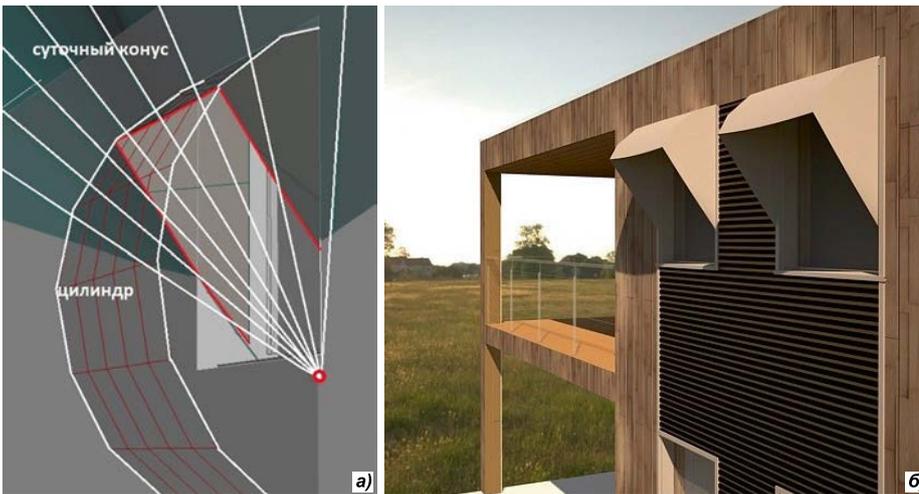
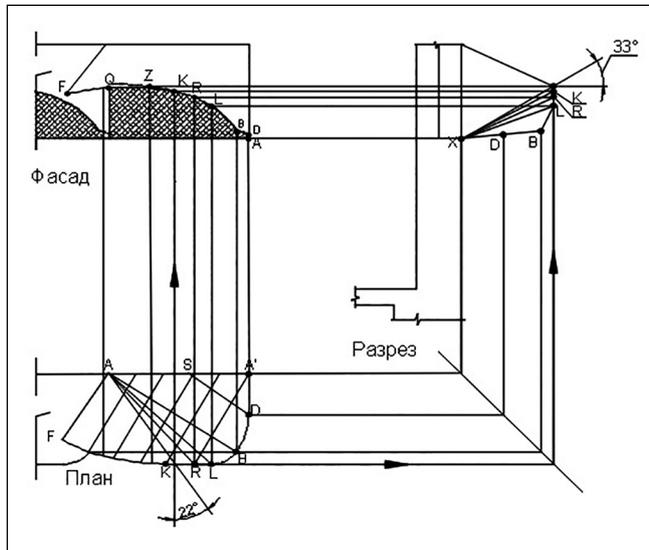


Рис. 8. Формообразование СЗУ с помощью суточного конуса солнечных лучей

нце поступало в помещение. Линия выреза определяется с помощью горизонтальных и вертикальных теневых углов из таблицы, соответствующих выбранному периоду с 26 мая по 19 июля (рис. 7). С помощью этих углов на прямоугольных проекциях строятся лучи. Точки пересечения этих лучей с цилиндрической поверхностью СЗУ принадлежат линии выреза.

Необходимое условие применения этого способа – хорошее знание на-

чертательной геометрии. Его недостатки – громоздкость построений и сложность компьютеризации расчётов.

На основе суточного конуса солнечных лучей

Этот метод – графо-аналитический, и потому легко реализуется на компьютере [3], например в программе «3ds Max». В настоящее время в Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского и НИИСФ

РААСН разрабатывается специализированная программа для моделирования формы СЗУ на основе СКСЛ.

Параметры формы и положения СЗУ определяются по следующему алгоритму:

1. Выбирается пространственная форма СЗУ в зависимости от пластики фасада. Например, цилиндрическая (рис. 8).

2. Определяется период перегрева здания для соответствующих климатических условий (например, среднесуточная температура наружного воздуха выше 21 °С, избыточное количество солнечной радиации). Если период затенения окна на южном фасаде в Симферополе выбран с 22 апреля по 22 августа (период, симметричный относительно 22 июня), то СКСЛ для граничных дней этого периода рассчитывается следующим образом:

- количество суток от 22 июня до 22 августа: 62;
- угол α определяется по формуле (1): 78°54'.

3. Размеры и контуры СЗУ определяются для заданного периода затенения. Для этого ищется линия пересечения поверхности СЗУ с СКСЛ для граничных дней периода затенения в программе «3ds Max». На рис. 8 изображено СЗУ цилиндрической формы, имеющее горизонтальную ось вращения.

Этим способом целесообразно проектировать стационарные СЗУ в виде кожухов (имеющих трёхмерную форму). Его недостатком является симметричность поверхности СЗУ, что не в полной мере учитывает перегрев во второй половине дня.

Выводы

1. В статье приведены основные модели процесса инсоляции зданий. В основе этих моделей лежит солнечная геометрия, описываемая суточным конусом солнечных лучей, без знания которой невозможно профессиональное проектирование энергоэффективных зданий и городов.

2. Все предложенные модели реализуются в программах «AutoCAD», «ArchiCAD», «3ds Max» и ряде других графических программ. Существующие программы «INTEAR» и «Солярис» позволяют рассчитывать продолжительность инсоляции только в первый и последний дни инсоляционного периода и не предназначены

для проектирования СЗУ. Для проектирования СЗУ на основе СКСЛ в настоящее время разрабатываются специализированные программы.

3. Для оптимального формообразования стационарных СЗУ, представляющих некие пространственные формы (цилиндрические, конические, параллелепипедные и др.) целесообразно прибегать к методу на основе использовании СКСЛ, наиболее легко реализуемому на компьютере.

4. Для инсоляционных расчётов и проектирования СЗУ, состоящих из элементов в форме отсеков плоскостей или ламелей, предпочтения заслуживает метод на основе использования солнечных карт, из-за его высокой информативности и универсальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Harkness E.L., Mehta M.L.* Solar Radiation Control in Buildings. — London: Applied Science Publishers Ltd, 1978. — 170 p.

2. *Подгорный А.Л., Щепетова И.М., Сергейчук О.В., Зайцев О.М., Процюк В.П.* Світлопрозорі огороження будинків / Под ред. А.Л. Подгорного. — К.: Домашевська О.А., 2005. — 281 с.

3. *Дворецкий А.Т., Авдоньев Е.Я., Моргунова М.А.* Формообразование стационарных солнцезащитных устройств с использованием суточного конуса солнечных лучей // Строительство и реконструкция. — 2015. — № 5 (61). — С. 70–76.

4. *Римшин В.И., Сёмин С.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л.* Практика нормирования солнцезащитных устройств // Светотехника. — 2014. — № 6. — С. 27–31.

5. СанПиН 2.1.2.2645–10 (с изменениями на 27.12.2010).

6. *Kittler R., Mikler J.* Zaklady vyuzivania slnecneho ziarenia. — Bratislava: VEDA, 1986. — 152 p.

7. *Штейнберг А.Я.* Солнцезащита зданий / Под ред. А.Л. Подгорного. — К.: Будівельник, 1986. — 104 с.

8. *Сергейчук О.В., Буравченко В.С., Андропова О.В. и др.* Особенности методики расчёта солнечных поступлений в национальном приложении к ДСТУ Б EN ISO 13790 // Энергоэффективность в будівництві та архітектурі: наук. — техн. збірник. — К.: КНУБА, 2014. — Вип. 6. — С. 267–272.



Дворецкий Александр Тимофеевич, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1971 г. Донецкий политехнический институт. Зав. кафедрой «Геометрическое и компьютерное

моделирование энергоэффективных зданий» Академии строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Советник РААСН



Моргунова Мария Александровна, архитектор. Окончила Академию строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Аспирант кафедры «Геометрическое и компьютерное моделирование энергоэффективных зданий» Академии строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского



Сергейчук Олег Васильевич, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1975 г. Киевский национальный университет строительства и архитектуры. Профессор архи-

тектурного факультета Киевского национального университета строительства и архитектуры



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

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

Архитектурно-художественное освещение порталных кранов Мурманского морского торгового порта

Светотехническая компания «МТ Электро» (Мурманск) впервые реализовала проект архитектурно-художественного освещения кранов Мурманского морского торгового порта, которые давно стали одним из символов



столицы Кольского Заполярья, своеобразной визитной карточкой портового города. «МТ Электро» оказалась единственной компанией, соответствующей жёстким требованиям клиента по уровню профессиональной компетентности и имеющемуся опыту реализации аналогичных проектов. На трёх новых кранах «Витязь», высотой около 50 м, установлена современная осветительная система, создающая оригинальное светодинамичное освещение. Благодаря ансамблю световых арт-объектов в горизонте порта появилась динамичная световая композиция, преобразившая панораму ночного города. Радиоуправляемая система управления освещением позволяет создавать неограниченное число светоцветовых сценариев для конкретных мероприятий и праздников. Детальное проектирование позволило применить оптимальное количество ОП для должного светораспределения. При выборе светотехнического оборудования (производитель — компания *IntiLed*) учитывалась специфика климата региона и местоположение ОП. Вся система архитектурного освещения адаптирована и устойчива к воздействию динамических и вибрационных нагрузок, корпуса ОП изготовлены из антикоррозийных материалов. Особое внимание уделено местам расположения ОП, оптике и углам нацеливания для предотвращения чрезмерного рассеивания света и светового загрязнения и обеспечения безопасного выполнения основной производственной функции кранов. Разработана особая конструкция крепежа ОП, которая исключает сверление и сварку крановых металлоконструкций. Реализация проекта была выполнена собственными силами компании в ограниченные сроки. Презентация проекта состоялась в дни юбилейных торжеств в честь 100-летия Мурманска, и теперь краны продолжают озарять яркими красками акваторию Кольского залива в период долгой полярной ночи.

www.svetozone.ru
14.11.2016

Солнечный свет как организующий фактор формирования динамической архитектуры

Н.А. САПРЫКИНА

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва
E-mail: nas@markhi.ru

Аннотация

Рассмотрены примеры использования солнечного (естественного) света как фактора формирования динамической (кинетической) архитектуры, свидетельствующие о широте приёмов его использования и соответствующих технологий. Отмечено, что кинетическая направленность проявляется во многих проектных предложениях в связи с использованием естественного освещения, как при вращении зданий, так и при видоизменении формы самих архитектурных объектов или их фасадных конструкций в процессе изменения режима потребления естественного света. Установлено, что появление в последнее время новых оригинальных решений с использованием кинетических приёмов, основанных на эффектах, связанных с естественным освещением, свидетельствует о переосмыслении подходов к формированию фасадов зданий. Раскрывается актуальность использования современных цифровых технологий и инноваций будущего при сборе и регулировании количества естественного света (в частности, применения сложной интегрированной экологической системы втоматизированного контроля и самоуправления), что служит повышению комфорта, экономии затрат и энергоресурсов.

Ключевые слова: солнечный свет в архитектуре, динамическая архитектура, следящее за Солнцем здание, кинетические конструктивные системы, «солнечные» цифровые технологии.

Солнечный (естественный) свет — один из инструментов, формирующих пространственную организацию архитектурных объектов, относительные размеры и пространственные измерения которых можно определять только при наличии освещения. Свет в архитектуре, помимо своей осветительной функции, — вечный материал, который всегда современен. В проект-

ной практике и теоретических разработках началось использование цифровых светотехнологий в качестве выразительных средств архитектуры крупных мегаполисов¹. В последнее время проектировщики, углубляясь в компьютерное моделирование архитектурного освещения, совершенно не принимают во внимание и не учитывают роль естественного света, как важной составляющей создания формы и облика здания.

В контексте появления новых тенденций в формировании пространства обитания, а также для понимания путей развития нынешней и будущей архитектуры приобретает значение роль солнечного света как организующего фактора формирования архитектурных объектов при совершенно новом подходе. Это связано с тем, что критерием качества здания всегда считалась его устойчивость к воздействию вре-

мени и окружающей среды, т.е. долговечность. Но это качество может реализовываться не за счёт стабильности, а благодаря изменчивости как главного принципа построения архитектурного объекта. В связи с этим одним из основных направлений в практике проектирования является разработка гибких трансформируемых изменяемых объёмно-планировочных и кинетических конструктивных систем [1]. В этом процессе большая роль отводится сбору и регулированию количества естественного света для создания комфортной среды обитания.

Современные технологии позволяют создавать архитектурные объекты, которые включают в себя подвижные фасадные системы для автоматического регулирования освещения, температуры, влажности и других компонентов создания комфортного климата внутреннего пространства. Стремительно развивающиеся технологии позволяют продвигаться дальше и создавать здания не просто функциональными, но и саморегулируемыми, динамически изменяемыми и являющимися аналогами природного мира, например, как подсолнух, поворачивающийся за Солнцем. При их создании преобладает функционально-технологический подход.

¹ Таких как медиафасады со встроенными в архитектурный облик здания экранами огромных размеров, 3D- видео-мэппинг-технология, позволяющая проецировать статичные и динамичные видеоизображения на разные поверхности, в том числе на фасады зданий, и даже голография, которая позволяет получать объёмные изображения предметов. Среди методов архитектурного освещения применяются общее заливающее, контурное и локальное освещение, световые фасады и фоновая заливка.



Рис. 1. Вилла «Джирасоле»: а — фасад; б — общий вид; в — план и разрез; г — фрагмент фасада. URL: <http://mixstuff.ru/archives/43807>

Иллюстрация этой идеи – первый образец динамической (кинетической) архитектуры – вилла «Джирасоле» (*Girasole* – итал. «Подсолнух»). Это здание спроектировано и построено архитектором Анджело Инверници между 1929 и 1935 годами недалеко от Вероны (Италия). Двухэтажное здание стоит на круглом основании диаметром 44 м, снабжённом двумя дизельными двигателями, позволяющими вилле следовать по ходу движения Солнца с максимальной скоростью 4 мм/с (рис. 1). «Джирасоле» – это огромный механизм, который вращается вокруг центрального пилона и оборудован жалюзи с электронным управлением [2].

Концепция здания, следящего за Солнцем, находит своё воплощение во многих проектных предложениях, патентных разработках и построенных объектах, которые стали самыми первыми в истории зданиями, вырабатывающими энергии больше, чем они потребляют. Так, например, поворачивающийся дом архитектора Ричарда Т. Фостера в Коннектикуте (США), спроектированный при содействии Филипа Джонсона в 1967 году, очертаниями больше напоминает летающую тарелку, чем жилой дом (высота здания – 3,65 м, а диаметр – почти 22 м)².

Значительно позже построенный защитником экологии архитектором Рольфом Дишем в Фрайбург-в-Брайсгау, Германия (1994), гелиотропный поворачивающийся дом, работающий на солнечной энергии, зимой обращается фасадом к Солнцу, обогревая весь дом, а летом, наоборот, отворачивается от него, обеспечивая хорошую теплоизоляцию (рис. 2). Конструкция экологически чистого здания оснащена солнечно-тепловыми балконными перилами, геотермальным теплообменником, двухосевыми солнечными фотоэлектрическими панелями и ТЭС (комбинированное производство электрической и тепловой энергии) [3].

Первый в мире 50-метровый поворачивающийся жилой дом «Люкс Воллара» («*Suite Vollard*») спроектирован архитектором Бруно де Франко между 1995 и 2001 годами и сдан под ключ в середине декабря 2004 года,



Рис. 2. Гелиотропный поворачивающийся дом: а – общий вид ночью с южной стороны зимой; б – общий вид днём с северной стороны летом. URL: <http://mixstuff.ru/archives/43807>



Рис. 3. Поворачивающийся жилой дом «Люкс Воллара»: а – общие виды; б – план этажа. URL: <http://geographyofrussia.com/krutuyashhiesyavkvartiry-v-bashne-suite-vollard/>

в городке Куритиба, Бразилия, (рис. 3). Поворачивающийся дом возведён из виниловых и металлических конструкций на металлической подвижной основе, установленной на опорах. Центральная часть статична, в ней расположены кухня, прачечная и санузел, пункт управления с дистанционным пультом, регулирующим направление и скорость вращения, а также свет и систему кондиционирования с помощью голосовых команд. Водопроводные трубы и электрические провода установлены с возможностью менять длину в зависимости от угла поворота (автоматически удлиняются или укорачиваются подобно пожарному шлангу, намотанному на вал). Каждая отдельная квартира,

оснащённая большими окнами из нескольких стёкол разного оттенка, вращается индивидуально, делая полный оборот в течение часа. Солнечный свет, проникая через 3-миллиметровые стекла, окрашивает каждый сектор соответствующим цветом, создавая определённый облик [4].

В практике проектирования и строительства существует много примеров следящих (поворачивающихся) за Солнцем жилых домов различной этажности и размеров в разных странах, как, например:

- поворачивающийся двухэтажный дом «Вокруг света», в Грин Гейблс на острове Принца Эдуарда (Канада), площадью 464 м² (рис. 4, а);
- уникальный поворачивающийся дом, принадлежащий Алу и Джанет Джонстон, в Ла Месе (Калифорния, США), площадью 492 м² (рис. 4, б);

² Дом полностью отремонтирован в 2005 году. URL: http://architectuul.com/architecture/view_image/the-round-house/4845.



Рис. 4. Примеры домов, следящих (поворачивающихся) за Солнцем: а – двухэтажный дом «Вокруг света»; б – дом в Ла Месе (Калифорния, США); в – поворачивающийся дом «Эверингем»; г – купольный экодом («Dome House»)

- поворачивающийся дом «Эверингем» («*Everingham*»), построенный в 2006 году Люком Эверингемом для своей семьи (Новый Южный Уэльс, Австралия) из стекла и стали. Здание представляет в плане восьмиугольник с диаметром описанной окружности 24 м и имеет электродвигатель, благодаря которому может совершать полный поворот вокруг своей оси за 30–120 мин (рис. 4, в) [4];

- поворачивающийся купольный экодом («*Dome House*») с автономным экологически безопасным электропитанием, выполненный компанией *Domespace Homes* из природных материалов. Он стоит на механической платформе, которая может поворачиваться на 360°. Сводчатая конструкция и продуманный Патриком Марсилли (*Patrick Marsilli*) интерьер обеспечивают максимальное исполь-

зование естественного света (рис. 4, г) [5].

Значимость солнечного (естественного) света как фактора формирования динамической архитектуры проявляется не только при поворачивании зданий, но и – в изменении формы самих архитектурных объектов или их фасадных конструкций в процессе изменения режима его потребления:

- Одна из самых интересных концепций строительства кинетических зданий, бросивших вызов статике созданием изменяемой формы в целях удовлетворения требований пользователей – проект «*Kinetower*» (архитекторы *Barbara van Biervliet* и *Xaveer Claerhout*). Наружные элементы окон этого объекта реагируют на интенсивность солнечного света или на сигналы управления пользователя так

же, как цветы на восход солнца – распускаясь, придавая фасаду здания мягкие линии и совершенно другой внешний вид [6]. Данное превращение стало возможным благодаря использованию материала жёсткого в обычном состоянии, но способного сгибаться под действием высокой температуры (рис. 5).

- Другим примером служит голландский проект «Экологически рациональное жильё – 2020» («*Sustainable Habitat 2020*»): здание, обтянутое бионической «кожей» и снабжённое цветками-концентраторами, поворачивающимися за Солнцем и собирающими дождевую воду для технических нужд. Здание уникально своим специальным материалом, напоминающим биокожу или мембрану клетки (рис. 6). Стены здания покрыты отверстиями со встроенными солнечными батареями, которые при солнечной погоде, словно бутоны, раскрываются, и через них в помещения поступают естественный свет и воздух, а при пасмурной погоде закрываются [7]. Окон на фасадах здания нет, однако при желании одним нажатием кнопки окно любой формы можно сконструировать самостоятельно, поскольку стенные блоки покрыты прозрачным светопоглощающим слоем, управляемым электроникой. Источником водоснабжения дома служит дождевая вода, которая попадает в мембраны, а затем проходит через фильтры очистки. В стены здания предполагается встроить небольшие реакторы, вырабатывающие биогаз из органических отходов.

