

ОБРАЩЕНИЕ ЖУРНАЛА

Дорогие коллеги и друзья,
читатели и читательницы журнала
«Светотехника»!!!

Журнал может существовать в 2014 г. только благодаря резкому повышению цены подписки – до 1500 руб. за номер со второго полугодия текущего года (4500 руб. за полугодие) и финансовой поддержке таких ведущих компаний, как *BL Group* (генеральный партнёр), «Световые Технологии» и ряд других, список которых публикуется в конце журнала.

Мы приносим извинение за эту вынужденную меру и благодарим всех, кто поддержал издание и подписался на журнал на этот период.

В дальнейшем снижение стоимости подписки окажется возможным лишь при существенном расширении числа компаний-партнёров и подписчиков нашего издания. Так, важнейший светотехнический журнал США «*Lighting Design+Application*» существует на взносы 140 компаний Северной Америки.

Мы призываем всех, кто любит и ценит журнал, поддержать это издание и стать его партнёром или подписчиком!

Мы надеемся, что общими усилиями, вместе с партнёрами журнала, нам удастся сохранить и развить гордость отечественной светотехники – старейшее в мире светотехническое издание, имеющее заслуженный международный авторитет.

Редакция и редколлегия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ю.Б. Айзенберг – главный редактор, доктор технических наук, профессор

А.Е. Атаев, доктор технических наук, профессор

С.Г. Ашурков – зам. главного редактора, кандидат технических наук

В.П. Будак, доктор технических наук, профессор

Л.П. Варфоломеев, кандидат технических наук

А.А. Григорьев, доктор технических наук, профессор

А.А. Коробко, кандидат технических наук

Д.О. Налогин, инженер

А.Т. Овчаров, доктор технических наук, профессор

Л.Б. Прикупец, кандидат технических наук

В.М. Пятигорский, кандидат технических наук

А.К. Соловьёв, доктор технических наук, профессор

Р.И. Столяревская, доктор технических наук

К.А. Томский, доктор технических наук, профессор

А.Г. Шахпаруниязц, кандидат технических наук

Н.И. Щепетков, доктор архитектуры, профессор

129626, Москва, проспект Мира,
106, ВНИСИ, а/я 34.

Тел. 7(495)682-26-54.

Тел/факс: 7(495)682-58-46.

E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru

Интернет: www.sveto-tekhnika.ru

Электронная версия журнала:

www.elibrary.ru

Старший научный редактор

С.Г. АШУРКОВ

svetlo-nr@yandex.ru

Научный редактор англоязычной версии

Р.И. СТОЛЯРЕВСКАЯ

lights-nr@inbox.ru

Научный редактор-переводчик

Е.И. РОЗОВСКИЙ

Зав. редакцией

М.И. Титаренко, Л.В. Шелатуркина

zav.red@list.ru

Секретарь редакции

А.В. ЛУКИНА

journal.svetotekhnika@mail.ru

Компьютерная подготовка издания

А.М. БОГДАНОВ

Перепечатка статей и материалов из журнала

«Светотехника» – только с разрешения редакции

За содержание и редакцию информационных материалов

ответственность несет источник информации

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов

статей

Сдано в набор 02.07.2014.

Подписано в печать 05.08.2014.

Формат 60x88 1/8. Печ. л. 10,00.

Заказ 12-255. Тираж 1200.

«Знак», 101000, Москва, Главпочтамт,

п/я 648, тел. 361-93-77.

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»

121099, Москва, Шубинский пер., д.6

СОДЕРЖАНИЕ

В НОМЕРЕ

- Обращение журнала** 1
- Бизнес и инновации** 4
- Стребков Д.С.** Перспективы использования технологий Николы Теслы в энергетике и светотехнике 12
- Брэйнард Д.К., Ханифин Д.П.** Использование энергии света: от фотонов к здоровью человека 18
- Слайни Д.Х.** Почти все лампы безопасны, но безопасность новых ламп подвергают сомнению 23
- Эргиноз Б.Т., Явуз С.** Анализ качества энергии и совершенствование люминесцентных и светодиодных источников света 28

Дёмётёр Г., Хорват А. Компьютерное моделирование сумеречного зрения на основе видеозаписей 33

Вишневыски А., Табака П. Измерение параметров светодиодных ламп при разных температурах окружающего воздуха 39

ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

Прохоренко А.В., Соловьёв А.К. Энергоэффективные технологии на службе ЖКХ (на примере экономии энергии на освещение подъездов жилого дома) 46

Быстрянцева Н.В., Матвеев Н.В. Выявление системы восприятия человеком освещённых пространств и объектов в городской среде 52

Аллаш Е.Х., Варга Д.С., Новаковский Л.Г. Модернизация световых приборов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения) 56

Русемли С., Сенгиз М.С. Оптимизация освещения тоннелей 64

Нарбони Р., Николас В. Ловушка света в вестибюле башни «Eqho» в квартале Дефанс (Париж) 70

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Жбанова В.Л., Нюбин В.В. Метод улучшения цветопередачи цифровых фото- и видеокамер 73

ДИСКУССИИ

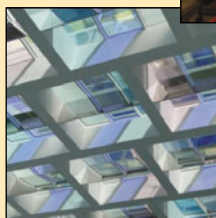
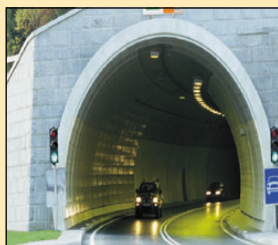
Пашковский Р.И. О технических данных светильников со светодиодами 75

4 • 2014

ИЮЛЬ • АВГУСТ

СВЕТО ТЕХНИКА

(LIGHT & ENGINEERING)



ХРОНИКА

«Ленсвету» – 80

78

От редакции

78

Поздравляем

А.И. Рымова

22

А.Л. Вассермана

22

В.С. Мордюка

38

Т.Я. Машковскую

43

В.М. Лисицына

72

Г.Н. Гаврилкину

43

А.С. Букатова

55

Н.П. Елисеева

51

В.Н. Мартынова

63

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ. НОВЫЕ КНИГИ

Подписывайтесь на журнал «Светотехника»

55

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Крупнейшее российское объединение на светотехническом рынке (компания *BL Group*)

3 с. обл.

Лидер российского светотехнического рынка (компания *BL Group*)

2 с. обл.

Супермаркет X5-Group, Москва (компания *Vossloh-Schwabe*)

44

Interlight Moscow powered by *Light + Building 2014*

79

LUGA C – светодиодные модули (COB)
(компания *Vossloh-Schwabe*)

4 с. обл.

Г.В. Боос – новый зав. кафедрой «Светотехника» ФГБОУ «НИУ «МЭИ»

28 марта 2014 г. учёный совет ФГБОУ «Национальный исследовательский университет «МЭИ» утвердил президента холдинга *BL GROUP* Георгия Валентиновича Бооса на должность заведующего кафедрой «Светотехника».

Георгий Валентинович Боос родился в 1963 г. в семье потомственных светотехников. После окончания МЭИ начал свою трудовую деятельность во ВНИСИ.



В 1991 г. основал и возглавил компанию «Светосервис», которая к концу 1995 г. стала крупнейшей светотехнической компанией – неоднократным призёром и обладателем премий в номинации «Световой дизайн», а сам Георгий Валентинович – лауреатом Государственной премии РФ (1997 г.) за архитектурно-художественное освещение Москвы. В 1995 г., защитив диссертацию на тему «Повышение эффективности установок наружного освещения улиц и площадей городов», получил учёную степень кандидата технических наук.

С 1995 по 2005 гг. Г.В. Боос неоднократно избирался депутатом Госдумы РФ, с 2000 по 2005 гг. работал заместителем Председателя Госдумы ФС РФ, руководил Государственной налоговой службы РФ, а в 1998 г. был Министром РФ по налогам и сборам. В мае 1999 г. вернулся к законотворческой деятельности и был избран депутатом ГД ФС РФ третьего и четвёртого созывов.

С 2005 по 2010 гг. Георгий Валентинович был губернатором Калининградской области и, по оценкам Минэкономразвития, поднял область на лидирующие позиции по большинству экономических показателей.

Г.В. Боос известен и как меценат. Он учредил ряд премий, в том числе, в 2001 г., ежегодную премию «Надежда Отечества» для Международного конкурса органистов им. М. Таривердиева, а в 2011 г. создал детский хоккейный клуб «Светон», собрав «детей с улиц» в хоккейную команду, и обеспечив ей устойчивое развитие. Сегодня команда демонстрирует отличные результаты, став в 2014 г. золотым призёром турнира «Золотая шайба» первенства Москвы. Кстати, и сам Георгий Валентинович не прочь сыграть со своими подопечными. Кроме хоккея он увлекается ещё мотоспортом, играет в теннис, футбол, любит петь под гитару.

Г.В. Боос оказывает систематическую помощь детским домам. В частности, находясь на госслужбе, всю заработную плату служащего он традиционно передавал учреждениям для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Спонсирует реставрацию церкви, памятников архитектуры, поддерживает и помогает ветеранам Великой Отечественной войны, оказывает благотворительную помощь людям с ограниченными физическими возможностями.

После своего избрания на должность заведующего кафедрой «Светотехника» НИУ «МЭИ», являясь действующим президентом холдинга *BL Group*, он полностью сконцентрировался на проблеме синергии бизнеса и образования, по праву считая, что качественное образование молодёжи – это реальные инвестиции, полностью застрахованные от рисков.

По сообщению департамента внешних коммуникаций и связей с общественностью УК «БЛ ГРУПП»
02.07.2014

Крупнейшая в мире светодиодная ферма производит 10000 головок салата в день

Бывший полупроводниковый завод *Sony Corporation* в Японии был преобразован в крупнейшую в мире крытую ферму. Японский физиолог растений Сигехару Симамура, генеральный директор *Mirai Co.*, в партнёрстве с *GE Japan* воплотил свою мечту о системе



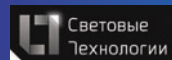
земледелия, которая наиболее оптимально использует воду, пространство и энергоэффективность. Несмотря на то, что ферма работает всего год, она уже производит 10000 головок салата в сутки.

Инновационная ферма расположена в области, которая сильно пострадала от мощного землетрясения и цунами в 2011 г. Площадь фермы – 2370 м², почти вдвое меньше футбольного поля. На её территории для выращивания растений оборудовали 18 стеллажей, которые поднимаются на 15 уровней вверх. Стеллажи освещаются 17500 устройствами со светодиодами. Светодиоды были разработаны компанией *GE* специально для проекта и имеют спектр излучения, оптимальный для роста растений.

Система, разработанная на ферме, позволяет расти салату, богатому питательными веществами, в 2,5 раза быстрее, чем на открытом воздухе. Брак продукции также снижен с обычных 50 до 10 % от урожая, что означает 100-кратное повышение производительности на квадратный метр.

Команда *GE Japan* убеждена, что фермы, подобные построенной в префектуре Мияги, могут стать ключом к решению дефицита продовольствия в мире. Партнёры проекта уже открывают аналогичные фермы в Гонконге и на Дальнем Востоке России.

www.lightrussia.ru
15.07.2014



«Световые Технологии» предлагает удобное решение для обслуживания светильников, установленных на большой высоте

Ассортимент компании «Световые Технологии» расширился подъёмными устройствами (ПУ) производства компании *REEL TECH*. Они предназначены для подъёма и спуска светильников в помещениях с высокими потолками – производственных цехах, спортивных центрах, гипермаркетах, аэропортах и т. д.

ПУ *REEL TECH* позволяют обслуживать осветительные установки или заменять выходящие из строя лампы с минимальными затратами по времени без привлечения квалифицированных специалистов и аренды дорогостоящего оборудования.

Обслуживание светильников может осуществляться техническим персоналом предприятия, без специальной подготовки для работы на большой высоте. Все операции по чистке светильников или замене ламп осуществляются на уровне пола в выключенном состоянии.

Ассортимент ПУ содержит модификация для спуска светильников массой от 10 до 500 кг с высоты от 10 до 30 м.

Управление ПУ может осуществляться по проводной (с помощью переключателя) или беспроводной (с помощью пульта дистанционного управления) связи.

www.svetozone.ru
02.07.2014

Энергосбережение при освещении современного города

Вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности при реализации проектов освещения современного города обсуждали 5 июня участники научно-практической конференции «Системы освещения светодиодами на объектах транспортной инфраструктуры и городского хозяйства: опыт внедрения и перспективы развития».

Мероприятие было организовано СПбГБУ «Центр энергосбережения», ОАО «Светлана» и ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника», единственным в России производственным комплексом полного цикла про-



изводства светодиодных источников света, и проходило при поддержке Комитета по энергетике и инженерному обеспечению Правительства Санкт-Петербурга.