- Не менее эксцентричен проект «Живые окна» («*Animated Apertures*») в Лиме (Перу). В доме окно – это не плоская застеклённая поверхность,



Рис. 5 – Проект «*Kinetower*»: а – общий вид в стационарном и трансформируемом состоянии; б – фрагмент фасада в процессе реакции оконных конструкций на интенсивность солнечного света. URL: <http://www.chaoslend.ru/node/1651>

а трёхмерный объект, который инсталлирован в массу здания и по аналогии с диафрагмами объектива имеет конструктивные элементы, регулирующие количество проходящего через него света. Оконные отверстия обладают направленной геометрией и связаны с определёнными точками в городском контексте (землёй, небом, горизонтом, достопримечательностями), а также служат переходным пространственным элементом между интерьером и фасадом (рис. 7). По мнению авторов, они обладают потенциалом, способным кардинально изменить пространственное восприятие каждого жилого помещения, а также внешний вид всего здания в сравнении с окружающей застройкой [8]. Проект «Живые окна» родился как исследовательский дизайн-проект, целью которого было переосмыслить «ДНК» окон с точки зрения их функционального назначения, конструктивных элементов, внешнего вида и применения этих знаний к типологии многоэтажного жилья, расширив границы архитектуры и городского дизайна.

• Известным примером динамического изменения формы архитектурных объектов в связи с использованием солнечного света также является павильон Квадрачи Музея искусств Милуоки (США), «добавленный» в 2001 году Сантьяго Калатравой (*Santiago Calatrava*), в работах которого нельзя не заметить его особого отношения к свету³. Павильон выполнен со своеобразной подвижной конструкцией-крыльями на крыше, названной «Солнечный бриз», которая раскрывается в солнечную погоду и складывается в пасмурную, или просто ночью (размах крыльев – 66 м)⁴.

В архитектурной практике также появляется много новых решений, способствующих обновлению подходов к формированию фасадов зданий с использованием кинетических приёмов, основанных на эффектах, связанных с естественным освещением:

• Так, ещё в начале 80-х Жан Нувель (*Jean Nouvel*) в сотрудничестве с компанией *Architecture-Studio* выиграл конкурс на проект здания



Рис. 6. «Экологически рациональное жильё – 2020».
URL: <http://realty.newsru.com/article/11sep2008/bioskin>



Рис. 7. Проект «Живые окна»: а – общий вид; б – разрез.
URL: <http://green-buildings.ru/ru/dom-s-resnichkami>

Института арабского мира (Париж, Франция), которое после окончания строительства в 1987 году стало популярным местом, как у местных жителей, так и у туристов. Это связано с тем, что южная стена здания закрыта множеством своеобразных титановых диафрагм (240 алюминиевых

квадратных панелей, выполненных в арабском стиле), которые в зависимости от интенсивности солнечного света сужаются или расширяются, тем самым регулируя уровень освещения помещений⁵. В них встроены фотэлементы, измеряющие уровень естественного освещения в помещени-

³ С. Калатрава как-то сказал: «Свет – это комфорт в самом широком смысле этого слова, и вместе с пространством свет – это ключ к будущему архитектуры». URL: <http://www.procbet.ru/article.asp-articleid=55.htm>.

⁴ URL: <http://www.liveinternet.ru/users/4099413/post185810584/>.

⁵ URL: <http://www.arhinovosti.ru/2011/10/22/institut-arabskogo-mira-ot-zhana-nuvelya-jean-nouvel-parizh-franciya/>.

Рис. 8 – Кинетический фасад «Вертикальное озеро»:
 а – общий вид; б – фрагмент фасада.
 URL: <http://www.lookatme.ru/flow/posts/architecture-radar/110075-kineticheskii-fasad>

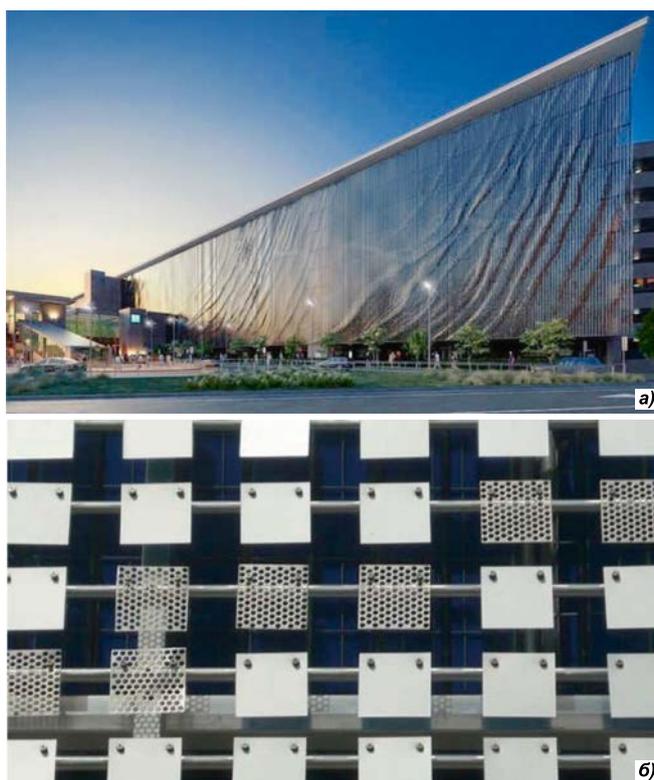


Рис. 9. Треугольный в плане кампус Университета Южной Дании.
 URL: http://stroyka.uz/publish/doc/text116422_kineticheskaya_arhitektura_fasad;
<http://stofasadov.ru/novosti/universitet-v-danii.html>



ях и участвующие в поддержании его постоянства⁶.

• В кинетическом фасаде в Брисбене (Австралия) все эффекты достигаются с помощью ветра и солнца (рис. 8). Идея выдвинута и воплощается Международной дизайн-студией *Urban Art Projects (UAP)* совместно с художником Нед Каном (*Ned Kahn*) и проектной группой *Brisbane Airport Corporation (BAC)*. Концепт получил название «Вертикальное озеро»

⁶ Подробнее: URL: <http://www.nice-places.com/articles/europe/paris/121.htm>.

(«*Vertical Lake*») и представляет собой ежесекундно меняющий рельеф вертикальный массив, состоящий из 250 тысяч алюминиевых панелей, общей площадью 5000 м², закрывающих здание автостоянки высотой в восемь этажей. Целью авторов кинетического фасада было решение нескольких задач: во-первых, чтобы потоки воздуха меняли угол наклона каждого элемента при малейшем дуновении ветра, вызывая ощущение водной глади; во-вторых, чтобы внутри автостоянки, когда солнечный свет проходит через алюминиевые панели, интерьер

ер наполнялся игрой света и тени; в третьих, чтобы такое решение фасада обеспечивало вентиляцию, проветривание и удаление излишней инсоляции автостоянки [9].

• Другим примером, использующим современные прогрессивные технологии и инновации будущего – сложную интегрированную экологическую систему автоматизированного контроля и самоуправления, служащую повышению комфорта, экономии затрат и энергоресурсов – является кампус Университета Южной Дании (Кольдинг, Дания), с «умным» фасадом. Особенностью здания, спроектированного архитектурным бюро *Henning Larsen Architects*, стала необычная треугольная форма плана и элементов подвижного кинетического фасада, реагирующего на изменения температуры и солнечного освещения (рис. 9). На фасаде здания установлено более 1500 треугольных элементов – мобильных солнцезащитных панелей. Вмонтированные в них сенсорные датчики отслеживают уровни температуры и естественного освещения. Сенсорные приборы соединены с системой мобильных панелей, которые меняют положение, полностью закрывая, открывая или приоткрывая окна, что позволяет избежать перегрева внутри здания [10].

• Использование цифровых технологий позволила Кристоферу Баудеру и Кристиану Перстилу создать фасад-мембрану «*FLARE*», реализованный и представленный берлинской компанией *WHITEvoid interactive art & design* в 2008 году на выставке искусства и технологий «*NEXT*» в Орхусе (Дания), который являет собой пневматическую фасадную систему, управляемую с помощью компьютера (рис. 10). Сама система состоит из поворотных металлических элементов, образующих при разном наклоне игру объёмов на плоскости фасада (поверхности модуля гладкие и блестящие, что позволяет «отражать в них окружающую среду»). При солнечной погоде, компьютерная система запускает пневматические элементы, и фасад становится «тёмным», не пропускающим лишних солнечных лучей. Сенсоры внутри и снаружи здания фиксируют изменения погоды и освещённости, при этом образ фасада меняется вместе с ними [11].

• Сегодня реализован целый ряд динамически изменяемых адаптив-

ных архитектурных объектов. Кинематические фасады становятся одним из самых популярных направлений в современных архитектурных разработках. Австрийская архитектурная студия *Ernst Giselbrecht + Partner* разработала и осуществила инновационный проект здания офиса для отечественной компании *Kiefer Technic Architecture Showroom* (Штирия, Австрия) (рис 11). В офисное пространство входят и выставочные площади. Электроприводные фасадные панели находятся в постоянном движении и подстраиваются под нужды деятельности офиса, регулируя солнечное освещение помещений. Архитектура оживает, превращаясь в динамичный скульптурный объект [12].

Рассматривая кинематические приёмы использования естественного света при формировании объектов динамической архитектуры, необходимо отметить, что естественный свет как главный компонент существования человека и необычайно мощный инструмент архитектора привлекает исследователей и проектировщиков также в статических решениях — от «ловушек» естественного света для изменения восприятия пространства в течение суток и по мере смены сезонов [13] до создания искусственного солнечного света для имитации реалистичного естественного освещения в закрытых пространствах — безоконных помещениях, музеях, на станциях метро⁷ — или «управления» естественным светом. Разрабатывая проекты с участием естественного света, специалисты используют самые передовые технологии — фотометрическое моделирование и имитацию солнечного излучения.

• Одним из примеров использования моделирования в «управлении» естественным светом может служить система естественного освещения для Музея искусств «Хай» (*High Museum of Art*), Атланта (США), построенного по проекту архитектора Ренцо Пьяно (*Renzo Piano*)⁸. Перекрытия выставочных залов снабжены так называемыми «световыми ложечками», а чтобы найти нужную, ковшеобразную форму световых люков, которые «собирают»



Рис. 10. Фасад-мембрана «FLARE»: а – общий вид; б – фрагмент фасада. URL: <http://www.archplatforma.ru/?act=1&catg=48&nwid=100>

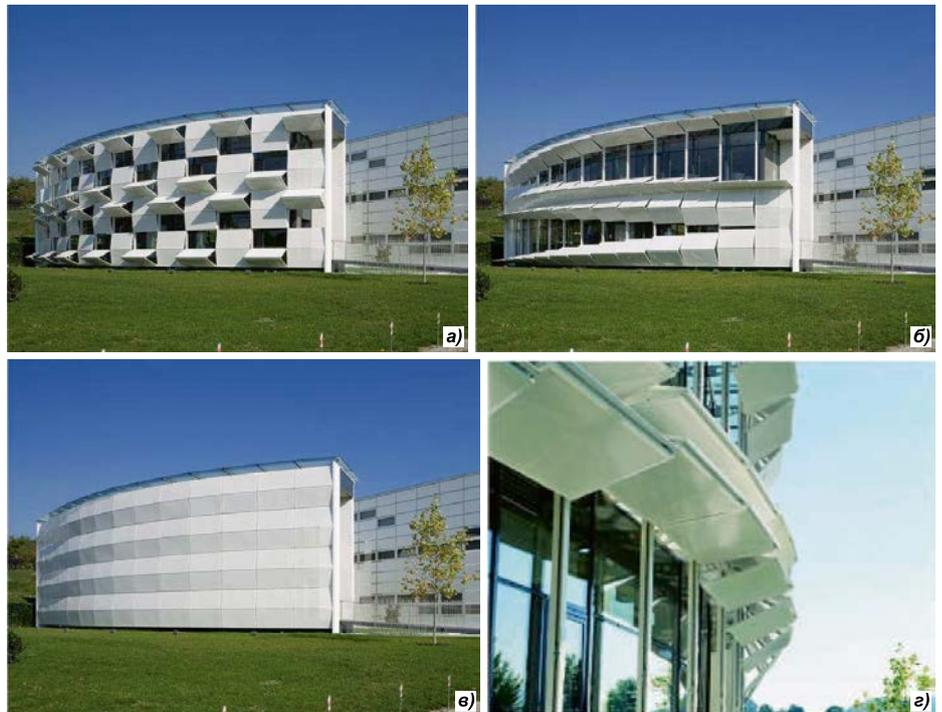


Рис. 11. Офисное здание компании *Kiefer Technic Architecture Showroom*: а, б и в – варианты трансформации фасада; г – фрагмент фасада при трансформации (вариант «б»). URL: <http://ostmetal.info/kineticheskaya-arhitektura-metall-v-dvizhenii-budushhego/>

рассеянный свет на северной стороне здания и блокируют прямые солнечные лучи на южной стороне, группа специалистов провела множество экспериментов. В 2006 году этот проект получил две награды Международной ассоциации светодизайнеров (*IALD*).

• Здесь также можно отметить и проект четвертого терминала главного мадридского аэропорта «Барajas» им. Адольфо Суареса, который был выигран по конкурсу, в 1997 году, британской архитектурной студией Ричарда Роджерса и местным бюро *Estudio Lamela*, а также испан-

ской и британской инжиниринговыми компаниями *Initec* и *TPS*. Наряду с широкими выступами крыши и дополнительными стальными элементами, которые защищают стены от перегрева в жаркие летние месяцы, округлые отверстия в перекрытиях позволяют естественному свету проникать вглубь здания благодаря специальным «каньонам», разрезающим три надземных пассажирских (существуют ещё и три подземных грузовых) уровня терминала. Вместе с тем они никак не влияют на температуру внутри постройки⁹.

Рассмотренные примеры использования солнечного (естественного)

⁷ Дизайнер разработал искусственный солнечный свет «*Coelux*». URL: <http://www.sveto-tehnika.ru/ru/businessnews-3/pages/business/coelux>.

⁸ *Рохир ван дер Хейде*. Непревзойдённый свет. Статические системы дневного света в архитектуре и световом дизайне // *PROCBET*. — 2008. — № 3(4). URL: <http://www.procbet.ru/article.asp-articleid=55.htm>.

⁹ <http://ispaniagid.ru/aeropuerto-de-madrid-barajas-glavnyiy-mezhdunarodnyiy-aeroport-ispanii/>.

света как фактора формирования динамической архитектуры свидетельствуют о широте приёмов его использования и соответствующих технологий. Особенно ярко выраженная кинетическая направленность проявляется во многих проектных предложениях в связи с использованием естественного освещения, как при вращении зданий, так и при видоизменении формы самих архитектурных объектов или их фасадных конструкций в процессе изменения режима потребления естественного света. Кроме того, появление в последнее время новых оригинальных решений с использованием кинетических приёмов, основанных на эффектах, связанных с естественным освещением свидетельствует о переосмыслении подходов к формированию фасадов зданий. Этому способствует использование современных прогрессивных технологий и инноваций будущего, в частности, сложной интегрированной экологической системы автоматизированного контроля и самоуправления, служащей повышению комфорта, экономии затрат и энерго-ресурсов, а также «солнечных» цифровых технологий.

Представленные прецеденты использования естественного света как важного фактора формирования кинетических объектов возникли благодаря активно развивающимся отраслям инженерии, механики, физики, химии и другим областям знаний. В данном случае архитектура стремится совершенствоваться и расширять свою сферу влияния и как целостная наука утрачивает чёткость своих границ, пройдя через разделение задач проектирования на отдельные специальности. Динамическая (кинетическая) архитектура с использованием возможностей естественного света, являясь одним из самых новых и интересных направлений архитектуры будущего, позволяет не просто выполнять свои прямые функциональные задачи, но шагать в ногу с современным человеком и его потребностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко Л.А., Чернец В.С., Лесная О.И., Кононенко А.Ю. Роль освещения в динамической архитектуре современного города // Светотехника та електроенергетика. – 2013. – № 3–4. –

С. 4–10. URL: <http://lepe.kname.edu.ua/index.php/lepe/article/view/260> (дата обращения: 11.09.2016).

2. Малеин М. Архитектура движения / Лекция, ноябрь 2015, в Культурном центре ЗИЛ, Москва. URL: http://www.architime.ru/video/kinetic_architecture.htm (дата обращения: 11.08.2016).

3. URL: <http://idoorway.mirtesen.ru/blog/43166730751/10-domov>, – brosayuschih-vyizov-gravitatsii (дата обращения: 10.07.2016), <http://geographyofrussia.com/krutiyashhiesya-kvartiry-v-bashne-suite-vol-lard/> (дата обращения: 15.07.2016).

4. URL: <http://mixstuff.ru/archives/43807> (дата обращения: 14.07.2016).

5. URL: <http://ecology.md/page/eko-arhitektura-dom-kupol-sledjashhij-za> (дата обращения: 14.09.2016).

6. URL: <http://www.chaoslend.ru/node/1651> (дата обращения: 15.09.2016).

7. URL: <http://realty.newsru.com/article/11sep2008/bioskin> (дата обращения: 15.08.2016).

8. URL: <http://green-buildings.ru/ru/dom-s-resnichkami> (дата обращения: 15.08.2016).

9. URL: <http://www.lookatme.ru/flow/posts/arcitecture-radar/110075-kineticheskij-fasad> (дата обращения: 25.08.2016).

10. URL: http://stroyka.uz/publish/doc/text/116422_kineticheskaya_arhitektura_fasad (дата обращения: 15.08.2016).

11. URL: <http://www.archplatforma.ru/?act=1&catg=48&nwid=100> (дата обращения: 15.08.2016).

12. URL: <http://ostmetal.info/kineticheskaya-arhitektura-metall-v-dvizhenii-budushhego/> (дата обращения: 25.08.2016).

13. Нарбони Р., Николас В. Ловушка света в вестибюле башни «Egho» в квартале Дефанс (Париж) // Светотехника. – 2014. – № 4. – С. 70–72. URL: <http://www.sveto-tehnika.ru/fullarticles/pages/fullarticles/eqho> (дата обращения: 25.09.2016).



Сапрыкина Наталья Алексеевна, доктор архитектуры, профессор. Окончила в 1970 г. МАРХИ. Зав. кафедрой «основы архитектурного проектирования» МАРХИ

(ГА). Заслуженный архитектор РФ. Почётный член РААСН и член Московского союза архитекторов

Модуляционное легирование улучшает лазеры поверхностного излучения с вертикальными объёмными резонаторами на основе GaN

В лазерах поверхностного излучения с вертикальным объёмным резонатором (VCSEL) обычно применяются распределённые брэгговские отражатели, обеспечивающие требуемое отражение резонатора, которое позволяет прибору генерировать когерентное излучение. Эти отражатели представляют собой чередующиеся слои материалов с разными показателями преломления, что обеспечивает очень высокий коэффициент отражения.

Внутрирезонаторные контакты могут способствовать улучшению плохой проводимости VCSEL на основе GaN, однако этот подход приводит к увеличению размеров резонатора и, как следствие, к ухудшению волнового оптического эффекта, усложнению процесса изготовления, большой пороговой плотности тока и низкой эффективности преобразования энергии.

Низкая проводимость структуры распределённых брэгговских отражателей обусловлена поляризационными зарядами между слоями разных материалов (AlInN и GaN). Для преодоления воздействия поляризационных зарядов группа японских исследователей из Университета Мэйджи и Университета Нагойи [Norikatsu Koide et al. Room-temperature continuous-wave operation of GaN-based vertical-cavity surface-emitting lasers with n-type conducting AlInN/GaN distributed Bragg reflectors // Applied Physics Express. – 2016. – Vol. 9. – P. 102101] использовала легированные кремнием нитриды и применила «модуляционное легирование» к слоям структуры. В результате увеличенная концентрация кремниевой легирующей добавки на границе позволяет нейтрализовать влияние поляризации.

Кроме того, японские исследователи разработали способ ускорения выращивания AlInN до более чем 0,5 мкм/ч. В итоге был получен VCSEL на основе GaN с AlInN/GaN-распределённым брэгговским отражателем с *n*-проводимостью, максимальным коэффициентом отражения > 99,9 %, пороговым током 2,6 мА, которому соответствует пороговая плотность тока 5,2 кА/см², и рабочим напряжением 4,7 В.

Ожидается, что такие VCSEL найдут применение, например, в устройствах сканирования сетчатки глаза, адаптивных фарах автомобилей, и высокоскоростных системах передачи данных видимым светом.

www.compoundsemiconductor.net
11.11.2016

Яркостные параметры стандартного неба МКО в расчётах естественного освещения помещений и их применение в различных светоклиматических условиях России

В.А. ЗЕМЦОВ¹, А.К. СОЛОВЬЁВ², И.А. ШМАРОВ¹

¹ ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН», Москва

² ФГБОУ ВПО «МГСУ», Москва

E-mail: ins-es@yandex.ru

Аннотация

Приводятся основные положения проекта национального стандарта «Климатология строительная. Параметры для расчёта естественного освещения с учётом распределения яркости по небосводу» и особенности их применения в различных светоклиматических условиях России. Отмечается, что данный стандарт является модифицированным по отношению к соответствующему международному стандарту *ISO*. Рассматриваются 15 типов небосвода, устанавливаемых международным стандартом, и предлагается методика выбора типов небосвода для конкретных условий светового климата России. Анализируются возможности учёта светового климата в расчётах естественного освещения зданий.

Ключевые слова: световой климат, естественное освещение, типы небосвода, облачность, ясное небо, пасмурное небо, равномерное небо, распределение яркости, гомогенный небосвод, индикатриса рассеяния, диффузная освещённость, суммарная освещённость.

Введение

Параметры естественного освещения – важнейший показатель гигиены внутренней среды в помещениях, не случайно регламентируемый санитарными нормами и правилами (СНиП) [1]. При этом расчёты этих параметров учитывают многие факторы, исследованиями которых занимаются специалисты – строители и светотехники. Для них предназначен Свод правил (СП) [2], созданный на основе актуализации СНиП 23–05–2003* и СП 23–102–2003. Этот СП необходимо модифицировать по отношению к международному стандарту *ISO*

15469:2004 (*CIE S011/E:2003*) и соответствующим другим международным нормативным документам.

Современные методы учёта распределения яркости по небосводу в расчётах КЕО

Расчёты естественного освещения сегодня базируются на основном допущении – о пасмурном небе при десятибалльной облачности. Оно было принято МКО на основе закона П. Муна и Д. Спенсер ещё в начале XX в. и пригодно для сравнительных расчётов естественного освещения в зданиях, построенных в различных светоклиматических условиях России. Согласно этому допущению, отношение яркости неба под углом θ к горизонту L_θ к яркости неба в зените L_z соответствует выражению

$$\beta = \frac{L_\theta}{L_z} = \frac{1 + 2 \sin \theta}{3}. \quad (1)$$

Тем самым, яркость по этому допущению меняется только по высоте (по меридиану). По широте же, при одном и том же θ , она остаётся неизменной.

Так как основа расчёта КЕО в помещениях – расчёт геометрического КЕО, зависящего только от телесного угла, проходящего из расчётной точки через светопроём при равномерном небе, яркость пасмурного неба учитывается с помощью коэффициента q , связывающего яркость участка небосвода с его средней яркостью:

$$q = \frac{(1 + 2 \sin \theta) \cdot 3}{7}. \quad (2)$$

На самом деле в различных регионах России 10-балльная облачность бывает не так часто и с разной веро-

ятностью в разное время года. В некоторых районах преобладает ясное небо (Забайкалье, Северный Кавказ, Крым). В северо-западных районах, по общему представлению, преобладает пасмурное небо. Распределение яркости неба зависит от погоды и климата, и оно меняется в течение дня в зависимости от положения солнца. Для России необходим стандарт распределения яркости по небосводу, моделирующий небо в широком диапазоне метеорологических условий: от облачного до ясного неба.

Наиболее полно разные состояния небосвода представлены словацкими учёными С. Дарулой и Р. Киттлером на 15 моделях [3]. Они определили область применения этих типично гомогенных моделей для расчётов естественного освещения в разных случаях: например, при проектировании светопроёмов, в расчётах уровня ослеплённости, годовых профилей естественного света или годового времени использования естественного освещения. Соответствующие стандартные распределения яркости по небу для разных условий облачности должен устанавливать некоторый стандарт.

Указанные 15 моделей: а) симметричны по отношению к солнечному меридиану и являются функциями углового расстояния Z_s между положением солнца и зенитом; б) определяются плавными непрерывными функциями. Данные свойства характерны для ясного неба и для отдельных типов неба с равномерной облачностью и повышенной яркостью вблизи солнечного диска или при 10-балльной облачности. Промежуточные распределения яркости обеспечивают приближённое выражение яркости неба переменной облачности, которое является достаточно точным и, в статистическом плане, единственно возможным для достижения целей расчёта естественного освещения.

На рис. 1 показаны углы, определяющие положение солнца и участка неба, яркость которого должна быть определена.

Отношение яркости участка неба L_α к яркости неба в зените L_z (относительная яркость) β , выражается как

$$\beta = \frac{L_\alpha}{L_z} = \frac{f(\chi) \cdot \varphi(Z)}{f(Z_s) \cdot \varphi(0)}, \quad (3)$$

Рис. 1. Углы, определяющие положение солнца и яркость участка неба

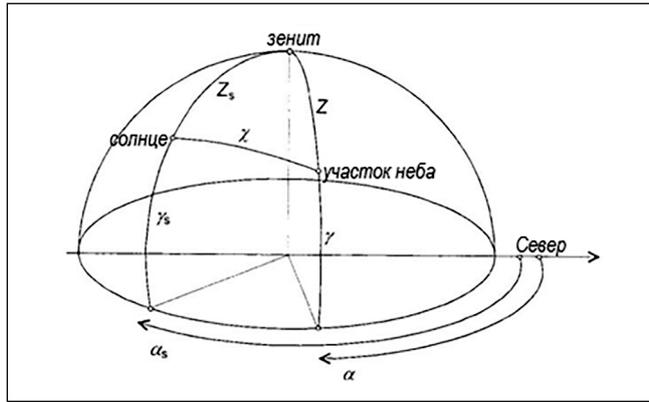
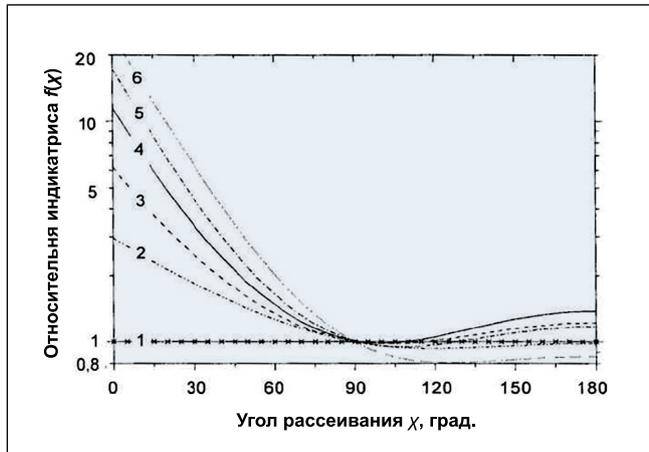


Рис. 3. Группы функций типовой индикатрисы яркости неба при изменении угла рассеивания chi



где $\varphi(Z)$ – функция градации яркости участка неба, соотносящая яркость участка неба к его зенитному углу Z :

$$\varphi(Z) = 1 + a \cdot \exp\left(\frac{b}{\cos Z}\right), \quad (4)$$

где $0 \leq Z < \frac{\pi}{2}$;

$f(\chi)$ – относительная индикатриса рассеивания, представляющая отношение относительной яркости неба в данной точке к её угловому расстоянию от солнца χ :

$$f(\chi) = 1 + c \left[\exp(d\chi) - \exp\left(d\frac{\pi}{2}\right) \right] + e \cdot \cos^2 \chi, \quad (5)$$

$$f(Z_s) = f(\chi) \text{ при } \chi = Z_s;$$

a, b, c, d, e – параметры, выбираемые по табл. 1, где перечислены 15 типовых моделей относительного распределения яркости неба, предложенных словацкими учёными и модифицированных ISO. Они разбиты на 6 групп (6 – по градациям и 6 – по группам индикатрисы рассеивания).

Таким образом, по формулам (3)–(5) и табл. 1 можно находить значения β для любых положений точки на небосводе и любых из 15 моделей небосвода, а для лучшего понимания того, как влияет на яркость неба отношение $\varphi(Z)/\varphi(0)$ в зависимости от Z можно использовать наш расчётный график на рис. 2. Кроме того, для определения индикатрисы $f(\chi)$ может использоваться рис. 3. (Всё это облегчает соответствующие расчёты.)

Выбор расчётного состояния неба и расчётного положения солнца

К сожалению, остаётся неясным вопрос выбора модели и положения солнца для ведения тех или иных расчётов.

Расчёты естественного освещения в основном предназначены для сравнения условий естественного освещения с нормами. Использование 15 стандартных моделей небосвода с этой целью невозможно, если не определять, какая из них применима в том или ином светоклиматическом регионе. Кроме того, необходимо определять стандартную высоту

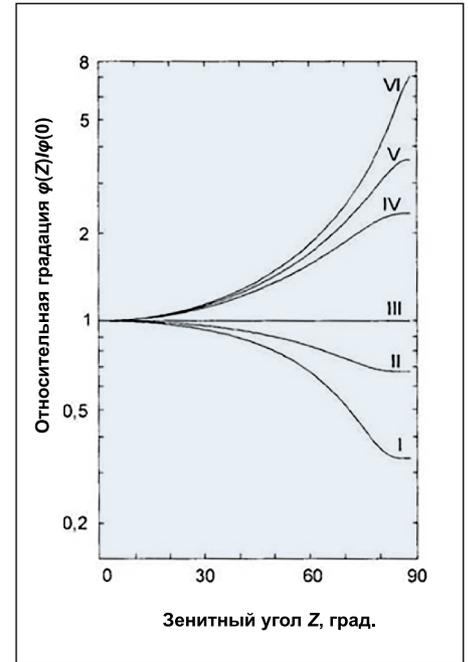


Рис. 2. Группы функций типовой изменения яркости при изменении зенитного (расстояния) Z

и азимут солнца, при которых следует рассчитывать относительную яркость неба. Без определения этого понятие «КЕО» как величины для сравнения теряет смысл.

Сравнительные расчёты КЕО в настоящее время ведутся в приближении пасмурного неба МКО. Расчёты относительной яркости неба β по закону Муна и Спенсер (1) и, для стандартного неба МКО (тип неба 1), по формуле (3), результаты которых приведены на рис. 4, показывают, что у горизонта при $Z = 83-90^\circ$ при типе неба 1 значение $L_\theta/L_z = 0,333$, а по закону Муна и Спенсер – это значение имеет место только при $Z = 90^\circ$. Из рис. 4 также видно, что соответствующее относительное расхождение при $Z = 80^\circ$ достигает 25%. То есть традиционные (по Муну и Спенсер) расчёты КЕО дают завышенные результаты по сравнению с принятыми в Европе. Так, например, в жилой комнате длиной 6 м в точке на полу в 1 м от стены, противоположной окнам, соответствующее завышение коэффициента q составляет около 10%. В центре же помещения при тех же габаритах жилой комнаты и стандартной высоте окна это различие незначительно.

В условиях городской застройки, когда низ горизонта закрыт противостоящим зданием, а через окно в расчётную точку попадают участки не-

Стандартные яркостные параметры неба

Тип неба	Группа градации	Группа индикатрисы	a	b	c	d	e	Описание распределения света
1	I	1	4,0	-0,70	0	-1,0	0	Стандартное небо МКО «Пасмурное небо МКО», градация увеличения яркости света по направлению к зениту, азимутальная равномерность
2	I	2	4,0	-0,70	2	-1,5	0,15	Пасмурное небо с высокой облачностью и небольшим увеличением яркости по направлению к солнцу
3	II	1	1,1	-0,8	0	-1,0	0	Облачность со средним изменением и азимутальной равномерностью
4	II	2	1,1	-0,8	2	-1,5	0,15	Облачность со средним изменением и небольшим увеличением яркости по направлению к солнцу
5	III	1	0	-1,0	0	-1,0	0	Равномерная яркость неба
6	III	2	0	-1,0	2	-1,5	0,15	Переменная облачность, при отсутствии изменения яркости к зениту и лёгком просветлении по направлению к солнцу
7	III	3	0	-1,0	5	-2,5	0,30	Переменная облачность при отсутствии изменения яркости к зениту, просветление к области рядом с солнцем
8	III	4	0	-1,0	10	-3,0	0,45	Переменная облачность при отсутствии изменения яркости к зениту и чётком ореоле вокруг солнца
9	IV	2	-1,0	-0,55	2	-1,5	0,15	Переменная облачность при солнце, закрытом облаками
10	IV	3	-1,0	-0,55	5	-2,5	0,30	Переменная облачность с увеличением яркости вблизи солнца
11	IV	4	-1,0	-0,55	10	-3,0	0,45	Бело-голубое небо с чётким солнечным ореолом
12	V	4	-1,0	-0,32	10	-3,0	0,45	Стандарт МКО «Ясное небо», при высокой прозрачности атмосферы
13	V	5	-1,0	-0,32	16	-3,0	0,30	Стандарт МКО «Ясное небо» при загрязнённой атмосфере
14	VI	5	-1,0	-0,15	16	-3,0	0,30	Безоблачное небо при низкой прозрачности атмосферы с широким ореолом вокруг солнца
15	VI	6	-1,0	-0,15	24	-2,8	0,15	Бело-голубое небо при высокой прозрачности атмосферы с широким ореолом вокруг солнца

босвода с $Z = 15-60^\circ$ расчётные значения q для стандартного неба МКО (тип неба 1) выше, что действует в сторону увеличения расчётного КЕО в исследуемом помещении.

Сравнительные расчёты можно производить тогда, когда яркость неба не зависит от ориентации проёма, т.е. когда имеет место азимутальная равномерность яркости. Это бывает в случаях неба типов 1, 3 и 5 (табл. 1). При этом КЕО не зависит от положения солнца. В районах с преобладанием солнечного климата распределение яркости неба зависит от многих факторов (положение солнца на

небе в момент расчёта, ориентация окна и др.). Стандартом МКО «Ясное небо» при высокой прозрачности атмосферы является небосвод типа 12, а при загрязнённой атмосфере больших городов – типа 13.

Подставив значения a, b, c, d, e для неба типа 12 в формулу (6), вытекающую из формул (3)-(5), получим формулу Р. Киттлера, ранее стандартизованную МКО. Для практических расчётов эта формула может быть пригодна, если задаться значениями χ и Z_s . Причём надо знать и ориентацию светопроёма, и азимут солнца на момент расчёта.

Один из методов расчёта естественного освещения помещений при яс-

$$\frac{L_\alpha}{L_z} = \frac{\left\{ 1 + c \left[\exp(d\chi) - \exp\left(d\frac{\pi}{2}\right) \right] + e \cdot \cos^2 \chi \right\} \cdot \left[1 + a \cdot \exp\left(\frac{b}{\cos Z}\right) \right]}{\left\{ 1 + c \left[\exp(dZ_s) - \exp\left(d\frac{\pi}{2}\right) \right] + e \cdot \cos^2 Z_s \right\} \cdot [1 + a \cdot \exp b]} \quad (6)$$

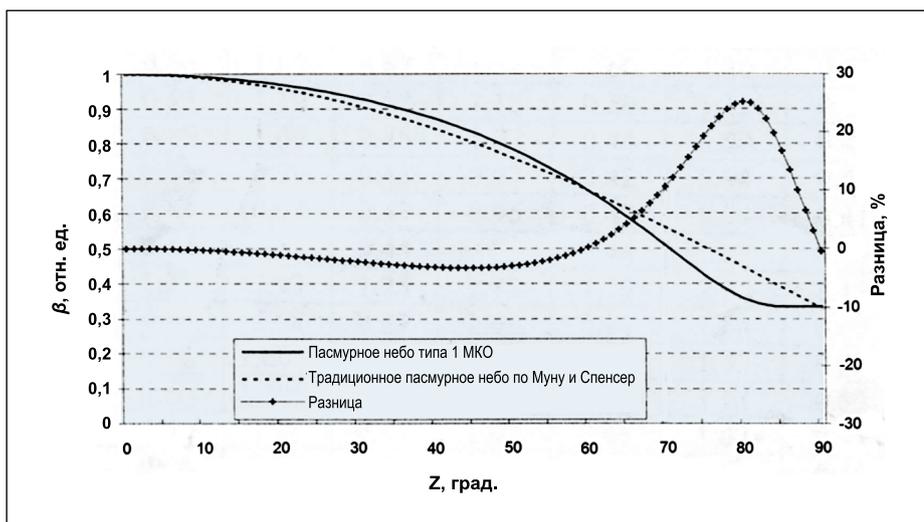


Рис. 4. Разница между небом типа 1 и небом по закону Муна и Спенсер

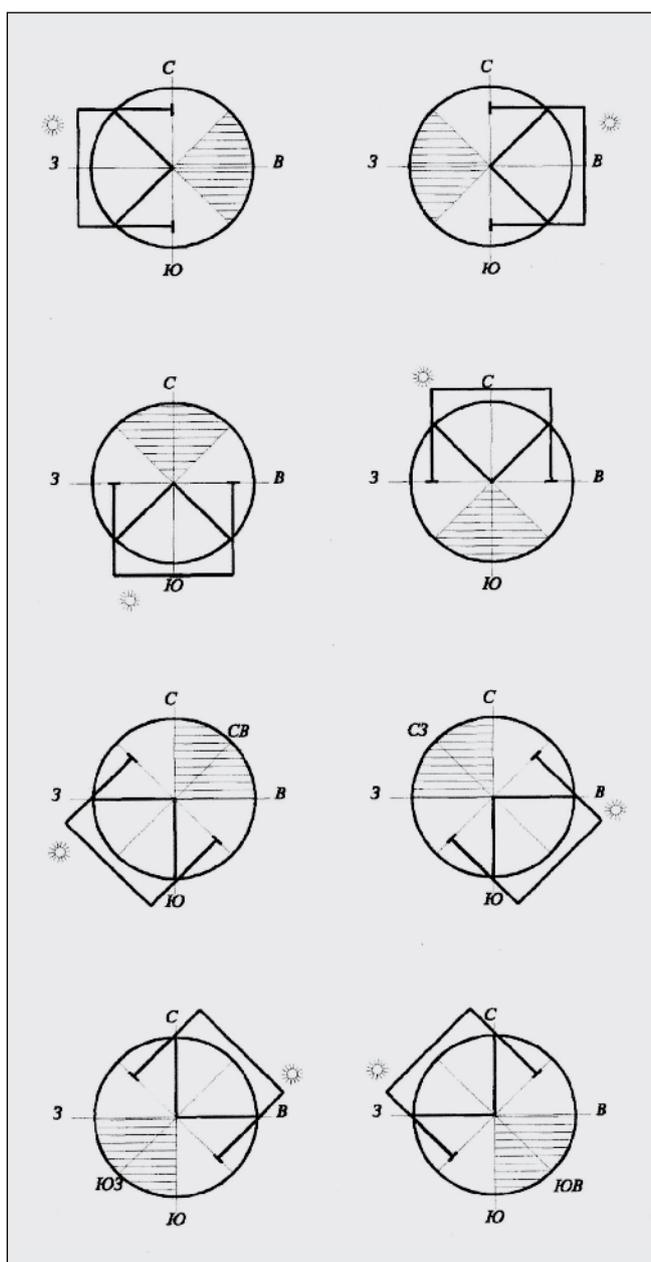


Рис. 5. Схема расчётных положений солнца при разных ориентациях вертикального светопрёма. Заштрихованы неблагоприятные сектора небосвода

ном небе приведён в статье [4]. В нём расчётное положение солнца – такое, при котором при данной ориентации светопрёма КЕО при ясном небе минимален, а наружная освещённость стремится к критической ($E_{кр}^1$). Для определения расчётного положения солнца значения $E_{кр}$ выбирались по выражению

$$E_{кр} = E_{и}^{норм} \cdot 100 / e, \quad (7)$$

где $E_{и}^{норм}$ – нормируемая искусственная освещённость, e – нормируемое значение КЕО.

Они составили 10000, 7500, 5000 и 2500 лк [5], что практически покрывает весь диапазон значений $E_{кр}$.