Главной темой конференции был вопрос перспективного использования СД-источников света в экологическом, экономическом, эксплуатационном и энергосберегающем аспектах. Особое внимание докладчики уделили конструктивным особенностям и техническим характеристикам осветительных приборов, а также рассказали о примерах успешной реализации проектов освещения светодиодами в сфере городского хозяйства.

Практическую значимость представили типовые решения освещения разных объектов на базе энергоэффективных источников. Участники визуально смогли оценить, как выглядят одинаковые предметы, освещённые лампами с разным индексом цветопередачи. На экскурсии по производству группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника» гости осмотрели полный цикл изготовления СД-источников света и светильников с СД. Заключительная часть конференции была посвящена автоматизированным системам управления освещением, особенностям подготовки энергосервисных контрактов и опыту эксплуатации светильников с СД в сетях наружного освещения Санкт-Петербурга.

Конференция стала площадкой для обсуждения будущих совместных проектов: в частности, для группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника» важными результатами встреч с партнёрами стали решения о применении около 1000 светильников СУС-К-70 в системе наружного освещения Санкт-Петербурга, о тестировании светильника СУС-ЛК-240 на одном из участков трассы Москва–Минск и об участии в других проектах.

www.soptel.ru
09.06.2014

PHILIPS

Свет Philips для металлургии



Компания Philips реализовала проект освещения Кыштымского медно-электролитного завода (ЗАО «КМЭЗ»), производящего медь и драгметаллы. Применение современных энергоэффективных технологий позволило повысить освещённость на 50–200 % в разных помещениях, приведя её

к нормативным уровням. После модернизации энергосбережение предприятия достигло 40 % при сроке окупаемости проекта – 6 лет.

Предварительно Philips провела светотехнический аудит, выявивший, что используемые световые приборы неэффективны, а уровни освещённости недостаточны. Специалистам компании удалось найти оптимальное решение для максимального энергосбережения при минимальном сроке окупаемости инвестиций. Проект основан на применении светильников с металлогалогенными лампами и с люминесцентными лампами с ЭПРА.

При этом в медеплавильном цехе и цехе производства медной катанки были установлены специальные жаростойкие светильники с достаточно высокой цветопередачей ($R_a = 70$) и высокой световой эффективностью. В цехе электролиза меди и в энергоцехе были использованы светильники с ЭПРА. Помимо производственных цехов система освещения была модернизирована в мастерских, небольших помещениях и общих зонах.

Пресс-релиз
15.07.2014

ZUMTOBEL

Zumtobel: светодиоды в системе освещения флагманского супермаркета компании SPAR в Будапеште

Автор проекта интерьера флагманского сетевого супермаркета компании SPAR в столице Венгрии, – архитектурное бюро LAB5.

Торговая площадь магазина – 2000 м².

Созданию психологически благоприятной и гостеприимной атмосферы для покупателей способствуют светильники с СД концерна Zumtobel.

Преобладает использование светильников акцентирующего света, которые дополняются линейными и кольцевыми светильниками общего освещения, а в ряде случаев и подвесными декоративными светильниками.



В отделе деликатесов и в зоне размещения стеллажей с винами применены поворотные светильники серии «VIVO LED» и встроенные светильники прямого света «CARDAN LED».

Благодаря технологии «Tunable Food» все эти осветительные приборы оптимально освещают прилавки с мясом, колбасой и рыбой, создавая отличную цветопередачу и придавая аппетитный внешний вид этим продуктам.



Желаемый оттенок белого излучения СД с необходимой цветовой температурой T_u предварительно устанавливается на самом светильнике (предустановлено 10 вариантов T_u).

При этом гарантировано аутентичное воспроизведение характерных цветов продукта и равномерное повышенное освещение зоны выкладки.

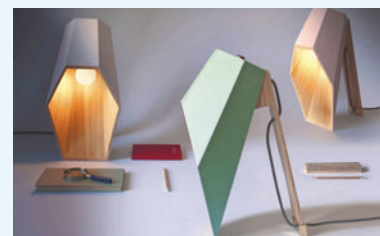
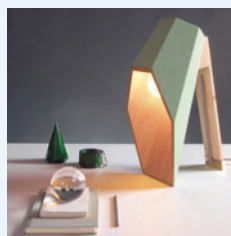
Светильники с СД – идеальное средство освещения свежих (неконсервированных) продуктов: отсутствуют УФ- и направленное ИК-излучения. Это позволяет длительно сохранять привлекательный внешний вид мяса, рыбы, сыров, овощей и фруктов.

Отделы хлебо-булочных изделий и выпечки, вин, безалкогольных напитков и сыров освещаются светильниками «Vivo LED» и «Cardan LED» с $T_u = 3000$ К и встроенной технологией «Stable White».

Общее равномерное освещение обеспечивают линейные светильники серии «Tecton LED», установленные как на монтажных коробах, так и между деревянными рёбрами потолка.

www.k-to.ru
10.07.2014

Деревянные светильники «Woodspot»



Итальянский промышленный дизайнер Алессандро Замбелли разработал серию деревянных настольных светильников «Woodspot». Замбелли уже длительное время сотрудничает с поставщиком мебели SELETTI и новинка создавалась именно для этой компании. Светильники «Woodspot» изготовлены из сосны и различаются цветом корпуса: телесно-розовый, пастельно-зелёный или слоновой кости.

Идейной основой для создания столь необычной формы послужила серия картин бельгийского сюрреалиста Рене Магритта, демонстрирующая «власть света».

Светильники дают тёплый, рассеянный свет, и их опоры, также выполненные из сосны, обеспечивают им устойчивое положение на столе.

http://lightonline.ru
01.07.2014



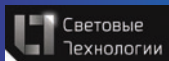
Новое назначение: А.В. Мазурик

11 апреля 2014 г. мэр Москвы С.В. Собянин подписал распоряжение о назначении директором ГУП «Москвет» Александра Васильевича Мазурика.

А.В. Мазурик с марта 2013 г. занимал должность главного инженера и первого заместителя директора по эксплуатации установок наружного освещения и архитектурно-художественному освещению ГУП «Москвет».



По сообщению пресс-службы ГУП «Москвет»
28.05.2014



Компания «Световые Технологии» развивает сегмент взрывозащищённого оборудования

Компания «Световые Технологии» представила новое направление – светотехническое оборудование в специальном исполнении – на выставке «НЕФТЕГАЗ-2014».

Специальное оборудование для применения во взрывоопасных зонах предприятий нефтегазовой отрасли – новое направление деятельности компании. Сегодня продуктовая линейка расширяется за счёт оборудования в специальном исполнении. Это более десяти серий взрывозащищённых светильников со светодиодами, с люминесцентными и компактными люминесцентными лампами и др. Вся продукция изготавливается на собственном производстве в Рязани. Первыми клиентами в этом сегменте уже стали такие ведущие компании, как «Лукойл», «Газпром», «Роснефть» и др.

На выставке «НЕФТЕГАЗ-2014» «Световые Технологии» представили на стенде не только взрывозащищённые светильники для зон 1 и 2, но и коммутационное оборудование (взрывозащищённые коробки, посты управления), кабельные вводы, муфты и фитинги.

www.svetozone.ru
05.06.2014



Ростехнадзор разрешил применение светильников «АтомСвета» на атомных станциях

После проведения сертификации на соответствие требованиям «СЕ» («Европейское соответствие») и «GS» («Проверенная безопасность») очередным шагом ООО «АтомСвет» по подтверждению высокого уровня конструкторской и производственной деятельности стало получение в феврале 2014 г. лицензий Ростехнадзора на проектирование и изготовление светильников со светодиодами (СД) для атомных станций.



Данные лицензии подтверждают, что в течение пяти лет ООО «АтомСвет» имеет право изготавливать светильники с СД собственной конструкции, которые могут быть использованы в энергоэффективных системах освещения атомных станций.

Комплект разрешительной документации «АтомСвета» является одним из самых полных среди российских производителей светильников с СД.

Напомним, что в 2013 г. компания «АтомСвет» стала единственным российским производителем промышленных светильников с СД, продукция которого соответствует требованиям «СЕ» и «GS» (сертификационный орган TÜV SÜD, Германия). Кроме того, компанией «АтомСвет» был

получен сертификат «RoHS», который подтверждает экологическую безопасность светильников с СД «АтомСвета».

www.lumen2.b.ru
04.06.2014

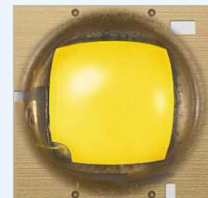


Samsung представляет новые бескорпусные светодиоды и светодиодные модули с улучшенной цветопередачей

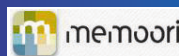
Samsung Electronics Co., Ltd. объявила об улучшении качества света своих СД и СД-модулей с общим индексом цветопередачи не менее 90 и продемонстрировала эти компоненты на очередной международной выставке «LIGHFAIR» (Лас-Вегас, 3–5 июня 2014 г.).

СД-изделия Samsung включают в себя серии СД средней («LM561 B» и др.) и большой («LH351» и др.) мощности, а также бескорпусные СД «chip-on-board» и СД-модули.

Эти и другие СД и СД-модули компании Samsung с общим индексом цветопередачи выше 90 – в продаже с июня 2014 г.



www.led-professional.com
04.06.2014



Объём рынка освещения светодиодами зданий к концу 2014 г. достигнет \$10,3 млрд

По отчёту аналитической компании Memoori (Лондон), доходы мирового рынка освещения светодиодами (ОССД) зданий составили \$8,1 млрд в 2013 г. и достигнут \$10,3 млрд к концу 2014 г. Рынок будет расти и дальше, и к 2018 г. его общий объём составит почти \$23 млрд.

Это соответствует 22,8%-ному совокупному среднегодовому темпу роста рынка за 6-летний период. За пределами охватываемого этим отчётом периода времени рост доходов замедлится из-за роста ценовой конкуренции; ожидается, что рынок ОССД стабилизируется примерно в 2020 г.

Сочетание постоянных сомнений потребителей в преимуществах ОССД, медленного снижения продажных цен и более медленного, чем ожидалось, роста ВВП в мировом масштабе, привело к тому, что рост доходов от ОССД в 2013 г. не оправдал ожиданий. Однако боязнь перепроизводства к концу 2014 г. скорее всего уменьшится благодаря неуклонному росту мирового спроса на осветительные оборудование с СД.

Главные фигуранты, такие как Philips, OSRAM, Cree, Acuity и GE, разработали стратегии сохранения за собой большого куска рынка по мере развития ОССД. Их непрерывно возрастающие доходы связаны скорее с СД, чем с традиционными источниками света.

Хотя в среднесрочной перспективе будущее выглядит многообещающим, производители светотехнического оборудования высказывают всё большую озабоченность тем, что произойдёт после 2020 г., когда рынок СД-ламп прямой замены, в основном, насытится и реализуется предсказанный 70–80%-ный уровень внедрения долговечных СД-ламп с чрезвычайно большими жизненными циклами.

www.compoundsemiconductor.net
21.05.2014



«АтомСвет» получает сертификат «ENEC»

Наличие в ООО «АтомСвет» не только производственной базы, но и собственного конструкторского бюро, позволяет оперативно проектировать и осваивать изготовление новых моделей светильников в соответствии с меняющимися потребностями рынка осветительных приборов и систем освещения.

«АтомСвет» – единственный российский производитель, продукция которого имеет сертификаты «CE» и «GS» (промышленные светильники со светодиодами).

Соответствие выпускаемых светильников этим стандартам контролируется экспертами-аудиторами немецкого сертификационного органа TÜV SÜD.

Очередной плановый инспекционный аудит производства и продукции ООО «АтомСвет» был произведен 28 мая 2014 г.

С мая 2014 г. начата сертификация новой серии светильников со светодиодами для освещения объектов ЖКХ – «AtomSvet Utility».

После прохождения сертификации «АтомСвет» получает возможность маркировать продукцию следующими знаками: «CE», «GS» и, что наиболее знаково, «ENEC».