В статье [4] также показано, что зона наиболее неблагоприятной ориентации светопрёма по отношению к солнечному меридиану находится в пределах углов от 105 до 225°.

Уровни суммарной и диффузной освещённости под открытым небом можно определять с помощью аналитически полученных формул [3] или аппроксимации натуральных измерений, проводившихся в рамках программы исследований МКО. По результатам этих исследований П. Трегенза предложил эмпирические формулы [6], по которым одним из авторов настоящей статьи получены высоты солнца h_s при выбранных $E_{кр}$ (табл. 2) [4].

Часы наступления $E_{кр}$ в разных широтах для каждого дня года и азимут солнца в это время можно определять по h_s для данной широты местности с помощью известных из астрономии формул [7]. На рис. 5 показаны сектора небосвода, при нахождении солнца в которых имеют место наиболее неблагоприятные распределения яркости по небосводу.

Для этих неблагоприятных условий для северных широт 70, 55 и 40° рассчитаны значения ряда параметров, при которых следует рассчитывать значения КЕО при ясном небе

¹ Следует заметить, что понятие «КЕО» применительно к условиям ясного неба условно. Если при пасмурном небе при азимутальной равномерности неба типов 1, 3 и 5 КЕО в данной точке данного помещения – величина постоянная, то при ясном небе с распределением яркости по Р. Киттлеру она зависит от положения солнца по отношению к светопрёму.

(табл. 3). Предложены стандартные графики распределения β ясного неба при прозрачностях атмосферы $P=0,7$ и $0,6$ и графики распределения коэффициентов q (рис. 6).

Выбор расчётного типа небосвода

Вышеуказанные графики применимы в сравнительных расчётах. Надо только определять, где использовать допущение о пасмурном небе, а где — о ясном.

Учёт ресурсов светового климата по документу [2] основан на усовершенствованной модели светового режима помещений, которая позволяет оценивать влияние на естественное освещение таких факторов, как режим облачности в годовом цикле в рассматриваемом месте строительства, ориентация светопроёмов по сторонам горизонта, реальное распределение яркости по небосводу, соответствующее режиму облачности в рассматриваемом интервале.

За критерий оценки светового режима помещений принято среднегодовое количество освещения в помещении. Данный критерий физиологически обоснован и позволяет решать вопрос, как в районах с разными светоклиматическими условиями сохранять один и тот же уровень зрительной работоспособности.

На момент разработки документа [2] были известны три модели распределения яркости по небосводу: облачное небо, ясное небо и среднее небо. И при расчёте среднегодового количества освещения в помещении состояние небосвода облачного неба оценивалось 10 баллами, среднего неба — 3–7 баллами и ясного неба — 0 баллов.

Разрабатываемый стандарт, в основе которого лежит международный стандарт *ISO 15469:2004 (CIE S011/E:2003)* «Пространственное распределение естественного света — Стандартное общее небо МКО» («*Spatial distribution of daylight — CIE standard general sky*») [8], позволит детально учитывать световой климат места строительства, что значительно повысит точность оценки естественного освещения помещений зданий разного назначения.

Для оценки светового климата места строительства, основанной на учёте характера облачности, нужно создать методику выбора типов неба

Расчётные высота (h_s) и зенитное расстояние (Z_s) солнца

$E_{кр}$, лк	h_s , град.	Z_s , град.
2500	4	86
5000	7,5	82,5
7500	10,6	79,4
10000	13,8	76,2

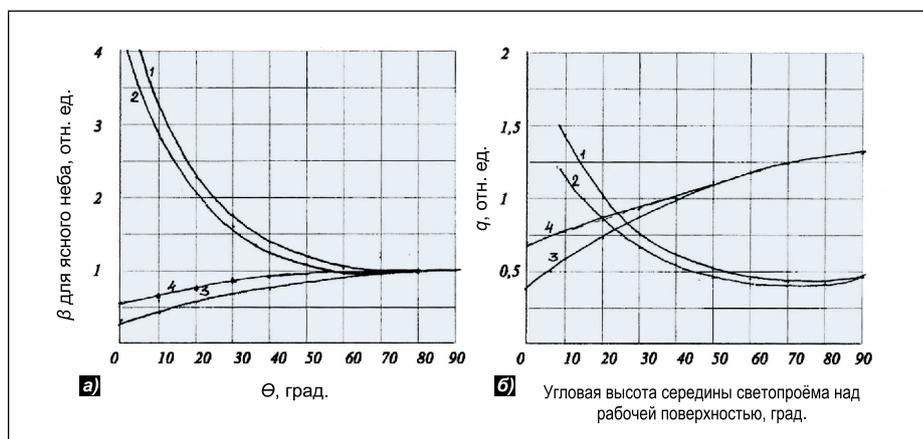


Рис. 6. Стандартные графики распределения относительной яркости β ясного неба при $P = 0,7(1)$ и $0,6(2)$ и графики распределения коэффициентов q при тех же значениях P . Для сравнения приведены значения β и q при пасмурном небе (кривые 3) и значения q при пасмурном небе и устойчивом снеговом покрове (4)

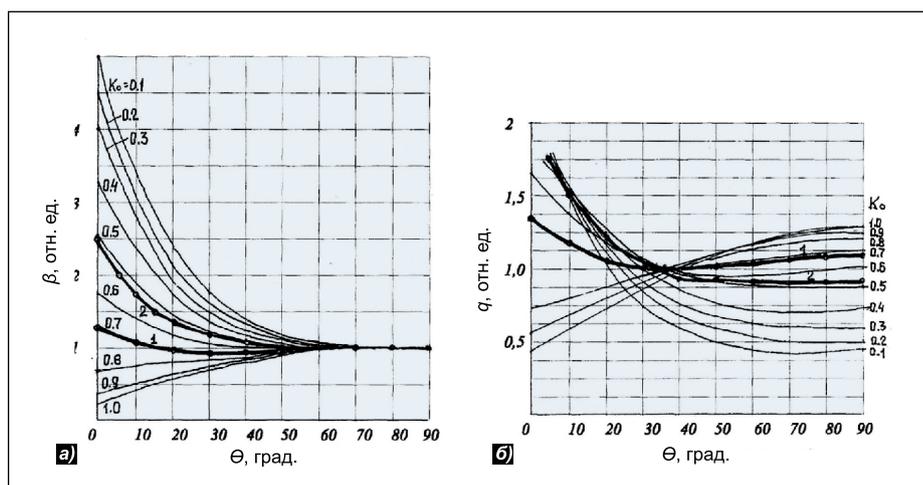


Рис. 7. Распределение относительной яркости β и коэффициента q при разных вероятностях облачности.

– Расчётные графики для ориентаций на С, Ю, В, СВ, ЮВ (1) и З, СЗ, ЮЗ (2)

(табл. 1), которые лягут в основу расчётов естественного освещения.

Используя допущение о том, что изменение облачности, от пасмурного до ясного неба, в статистическом плане можно считать непрерывным в условиях гомогенного небосвода, как это показано в табл. 1, можно принять простую методику, предложенную американскими учёными Г. Жиллетт и С. Тридо [7] для

учёта характера облачности в данной местности. Для этого они использовали отношение уровней диффузного и суммарного солнечного излучения, которое они назвали коэффициентом облачности K_0 . Если K_0 близко к 1, можно считать, что в данный период в данном месте преобладает пасмурное небо. При $K_0 = 0,1-0,2$ преобладает ясное небо. В статье С. Дарулы и Р. Киттлера [3] также приведён

Значения относительной яркости участков неба $\beta(\theta)$ и соответствующих коэффициентов q при расчётных высотах солнца h_s и прозрачностях атмосферы $P=0,7$ и $0,6$ (θ и h_s – в град., $E_{кр}$ – в лк)

P	θ	$h_s=3,95; E_{кр}=2500$		$h_s=7,5; E_{кр}=5000$		$h_s=10,6; E_{кр}=7500$		$h_s=13,8; E_{кр}=10000$	
		β	q	β	q	β	q	β	q
0,7	10	3,47	1,54	3,35	1,47	3,23	1,41	3,08	1,35
	20	2,43	1,08	2,34	1,03	2,26	0,98	2,15	0,94
	30	1,84	0,82	1,77	0,78	1,70	0,74	1,62	0,67
	40	1,48	0,66	1,42	0,62	1,37	0,60	1,30	0,57
	50	1,24	0,55	1,19	0,52	1,15	0,50	1,11	0,48
	60	1,10	0,49	1,06	0,46	1,02	0,44	0,99	0,43
	70	1,03	0,46	0,99	0,43	0,97	0,42	0,94	0,41
	80	0,98	0,44	0,97	0,43	0,96	0,42	0,94	0,41
	90	1	0,44	1	0,44	1	0,44	1	0,44
0,6	10	3,05	1,33	2,93	1,25	2,82	1,19	2,66	1,13
	20	2,16	0,94	2,08	0,89	2,00	0,84	1,88	0,80
	30	1,66	0,72	1,60	0,68	1,53	0,65	1,45	0,62
	40	1,35	0,60	1,30	0,56	1,25	0,53	1,18	0,50
	50	1,15	0,50	1,11	0,47	1,07	0,45	1,02	0,43
	60	1,01	0,44	0,98	0,42	0,95	0,40	0,91	0,39
	70	0,97	0,42	0,95	0,41	0,92	0,39	0,90	0,38
	80	0,96	0,42	0,95	0,41	0,94	0,40	0,92	0,39
	90	1	0,44	1	0,43	1	0,42	1	0,43

способ классификации неба с соответствующим критериальным параметром – «зенитная фракция». Однако этот способ представляется довольно сложным и трудно применимым на практике. Ещё один параметр – отношение диффузной освещённости солнечным светом D_v к диффузной освещённости без солнечного света E_v , предложенный этими авторами, – более простой. Но и он, как предыдущий, основан на теоретических расчётах.

Соотношение уровней диффузной и суммарной солнечной радиации (K_o), данные о которых имеются на многочисленных актинометрических станциях России, а также данные о диффузной (E_D) и суммарной (E_Q) освещённостях, связанные с первыми через световые эквиваленты ($K_o = E_D/E_Q$), имеются в СП 23–102–2003. Яркость какой-либо точки неба, определяемой зенитным (Z) и азиму-

тальным (α) углами в данный момент времени, $L(Z, \alpha)$, может быть представлена как средневзвешенное двух её экстремальных значений:

$$L(z, \alpha) = \xi \cdot L(z, \alpha)_{\text{ясн.}} + (1 - \xi) \cdot L(z)_{\text{пасм.}}$$

где $L(z, \alpha)_{\text{ясн.}}$ – яркость ясного неба по формуле Р. Китглера; $L(z)_{\text{пасм.}}$ – яркость пасмурного неба по закону Муна и Спенсер; ξ – фазовая функция, соответствующая закону нормального распределения, подтверждённого в работе [7] натурными исследованиями:

$$\xi = \frac{1 + \cos(K_o \cdot \pi)}{2}$$

Статистическая вероятность такого распределения яркости определяется вероятностью и обработкой результа-

тов натурных измерений на актинометрических станциях России.

Выводы и рекомендации по дальнейшим исследованиям

В качестве примера были использованы данные СП 23–102–2003 о E_D и E_Q в Москве (55° с.ш.) и Хабаровске (48° с.ш.). Мы рассчитали среднегодовые значения K_o для этих городов при ориентации светопроемов на СЗ, З и ЮЗ и на С, Ю, В, СВ и ЮВ. Для Москвы они оказались, соответственно, равны 0,58 и 0,70, а для Хабаровска – 0,50 и 0,53. Эти значения получены как средние до 12:00 и после 12:00, так как первые характерны для ориентаций светопроемов на СЗ, З и ЮЗ, а вторые – на В, С, СВ и ЮВ.

Зависимость средних значений относительной яркости точки $\beta(\theta, \alpha)$ и коэффициента учёта неравномерной яркости $q(\theta, \alpha)$ неба от угловой

высоты этой точки θ в пределах наиболее неблагоприятной ориентации секторов неба относительно солнечного меридиана ($105^\circ \leq \alpha \leq 225^\circ$) при разных коэффициентах облачности K_o показана на рис. 7 [4].

Для Москвы эти значения представлены кривыми 1 (для ориентации светопроёмов на С, Ю, В, СВ и ЮВ) и 2 (для ориентации их на СЗ, З, ЮЗ). Из графиков 1 и 2 видно, что при $\theta=35-90^\circ$, $\beta=1$ и $q=1$ для Москвы в первом случае $K_o=0,70$, а во втором — 0,58, что соответствует равнояркому небу. В Хабаровске количество ясных и полужасных дней в году больше, что характеризуется значениями K_o , соответственно, 0,53 и 0,50. Однако, несмотря на это, при $\theta=35-90^\circ$ β и q также приближаются к 1. Это говорит о том, что при верхнем естественном освещении в районах с $K_o=0,5-0,7$ для всех точек неба значение q можно считать равным 1.

Северо-Запад Европейской части России, в том числе Санкт-Петербург, традиционно считается облачным регионом. Расчёт средних значений K_o показывает, что при ориентациях окна на Ю, В, СВ и ЮВ, и на З, СЗ и ЮЗ они равны 0,53 — как для Хабаровска. То есть при верхнем естественном освещении и здесь $q=1$.

Для боковых светопроёмов характерны значения $\theta=15-30^\circ$ (расчётные точки — в центре помещения и на расстоянии 1 м от задней стены помещения). Для ориентаций 1 значения $q=1,1-1,0$, а для ориентаций 2—1,4—1,0. Задача дальнейших исследований — анализ облачности светового климата и расчёт K_o для солнечных регионов (Северный Кавказ, Крым, Забайкалье и т.п.). Это позволит перейти к локальному светоклиматическому районированию территории России и уточнению коэффициентов светового климата в нормах естественного освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий». Зарегистрировано в Минюсте РФ 23 апреля 2003 г.

2. Свод правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». — М.: ГУП ЦПП, 2011. — 69 с.

3. Дарула С., Кумтлер Р. Метод расчёта естественного освещения и современные тенденции оценки естественного света // Светотехника. — 2006. — № 1. — С. 28—34.

4. Соловьёв А.К. Распределение яркости по небосводу и его учёт при проектировании естественного освещения зданий // Светотехника. — 2008. — № 6. — С. 18—22.

5. Гусев Н.М., Куреев Н.Н. Освещение промышленных зданий. — М.: Стройиздат, 1968. — 160 с.

6. Tregenza P.R. Measured and Calculated frequency distributions of daylight illuminance // Lighting Research & Technology. — 1986. — Vol.18, No. 2. — P. 71—74.

7. Gillette G. at al. The issue of sky conditions // Lighting Design & Application. — 1985. — March. — P. 22—27.

8. ISO 15469:2004 (CIE S011/E:2003) «Пространственное распределение естественного освещения».



Земцов Виктор Андреевич, кандидат техн. наук. Заведующий лабораторией естественного освещения и инсоляции ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»



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»



Шмаров Игорь Александрович, кандидат техн. наук. Окончил в 1979 г. МИФИ. Заведующий лабораторией искусственного освещения ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»

Зимняя иллюминация избавит москвичей от осенней депрессии

В Москве для борьбы с осенней хандрой подключили праздничную иллюминацию.



Как сообщает интернет-издание

«Подмосковье сегодня», зимняя иллюминация включается в столице уже четвёртый год.

Новогодние гирлянды развешаны на протяжении более тысячи километров. Как утверждают в Департаменте топливно-энергетического хозяйства Москвы, лампочки не наносят вреда деревьям.

Жители и гости столицы могут сделать селфи на фоне Большого театра, а для любителей романтики в Камергерском переулке поставили светящиеся арки в форме сердечек.

<http://svpressa.ru>
03.11.2016

Музей-башню в Калининграде осветили светильниками со светодиодами «ФЕРЕКС»

Для архитектурно-художественного освещения нового музея водоканала в Калининграде использовали линейные светильники со светодиодами от российского производителя «ФЕРЕКС»



Музей истории водопровода разместили в отреставрированной водонапорной башне на Советском проспекте. В музее представлено более 1000 экспонатов. Главный — здание самой водонапорной башни, которое было построено ещё в 1879 г. и является действующим до сих пор.

Высота башни — 25 м. Для её освещения использовано 84 светильника серии «ДСО» разной мощности: 12, 33 и 65 Вт. Организовано управление со светорегулировкой (диммирование).

В вечернее и ночное время данное освещение выгодно подчёркивает архитектурные особенности здания. Кроме того, свет светодиодов не оказывает негативного влияния на материал и цвет стен. Проект доказывает, что современные технологии освещения при правильном подборе оборудования сохраняют и украшают наше историческое наследие.

www.svetozone.ru
11.11.2016

Аварийное освещение. Нормативные документы

Ниже приводятся с комментариями выдержки из указанных в таблице нормативных документов, касающиеся организации и устройства аварийного освещения в зданиях, сооружениях и на открытом пространстве.

При этом сразу отметим, что требования ПУЭ [8] и Свода правил [9], касающиеся устройства аварийного освещения, устарели.

1. Свод правил [1]

7.104 Аварийное освещение подразделяется на эвакуационное и резервное.

Эвакуационное освещение подразделяется на:

- освещение путей эвакуации;
- эвакуационное освещение зон повышенной опасности;
- эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение).

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения.

7.105 Освещение путей эвакуации в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует предусматривать по маршрутам эвакуации:

- в коридорах и проходах по маршруту эвакуации;
- в местах изменения (перепада) уровня пола или покрытия;
- в зоне каждого изменения направления маршрута;
- при пересечении проходов и коридоров;
- на лестничных маршах; при этом каждая ступень должна быть освещена прямым светом;
- перед каждым эвакуационным выходом;
- перед каждым пунктом медицинской помощи;
- в местах размещения средств экстренной связи и других средств; предназначенных для оповещения о чрезвычайной ситуации;
- в местах размещения первичных средств пожаротушения;
- в местах размещения плана эвакуации.

7.106 Продолжительность работы освещения путей эвакуации должна быть не менее 1 ч.

7.107 Эвакуационное освещение зон повышенной опасности следует предусматривать для безопасного завершения потенциально опасного процесса или ситуации.

Минимальная продолжительность освещения должна определяться временем, при котором существует опасность для людей.

7.108 Эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение) предусматривается в больших помещениях площадью более 60 м² и направлено на предотвращение паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации.

Минимальная продолжительность работы эвакуационного освещения больших площадей должна быть не менее 1 ч.

7.109 Резервное освещение следует предусматривать, если по условиям технологического процесса или ситуации требуется нормальное продолжение работы при нарушении питания рабочего освещения, а также если свя-

занное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- гибель, травмирование или отравление людей,
- взрыв, пожар, длительное нарушение технологического процесса,
- утечку токсических и радиоактивных веществ в окружающую среду,
- нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телепередач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ, и т.п.

7.111 Световые указатели (знаки безопасности) устанавливаются:

- над каждым эвакуационным выходом,
- на путях эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации,
- для обозначения поста медицинской помощи,
- для обозначения мест размещения первичных средств пожаротушения,
- для обозначения мест размещения средств экстренной связи и других средств, предназначенных для оповещения о чрезвычайной ситуации.

Питание световых указателей в нормальном режиме должно производиться от источника, не зависящего от источника питания рабочего освещения; в аварийном режиме переключаться на питание от третьего независимого источника, например – встроенную в светильник аккумуляторную батарею.

Продолжительность работы световых указателей должна быть не менее 1 ч.

7.112 Для аварийного освещения следует применять:

- светодиодные источники света,
- люминесцентные лампы – в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 5 °С при условии питания ламп во всех режимах напряжением не ниже 90 % номинального,
- разрядные лампы высокого давления при условии их мгновенного или быстрого повторного зажигания как в горячем состоянии после кратковременного отключения, так и в холодном состоянии,
- лампы накаливания – при невозможности использования других источников света.

Комментарий к Своду правил [1]:

– Свод правил [1] – основной документ по устройству аварийного освещения, соответствующего требованиям европейского стандарта EN1838 «Аварийное освещение».

– подробно требования стандарта EN1838 рассмотрены в статье [10];

– в разделе «Аварийное освещение» приведены также требования по нормируемым уровням минимальной освещённости, равномерности освещённости, времени включения аварийного освещения в работу и индексу цветопередачи источников света;

– подчеркнём, что световые указатели (знаки безопасности) устанавливаются над каждым эвакуационным выходом независимо от количества людей, находящихся в помещении;

– термин «освещение безопасности», приведённый в ранее действовавшей редакции СНиП 23–05–95* «Естественное и искусственное освещение» 2003 года, соответствует термину «резервное освещение» новой редакции свода правил [1];

– в перечень помещений, в которых необходимо предусматривать резервное освещение, входят электрощитовые, диспетчерские, пожарные посты, насосные станции противопожарного водопровода, серверные, помещения для аварийных электрогенераторов, и этот перечень в соответствии с требованиями пункта 7.109 следует дополнять при проектировании;

– аварийное освещение, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, диспетчеризация, охранный сигнализация относятся к системе противопожарной защиты;

– для резервирования питания аварийного освещения целесообразно предусматривать установку конверсионных блоков с аккумуляторами в светильниках с люминесцентными лампами и со светодиодами. При этом по сравнению с централизованным питанием от аккумуляторной батареи обеспечивается большая надёжность и живучесть системы аварийного освещения;

– схема подключения блоков с аккумуляторами, устанавливаемых в светильниках с люминесцентными лампами, приведена в каталоге Международной группы компаний «Световые технологии». Стандартное время работы указанных светильников от конверсионных блоков – 1 ч или 3 ч – уточняется при проектировании электроустановок;

– установку конверсионных блоков в светильниках следует указывать в спецификациях;

– количество светильников аварийного освещения с блоками для аккумуляторов, предназначенных для эвакуационного освещения зон повышенной опасности и резервного освещения, целесообразно уточнять при проектировании. При этом уровни освещённости, указанные в пунктах 7.107 и 7.110, должны обеспечиваться светильниками аварийного освещения, и, при отсутствии питания от ГРЩ (ВРУ) здания, резервироваться конверсионными блоками с аккумуляторами;

– дополнительные требования к устройству аварийного освещения приведены ниже.

2. Свод правил [2]

2.7 Эвакуационные знаки пожарной безопасности: Знаки пожарной безопасности, предназначенные для регулирования поведения людей при пожаре в целях обеспечения их безопасной эвакуации, в том числе световые пожарные оповещатели.

5.3 Световые оповещатели «Выход» следует устанавливать:

– в зрительных, демонстрационных, выставочных и других залах (независимо от количества находящихся в них людей), а также в помещениях с одновременным пребыванием 50 и более человек – над эвакуационными выходами;

– над эвакуационными выходами с этажей здания, ведущими непосредственно наружу или в безопасную зону;

– в других местах, по усмотрению проектной организации, если в соответствии с положениями настоящего свода правил в здании требуется установка световых оповещателей «Выход».

5.4 Эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать:

– в коридорах длиной более 50 м, а также в коридорах общежитий вместимостью более 50 человек на этаже. При этом эвакуационные знаки пожарной безопасности должны устанавливаться по длине коридоров на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворотов коридоров;

– в незадымляемых лестничных клетках;

– в других местах, по усмотрению проектной организации, если в соответствии с положениями настоящего свода правил в здании требуется установка эвакуационных знаков пожарной безопасности.

5.5 Эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать на высоте не менее 2 м.

Комментарий к Своду правил [2]:

– в зданиях и сооружениях целесообразно обеспечивать постоянное включение световых оповещателей «Выход» и эвакуационных знаков, указывающих направление движения.

3. ГОСТ [3]

3.9 Знак безопасности: Знак, дающий информацию о мерах безопасности (запрещения, предписания или разрешения определённых действий) с помощью комбинации цвета, формы и графических символов или текста.

Комментарий:

– классификация и общие требования к видам аварийного освещения ГОСТ [3] соответствуют требованиям свода правил [1].

Дополнительно указаны:

– время включения аварийного освещения,

– установка светильников снаружи перед каждым конечным выходом из здания.

6. Эвакуационные знаки безопасности

Эвакуационные знаки безопасности постоянного действия устанавливают над каждым эвакуационным выходом и вдоль путей эвакуации, однозначно указывая направление эвакуации.

6.1.2 В помещениях, где возможно задымление, светильники аварийного освещения должны быть размещены на расстоянии не менее 0,5 м от потолка, а эвакуационные знаки безопасности на высоте не более 0,5 м от пола. Знаки безопасности с внешней подсветкой не применяют.

Комментарий:

– требования пункта 6.1.2, относящиеся к эвакуационным знакам безопасности, не следует применять при проектировании – см. пункт 5.5 свода правил [2].

6.4 Система указания путей эвакуации должна состоять из эвакуационных знаков безопасности, соответствующих требованиям ГОСТ Р 12.4.026.

Комментарий

– установку эвакуационных знаков безопасности целесообразно в соответствии с требованием пункта 6 предусматривать над каждым эвакуационным выходом, независимо от количества людей, находящихся в помещениях общественных и промышленных зданий, и вдоль путей эвакуации, однозначно указывая направление эвакуации.

4. ГОСТ [4]

560.3.1 Примечание 2 – Примеры систем безопасности:

– аварийное освещение;

– пожарные насосы;

– лифты для пожарных расчётов;

– системы сигнализации, такие как пожарная тревога, аварийная сигнализация СО и аварийные сигналы от проникновения;

- системы эвакуации;
- системы дымоудаления;
- ответственные медицинские системы.

560.3.8 аварийный указатель выхода: Светильник, который указывает и помогает идентификации эвакуационных выходов.

560.6.1 Для систем безопасности используются следующие электрические источники:

- аккумуляторные батареи;
- гальванические источники;
- генераторные установки, независимые от основного питания;
- отдельный ввод системы электроснабжения, который независим от основного ввода (в приложениях А и В ГОСТ Р 50571.5.56–2013 эти вводы получили название «двойной системы питания»).

560.6.5 Отдельные независимые вводы от системы общего электроснабжения не должны служить электрическими источниками для систем безопасности, если не подтверждено, что одновременное отключение двух вводов маловероятно.

(Приложение В – Расчётное операционное время источника питания для устройств аварийной сигнализации и указателей выходов рекомендуется принимать равным 3 ч.)

560.7.5 Аппараты для коммутации и управления должны быть чётко идентифицированы и расположены в помещениях, доступных только для квалифицированного или обученного персонала (ВА5 или ВА)¹.

560.8.1 Для систем безопасности, используемых при пожаре, должно быть обеспечено применение следующих систем электропроводки:

- кабели с минеральной изоляцией;
- огнестойкие кабели;
- кабельные системы, поддерживающие на необходимом уровне противопожарную защиту и защиту от механических повреждений.

Электропроводки систем должны быть смонтированы и установлены таким способом, при котором целостность цепи не будет нарушена в условиях пожара.

Примечание 1 – Примером системы, поддерживающей необходимую огнестойкость и механическую целостность, могут быть:

- конструктивные оболочки, обеспечивающие огнестойкость и механическую защиту, или
- выполнение электропроводок в отдельных пожарных отсеках.

560.9 Требования к аварийному освещению

560.9.1 Системы аварийного освещения могут получать питание от централизованной системы или могут быть автономными.

560.9.1 Аппаратура переключения или управления аварийным освещением должна быть размещена в специальном помещении, расположена и установлена так, чтобы исключить управление посторонним персоналом².

560.9.14 Выключатель аварийного освещения должен быть обозначен в каждом источнике питания.

560.9.15 Светильники аварийного освещения и связанное оборудование цепи должны быть идентифицированы красной меткой не менее 30 мм в диаметре.

Комментарий к ГОСТ [4]:

– питание аварийного освещения и систем эвакуации следует выполнять от панели противопожарных устройств здания.

5. ГОСТ [5]

422.2 Меры защиты по условиям экстренной эвакуации
Код класса внешних воздействий по условиям экстренной эвакуации принимают по МЭК 60364–5–51, таблица 51А [11].

Комментарий:

– требования, указанные в пункте 422.2, относятся к эвакуационному освещению. Обращается внимание на то, что противопожарные требования, в том числе к аварийному освещению, применению огнестойких кабелей и конструкций, следует выполнять в соответствии с техническими регламентами, национальными стандартами, сводами правил и в условиях ВД1.

422.2.1 В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 электропроводки не должны располагаться на путях эвакуации, если провода в электропроводах не имеют собственного защитного покрытия или не размещены в оболочке или не защищены непосредственно системой прокладки кабелей или другими средствами.

Электропроводки в зоне эвакуационных выходов не должны располагаться в пределах досягаемости рукой, если они не имеют механической защиты от возможных повреждений во время эвакуации.

Электропроводки указателей эвакуационных выходов не должны распространять горение и быть по возможности максимально короткими по длине.

Примечание 1 – Соответствие этим требованиям может быть достигнуто при применении:

- огнестойких кабелей;
- трубных кабельных систем, классифицированных как нераспространяющие горение;
- систем специальных кабельных коробов и каналов, классифицированных как нераспространяющие горение;
- систем кабельных лестниц и систем кабельных лотков, классифицированных как нераспространяющие горение.

В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 огнестойкость электропроводки цепей систем безопасности должна соответствовать огнестойкости строительных конструкций, но не менее 1 часа при отсутствии данных.

Примечание 2 – Требования к поддержанию функционирования электропроводок систем безопасности в условиях пожара указаны в МЭК 60364–5–56 [4].

Примечание 3 – При отсутствии в стандартах на кабели специальных указаний рекомендуется, чтобы допустимая нагрузка на кабели была снижена до 60 %.

Комментарий к пункту 422.2.1:

– для крепления огнестойких кабельных конструкций необходимо предусматривать огнестойкие анкеры и огнестойкие дюбели.

422.2.2 В условиях ВД2, ВД3 и ВД4 коммутационная аппаратура и устройства управления, кроме специальных устройств для облегчения эвакуации, должны быть до-

¹ См. также пункт 560.9.13.

² См. также пункт 560.7.5.

ступны только обученному персоналу. Если эти устройства размещаются в проходах, то они должны быть в оболочках или размещены в шкафах, изготовленных из негорючих или трудногорючих материалов.

Примечание – Допускается использование пластмассовых корпусов, которые не являются горючими.

Комментарий:

- требования пункта 422.2.2 выполнять не следует;
- в соответствии с требованиями пунктов 560.7.5 и 560.9.13 МЭК 60364–5–56.2009 (ГОСТ Р 50571.5.56–2013) [4], коммутационную аппаратуру и устройства управления аварийным освещением следует размещать в отдельных огнестойких помещениях.

6. ГОСТ [6]

556.7 Цепи аварийного освещения

Аварийное освещение может быть включено как в режиме постоянного, так и в режиме непостоянного действия. Данные режимы могут комбинироваться.

557.7.1 Светильники аварийного освещения непостоянного действия должны включаться при нарушении подачи электроэнергии на светильники рабочего освещения на той площади, где они расположены.

556.7.4 Светильники аварийного освещения должны соответствовать требованиям ГОСТ [12].

556.7.5 Для аварийного освещения допускается применять светильники общего назначения, соответствующие требованиям ГОСТ [13], в которых для управления одной или двумя лампами применяется встроенный или независимый аппарат управления с питанием от аккумуляторной батареи и от сети переменного тока.

Комментарий к ГОСТ [6]:

– в соответствии с требованием пункта 22.6.1 ГОСТ [13], люминесцентные лампы, используемые в светильниках аварийного освещения, должны зажигаться в этом режиме без помощи стартеров тлеющего разряда, указанных в МЭК 60155. При аварийном освещении не должны применяться лампы со встроенным стартером;

– из вышеизложенного следует, что светильники с люминесцентными лампами, устанавливаемые в сети аварийного освещения, должны применяться с электронными ПРА.

7. ГОСТ [7]

710.556.7.5 Аварийное освещение.

В случае неисправности основной питающей сети освещение медицинских помещений должно быть обеспечено от аварийной сети. Время переключения на аварийное освещение не должно превышать 15 с. Аварийным освещением должны обеспечиваться:

- маршруты эвакуации людей;
- подсветка указателей выхода;
- помещения, в которых расположены аварийные электрогенераторы и распределительные устройства основной и аварийной электросетей;
- помещения для экстренных процедур. В каждом помещении должен быть, по крайней мере, один светильник, подключённый к аварийной сети;
- помещения группы 1. В каждом помещении должен быть, по крайней мере, один светильник, подключённый к аварийной сети;
- помещения группы 2. В этих помещениях не менее 50 % светильников должны иметь подключение к аварийной сети.

Комментарий к ГОСТ [7]

– требования к аварийному освещению конкретизируются в задании на проектирование медицинских помещений.

Выводы

1. Аварийное освещение относится к системам безопасности здания или сооружения. Питание аварийного освещения и систем эвакуации следует выполнять от панели противопожарных устройств здания.

2. Исходя из нормативных требований, целесообразно принимать категорию надёжности электроснабжения аварийного освещения и знаков безопасности:

для потребителей первой и второй категории первую (аварийное освещение) и особую первую с резервированием от аккумуляторов (знаки безопасности «Выход» и эвакуационный), а для потребителей третьей категории первую с резервированием от аккумуляторов (аварийное освещение, знаки безопасности «Выход» и эвакуационный).

3. Знаки безопасности «Выход» устанавливаются над каждым эвакуационным выходом из общественных и промышленных зданий независимо от количества людей, находящихся в помещении,

4. Эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать:

– в коридорах длиной более 50 м, а также в коридорах общежитий вместимостью более 50 человек на этаже. При этом эвакуационные знаки пожарной безопасности должны устанавливаться по длине коридоров на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворотов коридоров;

– в незадымляемых лестничных клетках;

– в других местах, по усмотрению проектной организации, если в соответствии с положениями соответствующего нормативного документа в здании требуется установка эвакуационных знаков пожарной безопасности.

Эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать на высоте не менее 2 м.

5. Для аварийного освещения и знаков безопасности в первую очередь целесообразно применять светильники со светодиодами.

6. Фотолюминесцентные системы по ГОСТ [14] не следует предусматривать для:

– систем аварийного освещения;

– электромеханических (с элементами, потребляющими электрическую энергию) систем освещения и обозначения путей эвакуации,

7. Для резервирования питания аварийного освещения целесообразно предусматривать установку конверсионных блоков с аккумуляторами в светильниках с люминесцентными лампами и со светодиодами. При этом по сравнению с централизованным питанием от аккумуляторной батареи обеспечиваются повышенные надёжность и живучесть системы аварийного освещения,

8. В зданиях и сооружениях целесообразно обеспечивать постоянное включение знаков безопасности «Выход» и эвакуационных знаков, указывающих направление движения.

9. Целесообразно из-за разнообразия названий и обозначений, приводимых в нормативных документах, применять единое обозначение светильников:

– «Знак безопасности «Выход»;

№№ п/п	Наименование документа	Введён в действие
1	Свод правил [1]. В его состав включены следующие разделы: – Аварийное освещение, пункты 7.104–7.114; – Аварийное освещение автотранспортных тоннелей, пункты 7.115–7.121; – Охранное и дежурное освещение, пункты 7.122–7.123 (светотехническая и электротехническая части).	20.05.2011
2	Свод правил [2]. В его состав включён раздел 5 «Требования пожарной безопасности к световому оповещению и управлению эвакуацией людей» (светотехническая и электротехническая части).	01.05.2009
3	ГОСТ [3]. [MOD-модифицированный] (светотехническая и электротехническая части).	01.01.2015
4	ГОСТ [4]. [IDT-идентичный]. В его состав включён раздел 560.9 «Требования к аварийному освещению» (электротехническая часть).	01.01.2015
5	ГОСТ [5]. [IDT] (светотехническая и электротехническая части).	01.01.2014
6	ГОСТ [6]. [MOD]. В его состав включён раздел 556.7 «Цепи аварийного освещения» (электротехническая часть).	01.07.2010
7	ГОСТ [7]. [MOD]. В его состав включён раздел 710.556.7 «Требования к аварийному освещению (светотехническая и электротехническая части).	01.01.2008

Таблица 51А [11]

Код класса внешних воздействий ВД	Условия эвакуации в аварийной ситуации	
ВД1	Низкая плотность заселения, лёгкие условия эвакуации	Жилые здания нормальной или низкой высоты
ВД2	Низкая плотность заселения, трудные условия эвакуации	Высотные здания
ВД3	Высокая плотность заселения, лёгкие условия эвакуации	Общественные места (театры, кинотеатры, отделы магазинов и т.д.)
ВД4	Высокая плотность заселения, трудные условия эвакуации	Высотные здания, открытые для общности (гостиницы, больницы и т.д.)

– «Знак безопасности эвакуационный», указывающий направление эвакуации.

10. Для выполнения электропроводок аварийного освещения необходимо применять огнестойкие кабели, огнестойкие конструкции, огнестойкие анкеры и дюбели для крепления конструкций, огнестойкие ответвительные коробки.

11. В соответствии с требованиями пунктов 560.7.5, 560.9.13 ГОСТ [4], коммутационную аппаратуру и устройства управления аварийным освещением следует размещать в отдельных огнестойких помещениях.

Предел огнестойкости электрощитовых и кабельных помещений, малых электрощитовых помещений для щитов аварийного освещения и других щитов, аппаратов управления аварийным освещением, диспетчерских, пожарных постов, насосных противопожарного водопровода, шкафных ниш для электрощитов и дверей в указанные помещения должен составлять не менее REI 60 [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*».

2. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности».

3. ГОСТ Р 55842–2013 (ИСО 30061:2007) «Освещение аварийное. Классификация и нормы».

4. ГОСТ Р 50571.5.56–2013 / МЭК 60364–5–56:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности».

5. ГОСТ Р 50571.4.42–2012 / МЭК 60364–4–42:2010 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий».

6. ГОСТ Р 50571.29.2009 (МЭК 60364–5–55:2008) «Электрические установки зданий. Часть 5–55. Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование».

7. ГОСТ Р 50571.28–2006 (МЭК 60364–7–710:2002) «Электроустановки зданий.

Часть 7–710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений».

8. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания. – СПб.: Деан, 2010.

9. Свод правил СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»

10. Коробко А.А. Европейский стандарт по аварийному освещению. // Светотехника. – 2005. – № 3. – С. 49–54.

11. ГОСТ Р 50571.5.51–2013 / МЭК 60364–5–51:2005 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–51. Выбор и монтаж электрооборудования. Общие требования».

12. ГОСТ Р МЭК 60598–2–22–99 «Светильники. Часть 2–22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения».

13. ГОСТ Р МЭК 60598–1–2003 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний».

14. ГОСТ Р 12.2.143–2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля».

15. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

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

О статье Вагина Г.Я., Малафеева О.Ю. и Мартынюка М.В. «Исследование парка источников света, оценка энергопотребления и потенциала экономии электроэнергии в системах освещения России» // Светотехника. – 2016. – № 3. – С. 12-21

Авторы статьи провели маркетинговое исследование состояния реального рынка источников света (ИС) по секторам применения: производственное, общественное, жилищное и уличное освещение. На основании этого исследования рассчитано потребление электроэнергии и потенциал её экономии при двух сценариях: с соблюдением и без соблюдения принятых и принимаемых законов и постановлений по энергосбережению, в частности известного Федерального закона № 261-ФЗ. Потенциальная экономия энергии к 2020 г. оказывается весьма существенной: 54,6 ТВт·ч по второму сценарию и до 75,7 ТВт·ч по первому. Другими словами, можно сэкономить до половины (в первом случае) и даже до трёх четвертей электроэнергии, расходуемой на освещение в настоящее время. Соответственно, возможно и существенное снижение выбросов в атмосферу углекислого газа.

Надо сказать, что подобные расчёты и оценки неоднократно выполнялись во ВНИСИ и передавались в своё время Госплану СССР и Минэлектротехпрому СССР. Правда, при этом подход основывался на чисто светотехнических принципах, исходя из известных площадей всех основных отраслей промышленности, существующих парков световых приборов в жилом секторе, сельском хозяйстве и т.д., базируясь на нормах освещения для этих отраслей. Это – с учётом экспертной оценки структуры и световой отдачи действующих (или необходимых) ИС, коэффициента запаса осветительных установок и коэффициента одновременности работы световых приборов – позволяло определять требуемые мощности установок и потребление электроэнергии с учётом ежегодной наработки светотехнического оборудования.