Маркировка «ENEC», иначе называемая «Знак «ENEC» (European Norms Electrical Certification – Европейские нормы сертификации электротехнических изделий) является общеевропейским испытательным и сертификационным знаком, присваиваемым светильникам, прожекторам и их электротехническим и электронным компонентам (ПА, трансформаторам и др.).

www.atomsvet.ru
30.05.2014



Новое назначение: О.Л. Грицай

Олег Леонидович Грицай – новый директор ГУП Республики Мордовия «НИИ источников света им. А.Н. Лодыгина». Родился 30 ноября 1975 г. в г. Ардатове Мордовской АССР. Окончил: физико-математический факультет Мордовского государственного педагогического института им. М.Е. Евсевьева, Саранск, 1997; Международный институт менеджмента ЛИНК (по программе Открытого университета Великобритании), Москва, 2009; факультет экономики и финансов Московского государственного университета экономики, статистики и информатики, Москва, 2012. Лауреат федерального проекта «Кадровый резерв – профессиональная команда страны – 2008». Работал директором по формированию инновационно-территориального кластера АУ «Технопарк-Мордовия» и первым заместителем генерального директора-финансовым директором ОАО «Ардатовский светотехнический завод».



Пресс-релиз
01.07.2014

Компания «БЛ ТРЕЙД» на выставке «Энергетика и Электротехника-2014»

На прошедшей выставке «Энергетика и Электротехника-2014» в Санкт-Петербурге начальник отдела технического продвижения «БЛ ТРЕЙД» Дмитрий Ходырев рассказал о работе холдинга *BL Group* и презентовал последние новинки, выпускаемые на предприятиях холдинга под торговыми марками «GALAD» и «OPORA ENGINEERING», отметив их высокое качество и конкурентные преимущества.

Особое внимание он заострил на преимуществах складывающейся опоры «OPORA ENGINEERING П-ФГ» и нового светильника со светодиодами «GALAD ДКУ11 «Циклоп», выполненного по технологии «chip-on-board». Экономия электроэнергии при отличной световой отдаче и упрощенное обслуживание без специализированных средств позволяют говорить о широких возможностях его использования.

http://galad.ru
01.07.2014



Европа лидирует на мировом светодиодном рынке

Согласно недавно опубликованному отчету компании *Transparency Market Research (TMR)*, можно ожидать, что к 2019 г. объем мирового рынка промышленного и торгового освещения светодиодами достигнет £51,3 млн.

При этом в 2012 г. объем рынка оценивался в £7,7 млн., и прогнозируется, что в 2013–2019 гг. он будет ежегодно подрастать более чем на 30 %.

В 2012 г. Европа была крупнейшим рынком, доля которого составляла 33,1 %. *TMR* объясняет это сильным государственным вмешательством, таким как запрет на ЛН в целом ряде стран. Отмечалось, что лидирующее положение Европы обеспечили такие страны, как Великобритания, Германия, Дания и Россия, благодаря своему сильному стремлению к внедрению эффективного освещения.

Торговый сектор в 2012 г. был самым крупным из конечных пользователей, занимая 52,5 % рынка. *TMR* считает, что он сохранит своё лидерство в течение всего рассматриваемого периода благодаря развитию освещения светодиодами в развивающихся странах, а именно в азиатско-тихоокеанском и ближневосточном регионах. Архитектурный сектор – второй по объёму, и ожидается, что он продолжит расти, притом особенно быстро в Японии и Европе. Отчёт приписывает эти успехи всевозрастающему применению декоративного и функционального освещения ландшафтов, информационных указателей, скульптур и колонн.



www.lighting.co.uk
09.06.2014

Будущее светотехнического образования

27 мая в здании «ВНИСИ» на проспекте Мира собрались руководители крупных светотехнических компаний, таких как *BL Group*, «ВНИСИ», «СТА», *Philips Lighting Russia*, *OSRAM*, *GE Lighting* и «Световые Технологии», чтобы поговорить о профессиональном образовании и проблемах, связанных с подготовкой и переподготовкой кадров на кафедре «Светотехника» НИУ «МЭИ». Участники встречи обсуждали вопросы качества образования в выше-названном учебном заведении, познакомились с состоянием материально-технической базы и условиями, в которых обучаются будущие специалисты светотехнической отрасли. Отдельно был очерчен круг задач, позволяющих повысить качество переподготовки кадров и получения второго высшего образования.

Все участники выразили неподдельный интерес к теме обсуждения и взяли небольшой тайм-аут для подготовки предложений по проекту программы масштабной модернизации образования на кафедре «Светотехника». Без внимания не остались вопросы содержания обучения, организации учебного процесса, производственной практики студентов, профессиональной ориентации учащихся школ и другие направления деятельности, способные повысить привлекательность профессии светотехника для будущего абитуриента.

Работа предстоит масштабная и интересная. Руководители компаний договорились определиться с категориями специалистов для обучения на курсах повышения квалификации, с количеством обучающихся, рассмотреть возможность привлечения к преподаванию специалистов-практиков, работающих в их коллективах, пересмотреть учебные планы и программы, общими усилиями создать условия для обучения по смежным специальностям, в том числе экономическим, маркетинговым и другим, направленным на организацию бизнес-процессов.

Представители компаний совместно с «ВНИСИ» начнут работу по формированию номенклатуры светотехнических изделий, которые будут переданы на кафедру в качестве наглядных пособий для обучения. Кроме того, была одобрена идея создания базовых кафедр непосредственно



в компаниях-производителях и сформулирована потребность в создании Попечительского совета кафедры.

<http://bl-g.ru>
05.06.2014

Нерешённые проблемы российской светодиодной индустрии



7 июля в Москве под председательством гендиректора Агентства стратегических инициатив (АСИ) А. Никитина прошёл круглый стол по вопросу развития производства энергоэффективной светотехнической продукции на основе светодиодных технологий.

По словам инициатора круглого стола, гендиректора ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» А. Мохнаткина, российская светодиодная индустрия страдает от проблем, которые уже неоднократно обсуждались в профессиональной среде, но их решение до сих пор так и не было найдено.

Первый блок проблем – это несовершенство нормативно-технической базы. Во-первых, существует ряд нормативных документов, СНиПов, САН-ПИНов, ГОСТов, технических регламентов, содержание которых, как отмечают отраслевые эксперты, не позволяет в полной мере внедрять наиболее качественные энергоэффективные решения в области освещения. Во-вторых, работа по совершенствованию нормативной базы ведётся бессистемно. И зачастую многие нормативно-технические документы, принимаемые в этой области, противоречат друг другу. Отсюда вытекает **второй блок проблем** – отсутствие в стране единого координатора развития рынка энергоэффективных светотехнических изделий. В этой сфере различные вопросы относятся к полномочиям целого ряда министерств: Минпромторга, Минэнерго, Минстроя, Минобрнауки, Минэкономразвития и Минтруда РФ, а также Роспотребнадзора. И здесь важно, чтобы ключевые решения принимались во взаимодействии с деловым сообществом, отраслевыми объединениями. **Отдельный вопрос** – несовершенство системы госзакупок, которое, в основном, и тормозит массовое внедрение освещения светодиодами.

«Для нас больной вопрос – качество. Сейчас, по нашим экспертным оценкам, 60% находящейся на рынке продукции не соответствует санитарным требованиям, не соответствует ожидаемой продолжительности службы... Существующая система не работает», – заявил замдиректора Департамента энергосбережения и повышения энергетической эффективности Минэнерго РФ Д. Мельников.

Представители отрасли также отметили, что, возможно, национальная светотехническая промышленность не сможет в ближайшее время сохранить за собой рынок без развития отечественного производства источников света. Научные коллективы успешно ведут разработки новых кристаллов, и эта продукция способна составить конкуренцию импортируемой с точки зрения технологических параметров. Однако пока российскими компаниями производится всего лишь 5% потребляемых светодиодов.

«Незначительный объём производства по сравнению с зарубежным и снижение пошлин на ввоз светодиодов до 0 к 2015 году не позволяют предложить рынку конкурентные ценовые параметры. При том, что основной конкурент российских производителей – КНР – активно субсидирует своих производителей. Чтобы повысить конкурентоспособность, нам необходимо увеличить импортозамещение светодиодных компонентов», – утверждает Е. Долин.

Представители научных организаций также изложили своё видение проблемы. «Проблема науки не в том, что она слабо финансируется государством, а в том, что результаты исследований слабо востребованы крупной промышленностью. Но, к сожалению, в области светодиодной индустрии гигантов промышленности нет. Из-за этого страдают и научные исследования и разработки», – полагает замдиректора по научной работе ФТИ им. А.Ф. Иоффе В. Устинов.

Было предложено разработать и утвердить государственную программу развития отечественного светодиодного производства.

Подводя итоги встречи, А. Никитин выразил надежду на то, что в ближайшее время в стране всё же появится хотя бы один сильный игрок, который сможет конкурировать с мировыми производителями не только в России, но и на зарубежных рынках.

www.lightrussia.ru
08.07.2014

На Ярославском шоссе и проспекте Мира появилось новое архитектурно-художественное освещение

На проспекте Мира и Ярославском шоссе в Москве завершили работы по обустройству архитектурно-художественного освещения 90 зданий, расположенных на участке от Третьего транспортного кольца до МКАД протяжённостью 11,5 км. Было установлено 7600 светильников и проложено около 200 км кабельных линий.



www.mossvet.ru
16.06.2014

Ленинградская область медленно, но верно переходит на уличное освещение светодиодами

В сфере энергосбережения Ленинградской области всё активнее используются сервисные контракты, цель которых – снижение затрат на эксплуатационные услуги за счёт экономии энергии. При этом успешные проекты по переходу на освещение улиц светодиодами реализуются в Тихвине, Кингисеппе, Киришах.



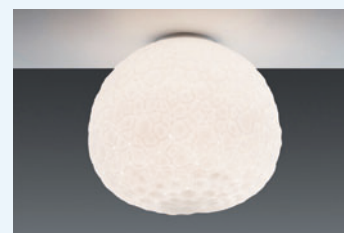
В Тихвине из 2700 светильников 345 заменено на светодиоды. Объявлен конкурс на замену ещё 500 светильников. В Кингисеппе начинается обновление всех 1730 светильников на светодиоды. В Киришах светодиоды применяются в многоквартирных домах.

Политика энергосбережения и энергоэффективности реализуется в рамках госпрограммы «Обеспечение устойчивого функционирования и развития коммунальной и инженерной инфраструктуры и повышение энергоэффективности в Ленинградской области». Привлечено около 240 млн. руб. бюджетных средств на реализацию подпрограммы энергоэффективности, около 115 млн. руб. составили средства муниципальных бюджетов. Однако бюджетные субсидии – не основные средства на энергосбережение. Они используются на тех объектах, где нет возможности привлечь внебюджетные источники. Основной упор делается на частные инвестиции, прежде всего промышленных предприятий. Ресурсоснабжающие организации, которых сегодня в Ленинградской области насчитывается более двухсот, реализуют собственные энергосберегающие программы.

В этом году планируется запустить региональную государственную информационную систему в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности в Ленинградской области.

www.lightrussia.ru

Дизайнер Джисмонди и фирма Artemide: светильники «Meteorite» – подарок всем ценителям стекла «мурано»



Коллекция эксклюзивных интерьерных светильников из венецианского стекла пополнилась новыми моделями – «*Meteorite*», созданной знаменитым дизайнером *Ernesto Gismondi*, уже 25 лет работающим с *Artemide* (Италия).

Элегантный светильник, изготовленный ручной выдувкой с ручной шлифовкой, отличается весьма «демократичной» ценой и, по признанию дизайнера, вполне доступен всем ценителям и собирателям изделий из стекла «мурано».

В качестве источника света применена энергосберегающая галогенная лампа накаливания «*HaloEco*» мощностью 105 Вт.

Каждый экземпляр светильника уникален и отличается своим индивидуальным «шармом». Предусмотрены различные исполнения светильников: настольные, настенные, подвесные, потолочные.

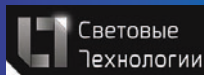
www.k-to.ru
26.06.2014

Коллектив ООО «Светосервис-Сочи» получил письмо-благодарность

Коллектив ООО «Светосервис-Сочи», входящего в холдинг *BL Group*, получил письмо-благодарность за активное участие в социальной акции по установке уличного освещения в отдалённых сельских населённых пунктах Барановского округа Хостинского района и за ответственную и качественную работу, проделанную по контракту на эксплуатацию сетей наружного освещения округа.



www.svetoservis.ru
27.06.2014



Компания «Световые Технологии» расширяет свой ассортимент светильников со светодиодами направленного света

Светильники со светодиодами серии «*DL POWER LED*» – уникальное предложение на российском рынке. Высокий световой поток и световая отдача позволяют применять их в помещениях с высотой потолков до 4 м. При этом возможность выбора версий светильников с различными углами излучения предоставляет большую свободу в решении светотехнических задач. Конструкция светильников позволяет устанавливать их в потолки типа «Армстронг», гипсокартон, а также в потолки типа «Грильято» с подвесом на трос.



Преимущества светильников «*DL POWER LED*»: стабильность световых характеристик во времени; отсутствие слепящего эффекта и пульсаций светового потока.