К сожалению, авторы не привели ни одной ссылки на систематически публикуемые, в том числе журналом «Светотехника», работы по рассматриваемой проблеме: например, статьи [1–7].

В целом мы весьма одобрительно оцениваем проведённую работу и рады,

что в Нижнем Новгороде появилась группа высококвалифицированных специалистов, занявшихся этой проблемой.

Наряду с этим мы не можем согласиться с рядом высказанных авторами статьи положениями.

Такой прогноз экономии электроэнергии нам представляется слишком оптимистичным. Во-первых, наиболее вероятно развитие событий именно по второму сценарию, то есть без соблюдения законов и предписаний. Авторы и сами это прекрасно понимают, говоря: «Проведённое авторами исследование показывает, что намеченные в [2, 3] планы по внедрению энергоэффективных ИС до 2020 года не будут выполнены... Введённый в России с 01.01.2011 запрет на оборот ЛН мощностью 100 Вт и выше привёл не к их сокращению, а к увеличению, что объясняется недостаточным производством отечественных КЛЛ и СД, их высокой стоимостью и низким качеством» (с. 17). По мнению нас, однако, главной причиной этого является не отсутствие подзаконных актов, а прежде всего моральная и психологическая неготовность населения к повсеместной замене привычных ИС на новые и практическая недоступность новых ИС для большинства населения из-за их дороговизны.

Нам кажется совершенно нереальным прогноз авторов статьи по динамике развития рынка ИС в России (таблицы 13 и 14). Невероятно снижение объёмов оборота ЛЛ (почти в 8 раз), КЛЛ (в 55 раз), НЛВД (в 12 раз) и МГЛ (в 7,5 раз) даже без технического регулирования, и почти полное исчезновение этих ИС при наличии регулирования.

Несмотря на все выдающиеся параметры СД и СД-ИС и их непрерывное улучшение, к 2020 г. они просто не в состоянии вытеснить такие ИС, как ЛН, ЛЛ, НДВД и МГЛ. Да и по основным параметрам (световая отдача и срок службы) НЛВД, ЛЛ T5 и некоторые МГЛ не уступают соответствующим СД-ИС.

Кроме того, есть ещё один фактор, препятствующий значительной экономии энергии. Дело в том, что сегодняшние нормы освещённости не всегда (мягко говоря) оптимальны с точки зрения обеспечения комфортных условий и должной производительности труда. Заменяя современные ИС на более эффективные, люди (интуитивно) повышают уровень освещённости в помещениях и на улицах, приближая его к своим естественным потребностям. Поэтому, как правило, применение новых ИС не приводит к реальной экономии электроэнергии. Однако экономическая выгода из-за роста производительности труда и снижения брака на производстве может оказываться даже выше, чем от экономии электроэнергии.

Авторы статьи считают, что для ускорения внедрения энергоэффективных ИС необходимо скорейшее введение в действие комплекса мер по техническому регулированию рынка ИС (вывод 3, в конце статьи). Опыт запрета ЛН мощностью более 100 Вт показал, что это тупиковый путь. Так, во многих странах вместо 100-ватток появились 95-ваттки, а в некоторых странах ЛН мощностью 100 Вт стали выпускаться под названием «тепловые шарики».

По нашему мнению, задача светотехников и журнала в этой ситуации – всемерная пропаганда новых энергоэффективных средств и методов освещения с учётом всех их достоинств и недостатков, не считая экономию электроэнергии и снижение выбросов углекислого газа самоцелью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение в осветительных установках. – М.: Дом Света, 2007.
2. Айзенберг Ю.Б., Рожкова Н.В., Федюкина Г.В. Оценка перспективных возможностей энергосбережения в светотехнических установках России // Светотехника. – 2001. – № 3. – С. 9–13.
3. Айзенберг Ю.Б. Современные проблемы энергоэффективного освещения // Энергосбережение. – 2012. – № 2. – С. 42–47.

4. Айзенберг Ю. Б. Сегодня на повестке дня современные люминесцентные лампы и разрядные лампы высокого давления, будущее — за светодиодами // Рынок светотехники. — 2012. — № 3(10). — С. 14–16.

5. Айзенберг Ю. Б., Матвеева Е. Ю., Д. Д. Юшков Д. Д. О состоянии наружного освещения городов страны // Светотехника. — 2012. — № 6. — С. 42–43.

6. Емельянов Н. И. Российский светотехнический рынок энергоэффективных изделий и его развитие // Светотехника. — 2013. — № 5–6. — С. 76–81.

7. Коган Ю. М. Анализ факторов, определивших расход электроэнергии на освещение жилищ в России и США // Светотехника. — 2013. — № 5–6. — С. 72–75.

Айзенберг Юлиан Борисович,

доктор техн. наук, профессор.

Шеф-редактор журнала «Светотехника».

Академик АЭН РФ

Варфоломеев Леонид Петрович,

кандидат техн. наук.

Член редколлегии журнала «Светотехника»

В обсуждаемой статье предложена оригинальная методика определения установленного парка источников света (ИС) как по стране в целом, так и по секторам экономики РФ. В статье, насыщенной 19-ю таблицами разных данных по ИС, их электропотреблению и использованию выпущенных нормативных документов, выполнена оценка динамики потребления электроэнергии на освещение в РФ до 2020 г. и определён потенциал энергосбережения от уровня энергопотребления на освещение в 2013 г. в вариантах невведения и введения документов технического регулирования, равный около 50 и 70 % соответственно. Фактически это предполагает достижение поставленной цели резким, революционным ростом внедрения светодиодных ИС.

Однако представленные оценки и соображения вызывают большие сомнения.

Вот несколько реплик и аргументов в обоснование этих сомнений.

- В СССР борьба за энергосбережение велась достаточно активно, разумно и эффективно. Вот лишь некоторые соответствующие вехи в развитии светотехники: 1938 г. — освоение серийного выпуска первых ЛЛ с галофосфатным люминофором; 1946 г. — появление ртутных ламп ВД с люминофором; 1962 г. — начало производ-

ства и использования натриевых ламп ВД; 1978 г. — создание первых КЛЛ и т.д. В настоящее время все здания освещаются преимущественно светильниками с высокоинтенсивными ИС. Исключение составляет жилой сектор, где преимущественно используются ЛН.

- Что касается развития электроэнергетики, то за всю историю страны было принято и реализовано четыре стратегических решения: об утверждении плана ГОЭЛРО (1920 г.); о создании высоковольтных линий электропередачи (1931–1934 гг.); о разработке энергетических установок на сверхвысокие и сверхкритические параметры (1947 г.); о формировании Единой энергосистемы СССР (1956 г.).

- В последнее время зачастую говорится о большом расходе электроэнергии в СССР на единицу производимой продукции по сравнению с «развитыми странами». Между тем расход электроэнергии на одного человека в год выглядел так (источник: Советский энциклопедический словарь, 1988 г.): в РСФСР (соответствует территории современной РФ) — 5353 кВт·ч, в США — 9718, в Японии — 4300, Финляндии — 8061, Франции — 4880, Швеции — 12447 кВт·ч. В то время предприятия получали лимиты на расход электроэнергии и должны были отчитываться за её рациональное использование. Тогда это было необходимо, чем сейчас. Однако делалось это не запретительными мерами, а комплексом мероприятий.

А что в РФ? Проведённые авторами статьи исследования показали, что намеченные планы [1] по внедрению энергоэффективных ИС до 2020 г. не будут выполнены. И это действительно так, ведь по широко известному закону № 261-ФЗ уже с 01.01.2011 должен действовать запрет на оборот ЛН мощностью 100 Вт и выше. Естественно, это ошибочное решение не было осуществлено. Просто стали выпускаться ЛН мощностью 95 Вт и т.п., а соответствующая Программа продвижения энергоэффективного освещения в РФ [2] получила негативные отзывы светотехников [3].

- Ныне обсуждаемый комплекс мер по техническому регулированию

рынка ламп в странах-участниках Евразийского экономического союза, предусматривающий с 01.01.2020 запрет всех ЛН представляется нереальным. Насильственное повсеместное внедрение светильников со светодиодами хороших результатов не даст. Процесс должен быть естественным.

За светодиодами будущее в освещении. Однако их надо внедрять не революционным путём, а эволюционным, с учётом и постепенным снятием ценовых¹, гигиенических² и некоторых других ограничений.

- Авторы статьи не оставили без внимания оценку производства электроэнергии электростанциями страны, которая с 1059 млрд кВт·ч в 2013 г. достигнет 1344–1561 млрд кВт·ч в 2020 г. Рассмотрим этот важный показатель подробнее. Вспомним новый план ГОЭЛРО третьего тысячелетия (1998–2008 гг.). Он предусматривал существенное развитие электроэнергетики: рост установленной мощности генерирующих устройств, электропотребления и совершенствования тарификации — важные, глобальные задачи для производственной деятельности страны. Как же они воплотились в жизнь? По данным РАО «ЕЭС России», наращивание темпов ввода генерирующих мощностей на 2006–2010 гг. предусматривалось в масштабе 1700 МВт в год, а на 2011–2015 гг. уже — 8000 МВт. (Для справки: максимальный объём ввода мощностей по России в советской истории составил в 1985 г. 8900 МВт.) Далее на основании расчётов РАО «ЕЭС России» было издано решение Правительства, в феврале 2006 г., в котором предусматривался рост электропотребления на ближайшие годы: 2006-й — 981 млрд кВт·ч, 2007-й — 1030, 2008-й — 1082, 2009-й — 1133, 2010-й — 1197 млрд кВт·ч. А что получилось? В 2008 г. электропотребление составило 1023 млрд кВт·ч (вместо запланированных 1082 млрд кВт·ч), в 2009 г. — 977 млрд кВт·ч (вместо запланированных 1133 млрд кВт·ч). Частично это было связано с экономическим кризисом и вызванным им спадом производства. В итоге разработанный план РАО «ЕЭС России» практически не достиг поставленных целей.

¹ К примеру, у нас в стране первые мобильные телефоны стоили \$1500, а весили 1,5 кг. Это было в 1994–96 гг. А сейчас они буквально у всех от мала до велика и стоят во много раз дешевле и ничтожного веса.

² Так, освещение светодиодами «основных» помещений в детских и школьных учреждениях пока что запрещено.

• Тарифы на электроэнергию – прерогатива государства. Однако уже с 01.01.2007 в хозяйство страны (кроме сектора жилья) начала постепенно внедряться система либерализации рынка электроэнергии. Она предусматривала оплату части потреблённой электроэнергии потребителем по уже повышенным тарифам. А с 01.01.2011 производителям электроэнергии развязали руки, и они воспользовались этим, подняв тарифы на 15–30 %, а в отдельных случаях – на 50 %. Правда, планируемая либерализация тарифов в системе ЖКХ, намеченная на 2014 г., не произошла, но возникла идея внедрения социальной нормы на потребление электроэнергии в жилом секторе. По постановлению Правительства РФ с 01.09.2013 эта норма была введена в шести пилотных регионах. Во всех других субъектах РФ эту меру собирались ввести с 01.07.2014. С 01.07.2016 социальная норма в пилотных регионах была отменена, и произошёл отказ от её внедрения во всех регионах РФ. (Логичное и аргументированное решение.)

• В 2005 г. Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике (АПБЭ) проводило разработку среднесрочных прогнозов развития энергетических компаний и сводных прогнозов развития электроэнергетики на среднесрочный период. Они формировались в двух вариантах – «оптимистичном» и «умеренном». Так вот по первому варианту спрос на электроэнергию в 2015 г. должен был составить 1408 млрд кВт·ч, при среднегодовом темпе роста спро-

са (СТРС) в 4,3 %, а по второму – 1340 млрд кВт·ч, при СТРС в 3,7 %. Сегодня эти показатели далеки от прогнозных по обоим вариантам.

• В статье приводятся некоторые данные из правительственного распоряжения [1]. А вот о новом проекте «Энергетической стратегии РФ до 2035 года», представленного осенью 2015 г. Минэнерго РФ, в статье не упоминается. Между тем по нему предусматриваются два сценария развития – «консервативный» и «целевой». В итоге к 2035 г. в РФ производство электроэнергии предполагается увеличить на 27–43 % при росте установленной мощности электростанций на 13–25 %. При этом электропотребление в 2035 г. должно составить 1335–1500 млрд кВт·ч. В рассматриваемой же статье (в таблице 17) указано, что производство электроэнергии в 2020 г. составит 1344–1561 млрд кВт·ч, что, как видим, плохо согласуется с проектом новой энергетической стратегии.

Заключение

1. Первым этапом к действительно рациональному электропотреблению с учётом житейских и экономических реалий страны должно бы явиться преобразование закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 из обязательного в рекомендательный. Это окажется полезным и жизненным для населения страны, его хозяйства и экономики и позволит без спешки и аврала исключить те недочёты, которые в этом законе имеются.

2. Будущее за освещением светодиодами. Однако это не значит, что другие ныне используемые ИС, в том числе и ЛН должны полностью исчезнуть из употребления.

3. К сожалению, многие широко известные отечественные разработки в области электроэнергетики в реальности не осуществились из-за того, что не учитывали состояние и возможности производства и отводимого на них времени.

4. Повышение энергосбережения возможно и целесообразно не революционным, авральным путём, а лишь аргументированным эволюционным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-Р).

2. Шевченко А. С. Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника. – 2014. – № 1–2. – С. 112–117.

3. По теме статьи Шевченко А. С. Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника. – 2014. – № 1–2. – С. 112–117 (Богданов А. А., Варфоломеев Л. П., Ганин И. А., Григорьев А. А., Малахов А. Д., Овчаров А. Т., Пашковский Р. И., Прикупец Л. Б. и Пятигорский В. М., Пчелин В. М., Юнович А. Э.) // Светотехника. – 2014. – № 3. – С. 61–72.

Лесман Ефим Александрович,
инженер-энергетик. Корреспондент
журнала «Светотехника»
в Санкт-Петербурге

Подписывайтесь на журнал

**На 1-е полугодие
2017 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

Николаю Ивановичу Щепеткову – 75

28 октября 2016 г. исполнилось 75 лет со дня рождения Николая Ивановича Щепеткова – заведующего кафедрой «Архитектурная физика» Московского архитектурного института (государственной академии), профессора, доктора архитектуры, лауреата Государственной премии РФ, члена-корреспондента РАЕН, члена Союза архитекторов и Союза дизайнеров Москвы.

Окончив МАРХИ в 1965 г., Н.И. Щепетков начал работать архитектором в институте «Киргизгипрострой» в г. Фрунзе (Бишкек), в 1967–1970 гг. работал в ЦНИИЭП лечебно-курортных зданий в Москве. По его проектам построены объекты во Фрунзе и Анане. С 1970 г. Николай Иванович – аспирант, затем преподаватель кафедры строительной (ныне архитектурной) физики МАРХИ, в 1974 г. защитил кандидатскую (руководитель – профессор Гусев Н.М.), в 2004 г. – докторскую диссертации. В 1980–1983 гг. был командирован доцентом в Университет г. Аннаба (Алжир).

Творческая жизнь Н.И. Щепеткова неразрывно связана со световой архитектурой города: им лично и во главе коллектива мастерской «Моспроект-3» разработано более 20 концепций освещения городов, в том числе и Москвы. Результатом совместной работы Н.И. Щепеткова и инженеров-светотехников стало около 500 проектов архитектурного освещения фасадов зданий, сооружений, памятников архитектуры и монументального искусства, ландшафтных городских и загородных ансамблей, из которых около 400 – реализовано. Работы Н.И. Щепеткова экспонировались на многих отечественных и зарубежных выставках, были отмечены многочисленными призами, дипломами и премиями, среди которых – Государственная премия РФ 1997 г. за формирование светоцветовой среды Москвы (в коллективе авторов), 4 национальные премии в области дизайна «Виктория», и др.

С 1974 г. Н.И. Щепетков преподаёт в МАРХИ архитектурную светотехнику и светодизайн, является членом ГАК на защитах дипломных проектов в МАРХИ, Астраханском и Саратовском АСИ, Институте бизнеса и дизайна (Москва),



МГХПА им. Строганова, читает курс светодизайна и проводит мастер-классы в ряде российских ВУЗов, выступает с научными докладами на международных и российских научных конференциях, симпозиумах и фестивалях по светодизайну.

В педагогической работе Н.И. Щепеткова отличают глубокая научно-методическая подготовка занятий и разносторонняя эрудиция. За многолетний педагогический труд он удостоен многих благодарностей, в т.ч. благодарности главы Российского Императорского дома Великой княгини Марии Владимировны; в 2013 г. Минобрнауки РФ присвоил ему звание «Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».

Большое внимание уделяет Н.И. Щепетков организации научно-исследовательских работ, являясь председателем диссертационного совета МАРХИ. В числе его научных интересов – вопросы естественного освещения и инсоляции: он выполнил десятки расчётных работ, активно участвовал в создании нормативно-методологической базы по светотехнике и проектированию архитектурного освещения города.

Параллельно с работой в МАРХИ Николай Иванович в 1996 г. по инициативе главного художника Москвы А.В. Ефимова создал и в течение 10 лет возглавлял первую в стране специализированную мастерскую по архитектурному освещению в «Моспроект-3», где воспитал профессиональный коллектив практикующих светодизайнеров.

Н.И. Щепетковым опубликовано около 300 научных и учебно-методических работ в российских и зарубежных изданиях, он автор и соавтор 6 учебников, учебных и методических пособий для архитекторов и дизайнеров. Его монография «Световой дизайн города» стала настольной книгой отечественных светодизайнеров. В ней выражено жизненное и творческое кредо автора как «синтезатора» нового профессионального направления в искусстве создания современной искусственной световой среды города. Обобщив имеющийся опыт, Н.И. Щепетков создал системную базу целостной теории светового дизайна города – от светового урбанизма до дизайна уличного светильника, ввёл в научный обиход новые идеи, методики, термины и критерии оценки произведений светодизайна.

Н.И. Щепетков является постоянным автором журнала «Светотехника» с 1973 г. и с 2012 г. – членом редколлегии. Его статьи выделяются не только содержательностью и яркостью изложения, но и прекрасными авторскими иллюстрациями. Только в «Светотехнике» опубликовано 48 статей по разнообразным аспектам глобальной темы «Свет в архитектуре».

Коллеги, студенты и аспиранты Н.И. Щепеткова отмечают его целеустремлённость, талант и профессионализм, увлечённость и высокие человеческие качества – цельность характера, порядочность, простоту в общении, доброе отношение к людям. Н.И. Щепетков – современный и знающий руководитель, умеющий распознать новое и работать на опережение. Интеллигентность, дар творчества, ответственность за свои слова, дела и принципы позволяют ему всегда быть авторитетом не только для профессионального сообщества, но и всех тех, кто знаком с Н.И. Щепетковым и его творчеством.

Желаем дорогому Николаю Ивановичу долгой счастливой жизни, доброго здоровья, вдохновения и новых творческих успехов!

Редакция и редколлегия журнала «Светотехника», друзья, коллеги, ученики, сотрудники МАРХИ

X Международный LED Forum на выставке Interlight Moscow powered by light+building 2016

8 ноября 2016 года в рамках выставки *Interlight Moscow powered by light+building* состоялась сессия «Освещение общественных пространств. Наука и LED технологии» X Международного LED Форума.

Это был юбилейный форум, поэтому наряду с анализом перспектив развития светодиодных технологий в современном мире, неизбежно звучали и итоги десятилетнего периода становления и развития отрасли.

Открыл мероприятие помощник заместителя министра энергетики РФ Д.А. Мельников, который в своём коротком сообщении поздравил участников с началом юбилейного форума, пожелал фундаментальных докладов и заинтересованных диспутов, особо подчеркнув важность энергосберегающих технологий и выразив поддержку министерства их развитию

в России. Проведение форума совпало с замечательной датой – 65-летием ВНИСИ, флагмана российской светотехники. С поздравительной речью выступил генеральный директор Мессе Франкфурт РУС Ойген Аллес, который отметил большой вклад ВНИСИ в становление и развитие выставки *Interlight Moscow*, главным партнёром которой ВНИСИ был на протяжении всей истории выставки. В заключении доклада в зал был внесён огромный торт в честь юбилея ВНИСИ, которым угостили всех участников форума во время кафе-брейка.

Чсть открытия форума была предоставлена Ю.Б. Айзенбергу, являющемуся основателем форума. В своём кратком обращении к собравшимся Ю.Б. Айзенберг сказал, что 10 лет назад преимущества светоизлучающих диодов были не столь очевидны, и приходилось

ломать многие стереотипы, но, оглядываясь назад, видно, что все надежды и ожидания, связанные с ними, полностью оправдались. Форум за 10 лет выполнил свою важнейшую роль в пропаганде и координации усилий исследователей и производителей. Далее с кратким обращением выступил профессор кафедры полупроводников МГУ им. М.В. Ломоносова А.Э. Юнович, работы по использованию СД в светотехнике которого были одними из первых в нашей стране.

Первый доклад форума «Современное состояние, тенденции и перспективы развития светодиодной техники» сделал директор Республиканского научно-производственного унитарного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси» Ю.В. Трофимов. В его докладе была дана очень широкая и обстоятельная картина современного состояния СД техники. Лейтмотивом доклада стала мысль, что реальная эффективность СД оказалась существенно выше самых смелых ожиданий экспертов! Область применения СД на сегодня выходит далеко за пределы утилитарной задачи освещения: это и «умный свет», и студийное освещение с изменением цветности, а также медицина, тепличное освещение, *Li-Fi* и многое другое.

С докладом «Энергоэффективность установок наружного освещения» выступил сотрудник департамента топливно-энергетического хозяйства г. Москвы Александр Забегин, который рассказал о планах правительства Москвы в области повышения энергоэффективности осветительных установок (ОУ) города на основе использования СД. Докладчик отметил, что помимо функциональной задачи, искусственное освещение в современном городе



Рис. 1. Открытие сессии «Освещение общественных пространств». Слева – направо: О. Аллес, Ю.Б. Айзенберг, В.П. Будаков, А.Э. Юнович

должно решать одновременно и задачу создания комфортной световой среды

Заведующий лабораторией, учёный секретарь ФГБУН Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН А.Л. Закгейм, в докладе «Динамическое управление системами освещения светодиодами с широким изменением цветовых температур и высоким качеством цветопередачи» проанализировал возможности управления цветностью в ОУ с СД, где особо остановился на соответствующем программном обеспечении. Современная ОУ все более соответствует понятию «оптико-электронная система»: датчики, автоматическое управление, программное освещение. Эта тенденция требует изменений и в подходах к проектированию современных ОУ.

Старший инженер ВНИСИ им. С.И. Вавилова и оператор мобильной светотехнической лаборатории М.А. Федорищев в докладе «Утилитарное наружное освещение: технические требования и методы контроля светотехнических параметров» остановился на требованиях к ОУ дорожного и уличного освещения, методах и средствах их контроля.

В докладе «Светодиоды в проектировании архитектурного освещения зданий различного назначения» главный специалист ГлавПУ Москомархитектуры И.Г. Цветкова, продемонстрировала возможности использования цветного освещения зданий в г. Москвы. Особое внимание в докладе было уделено проектированию освещения с помощью лицензионных программ моделирования ОУ на компьютере.

Представитель Международного сообщества городского освещения *LUCI*, менеджер проектов му-



Рис. 2. Слушатели сессии юбилейного LED Форума

ниципалитета города Эйнховен (Нидерланды) Ирмо Кааль в докладе «Умный город для умного общества: городское освещение города Эйнховен – 2030» убедительно показал, что использование современных интеллектуальных технологий в масштабах города требует нового уровня технологий решения организационных проблем. Докладчик рассказал о происходящем сегодня проектировании освещения г. Эйнховен совместными усилиями фирмы *Philips* и технического университета Эйнховена при заинтересованном участии всех жителей города. Именно такое заинтересованное всеобщее участие в обсуждении и разработке концепции и схем городского освещения позволяет жителям города быть причастными к созданию среды собственного города, осознавать ответственность за те или иные решения по городскому планированию, что правдиваает многомиллионные вложения в проект.

Директор Центра фотоники и квантовых материалов «Сколтех» Ильдар Габитов и директор Центра исследовательских программ «Сколтех» Игорь Селезнев в сов-

местном докладе «Корпусирование мощных светодиодных источников света высокой надёжности: новые решения и перспективы» рассказали о разработке и применении новой теплопроводящей керамики, использование которой позволяет избежать таких рисков для надёжности, как усталость паяных контактов и выкачивание термической смазки.

Зав. кафедрой «Архитектурная физика» Московского архитектурного института Н.И. Щепетков, в докладе «Применение светодиодов в архитектурном освещении Москвы» убедительно и аргументировано, на конкретных примерах освещения зданий в г. Москве показал, к чему приводит бесконтрольное и непродуманное использование цветных световых приборов при «непрозрачном» принятии решений по вопросам наружного освещения. Доклад вызвал широкую и очень активную дискуссию: применение цветных ОУ имеет большие возможности, но и таит опасности «попугайного» расцветивания зданий.

Проф. В.П. Будак

Алексею Александровичу Коробко – 70 лет

2 декабря 2016 г. исполнилось 70 лет Алексею Александровичу Коробко – известному специалисту в области расчётов световых приборов и осветительных установок, кандидату технических наук, члену редколлегии журнала «Светотехника», ведущему научному сотруднику ВНИСИ, руководителю группы специального программного обеспечения ГК «Светосервис».

После окончания Московского энергетического института по специальности «Светотехника и источники света» в 1971 г. А.А. Коробко был распределён в головной проектный институт Министерства среднего машиностроения, где проектировал освещение ряда объектов отрасли. Ещё на преддипломной практике А.А. Коробко познакомился с Г.Б. Бухманом, заразившим его новой идеей – щелевыми световодами, которая не только определила тему диплома, но и стала на долгие годы основным направлением его творческой и научной деятельности.

В 1974 г. А.А. Коробко по приглашению Ю.Б. Айзенберга переходит к нему в отдел во ВНИСИ, где в это время создаётся лаборатория щелевых световодов под руководством В.М. Пятигорского. В атмосфере творческого энтузиазма усилиями небольшого коллектива к началу 80-х годов удалось решить сложную комплексную проблему по освоению промышленного производства осветительных устройств со щелевыми световодами, принципиально нового направления не только в отечественном, но и мировом светотехническом приборостроении. Главным полем деятельности А.А. Коробко была разработка методов расчёта устройств и установок со световодами. Результаты этих исследований легли в основу кандидатской диссертации А.А. Коробко, которую он защитил в 1984 г.

Дальнейшим развитием данного направления стало исследование эффективности использования полых световодов для освещения помещений солнечным светом. Разработанная А.А. Коробко математическая модель гелиоосветительной установки позволила реализовать проект солнечной осветительной установки «Heliobus» в Швейцарии, по-



лучившей высокую оценку специалистов за рубежом.

Другим важным в теоретическом плане направлением деятельности А.А. Коробко явилась в эти годы разработка совместно с О.К. Куцом метода расчёта отражателей для источников света конечных размеров. Найденные системы дифференциальных уравнений профиля осесимметричных и цилиндрических отражателей позволяют для ИС с реальными размерами и распределением яркости рассчитывать оптические системы, обеспечивающие заданное светораспределение.

В начале 1994 г. А.А. Коробко переходит в «Светосервис», где основной вид его деятельности связан с разработкой программного обеспечения для проектных работ. В 1996 г. в соавторстве с Д.Ю. Чепелевским была создана первая российская профессиональная программа для проектирования наружного освещения Light-in-Night, позволившая предпочтительно полностью перейти на компьютерное проектирование ОУ. Следующим шагом явилась разработка общедоступной программы для расчёта дорожного освещения Light-in-Night Road. Важным результатом деятельности А.А. Коробко явилась разработка методики расчёта нормативных показателей для наружного освещения и нормы освещения автотранспортных туннелей, вошедших в новые нормы наружного освещения Москвы.

А.А. Коробко опубликовано более 100 научных работ. Среди них важно отме-

тить его участие в создании 3-го издания «Справочной книги по светотехнике», где, опираясь на современную методологию светотехнического проектирования, им был полностью переработан раздел «Светотехнические расчёты ОУ», а также написаны новые подразделы: «Проектирование дорожного освещения по международным правилам и нормам», «Освещение автотранспортных туннелей», «Аварийное освещение». Ряд статей опубликован в светотехнических журналах Германии, Англии, Чехословакии, а также в трудах многих отечественных и зарубежных научно-технических конференций.

Являясь специалистом высокого уровня, А.А. Коробко принимает активное участие в работе Международной комиссии по освещению, представляя Россию в отделении 5 «Наружное освещение». Выступал с докладами на сессиях и конференциях МКО в Нагое, Варшаве, Стамбуле, Сан-Диего. В 2003 г. был награждён дипломом МКО.

В последние годы А.А. Коробко стал признанным авторитетом в области нормирования, расчётов и измерений в области дорожного и тоннельного освещения и в настоящее время является чрезвычайно востребованным специалистом, принимая активное участие в разработке многих стандартов на осветительные приборы и установки.

Алексей Александрович Коробко пользуется заслуженным авторитетом среди специалистов, его высокие человеческие и профессиональные качества вызывают искреннее уважение. Его коммуникабельность, внимание и уважение к мнению коллег, доброжелательность и тактичность создают деловую, творческую и дружелюбную обстановку в коллективе, где он работает.

От всей души поздравляем Алексея Александровича с юбилеем! Желаем здоровья, благополучия и счастья! Пускай реализуются все планы и воплотятся заветные мечты! Пусть все текущие проблемы, как на работе, так и дома, в семье, решаются моментально.

**Редколлегия, редакция,
сотрудники ГК «Светосервис»
и ВНИСИ им. С.И. Вавилова**

Николаю Ивановичу Емельянову – 70 лет

11 сентября 2016 года отметил своё 70-летие исполнительный директор Ассоциации производителей светотехнических изделий «Российский свет» Николай Иванович Емельянов.

Н.И. Емельянов родился 11 сентября 1946 года в селе Чеберчино Дубенского района Мордовской АССР. Окончив светотехнический факультет Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва по специальности «Светотехника и источники света», в 1969 году поступил на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт источников света имени А.Н. Лодыгина (ВНИИИС).

Вся трудовая деятельность Н.И. Емельянова связана со светотехнической промышленностью: более 24 лет Н.И. Емельянов проработал во ВНИИИСе, более 23 лет (с 1993 года) – в Ассоциации «Российский Свет», объединяющей большинство электроламповых и светотехнических заводов России и несколько предприятий из стран Евразийского экономического союза.

Работая во ВНИИИСе, Н.И. Емельянов прошёл путь от инженера-разработчика новых источников света, ведущего конструктора, ст. научного сотрудника, заместителя заведующего отделом газоразрядных ламп высокого давления, заведующего отделом качества и надёжности до руководителя испытательного сертификационного центра источников света, аккредитованного Госстандартом России.

Во время работы во ВНИИИСе Н.И. Емельянов был ответственным исполнителем и научным руководителем научно-технических программ Министерства электротехнической промышленности СССР. При его непосредственном участии или под его руководством были разработаны и запущены в производство несколько серий газоразрядных ламп высокого давления с повышенными эксплуатационными характеристиками, в том числе металлогалогенные лампы для общего освещения и цветного телевидения, натриевые лампы высокого



давления и другие источники света различного назначения.

Большое значение имели работы Н.И. Емельянова по повышению качества и надёжности источников света, разработке и аттестации систем качества электроламповых заводов, комплекс работ по организации и аккредитации Госстандартом РФ первого государственного испытательного сертификационного центра электрических ламп в Республике Мордовия на базе ВНИИИС им. А.Н. Лодыгина. Эти работы позволили поднять технический уровень ряда отечественных электрических ламп, приступить к решению проблемы обязательной сертификации светотехнической продукции в России.

Работая в Ассоциации «Российский Свет» с 1993 года сначала главным специалистом по науке, источникам света, затем заместителем исполнительного директора, а с 2002 года – исполнительным директором, Н.И. Емельянов принимал непосредственное участие в реализации мероприятий и работ, в том числе в рамках Федеральной программы экономического и социального развития Республики Мордовия, направленных на сохранение и развитие научно-производственного потенциала электроламповых и светотехнических предприятий России (проект «Российский свет» Федеральной программы экономического и социального развития Республики

Мордовия на 1996–2000 годы). Участвовал в реализации комплекса работ по энерго- и ресурсосберегающим светотехническим изделиям и технологиям, в подготовке и осуществлении защитных мер в отношении отечественных потребителей и производителей светотехнических изделий от неконтролируемого импорта небезопасных светотехнических изделий. Активно сотрудничал со Светотехнической Торговой Ассоциацией, Межрегиональным Светотехническим Обществом, с Международной организацией «Интерэлектро» в рабочей группе по светотехнике.

В настоящее время Н.И. Емельянов осуществляет мониторинг ситуации на российском светотехническом рынке в интересах участников Ассоциации «Российский Свет», постоянно взаимодействуя с руководителями и ведущими специалистами светотехнических предприятий России и ЕАЭС по вопросам сохранения и развития светотехники в России.

Николай Иванович является автором более 30 научных статей, докладов и изобретений, ему присвоены звания «Почётный машиностроитель» (от Министерства промышленности, науки и технологий РФ), «Заслуженный работник электротехнической промышленности Республики Мордовия», «Ветеран труда», а также лауреата конкурсов научно-технического творчества молодёжи на ВДНХ СССР в 1972, 1974, 1976, 1978 годах. Н.И. Емельянов награждён Почётной Грамотой Республики Мордовия, Почётными Грамотами Минэлектротехпрома СССР, Оргкомитета «Олимпиады-80», Почётными Грамотами руководства ВНИИИС и Ассоциации «Российский Свет», серебряной и двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

Редакция журнала «Светотехника» от всей души поздравляет Николая Ивановича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья и энергии для дальнейшей активной и плодотворной научной и общественной деятельности!

СОДЕРЖАНИЕ

ЖУРНАЛА «СВЕТОТЕХНИКА» ЗА 2016 ГОД

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Айзенберг Ю.Б. На границе двух периодов журналов. № 1. С. 4.

Блаттнер П., Даниленко К., Зак П., Текшева Л., Шаракшанэ А. Световая среда для человека: наука, промышленность и закон. № 1. С. 45.

Боос Г.В. Роль холдинга БЛ ГРУПП в развитии светотехнической отрасли. № 5. С. 4.

Киричок А.И., Сибриков А.В. Интеллектуальный прорыв в управлении освещением. Опытное производство устройств управления. № 5. С. 29.

Крыжов М.В. Как покорить международный светотехнический рынок под лозунгом «Качество европейское, цены ниже китайских»? № 5. С. 52.

Павлов Н.Л. О цветовом представлении природных основ жизни. № 3. С. 57.

Потапова Н.В. Копилка светлых идей. № 3. С. 61.

Ходырев Д.М. Между производителем и потребителем: способы коммуникации в светотехнике. Что изменилось за 10 лет (2006–2016). № 5. С. 55.

Шашин П.А. Аддитивные технологии в производстве светотехнических изделий. № 5. С. 50.

БИЗНЕС И ИННОВАЦИИ

№ 1. С. 7, 17, 20, 30, 44, 55; № 2. С. 13, 37, 51; № 6. С. 4, 29, 42, 47, 54, 61.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Вагин Г.Я., Малафеев О.Ю., Мартынюк М.В. Исследование парка источников света, оценка электропотребления и потенциала экономии электроэнергии в системах освещения России. № 3. С. 12.

Дин И., Ким Х. Энергоэффективное управление мощностью оптического излучения в беспроводной связи через видимый свет. № 2. С. 19.

ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Бакши Б.Г., Дутта А., Рой Б. Независимая от мощности модель КЛЛ с выносным электромагнитным ПРА, основанная на динамической проводимости. № 4. С. 59.

Бхаттачарджи А., Мазумдар С. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению. № 2. С. 29.

Диденко А.Н., Прокопенко А.В. Источники света на основе СВЧ-разряда малой мощности. № 4. С. 55.

Левченко В.А., Попов О.А., Свитнев С.А., Старшинов П.В. Электрические и излучательные характеристики лампы трансформаторного типа с разрядной трубкой диаметром 16,6 мм. № 1. С. 41.

Мукхерджи А., Сони А. О влиянии повышения температуры окружающей среды на срок службы светодиодов. № 1. С. 31.

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Байрам Г., Казанасмаз Т. Оптимизация солнцезащитных устройств и повышение энергоэффективности искусственного освещения учебного здания. № 4. С. 44.

Бхаттачарджи А., Мазумдар С. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению. № 2. С. 29.

Крюков О.В., Серебряков А.В. Современные системы наружного освещения компрессорных станций. № 1. С. 15.

Лебедкова С.М., Лузина Ю.А. Исследование эффекта «приукрашивания» цвета разноспектральными излучениями. № 1. С. 25.

Ли Л., Цай Х. Возможное воздействие освещения светодиодами на эргономику офиса: влияние возможности плавного управления освещением на набор текстов и подбор цветов объектов по образцам. № 2. С. 38.

Новаковский Л.Г. Проблемы освещения храмов и их решения. № 4. С. 11

Овчаров А.Т., Селянин Ю.Н. Технология *Solatube*[®], перспективы в архитектуре и строительстве в России. № 1. С. 35.

Озтюрк Л.Д., Эрбил Ф.А. Экспериментальное исследование по освещению зеркал. № 1. С. 8.

Осиков М.В., Гизингер О.Г., Огнева О.И., Бокова О.Р., Чудинова В.Г. Сравнительный анализ влияния искусственного освещения на поведенческую активность экспериментальных животных. № 3. С. 66.

Голубин С.А., Ломанов А.Н., Никитин В.С., Комаров В.М., Семёнов Э.И. Исследование влияния светотехнической схемы оптических министиков на их характеристики. № 6. С. 34.

Соловьёв А.К. Современное состояние и перспективные направления исследований в области строитель-

ной светотехники в архитектурно-строительных вузах и НИИ. № 6. С. 13.

СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

Айзенберг Ю.Б., Бухман Г.Б., Коробко А.А., Пятигорский В.М. Несколько нереализованных конструктивных решений оптических схем и осветительных систем с полыми световодами. № 3. С. 4.

Барцев А.А., Пятигорский В.М., Столяревская Р.И., Шаракшанэ А.С. Исследования спада светового потока светодиодных светильников «ЭНЕРКОМ». № 4. С. 5.

Беспалов Н.Н., Капитонов С.С., Капитонова А.В. Исследование процессов в светильнике со светодиодами при вариации температурного коэффициента напряжения отдельных светодиодов. № 2. С. 4.

Дзошкун С., Сёкмэн К.Ф., Яманкарадениз Н. Гидродинамическое исследование разновидностей переноса тепла в противотуманной автофаре. № 3. С. 22.

ОБЛУЧАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Коган Л.М., Колесников А.А., Туркин А.Н. Новые мощные ультрафиолетовые и фиолетовые излучающие диоды. № 2. С. 57.

Кузьмин В.Н., Николаев С.Е. Методы и приборы для оперативной оценки энергоэффективности оптического излучения в условиях светокультуры. № 4. С. 41.

Прикупец Л.Б. Тепличные светильники «Галад» для светокультуры растений. № 5. С. 47.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О.В., Спиридонов А.В. Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств. № 6. С. 67.

Земцов В.А., Соловьёв А.К., Шмаров И.А. Яркостные параметры стандартного неба МКО в расчётах естественного освещения помещений и их применение в различных светоклиматических условиях России. № 6. С. 55.

Сапрыкина Н.А. Солнечный свет как организующий фактор формирования динамической архитектуры». № 6. С. 48.

ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

Вазифехдан Дж., Махдавиньяд М. Дж., Никюдел Ф. Здания ночью: взаимосвязь наружного освещения и зрительной привлекательности. № 4. С. 20.

Ефимов А.В., Карпенко В.Е., Щепетков Н.И. Освещение набережных Владивостока и города в целом. № 5. С. 62.

Коробко А.А., Пятигорский В.М., Черняк А.Ш., Шахпарунянц А.Г. Роль нормирования и контроля в создании качественного наружного освещения. № 5. С. 43.

Щепетков Н.И. Итоги и перспективы развития светового дизайна в городах России. № 6. С. 6.

Нарбони Р. От светового урбанизма к ночному урбанизму. № 6. С. 30.