Светильники предназначены для применения в торговых залах, офисных помещениях, конференц-залах и прочих общественных помещениях с высокими потолками.

www.svetozone.ru
01.07.2014

Cree запускает тонкие светильники со светодиодами и новой гибридной оптикой

Компания *Cree* представила серию светильников с СД «*OSQ*», способных заменить светильники с разрядными лампами ВД (РЛВД) мощностью 750 Вт. В их конструкции применён усовершенствованный вариант оригинальной технологии «*NanoOptic*» и интегральный подход



к отводу тепла, что позволило добиться получения тонкого, высотой всего 3,8 дюйма (9,65 см), сравнительно недорогого светильника для освещения больших площадей.

Cree утверждает, что в ряде случаев светильники «*OSQ*» обеспечат 75%-ную экономию расходов на электроэнергию. Например, светильник с РЛВД мощностью 750 Вт реально, с учётом потерь в ПРА, потребляет 815 Вт, а светильники «*OSQ*» мощностью 223 Вт (тоже с учётом потерь в ПРА) могут заменять их в таких областях применения, как освещение аэропортов, промышленных предприятий, предприятий розничной торговли, объектов здравоохранения, складских площадок, парковок и больших площадей.

Cree не сообщает подробности того, какая новая оптика используется с СД в новых светильниках, но их фотографии говорят о том, что используются большие СД-источники света с гибридной оптикой, сочетающей в себе полное внутреннее отражение и преломление света.

Представитель *Cree* подтвердил, что эта новая оптика была разработана специально для светильников «*OSQ*». Он также сказал, что компания и раньше использовала в своей оптике сочетание полного внутреннего отражения и преломления, однако новое конструкторское решение имеет более ярко выраженную «преломляющую» составляющую. Получившийся в результате генератор света имеет толщину всего 1,5 дюйма (3,8 см).

Кроме того, *Cree* утверждает, что эта новая конструкция обеспечит 40%-ное сокращение расходов на освещение больших площадей по сравнению с её собственными изделиями серии «*Edge*» и конкурирующими изделиями с СД других компаний. В результате, по мнению *Cree*, большинство покупателей окупит свои затраты всего за 2,2 года.

Cree предложит свои светильники в вариантах с коррелированной цветовой температурой 3000, 4000 или 5700 К и общими индексами цветопередачи от 70 до 80 соответственно. Номинальный срок службы светильников составляет 100000 ч, а их гарантийный срок – 10 лет.

www.ledsmagazine.com
02.06.2014

Philips, «РОСНАНО» и «Оптоган» подписали меморандум о развитии сотрудничества

Компании *Philips*, «РОСНАНО» и «Оптоган» подписали трёхсторонний меморандум о развитии сотрудничества в области СД-технологий. Этот документ стал результатом встречи, в ходе которой председатель совета правления *Royal Philips* Франс ван Хаутен, председатель правления «РОСНАНО» Анатолий Чубайс и генеральный директор «Оптогана» Сергей Поппер обсудили дорожную карту развития партнёрских отношений.

Прежде всего усилия сторон будут направлены на развитие существующего совместного предприятия «Филипс и Оптоган» на рынке уличного освещения.

Стороны также заявили о намерениях развивать формы сотрудничества в направлении *OEM* (использование комплектующих *Philips* в производстве некоторых продуктов «Оптогана») и расширения ассортимента совместно производимой продукции. Интересным направлением сотрудничества может стать также внедрение интеллектуальных систем управления уличным освещением на российских дорогах. В настоящее время «умные» системы разработаны и успешно внедряются *Philips* в других странах, но до сих пор не получили широкого распространения в России. Использование подобных систем в совокупности с СД-источниками света позволяет существенно повысить эффективность освещения и дополнить его многими функциями, повышающими комфортность городской среды.

«Подписанная дорожная карта радикально меняет формат сотрудничества трёх компаний, – подчеркнул генеральный директор *Optogan Lighting GmbH* Евгений Зубаков. – Партнёрские отношения отныне будут развиваться не только в сегменте уличного освещения, но и в других сегментах рынка – коммерческом и промышленном освещении».

www.optogan.ru
04.06.2014

PHILIPS

Philips объединяет активы и создаёт крупнейшую светотехническую компанию

В новую компанию *Philips* войдут подразделения по выпуску светодиодных компонентов и созданию продуктов автомобильной оптики.

Совокупная выручка от продаж этих товаров в 2013 г. составила €1,4 млрд.

Действия *Philips*, стоявшей у истоков электрификации Европы, связаны с масштабной реорганизацией, уже вылившейся в сокращение более 5000 сотрудников и продажу подразделения по производству телевизоров.

Завершить интеграцию дочерних структур *Lumileds* и *Automotive* компания планирует в первой половине 2015 г. и потратить на этот процесс около €30 млн. во втором полугодии нынешнего года. *Philips* рассматривает различные варианты, связанные с работой новой компании, в том числе первичное публичное размещение её акций.

После сообщения об этом ценные бумаги голландского производителя подорожали на 3,9%, что является самым высоким внутридневным приростом за последние полгода.

Глава *Philips* Франс ван Хаутен (*Frans van Houten*) заявил, что после многолетних вложений в производство светодиодов и автомобильных ламп компания ищет новых инвесторов. По его словам, начать сотрудничество с партнёрами планируется к концу года.

www.lightrussia.ru
01.07.2014



Световая отдача СД-лампы прямой замены 100-Вт лампы накаливания достигла 100 лм/Вт

Компания *GE Lighting* добилась того, что световая отдача её лампы прямой замены ЛН мощностью 100 Вт «*ENERGY STAR® LED*» достигла 100 лм/Вт, что делает её наиболее эффективной из всех промышленно выпускаемых СД-ламп этого вида.

«*ENERGY STAR® LED*» имеет световой поток 1600 лм при мощности 16 Вт и этим летом выходит в жизнь с весьма конкурентоспособной ценой, причём на некоторых рынках потребителям будут предложены скидки, что сделает эту лампу ещё доступней и быстрее окупаемой. За срок её службы, то есть более чем за 22 года при работе по 3 ч в сутки, потребители смогут сэкономить более \$230.

Для облегчения оценки потенциально возможной экономии энергии при переходе на освещение светодиодами *GE Lighting* разработала специальный калькулятор энергосбережения при переходе на такое освещение, удобный для потребителей.



www.ledinside.com
06.06.2014

ФСК ЕЭС утвердила Программу энергосбережения и повышения эффективности 2015–2019 гг.

Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы (ФСК ЕЭС) утвердила свою Программу энергосбережения и повышения эффективности на период 2015–2019 гг. За пять лет на её реализацию будет выделено 595 млн. руб., что позволит достичь технологического и экономического эффекта эквивалентного 32400 т условного топлива.



Документ предусматривает реализацию мероприятий по вводу в работу энергосберегающего оборудования и технологий, выполнение организационных мероприятий, а также совершенствование механизмов контроля над энергозатратами, и в целом направлен на повышение эффективности производственной и природоохранной деятельности ФСК.

В настоящее время в ФСК ЕЭС реализуется Программа 2010–2014 гг. За первые четыре года компания получила экономию, эквивалентную 57400 т условного топлива или 602,2 млн. руб. Была осуществлена замена окон, дверных проёмов и ворот, электрокотлов и тепловых пунктов. Помимо этого установлены более 3000 светильников с энергосберегающими лампами, а также утеплено 17500 м² тепловых контуров зданий и сооружений, что позволило существенно улучшить условия труда, повысить мотивацию и производительность персонала компании.

За период 2010–2014 гг. завершены и находятся в стадии реализации следующие пилотные проекты: утилизация тепла автотрансформатора, а также применение «плазменных» светильников для освещения открытого распределительного устройства подстанции 500 кВ «Нижегородская»; применение «световых колодцев» и внедрение автоматизированного теплового пункта отопления административного здания Магистральных энергетических сетей Волги (МЭС Волги) и повышение энергоэффективности осветительных установок административного здания Верхне-Донского предприятия МЭС.

www.fsk-ees.ru
11.07.2014

«Оптогану» чипы не светят

Компания сменила менеджеров и отказывается от направления «хай-тек» в пользу продаж и сервиса.

Основатели компании «Оптоган» Максим Одноблюдов, Алексей Ковш и Владислав Бугров покинули бизнес. Это произошло по инициативе компании «Роснано», которая в прошедшем году получила контрольный пакет акций в результате допэмиссии. Акционеры были недовольны выручкой компании – и теперь сосредоточат бизнес на продаже и обслуживании светодиодов (СД) и светильников с СД, отказавшись от самостоятельного выращивания чипов. Основатели «Оптогана» вернуться к научной деятельности.



Компания *Optogan* была создана в 2004 г. Максимом Одноблюдовым, Владиславом Бугровым и Алексеем Ковшом. До 2008 г. компания занималась исключительно разработками, в 2008–2009 гг. в проект инвестировали «ОНЭКСИМ», «Роснано» и «РИК». В группу «Оптоган» входили немецкая *Optogan GmbH*, финская *Optogan Oy*, петербургский завод по производству СД и светильников с СД (ЗАО «Оптоган-Таллинское») и ЗАО «Оптоган», созданное для производства сверхъярких СД. Основатели составили топ-менеджмент компании, в сумме владея около 3% акций. «ОНЭКСИМ» контролировал группу, владея совместно с топ-менеджментом 50%+1 акцией.

Владислав Бугров, который остаётся членом совета директоров ЗАО «Оптоган», сообщил, что в прошлом году прошла допэмиссия, в результате чего «Роснано» получило контрольный пакет компании. По его словам, новый основной акционер был недоволен финансовыми показателями, что и послужило причиной смены руководства. Как ранее сообщалось в СМИ, допэмиссия составила 2 млрд. руб., в результате доля «Роснано» возросла до 51,8%.

В 2012 г. компания выручила 1,2 млрд. руб. без НДС, при этом показав убыток по чистой прибыли. В 2013 г. выручка планировалась на уровне 2 млрд. руб. без НДС. В пресс-службе «Оптогана» сообщают, что на заводе компании в Петербурге за 2013 г. было произведено более 50 млн. СД и 170 тыс. светильников с СД. «Основная задача на 2014 г. – выход на рентабельность. «Оптоган» планирует сохранить свои рыночные позиции и вырасти с рынком на 30–35%, с 600 млн. руб. в 2013 г. до 800 млн. руб. в 2014 г.» – говорят там.

«На текущий момент в Германии (Мюнхен) успешно функционирует *Optogan Lighting GmbH* – представительство компании «Оптоган», отвечающее за европейские и международные продажи, – комментируют в пресс-службе «Роснано». – Эпитаксия чипов (создание путём наращивания кристаллического вещества) осуществляется за рубежом, при этом производство СД и изделий с СД, как и раньше, полностью локализовано в России».

По данным системы «Коммерсантъ Картоотека», обязанности генерального директора ЗАО «Оптоган» сейчас исполняет Сергей Поппер, он же является генеральным директором ЗАО «Оптоган-Таллинское». В марте на должность коммерческого директора компании «Оптоган» был назначен Влас Петров. «С приходом Власа Петрова усилено направление продаж и сервиса компании», – комментируют в «Оптогане».

Газета «Коммерсантъ С.-Петербург» № 80, от 14.05.2014, с. 16

ков с белыми светодиодами. Высокоэффективные ЭПРА для светильников были изготовлены австрийской компанией *Tridonic*.

Результаты модернизации: экономия электроэнергии – (60–70)%. Эквивалентное сокращение выброса CO₂ тепловыми электростанциями составляет 195 т CO₂/год (в расчёте на один супермаркет).

В стоимостном выражении каждый магазин после установки новых средств освещения экономит £32,271 (€38,317) в год.

Расчёты показали: срок окупаемости инвестиций на модернизацию освещения – примерно 2,6 года.

По оценкам персонала магазинов и покупателей, качество освещения заметно улучшилось.

www.k-to.ru
15.07.2014

Osram открывает в КНР новый завод по сборке светодиодов

Стремясь усилить свои позиции на рынке СД, компания *Osram* официально открыла завод по сборке СД в Уси, КНР. Завод имеет площадь около 9300 м², и к 2017 г. численность его работников достигнет 2100. Вложения *Osram* в создание этого завода – сотни миллионов евро. «Этот шаг не только позволит нам увеличить свои полностью загруженные мощности на конечной стадии производства СД, но и расширит наше присутствие на крупнейшем в мире светотехническом рынке, – заявил Вольфганг Дехен, гендиректор *OSRAM Licht AG*. – Азия, и особенно КНР, – ключевой фактор развития мировой светотехнической, а следовательно, и светодиодной, индустрии».



КНР охватывает более 20% мирового светотехнического рынка и в прошедшие годы демонстрировала высокие темпы роста, особенно в части развития СД-техники. Объём китайского рынка освещения общего назначения в прошлом году составил примерно €15 млрд, и, по-видимому, к 2019 г. возрастёт до €23 млрд.

«Новый завод *Osram* по сборке СД будет играть ведущую роль в создании в Уси цепочки по производству СД, и мы считаем, что работа нашего завода поможет Уси стать одной из основных баз производства оптоэлектронных полупроводниковых приборов в КНР и даже в Азии» – сказал Ван Цюань, зам. секретаря парткома и мэр Уси.

Завод спроектирован и управляется филиалом компании *Osram: Opto Semiconductors*. Это второе производственное предприятие *Osram*, на котором кристаллы для СД превращаются в СД-источники света после корпусирования. Первое же предприятие находится в Пинанге, Малайзия. Кроме того, компания *Osram Opto Semiconductors* управляет предприятиями по производству кристаллов для СД, расположенными как в Регенсбурге, Германия, так и в Пинанге. Завод в Уси сможет выпускать несколько миллиардов СД в год.

www.compoundsemiconductor.net
21.05.2014

Thorn Lighting: модернизация освещения в сетевых супермаркетах «Wm Morrisons» (Великобритания) – только светильники со светодиодами



Компания *Thorn Lighting*, входящая в *Zumtobel Gruppe*, провела крупномасштабную акцию по сокращению расхода электроэнергии на освещение в секторе розничной торговли продовольственными товарами.

В 56 английских филиалах сети супермаркетов концерна «*Wm Morrisons*» светильники с люминесцентными лампами заменены на 25 тыс. новых, специально разработанных светильни-

«Точка опоры» представляет проект освещения нового учебного центра BMW Group Russia

Проектная команда компании «Точка опоры» завершила комплексные работы по освещению учебного центра *BMW Group* в Москве.

Объект уникален по своему назначению и дизайну, в нём сочетаются, казалось бы, совершенно разные по стилю функциональные зоны. По задумке архитекторов в бывшем дилерском центре *BMW* удалось объединить автосалон со школой.

В обучающем центре имеются и демонстрационный зал (шоурум) с выставкой автомобилей, и учебные аудитории, офисы, кафе и, конечно же, зоны технического обслуживания автомобилей, специально оборудованные для обучения механиков.

Дизайн интерьеров центра пронизан инновационными решениями, что не могло не отразиться на световом решении, предложенном инженерами «Точки опоры». Основная идея интерьерного освещения заключалась в гармоничном сочетании функционального и декоративного света.

В световом решении удачно сочетаются осветительные приборы с традиционными источниками света и светодиодные светильники с СД, реализована система управления освещением в офисах и учебных аудиториях центра.

www.k-to.ru
24.07.2014



«ЛЕД-Эффект»: освещение станций метрополитена в Нижнем Новгороде

ООО «ЛЕД-Эффект» совместно с дилером компанией «Винчи Рус» приняло участие в освещении нескольких станций метрополитена в Нижнем Новгороде.

Совместными усилиями были освещены станции «Кировская», «Двигатель революции» и «Комсомольская».

К осветительным установкам, применяемым на метрополитене, предъявляются наиболее жёсткие требования, в которые, в частности, входят повышенная пылевлагозащита и высокая механическая прочность, т.к. всё время присутствуют пыль от колодок тормозных механизмов и постоянная мелкая вибрация.

Выбор пал на продукцию компании «ЛЕД-Эффект» – совокупность характеристик её светильников с СД оказалась оптимальной для применения на метрополитене.

После большой кропотливой работы удалось создать комфортную световую среду, при этом удалось снизить затраты, связанные с обслуживанием систем освещения, т.к. светильники с СД потребляют энергии в 2,5 раза меньше своих предшественников, и не требуют к себе постоянного внимания со стороны электриков.

www.svetozone.ru
21.07.2014

Перспективы использования технологий Николая Теслы в энергетике и светотехнике

Д.С. СТРЕБКОВ¹

ГНУ «ВИЭСХ», Москва

Аннотация

Рассмотрены резонансные системы электроснабжения по однопроводным волноводным линиям на повышенной частоте. Приведены результаты сравнения классической электротехники с резонансной электротехникой, предложенной Н. Теслой 100 лет назад. По таким параметрам, как плотность тока и потери в линии, дальность передачи энергии, передаваемая мощность, а также возможность кабельной и беспроводной передачи энергии, энергетические системы Н. Теслы превосходят классические системы электроснабжения. Рассмотрены результаты проведённых в ГНУ «ВИЭСХ» исследований по развитию систем электроснабжения, предложенных Н. Теслой. Предложена энергетическая модель будущего мира, основанная на солнечной энергетике и технологиях Н. Теслы по передаче электрической энергии. Представлены десять направлений будущего развития и применения резонансных систем электроснабжения. Электрифицированные мобильные роботы с внешним беспроводным электроснабжением обеспечат в будущем организацию сельскохозяйственного производства по принципу «Промышленные фабрики на полях» с полной автоматизацией технологических процессов».

Ключевые слова: резонансные системы электроснабжения, однопроводные волноводные линии, беспроводная передача энергии, Н. Тесла, энергетическая модель будущего, солнечная энергосистема.

1. Введение

На форуме «UPGrid-2012» зам. Министра энергетики РФ Михаил Курбатов сказал, что в России имеется свыше 2 млн км сетей, больше половины которых выработало свой нор-

мативный срок. В ближайшие 15 лет их надо менять. Глава ФСК «ЕЭС» Олег Бударгин заявил: «Мы ожидаем новые материалы и технологии передачи энергии на большие расстояния. Но если говорить о прорывных решениях для электросетей, то их за последние годы не было» [1]. На самом же деле прорывные технологии для электрических сетей и систем существуют.

В настоящее время мы – свидетели и участники создания новых технологий, которые изменяют мир, делают его лучше, чище и безопаснее. В первую очередь, это энергетические технологии, которые предложил Н. Тесла сто лет назад. Н. Тесла создавал электротехнические устройства переменного тока, но свой главный проект «Глобальная система электроснабжения Земли» он так и не успел разработать по причинам, изложенным в работе [2]: «Мой проект сдерживался законами природы. Мир не был готов к нему. Он слишком опередил время. Но те же законы восторжествуют в конце, и осуществят его с великим триумфом»... «Возможно, в современном мире хорошим тоном считается чинить препятствия революционным открытиям и душить их в зародыше, вместо того чтобы поддерживать и помогать. Эгоистические интересы, педантизм, глупость и невежество идут в атаку,

обрекая учёных на горькие испытания и страдание, на тяжёлую борьбу за существование. Такова судьба просвещения. Всё, что было великого в прошлом, поначалу подвергалось осмеянию, презрению, подавлялось и унижалось – чтобы позднее возродиться с большей силой, победить с ещё большим триумфом». Как это похоже на отношение к учёным в России после 1991 г.

Н. Тесла оставил тысячи страниц книг с результатами экспериментов, статей и патентов [2–4].

2. Сравнение классической электротехники с электротехникой Н. Теслы

На рис. 1 показана одна из электрических схем резонансной однопроводной электрической системы электроснабжения, предложенная Н. Теслой и усовершенствованная в ГНУ «ВИЭСХ» [4, 5].

В начале 19-го века не было диодов и транзисторов, и Н. Тесла использовал для накачки резонансного контура и трансформатора Теслы метод ударного возбуждения с искровым разрядником с КПД передачи 96% [2]. В конце 20-го века мы использовали тиристорный преобразователь частоты мощностью 25 кВт с водяным охлаждением, КПД 86% и массой 400 кг. В настоящее время используются преобразователи частоты на кремниевых транзисторах IGBT с КПД 97% и массой 30 кг. Компанией ReFuSol разработан и запущен в продажу инвертор мощностью 20 кВт на транзисторах из карбида кремния с КПД 98%.

В отличие от ЛЭП постоянного тока с преобразовательными подстан-

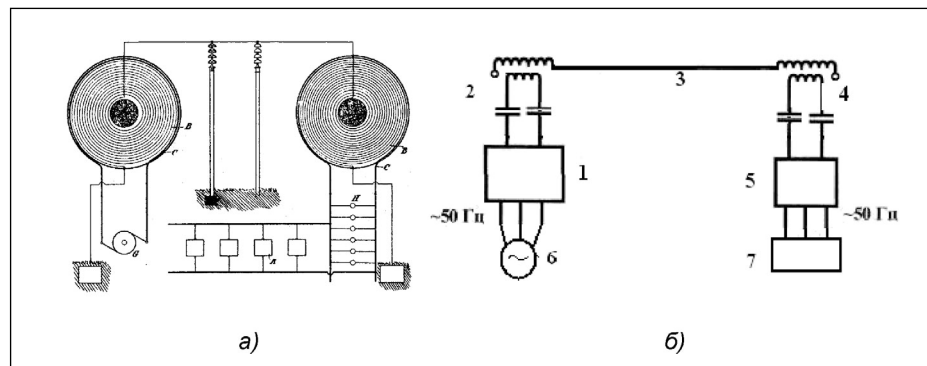


Рис. 1. Резонансная однопроводная система электроснабжения Н. Теслы, 1897 г., (а) и современная резонансная система электроснабжения (б): 1 – преобразователь частоты; 2, 4 – два резонансных ВЧ трансформатора Теслы; 3 – однопроводная высоковольтная линия; 5 – инвертор; 6 – генератор; 7 – нагрузка

¹ Статья печатается в сокращении.
E-mail: viesh@dol.ru.

циями мы используем преобразователи частоты на высокой и инверторы на низкой стороне трансформаторов, что снижает их удельную стоимость до $\$(100-200)/\text{кВт}$.

По таким параметрам, как плотность тока и потери в линии, дальность передачи энергии, передаваемая мощность, а также по возможности кабельной и беспроводной передачи энергии, электрические системы Н. Теслы превосходят классические системы электроснабжения (таблица).

В радиотехнике есть примеры однопроводных систем (лучевая антенна, однопроводный волновод, устройства трансформаторной и гальванической связи между резонансными контурами) передачи на частоте, 1000-кратно превышающей частоту, которую использовал Н. Тесла. В теории связанных контуров, которая может использоваться в теории передачи энергии по однопроводной линии, КПД передачи энергии стремится к 100%, когда передаваемая между резонансными контурами мощность стремится к нулю. Максимальная мощность передаётся при КПД передачи 50% из-за потерь энергии в контурах [8]. Для увеличения КПД передачи до 96% Н. Тесла использовал импульсный режим накачки трансформатора Теслы, при котором во время передачи энергии по однопроводной линии передающий контур замыкался и представлял для отраженных волн бесконечное сопротивление, соответствующее режиму разомкнутой линии у генератора [2, 6]. Это обеспечивало режим стоячих волн и отсутствие потерь в последовательном передающем контуре, в котором токи накачки трансформатора Теслы составляют десятки тысяч ампер при питающем напряжении 70 кВ и мощности потерь холостого хода 3 л.с. (2,2 кВт).

Классическая электротехника должна быть дополнена разделом, описывающим резонансную электротехнику Н. Теслы.

3. Направления будущего развития электротехники и энергетики

Н. Тесла оставил нам для развития следующие технологии:

1. Однопроводные резонансные технологии электроснабжения стационарных потребителей.

2. Технологии беспроводного электроснабжения электрического наземного и морского транспорта.

3. Технологии направленной беспроводной передачи электрической энергии по проводящим каналам в атмосфере и космическом пространстве.

В 21-м веке эти технологии позволяют создать:

1. Бестопливные ракеты с электрическими ракетными двигателями, которые увеличивают полезную массу груза, выводимую на орбиту, с 5% в настоящее время до 90% от полной массы ракеты.

2. Сверхдальние линии электропередачи с меньшими потерями, чем в сверхпроводящих кабельных линиях.

3. Единую энергетическую систему России от Чукотки до Калининграда.

4. Глобальную солнечную энергосистему с тераваттными трансконтинентальными перетоками мощности с круглосуточной генерацией электрической энергии в течение миллионов лет в объёме 20000–50000 ТВт×ч, соответствующем современному и будущему объёмам энергопотребления на Земле².

5. Плазменные бесхлорные технологии производства солнечного кремния объёмом в 1 млн т в год для ежегодного строительства фотоэлектрических станций мощностью 150 ГВт.

6. Водородную энергетику за счёт снижения затрат на электролиз воды в 10 раз.

7. Электромобили без аккумуляторов с неограниченной дальностью пробега.

8. Бесконтактные системы электроснабжения скоростного железнодорожного транспорта, трамваев, воздушного и морского транспорта.

9. Мобильные электрические роботы, обеспечивающие автоматизированную обработку почвы, выращивание и уборку сельскохозяйственной продукции без применения гербицидов и пестицидов.

10. Подземные защищённые кабельные линии, способные заменить все воздушные линии электропередач.

Все десять направлений развития энергетических технологий для будущего мира разрабатываются в ГНУ

² Подробнее об этом см. в статье автора «Технологии крупномасштабной солнечной энергетики» // Светотехника. – 2008. – № 3. – Прим. ред.

«ВИЭСХ» уже 20 лет и защищены 50 российскими патентами. (Основное содержание последних и результаты исследований вошли в монографию [4], 4-е издание которой вышло в 2012 г., а свыше 80 экспериментальных моделей электрических устройств малой мощности, использующих технологии Н. Теслы, приведены в монографии [9].)

Рассмотрим некоторые из этих направлений немного подробнее.

3.1. Беспроводные методы передачи электрической энергии в атмосфере и космическом пространстве

Резонансные технологии Н. Теслы по передаче электрической энергии базируются на использовании реактивных токов в однопроводных разомкнутых линиях.

Н. Тесла предложил передачу энергии по проводящему каналу в атмосфере, созданному с помощью рентгеновского излучения. В 1927 г. он написал [2]: «Более чем 25 лет назад мои усилия передать большое количество энергии через атмосферу привели к разработке многообещающего изобретения, которое с той поры получило название «лучи смерти». Основополагающая идея заключалась в создании проводимости в воздухе приемлемым ионизирующим излучением и передаче токов с высоким потенциалом вдоль пути лучей... Эксперименты, проводимые в больших масштабах, показали, что при напряжении во много миллионов Вольт можно передавать фактически неограниченное количество энергии...».

Мы получили пять патентов на передачу электрической энергии по лазерному, электронному или микроволновому лучу между объектами в атмосфере Земли, в космосе и между Землей и космическими объектами. Разрабатываются конструкции трансформаторов Теслы на напряжение более 1 млн В.

Технологии направленной беспроводной передачи электроэнергии развивают технологии Н. Теслы по использованию проводящих каналов в качестве направляющей системы (однопроводного волновода) для передачи электромагнитной высокопотенциальной энергии на частоте 10–500 кГц при уровне напряжений от сотен кВ до десятков МВ. При этом

**Сравнение классической электротехники с электротехникой Н. Теслы
в области передачи электрической энергии**

№ п/п	Классическая электротехника, основанная на использовании активного тока в замкнутой цепи	Электротехника Н. Теслы, основанная на использовании реактивного тока в разомкнутой цепи
1	Частота переменного тока 50 Гц (Европа), 60 Гц (США), 400 Гц (авиация)	Частота переменного тока 500 Гц – 500 кГц
2	Используются режимы подавления резонансных свойств линий, трансформаторы с замкнутым сердечником, трёхфазные и однофазные воздушные линии	Используются резонансные режимы работы линии, резонансные контуры, резонансные трансформаторы с разомкнутым сердечником или без сердечника, волноводные однопроводные кабельные линии, а также Земля в качестве однопроводной линии
3	Потенциалы на выводах высоковольтной обмотки однофазного трансформатора равны по значению и противоположны по знаку	Потенциал одного из выводов высоковольтной обмотки трансформатора Теслы равен нулю, а потенциал второго вывода имеет максимальную по модулю положительную или отрицательную величину
4	Однослойная электрическая катушка является классической индуктивностью	Однослойная электрическая катушка в разных вариантах использования является замедляющей системой, линией задержки, спиральным волноводом, спиральной антенной или электрическим резонатором
5	Трансформатор содержит низковольтную и высоковольтную обмотки, которые выполнены в виде многослойных катушек с сосредоточенными параметрами, и существует классическая теория расчёта обмоток трансформаторов	Высоковольтный трансформатор Теслы содержит дополнительную однослойную высоковольтную обмотку, которая является электрическим резонатором с распределёнными параметрами, и параметры электрического резонатора невозможно рассчитать, используя классическую теорию электрических цепей [5, 6]
6	Обрыв фазы в ЛЭП у потребителя является аварийным режимом	Режим разомкнутой линии со стороны генератора является рабочим режимом передачи электрической энергии
7	Электрическая энергия от генератора к потребителю передаётся в непрерывном режиме	Используется импульсный режим накачки энергии в трансформатор Теслы от передающего резонансного контура
8	Для протекания тока цепь должна быть замкнутой	Ток протекает в разомкнутой цепи
9	Замкнутый ток генератора должен пройти через нагрузку и вернуться к генератору	Незамкнутый ток протекает от генератора к нагрузке без возврата к генератору
10	Ток должен быть одинаковым для всех участков замкнутой цепи. Это справедливо для постоянных токов и квазистационарных переменных токов с частотой 50 Гц при длине цепи до 100 км.	Ток на разных участках линии может протекать в противоположные стороны и принимать любые значения от нуля до максимума
11	Электрическая энергия передаётся с помощью активного тока в замкнутой цепи	Электрическая энергия передаётся с помощью реактивного ёмкостного тока в разомкнутой цепи
12	При передаче электрической энергии в замкнутой линии возникают бегущие волны тока и напряжения	При передаче электрической энергии в разомкнутой линии возникают стоячие (стационарные) волны тока и напряжения
13	Волны тока и напряжения в линии совпадают по фазе: $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$	Волны тока и напряжения в линии сдвинуты по фазе на 90° : $\varphi=90^\circ$, $\cos\varphi=0$
14	Пучности и узлы волн тока и напряжения совпадают во времени и по длине линии	Пучности и узлы волн тока и напряжения не совпадают во времени и расположены на разных участках линии. В момент времени, когда напряжение по всей линии равно нулю, ток в линии имеет максимальное значение, и наоборот
15	Пучности и узлы волн тока и напряжения перемещаются вдоль линии	Пучности и узлы волн тока и напряжения жёстко фиксированы по длине линии
16	Максимальная эффективная плотность тока в линии – 1,5–3,5 А/мм ² [7]	Максимальная эффективная плотность тока в линии из медного проводника при комнатной температуре – 600 А/мм ² . Параметры действующей установки в ГНУ «ВИЭСХ»: диаметр проводника 80 мкм, передаваемая мощность > 20 кВт, напряжение 6,8 кВ
17	Потери при передаче электрической энергии в линии 8,5% (нормативные), 10–20% (фактические)	Потери при передаче электрической энергии в линии 1–3% (экспериментальные данные Н. Теслы)

№ п/п	Классическая электротехника, основанная на использовании активного тока в замкнутой цепи	Электротехника Н. Теслы, основанная на использовании реактивного тока в разомкнутой цепи
18	В режиме передачи активной мощности напряжение вдоль линии постоянно, и существует угол между векторами напряжения в начале и в конце линии	Угол между векторами напряжения в начале и конце линии равен нулю, а величина напряжения изменяется в широких пределах и определяется добротностью линии
19	Передаваемая активная мощность регулируется изменением угла между векторами напряжения в начале и конце линии и изменением напряжения	Передаваемая активная мощность регулируется изменением напряжения и частоты
20	При изменении частоты на 2% передаваемая мощность изменяется незначительно	При изменении частоты на 2% передаваемая мощность снижается до нуля
21	Вектор Умова-Пойнтинга направлен вдоль линии от генератора к нагрузке	Вектор Умова-Пойнтинга каждые четверть волны меняет свое направление на противоположное
22	Дальность передачи энергии – 2000–3000 км [7]	Дальность передачи энергии – неограниченная в пределах Земли
23	Максимальная передаваемая мощность трёхфазной ЛЭП ограничена электромагнитной устойчивостью линии на уровне 6 ГВт [7]	Максимальная передаваемая мощность ограничена электрической прочностью изоляции и превышает 100 ГВт
24	Беспроводная передача энергии невозможна на частоте 50–60 Гц и экономически неприемлема на повышенной частоте	Беспроводная передача энергии имеет высокий КПД и будет широко использоваться в железнодорожном и автомобильном транспорте и в ракетно-космической технике
25	В ЛЭП постоянного тока используют преобразовательные подстанции на напряжение 500–750 кВ	Используют преобразовательные подстанции на низкой стороне трансформатора Теслы с напряжением 0,4–10 кВ

энергия, передаваемая по проводящему каналу, превышает затрачиваемую на создание и поддержание проводящего канала в 10^2 – 10^6 раз.

Использование электрических ракетных двигателей с беспроводной передачей электрической энергии на борт космического корабля от наземной энергосистемы по проводящему каналу в атмосфере и за её пределами позволит снизить массу ракеты, затраты энергии и стоимость космических полетов в десятки раз.

3.2. Глобальная энергетическая система Земли

Другой подход Н. Теслы заключался в использовании Земли в качестве однопроводной линии – для электроснабжения наземных, морских и воздушных электротранспортных средств. Из выступления Н. Теслы 18 мая 1917 г.: «Годы назад я мог передавать энергию без проводов на любое расстояние без ограничений, которые накладывались физическими размерами Земли. В моей системе нет различий по расстоянию. Эффективность передачи может быть 96 или 97 процентов, и практически нет потерь, кроме тех, что неизбежны в работе машины...»

Проект предусматривал создание сети электростанций с системами передачи энергии в любую точку поверхности суши и океанов и в атмосфере с использованием Земли в качестве однопроводной линии. Одновременно предполагалось освещение океанов и городов в ночное время за счёт ионизации атмосферы. Испытания экспериментальных систем в Колорадо-Спрингс и под Нью-Йорком выявили экологические проблемы при эксплуатации системы: искры из кранов с водой и от копыт лошадей, свечение рук и волос у людей, авария на питающей электростанции и т. д.

Для создания мировой энергетической системы в развитие идей Н. Теслы мы предложили передачу электрической энергии осуществлять по высоковольтным однопроводным кабельным газоизолированным линиям, а в качестве источников энергии использовать три солнечных электростанции (СЭС) в пустынях Австралии, Африки и Латинской Америки [5].

Размеры каждой СЭС 200×200 км, КПД 25%, производство электроэнергии круглосуточное в объёме 20000 ТВт×ч в год, соответствующем мировому потреблению электроэнергии в 2010 г.

Таким образом, РФ предложена энергетическая модель развития будущего мира, основанная на прямом преобразовании солнечной энергии в солнечных электростанциях и трансконтинентальных тераваттных перетоках мощности с помощью резонансных волноводных технологий, предложенных Н. Теслой.

Человечество сможет объединить энергосистемы всех стран в глобальную солнечную энергосистему Земли для создания достойных условий жизни для каждого человека и реализации крупных научно-технических проектов на Земле и в космическом пространстве.

3.3. Волноводные кабельные линии

Использование изолированных однопроводных кабельных линий вместо Земли позволит избежать экологических проблем, связанных с реализацией проекта Н. Теслы по созданию глобальной системы электроснабжения. Н. Тесла получил два патента на кабельные однопроводные линии [4], которые можно использовать в проекте единой энергосистемы России от Чукотки до Калининграда. В первом патенте предлагается использовать кабе-



Рис. 2. Преобразователь частоты и резонансный контур передающего ВЧ трансформатора (а). Резонансный контур понижающего ВЧ трансформатора (б). Испытания в ГНУ «ВИЭСХ» резонансной энергетической системы мощностью 20 кВт с однопроводной кабельной линией длиной 1,2 км (в)

ли со специальными экранами, которые снижают практически до нуля потери энергии на излучение. Диаметр токоведущей жилы кабеля составляет 1–5 мм, что обеспечивает малую электрическую ёмкость кабеля. Во втором патенте Н. Тесла предложил прокладывать волноводные однопроводные кабельные линии в зоне вечной мерзлоты – для повышения прочности изоляции, а для создания такой зоны вокруг кабеля – использовать как проводник электроизолированную металлическую трубу, по которой прокачивают газообразный или жидкий низкотемпературный хладагент.

На рис. 2 представлены оборудование для резонансной волноводной передачи электрической энергии и момент лабораторных испытаний в ГНУ «ВИЭСХ» резонансной электрической системы (РЭС) мощностью 20 кВт.

Однопроводные кабельные линии, на которые имеются патенты Н. Теслы, заменят воздушные линии электропередачи, что значительно повысит надёжность электроснабжения,

снизит электротравматизм и высвободит значительные площади на полях, в городах и лесах России.

3.4. Плазменные электротехнологии

Разработанные в ГНУ «ВИЭСХ» (с использованием технологий Н. Теслы) одноэлектродные ВЧ плазматроны позволяют организовать бесхлорное производство кремния для солнечных электростанций (СЭС) в объёме 1 млн т в год, что в 5 раз больше, чем сейчас. Технологии Н. Теслы позволяют создавать специальные одноэлектродные электролизёры и снижать в 10 раз затраты электроэнергии на электролиз воды при получении водорода. Разработан холодноплазменный одноэлектродный коагулятор для ветеринарии и медицины.

3.5. Бесконтактный ВЧ электрический транспорт

Н. Тесла разработал бесконтактный метод электроснабжения рель-

сового транспорта от однопроводного кабеля, проложенного в земле [4]. В ГНУ «ВИЭСХ» разработаны и запатентованы экспериментальные модели электромотоцикла и трамвая будущего без аккумулятора, которые получают электроснабжение от внешней энергосистемы через воздушный промежуток от однопроводного кабеля, проложенного у поверхности дорожного покрытия.

Расход электроэнергии при движении лёгкого электромотоцикла составит \$1/100 км, стоимость электромотоцикла упадёт вдвое из-за отсутствия аккумулятора и будет меньше стоимости автомобиля с двигателем внутреннего сгорания; при этом будет полностью решена проблема экологии крупных городов и автострад. Бесшумные системы электроснабжения повысят надёжность трамваев и скоростных поездов и позволят использовать на междугородных автотрассах электрические грузовые автомобили большой грузоподъёмности. Предложены системы передачи электроэнергии на подводные морские аппараты с глубиной погружения до 10 км и летательные аппараты в атмосфере.

В своих письмах от 14 и 17 июля 1905 г. Н. Тесла писал [3]: «С помощью генератора стоячих волн и приёмного оборудования, установленного и настроенного в сколь угодно удалённой местности, возможно передавать чёткие сигналы, контролировать или приводить в действие устройства...

Электромагнитная энергия передатчика передаётся в ту точку Земли или её атмосферы, где есть приёмник с резонансной частотой, настроенный на частоту передатчика».

Электрические тракторы и роботизированные мобильные средства в сельском хозяйстве будут получать электроэнергию от кабеля, проложенного в земле, но для этого необходимо предусмотреть специальную постоянную дорожку (колею) для левого или правого ряда колес электрифицированного мобильного средства. Электрифицированные мобильные роботы с внешним беспроводным электроснабжением обеспечат в будущем организацию сельскохозяйственного производства по принципу «Промышленные фабрики на полях» с полной автоматизацией технологических процессов».

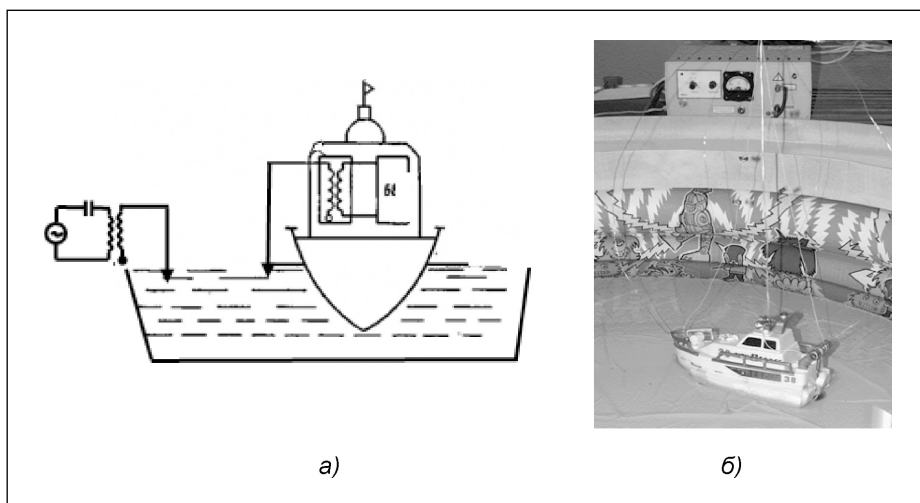


Рис. 3. Схема передачи электрической энергии на водный транспорт с использованием водного проводящего канала (а). Испытания макета электрического речного судна в ГНУ «ВИЭСХ» с использованием водопроводной воды в качестве однопроводного волновода (б). (Передающий блок имеет мощность 100 Вт и напряжение 1 кВ.)

3.6. Беспроводные методы электроснабжения морского транспорта

Морские пространства представляют прекрасную проводящую среду для осуществляемой резонансными методами передачи энергии и информации между установками на берегу и морскими судами.

Для резонансной электрической системы нужны приёмные и передающие антенны, и необходимо обеспечить резонанс в высоковольтной и низковольтной обмотках трансформатора Теслы. Электромагнитные волны слабо поглощаются морской водой и землёй и потому могут использоваться в системах подводной и подземной передачи информации.

Наши эксперименты показывают, что по морской воде и по земле может передаваться не только электронная информация, но и электрическая энергия. Это, к примеру, означает, что подводное транспортное средство может получать энергию и информацию по воде, не поднимая в воздух никаких антенных устройств.

Разработан и изготовлен действующий макетный образец катера с приводом гребного винта через редуктор от двигателя постоянного тока. Подвод электроэнергии к катеру осуществляется по изолированному от земли объёму воды, на которой находится катер, т.е. вода играет роль однопроводной линии электропередачи (рис. 3).

Итоги

1. Приведены результаты сравнения параметров классической системы электроснабжения и системы электроснабжения по однопроводным волноводным линиям на повышенной частоте, предложенной 100 лет назад Н. Теслой. По таким характеристикам как плотность тока и потери в линии, дальность передачи энергии, передаваемая мощность, а также возможность кабельной и беспроводной передачи энергии, электрические системы электроснабжения Н. Теслы превосходят классические.

2. Предложена энергетическая модель развития будущего мира, основанная на прямом преобразовании солнечной энергии в солнечных электростанциях и на трансконтинентальных тераваттных перетоках энергии посредством резонансных волноводных технологий, предложенных Н. Теслой.

3. Предложены десять направлений развития электротехники и энергетических технологий для сельского хозяйства, космонавтики, солнечной и водородной энергетики и электрического транспорта, основанных на резонансных волноводных методах передачи и применения электрической энергии.

4. Электрифицированные мобильные роботы с внешним беспроводным электроснабжением обеспечат в будущем организацию сельскохозяйственного производства по принципу «Промышленные фабрики на полях» с пол-

ной автоматизацией технологических процессов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетика и промышленность России (газ.). – 2012. – № 22 (210). – С. 12–13. URL: <http://www.eprussia.ru/epr/210/> (дата обращения: 22.12.2013).
2. Тесла Н. Колорадо-Спрингс. Дневники. 1899–1900. – Самара: Агни, 2008. – 457 с.
3. Тесла Н. Статьи. – Самара: Агни, 2007. – 579 с.
4. Тесла Н. Патенты. – Самара: Агни, 2009. – 496 с.
5. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. – 2-е изд. – М.: ГНУ «ВИЭСХ», 2008. 350 с.
6. Стребков Д.С. Расчет резонансного высоковольтного генератора. // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2007. – № 3. – С. 39–41.
7. Смирнов А.Д., Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 370, 418.
8. Калашиников А.М., Степук А.В. Основы радиотехники и радиолокации. Колебательные системы. – М.: Оборонгиз, 1965. – С. 34–35, 148.
9. Юфев Л.Ю., Стребков Д.С., Роцин О.А. Экспериментальные модели резонансных систем передачи электрической энергии. – М.: ГНУ «ВИЭСХ», 2010. – 180 с.



Стребков Дмитрий Семёнович,
доктор техн. наук,
профессор. Окончил в 1959 г. Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства.

Директор ГНУ «ВИЭСХ». Заведующий кафедрами ЮНЕСКО и МГАУ «Возобновляемая энергетика и сельская электрификация». Академик РАН и РАЕН, действительный член МСА. Председатель Российской секции Международного общества солнечной энергии. Заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии. Член экспертного совета ВАК. Направления научной деятельности: сельскохозяйственная энергетика и электрификация; возобновляемая энергетика; солнечные элементы и электростанции, энергосбережение

Использование энергии света: от фотонов к здоровью человека

Д.К. БРЭЙНАРД¹, Д.П. ХАНИФИН

Университет им. Т. Джефферсона, Филадельфия, Пенсильвания, США.

Аннотация

Свет – действенный стимул для регуляции циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций человеческого организма. Кроме того, светотерапия эффективно борется с определёнными расстройствами настроения, циркадных ритмов и сна. Исследования последних десяти лет показали, что биологические и поведенческие последствия воздействия света определяются недавно открытыми фоторецепторами глаза, которые отличаются от ответственных за зрение классических палочек и колбочек. Эти открытия обеспечили основу для крупномасштабных изменений освещения как обитаемых отсеков космических аппаратов, так и наземных зданий.

Ключевые слова: спектр действия, циркадный, свет, светотерапия, меланопсин, мелатонин, нейроповеденческий, нейроэндокринный, фоторецептор, шишковидное тело.

Введение

Четыре традиционные цели освещения всегда состояли в том, чтобы обеспечить: 1) оптимальные условия для выполнения зрительной работы; 2) зрительный комфорт; 3) эстетическое восприятие пространства и 4) экономию энергии. Научные открытия трёх последних десятилетий привели к пониманию того, что относительно независимое от зрения и зрительных реакций воздействие света состоит ещё и в том, что воспринимаемый глазом свет может оказывать на человека сильное биологическое, поведенческое и терапевтиче-

ское воздействие [1–5]. В последние десять лет наблюдалось существенное улучшение понимания воздействия поступающих от фоторецепторов сигналов на циркадную и нейроэндокринную системы человека. Исследования здоровых людей подтвердили, что состоящая из колбочек трёх типов система фоторецепторов, которые участвуют в обеспечении дневного зрения человека, не является той системой фоторецепторов, которая сильно влияет на секрецию мелатонина [6]. За этим открытием вскоре последовало получение двух спектров действия для здоровых людей, идентифицировавших диапазон длин волн 446–477 нм как наиболее действенный с точки зрения подавления секреции мелатонина [7, 8]. Эти данные показали, что новая, отличная от зрительных палочек и колбочек, светочувствительная система человека в первую очередь отвечает за регулировку концентрации мелатонина – гормона, вырабатываемого шишковидным телом.

Исследования проясняют нейроанатомию и нейрофизиологию светочувствительной системы животных и человека, которая вырабатывает входные сигналы для регуляции циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций человеческого организма. Недавно открытый фотопигмент, получивший название «меланопсин», был обнаружен в сетчатке глаз грызунов и людей. А конкретнее, меланопсин был обнаружен в подвиде светочувствительных ганглионарных клеток сетчатки *ipRGCs*. Эти основополагающие открытия и последующее описание биохимии, анатомии и физиологии меланопсина и *ipRGCs* относятся к крупнейшим достижениям нейронауки [10–15]. На рисунке приведена упрощённая схема части нервной системы, обеспечивающей работу зрительной, циркадной, нейроэндокринной и нейроповеденческой систем организма [9].

Профессиональные организации производителей светотехнического

оборудования и связанных со светотехникой проектировщиков и архитекторов открыли дверь для осознания этой развивающейся области физиологии. Вместе они способствуют развитию областей применения, которые могут появиться благодаря этим открытиям [3–5, 16–18]. И в конце концов, освещение на базе классического проектирования должно будет учитывать последние открытия по влиянию света на здоровье и самочувствие людей.

Циркадный, нейроэндокринный и нейроповеденческий спектры действия

Спектр действия служит одним из основных инструментов для идентификации фотопигментов, которые инициируют вызываемую воздействием света реакцию. График чувствительности фотопигмента к излучению на разных длинах волн или его спектр поглощения подобен отпечаткам пальцев – он соответствует только конкретной молекуле. Фотобиологи определяют спектр действия как относительную реакцию организма на излучение на различных длинах волн в видимой и смежных с ней областях спектра. С течением времени была усовершенствована совокупность подходов к определению спектра действия, которые применимы ко всем реагирующим на свет организмам [19, 20].

В фотобиологической литературе упоминаются два основных типа спектра действия: полихроматический и аналитический (*analytical action spectrum*) [20]. Обычно исследования светочувствительных биологических реакций начинаются с определения полихроматических спектров действия. Их определяют посредством широкополосных световых стимулов, которые имеют полуширину полосы излучения более 15–20 нм, или выделяя определённые узкие интервалы длин волн спектра искусственного или естественного белого света. Полихроматические спектры действия полезны для: 1) выявления связи между биологическими реакциями и полихроматическим излучением; 2) описания того, как организмы реагируют на свет в более естественных условиях; 3) последующего определения более сложных,

¹ По материалам доклада на конференции МКО «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.14, Куала- Лумпур, Малайзия.
E-mail: george.brainard@jefferson.edu.
Перевод с англ. Е.И. Розовского.
Список литературы (108 названий) депонирован в редакции.

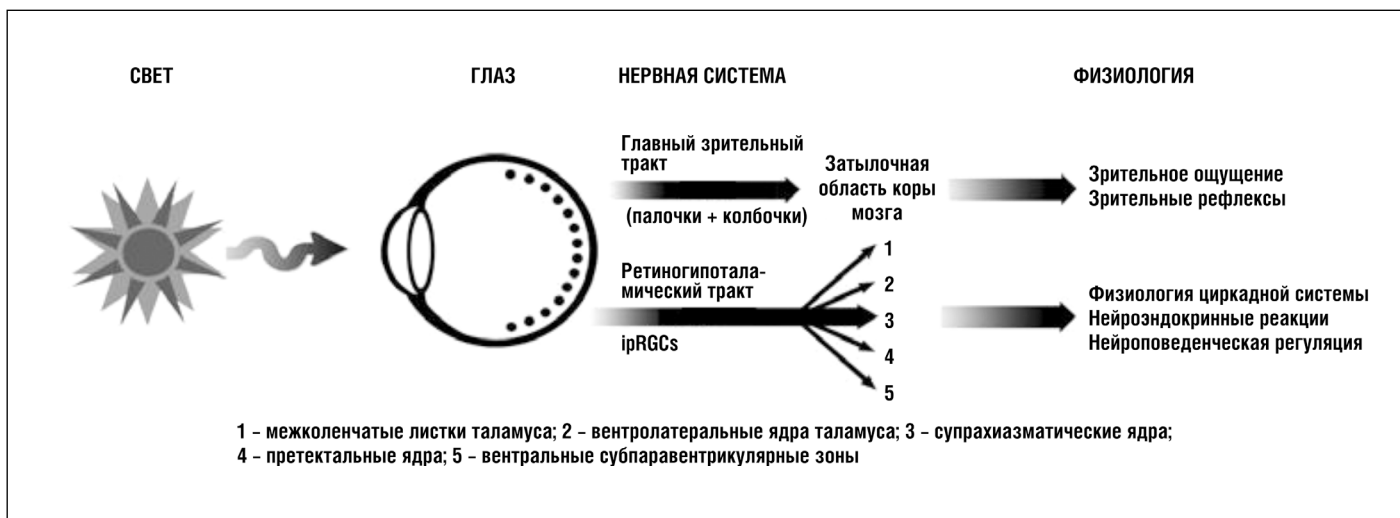


Рисунок. Упрощённая схема части нервной системы, обеспечивающей как работу зрительной системы человека, так и незрительную регуляцию циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций человеческого организма. Рисунок заимствован из [9] и публикуется с разрешения МКО

аналитических, спектров действия. Однако полихроматические спектры действия имеют ограниченную ценность для идентификации конкретных фотопигментов, которые инициируют реакцию на воздействие света [20]. Как и в других областях фотобиологии, в ранних исследованиях нейроэндокринных и циркадных спектров действия использовались полихроматические стимулы. Опубликованные в 1972–2004 гг. полихроматические спектры действия для грызунов и людей неизменно говорили о том, что спектральный интервал 450–550 нм обеспечивает наиболее сильную стимуляцию циркадных и нейроэндокринных реакций [21].

Десять аналитических спектров действия, полученных после знаменательного открытия меланопсина и *ipRGCs*, продемонстрировали спектральную чувствительность ряда физиологических реакций, обусловленных этими недавно описанными светочувствительными клетками (таблица). Важно, что пиковые длины волн (λ_{max}) этих спектров лежат в пределах 459–483 нм, то есть в коротковолновой (сине-голубой) части видимого спектра [7, 8, 14, 22–28]. Если учесть различия между лабораториями, экспериментальными моделями, ожидаемыми физиологическими реакциями и используемыми методами, то эта согласованная идентификация принадлежности пиковой реакции к синей части спектра заслуживает самого пристального внимания. Примечательно и то, что все представленные в таблице сведе-

ния о спектрах действия можно с относительно высоким коэффициентом корреляции аппроксимировать одной номограммой опсина. Хотя полный аналитический спектр действия пока что не получен, многочисленные исследования подтвердили, что относительно коротковолновый монохроматический свет сильнее влияет на сдвиг циркадной фазы, подавление секреции мелатонина, усиление субъективного и объективного ощущения бодрости, увеличение частоты сердцебиений и температуры тела, стимуляцию активности часового гена *Per2* и усиление реакции мозга человека при проведении функциональной магнитно-резонансной томографии, чем относительно длинноволновый свет с той же плотностью фотонов [28–40]. Совокупные исследования полного аналитического спектра действия и воздействия излучения на выбранных длинах волн говорят о том, что новая система фоторецепторов глаз людей и других млекопитающих в первую очередь ответственна за формирование циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций.

Следует подчеркнуть, что не у всех аналитических спектров действия λ_{max} лежит в синей части спектра. Полученные на диких мышках и хомяках аналитические спектры действия для сдвига фазы локомоторной деятельности и для сужения зрачка имеют максимумы в диапазоне длин волн 500–511 нм [22, 41, 42]. Может оказаться, что неповреждённая сетчатка глаз грызунов объ-

единяет входные сигналы, поступающие от *ipRGCs* и классических зрительных фоторецепторов, приводя к сдвигу циркадной фазы и реакции зрачка. В отличие от этого, если у мышей нет работающих зрительных фоторецепторов (как в случае моделей *rd/rd* и *rd/rd cl*), то, похоже, чувствительность сетчатки их глаз для циркадных и зрачковых реакций смещается в сторону более коротких волн [22, 23].

Палочки и колбочки взаимодействуют с ганглионарными клетками

Многочисленные данные говорят о том, что содержащие меланопсин клетки *ipRGCs* обеспечивают исходные входные сигналы для регуляции циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих процессов. Но было показано и то, что палочки и колбочки всё же участвуют в этих физиологических процессах. Исследования на подвергнутых генетическим изменениям мышках показали, что классические палочковые и колбочковые фоторецепторы могут компенсировать потери меланопсина и, по крайней мере частично, участвовать в формировании циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций [43–47]. В отличие от этого, при отсутствии меланопсина и повреждении классических зрительных фоторецепторов глаза животных лишаются всех своих зрительных и незрительных свойств [25, 48]. Более того, проводившиеся на

клеточном уровне исследования сетчатки глаз нечеловекообразных приматов показали, что палочковые и колбочковые клетки могут напрямую активировать *ipRGCs* [26]. Проведённые на людях исследования также свидетельствуют о том, что зрительные палочки и колбочки вырабатывают входные сигналы для супрахиазматического ядра [29, 38, 49–52]. Важно то, что, несмотря на быстрое увеличение количества экспериментальных данных о физиологии *ipRGCs*, пока что нет точных сведений о том, как эти недавно открытые фоторецепторы сотрудничают с классическими фоторецепторами в деле преобразования света в динамических комплексных полихроматических условиях, в которых осуществляется повседневная деятельность людей [53].

Цветовая температура ламп и биологическое воздействие света

Независимо от исследований с монохроматическим светом проведены и исследования по влиянию коррелированной цветовой температуры T_c широкополосного полихроматического излучения люминесцентных ламп (ЛЛ) на циркадные, нейроэндокринные и нейроповеденческие процессы [54]. В целом, лампы с большей T_c излучают в коротковолновой части видимого спектра энергии больше и сильнее подавляют секрецию мелатонина у здоровых людей, чем лампы с более низкой T_c [50, 55–59]. Кроме того, ЛЛ с высокой T_c оказывают более сильное влияние на температуру тела [56, 60] и обуславливают более высокие цифры кровяного давления и частоты электроэнцефалограммы [60, 61], чем лампы с низкой T_c . При исследовании влияния предшествующего сну освещения оказалось, что при применении ламп с высокой T_c продолжительность глубокого сна в первой половине сна ниже, чем при лампах с низкой T_c [62]. И наконец, если сравнивать излучения ламп с высокой и низкой T_c , то первое усиливает субъективное ощущение бодрости и ускоряет решение когнитивных задач, связанных с длительным поддержанием пристального внимания [59]. Кроме того, одна научная группа недавно исследо-

довала ночное воздействие излучения ЛЛ с $T_c = 3000$ К, коротковолновая часть которого была ослаблена жёлтым светофильтром. Это исследование показало, что, хотя такой ослабленный свет и очень слабо подавлял секрецию мелатонина, некоторые из полученных результатов оказались аналогичны результатам, полученным в случае более яркого неослабленного света [63]. В целом, эти литературные данные сходятся в том, что лампы с высокой T_c оказывают на здорового человека более сильное кратковременное нейрофизиологическое и нейроповеденческое воздействие, чем лампы с низкой T_c . И эти результаты достаточно хорошо согласуются с приведёнными в таблице аналитическими спектрами действия. Исходя из этих постоянно пополняющихся литературных данных, некоторые исследователи начали проводить полевые исследования ламп с высокой T_c непосредственно на рабочих местах, с тем чтобы выявить потенциальное влияние света этих ламп на бодрость, работоспособность и самочувствие работников [64–66].

Однако следует отметить, что T_c не всегда может характеризовать возможности лампы в части биологического и поведенческого воздействия [67]. Например, в двух исследованиях сравнивалось воздействие ЛЛ холодно-белого (4100 К) и голубоватого (17000 К) света на фазовый сдвиг циркадной системы. И в том, и в другом исследовании обе разновидности света вызывали сильное фазовое смещение при отсутствии сколько-нибудь значительных различий [68, 69]. Сравнение таких же, но менее мощных ламп, продемонстрировало большее, хотя и незначительное, запаздывание по фазе в случае лампы с $T_c = 17000$ К [70]. В общем, литературные данные говорят о том, что обогащённый коротковолновым излучением свет обладает повышенными возможностями для кратковременного биологического и поведенческого воздействия, тогда как более долговременные эффекты, такие как сдвиг циркадной фазы, могут и не демонстрировать подобную чувствительность. И придётся ещё поработать, чтобы выявить различия во влиянии полихроматического света на краткосрочные и долгосрочные результаты воздействия света.

От фундаментальной науки к светотерапии

После того, как было обнаружено, что воздействие яркого белого света при освещённости 2500 лк приводит к подавлению секреции мелатонина в организме здорового человека, исследователи быстро определили, что свет может использоваться как для лечения сезонного аффективного расстройства или зимней депрессии (САР), так и для фазового сдвига циркадных ритмов человека [71–74]. Впоследствии светотерапия подтвердила свою полезность в качестве эффективного средства лечения пациентов, страдающих от САР или его бессимптомного варианта [1, 2, 75, 76]. Был испытан целый ряд светотерапевтических приборов для лечения этих аффективных расстройств, в том числе световых камер, имитаторов расвета и наголовных устройств (например, световизоров). Современная стандартная практика состоит в том, что после утреннего пробуждения пациент в течение 30–60 мин подвергается воздействию света белой ЛЛ при освещённости 10000 лк [75, 76]. Как и при лечении большинства болезней, пациенты обладают разной восприимчивостью к светотерапии. Хотя большая часть клинических испытаний последней была связана с САР, исследовались и другие клинические возможности, в том числе светотерапия несезонной депрессии, различных расстройств сна, нарушений менструального цикла, нейрогенной булимии и синдромов старческого слабоумия [1, 2, 77–80]. Кроме того, исследовалась применимость светотерапии для коррекции нарушений суточного ритма, связанных с межконтинентальными перелётами на реактивных самолётах и посменной работой [1, 2, 81–84], а также исследовались возможности применения света для борьбы с нарушениями циркадных ритмов и чередования периодов сна и бодрствования у космонавтов. Нарушения циркадных ритмов и циклов чередования сна и бодрствования являются основными опасностями для здоровья и безопасности космонавтов [85]. Исследования с участием космонавтов и наземных команд показали, что светотерапия – эффективный инструмент для поддержания циркадных ритмов [86–89]. В наземных условиях

Аналитические спектры действия, позволяющие идентифицировать максимальную чувствительность к воздействию сине-голубого света циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций. (Все приведённые в таблице спектры действия основаны на реакциях на облучение на 6–10 длинах волн, а все значения λ_{max} получены из наиболее согласующейся с каждой из них номограммы опсина)

λ_{max} , нм	Объект	Реакция	Источник
480	Мыши модели <i>rd/rd</i>	Сдвиг циркадной фазы	[22]
464	Люди	Подавление секреции мелатонина	[7]
459		