ФОТОМЕТРИЯ И КОЛОРИМЕТРИЯ

Арапов С.Ю., Арапова С.П., Тягунов А.Г. Гибридный лабораторный источник света для полиграфии, спектрально близкий к стандартным излучателям «D». № 2. С. 24.

Барцев А.А., Беляев Р.И., Столяревская Р.И. Проект определения фотометрических характеристик осветительных приборов на основе спектрорадиометрических измерений в Испытательном центре «ВНИСИ». № 3. С. 48.

Боос Г.В., Григорьев А.А. О координатах цветности основных цветов колориметрической системы КЗС. № 3. С. 30.

Максимайнен М., Пуолакка М., Тетри Э., Халонен Л. О влиянии положения наблюдателя на результаты фотометрических измерений в условиях сумеречного зрения. № 4. С. 33.

Сломиньский С. Некоторые аспекты современных методов измерения яркости светильников с большим количеством светодиодов. № 1. С. 21.

ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ, ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Валюхов В.П., Загкейм А.Л., Тальнишних Н.А., Черняков А.Е. Динамически управляемая система освещения светодиодами с широким диапазоном цветовых температур (2800–10000 К) и высоким качеством цветопередачи ($R_a > 90$). № 6. С. 19.

Гончаров И.Н., Кабышев А.М., Козырев Е.Н., Малдзигати А.И. Разработка и оптимизация источника питания для гибких электролюминесцентных панелей. № 6. С. 39.

ТЕОРИТИЧЕСКАЯ СВЕТОТЕХНИКА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Анисимов В.И., Будаков В.П., Жуков В.В., Калашин Г.А., Шишкин С.А. Дальность видимости светодиодных сигнальных огней. № 4. С. 28.

Барчугова Е.В., Рочегова Н.А. Видео-мэппинг. От презентации до архитектуры. № 2. С. 14.

Бодроги П., Линь Я., Стоянович Д., Хан Т.К. Цветовые температуры, предпочитаемые проживающими в Германии китайцами и европейцами. № 1. С. 18.

Будак В.П., Мешкова Т.В. Модели зрительного дискомфорта от блёскости источника. № 3. С. 43.

Дженгиз Д., Максимайнен М., Пуолакка М., Халонен Л. Влияние высоко ярких объектов на обнаружение периферийных целей в условиях сумеречного зрения. № 2. С. 7.

Кранич Б., Саволи Ж., Хорват А. Реконструкция спектра по координатам цвета методами анализа главных компонентов и генетической оптимизации. № 3. С. 35.

Кудрякова С.М., Снетков В.Ю. Исследование зрительной работоспособности и утомления при работе с чёрным текстом на цветном фоне. № 2. С. 48.

Малов И.А. Тенеобразование. № 4. С. 53.

Рябцева А.А., Зак П.П., Андрюхина А.С., Коврижкина А.А., Трофимова Н.Н., Лапина В.А. Исследование остроты зрения у лиц молодого возраста в зависимости от спектрального состава искусственного освещения. № 6. С. 26.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЁТЫ

Коробко А.А., Чепелевский Д.Ю. Развитие светотехнического программного обеспечения в Холдинге. № 5. С. 33.

Мандал П., Рой Б. Моделирование в «*MATLAB*» общего внутреннего освещения с использованием *IES*-файлов светильников. № 2. С. 52.

Павлак А. Сравнение результатов компьютерного моделирования эвакуационного освещения. № 3. С. 51.

СВЕТОВОЙ ДИЗАЙН

Матвеев Н.В., Прокопенко В.Т., Сапунова Н.П., Фридман Д.А. Исследование влияния светомузыкальных спектаклей на психофизиологическое состояние человека. № 1. С. 5.

Щепетков Н.И. Актуальный светодизайн для классической архитектуры. № 2. С. 33.

Щепетков Н.И. Итоги и перспективы развития светового дизайна в городах России. № 6. С. 6.

Нарбони Р. От светового урбанизма к ночному урбанизму. № 6. С. 30.

Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О.В., Спиридонов А.В. Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств. № 6. С. 43.

Сапрыкина Н.А. Солнечный свет как организующий фактор формирования динамической архитектуры. № 6. С. 48.

ДИСКУССИИ

Нилов Е.Е., Степанов В.Н. Дизайн освещения: трудности перевода и критерии оценки. № 2. С. 62.

Щепетков Н.И. К выходу очередного пособия Москомархитектуры по комплексному благоустройству и освещению Москвы. № 3. С. 73.

Дискуссия по статье Вагина Г.Я., Малафеева О.Ю., Мартынюка М.В. «Исследование парка источников света, оценка электропотребления и потенциала экономии электроэнергии в системах освещения России», опубликованной в журнале «Светотехника», № 3, стр. 12–21: **Айзенберг Ю.Б. и Варфоломеев Л.П.** «Замечания и предложения». № 6. С. 67; **Лесман Е.А.** «Об энергобережении в осветительных установках». № 6. С. 68.

ИНТЕРВЬЮ

Интервью журналу директора департамента науки и технологии московского Представительства Тайбэйско-Московской координационной комиссии по экономическому и техническому сотрудничеству (ТМЕССС) д-ра Фу Чжао-мина. № 1. С. 61.

Интервью журналу Министра энергетики Московской области В.Л. Неганова. № 1. С. 59.

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Лесман Е.А. По статье Нилова Е.Е. и Степанова В.Н. «Дизайн освещения: трудности перевода и критерии оценки» // Светотехника. – 2016. – № 2. – С. 62–65. № 4. С. 67.

ПРЕЗЕНТАЦИЯ ФИРМ

Боос Г.В. Роль холдинга БЛ ГРУПП в развитии светотехнической отрасли. № 5. С. 4.

Боос Е.Г. Проектное подразделение Холдинга как важная составляющая предприятия полного цикла. № 5. С. 18.

Верясов А.Г. «ОПОРА ИНЖИНИРИНГ»: конструирование и технологии производства опор и металлоконструкций. № 5. С. 41.

Данилов Б.Б. Разработка и производство светильников со светодиодами на Лихославльском заводе «Светотехника». № 5. С. 37.

Киреев А.В. Группа компаний «Светосервис»: 25 лет в ногу со временем. № 5. С. 26.

Койнов С.В. Конструкторско-дизайнерские разработки и производство осветительных приборов в холдинге БЛ ГРУПП. № 5. С. 21.

ООО «Производственное объединение «ЭНЕРКОМ» № 4. С. 4.

Сибрикова И.А., Шерри Н.С. Социальная ответственность холдинга БЛ ГРУПП. № 5. С. 14.

МАРКЕТИНГ И РЫНОК СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Крыжов М.В. Как покорить международный светотехнический рынок под лозунгом «Качество европейское, цены ниже китайских»? № 5. С. 52.

Ходырев Д.М. Между производителем и потребителем: способы коммуникации в светотехнике. Что изменилось за 10 лет (2006–2016). № 5. С. 55

НОВОЕ В ОБЛАСТИ СВЕТОДИОДОВ

Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Валухов В.П., Загкейм А.Л., Тальнишних Н.А., Черняков А.Е. Динамически управляемая система освещения светодиодами с широким диапазоном цветовых температур (2800–10000 К) и высоким качеством цветопередачи ($R_a > 90$). № 6. С. 19.

ВИДИМЫЙ СВЕТ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И ВОПРОСЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Партнёрство с группой китайских учёных (перечень статей, опубликованных в журнале «Light & Engineering»). № 5. С. 69.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Клюев А.В. Светодиодный 3D-дисплей с электромеханической развёрткой изображения. № 2. С. 60.

Крылов В.Н., Ошевенский Л.В., Рыжакина А.Ю. Влияние светового режима на вегетативный статус крыс. № 1. С. 50.

ОБМЕН ОПЫТОМ

Дергунова Н.Н., Кошин И.Н., Рожкова Т.А. Технологии выхода из кризиса или новый стартап «НИИИС имени А.Н. Лодыгина». № 1. С. 53.

Ломанов А.Н., Никитин В.С., Семёнов Э.И., Солостин А.В., Чайка С.В. Применение аддитивных технологий для производства волоконно-оптических делителей. № 1. С. 56

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Пашковский Р.И. Искусственное освещение медицинских учреждений. № 4. С. 70.

Пашковский Р.И. Панель противопожарных устройств здания. № 3. С. 76.

Пашковский Р.И. ГОСТ Р 50571.4.42–2012/МЭК 60364–4–42:2010 «ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКО-

ВОЛЬТНЫЕ, ЧАСТЬ 4–42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий». № 1. С. 64.

Пашковский Р.И. ГОСТ Р 50571.7.702–2013 / МЭК 60364–7–702:2010 «ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКО-ВОЛЬТНЫЕ. ЧАСТЬ 7. Требования к специальным установкам или местам их размещения. Раздел 702. Плавательные бассейны и фонтаны». № 2. С. 66.

Пашковский Р.И. Аварийное освещение. Нормативные документы. № 6. С. 62.

Содержание журнала за 2016 год. № 6. С. 75.

ХРОНИКА

БЛ ГРУПП и Министерство инфраструктуры Ирана договорились о сотрудничестве. № 4. С. 32.

БЛ ГРУПП провёл переговоры с индийским министром. № 4. С. 32.

Fagerhult на выставке «light + building»: ставка на инновации. № 2. С. 72.

Thorn освещает французские футбольные стадионы для финала ЕВРО 2016. № 3. С. 72.

Всероссийский фестиваль энергосбережения. № 5. С. 59.

Выставка «ИЗОБРЕТАТЕЛИ». № 4. С. 79.

Дорога нового поколения. № 4. С. 71.

Защита диссертации. № 4. С. 58.

К 90-летию со дня рождения А.Б. Матвеева. Каменская Г.В. № 1. С. 58.

Международные конференции и выставки в 2016 году (II полугодие). № 2. С. 79.

Миллионная световая точка для российских теплиц. № 3. С. 65.

Модернизация уличного освещения в Лиссабоне. № 3. С. 50.

Памяти

Л.В. Абрамовой. № 2. С. 47.

А.Е. Артёмова. № 5. С. 77.

А.И. Рымова. № 2. С. 77.

Победа LED. № 3. С. 65.

Поздравляем

Ю.Б. Айзенберга. № 2. С. 70.

С.Г. Ашуркова. № 3. С. 21.

Л.П. Варфоломеева. № 4. С. 68.

А.А. Коробко. № 6. С. 73.

Н.И. Емельянова. № 6. С. 74.

Р.И. Пашковского. № 3. С. 34.

Л.Б. Прикупца. № 1. С. 52.
Р.И. Столяревскую. № 2. С. 32.
К.А. Томского. № 4. С. 72.
Т.Л. Флодину. № 4. С. 71.
Н.И. Щепеткова. № 6. С. 70.
Пять ярких вечеров фестиваля «Круг света». № 5. С. 78.
Создание научно-технического совета «Светотехника». № 5. С. 51.
Федорищев П.А., Шапаруняц А.Г. Всероссийскому научно-исследовательскому светотехническому институту им. С.И. Вавилова – 65 лет. № 5. С. 73.
Защита диссертации аспирантами кафедры светотехники НИУ «МЭИ». № 6. С. 38.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

Подписывайтесь на журнал «Светотехника». № 1. С. 86.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

«*Interlight Moscow powered by light+buildings*» (анонс). № 1. С. 87., № 2. С. 71., № 4. С. 74., № 5. 2 с. обл.

«**LED FORUM 2016**»: Освещение общественных пространств (анонс). № 4. С. 75, № 5. С. 72.

БЛ ГРУПП – крупнейшее отечественное светотехническое объединение (холдинг *BL Group*). № 5. С. 60–61.

«**LICS Indoor**» – интеллектуальная система управления освещением (компания *Vossloh-Schwabe*). № 2. 4 с. обл.

«**Smart Lighting**» – Разумный свет – в любое время. № 3. 4 с. обл.

БЛ ГРУПП – лидер на российском рынке светотехнических изделий. № 5. 3 с. обл.

«**Линейное**» светодиодное освещение – для офисных и торговых помещений (компания *Vossloh-Schwabe*). № 1. 4 с. обл.

4-й Симпозиум МКО по цветовому и визуально воспринимаемому облику. № 3. С. 79.

Аккредитованная испытательная лаборатория ГП «ЦСОТ НАН Беларуси». № 1. С. 49, № 2. С. 65, 78, № 3. С. 55.

Архитектурное освещение Патриаршего моста в Москве. № 5. 1 с. обл.

ГЛОБУС ГУРМЭ оснащены СД модулями *Vossloh Schwabe*. № 3. С. 1.

ЕВРО 2016 на стадионе *Allianz-Ривьера* в Ницце. № 3. 1 с. обл.

Испытательный центр светотехнической продукции ВНИСИ им. С.И. Вавилова (ИЦ ВНИСИ). № 2. С. 76.

Комплексное предложение для реконструкции освещения АЗС (*GALAD*). № 4. 2 с. обл.

Лаборатория «АРХИЛАЙТ». № 4. С. 76.

Линейный светильник «*ALU-MAXi ASYM*» – в проекте по освещению витрин гипермаркета «Спортмастер» (*Vossloh Schwabe*). № 4. С. 1.

Магазин «*H. Stern*». Крокус Сити Молл, Москва, Россия (компания *Vossloh-Schwabe*). № 1. С. 1.

Международная научно-практическая конференция «Световой дизайн – 2016». № 2. С. 74.

Новинки *GALAD* для освещения городов (холдинг *BL Group*). № 1. 3 с. обл., № 2. 3 с. обл.

Объявлен конкурс на соискание Премии имени О.В. Лосева. № 1. С. 55.

Оптика любой формы для формирования идеального освещения (*Vossloh Schwabe*). № 4. 4 с. обл.

Освещение образовательных учреждений (*GALAD*). № 4. 3 с. обл.

Освещение супермаркета светильниками со светодиодными модулями *Vossloh-Schwabe DMS128 4000K 28W*. № 6. 2 с. обл.

Отчёт о выполнении проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции». Шаракшанэ А.С. № 1. С. 69.

Правила оформления рукописей. № 4. С. 18.

Программа «Light in Night Road». № 3. 3 с. обл.

Регистрация новой торговой марки *Wunschleuchten*. № 3. С. 78.

Решения с применением силиконовой оптики *Vossloh-Schwabe* с модулями «*LUGA COB*». № 6. 4 с. обл.

Светильник *Vossloh-Schwabe* в освещении магазина *Helly Hansen*. № 5. С. 1.

Светильники *GALAD «Cordoba LED»* (холдинг *BL Group*). № 1. 2 с. обл.

Светильник со светодиодами *GALAD АРКЛАЙН LED*. № 6. 3 с. обл.

Светодиодные блоки питания (компания *Vossloh-Schwabe*). № 5. 4 с. обл.

Специализированная выставка «Промышленная Светотехника» впервые в Москве! № 1. С. 34.

Тюнинг-ателье. Москва, Бережковская наб., 20/87 (компания *Vossloh-Schwabe*). № 2. С. 1.

Холдинг БЛ ГРУПП – крупнейшее отечественное объединение на светотехническом рынке. № 2. 2 с. обл., № 3. 2 с. обл.

ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ



Холдинг **BL GROUP**



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ПЛАТИНОВЫЕ



ГЛОБАЛ
ЛАЙТИНГ

ЗОЛОТЫЕ



СЕРЕБРЯНЫЕ



БРОНЗОВЫЕ



TENZOSENSOR



СВЕТОВЫЕ СИСТЕМЫ



СВЕТИЛЬНИК СО СВЕТОДИОДАМИ GALAD АРКЛАЙН LED

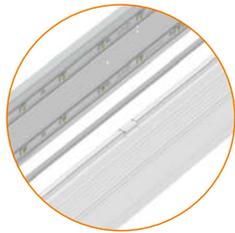
аналог ЛСП



Ударопрочный, морозостойкий светостабилизированный поликарбонат

Ударопрочный сополимер

Прочные и долговечные клипсы



Уплотнительная прокладка для обеспечения герметичности

Светодиоды последнего поколения



Модификации для магистрального (сквозного) подключения

Простой монтаж - сначала крепится арматура, потом светильник, разметка для монтажа на упаковке

Применение:

Производственные помещения и ангары высотой до 6 метров, складские и логистические комплексы, крытые парковки, крытые спортивные сооружения.

IP65 50 000ч -40 ... +40° C

LED 40 Вт ГАРАНТИЯ 3

Напряжение: 220 ± 10% В

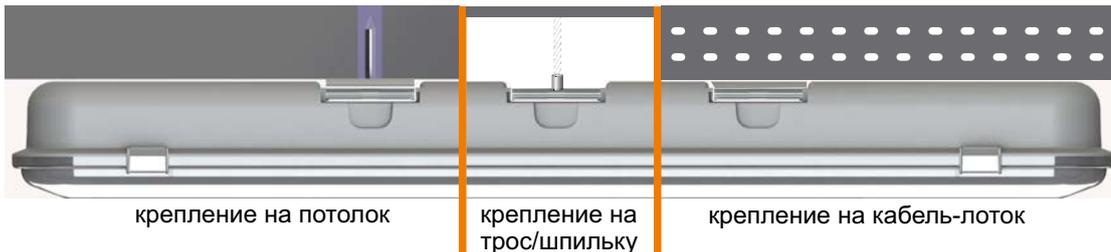
Частота: 50 Гц

Коэффициент мощности ≥ 0,95

Цветовая температура: 4000 К

Класс защиты: II

Габариты: 1202x115x67мм



крепление на потолок

крепление на трос/шпильку

крепление на кабель-лоток

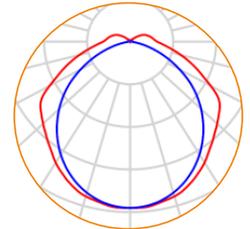


ТАБЛИЦА МОДИФИКАЦИЙ:

НАИМЕНОВАНИЕ СВЕТИЛЬНИКА	АРТИКУЛ	МОЩНОСТЬ, ВТ	СВЕТОВОЙ ПОТОК ЛМ	РАСSEИВАТЕЛЬ	МАССА, КГ
GALAD Арклайн Премиум LED-40	1003346	35	3800		2,0
GALAD Арклайн Премиум LED-40 (БАП)	1003347	35	3800		2,1
GALAD Арклайн Премиум LED-40 (СП)	1003348	35	3800		2,0
GALAD Арклайн Премиум LED-40 (СП-БАП)	1003349	35	3800		2,1
GALAD Арклайн Стандарт LED-40	1003350	35	3800		2,2
GALAD Арклайн Стандарт LED-40 (БАП)	1003351	35	3800		2,3
GALAD Арклайн Стандарт LED-40 (СП)	1003352	35	3800		2,4
GALAD Арклайн Стандарт LED-40 (СП-БАП)	1003353	35	3800		2,5
GALAD Арклайн Эконом LED-40	1003354	40	3900		2,2
GALAD Арклайн Эконом LED-40 (БАП)	1003355	40	3900		2,3
GALAD Арклайн Эконом LED-40 (СП)	1003356	40	3900		2,4
GALAD Арклайн Эконом LED-40 (СП-БАП)	1003357	40	3900		2,5

БАП - комплектация блоком аварийного питания, СП - наличие сквозной проводки



Решения с применением силиконовой оптики с модулями «LUGA COB»

Силиконовая оптика для COB модулей

- КОНСТРУКЦИЯ И МАТЕРИАЛ ОПТИКИ ПОЗВОЛЯЮТ КОМПЕНСИРОВАТЬ ПРИ ФИНАЛЬНОЙ СБОРКЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ, ЧТО СОКРАЩАЕТ ЦИКЛ ПРОИЗВОДСТВА
- ОПТИКА ПРОНИЦАЕМА ДЛЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ, ГАРАНТИРУЯ СТАБИЛЬНУЮ ЦВЕТНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ
- ПРЕВОСХОДНОЕ СВЕТОПРОПУСКАНИЕ, ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
- ВЫСОКАЯ ТЕРМОСТОЙКОСТЬ В ПРЕДЕЛАХ ОТ -45 ДО +200 °С
- СТОЙКОСТЬ К УФ-ИЗЛУЧЕНИЮ, БЕЗ ЭФФЕКТА ПОЖЕЛТЕНИЯ
- СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ: IK08
- СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ: IP65
- ОПТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ: ДО 97 %

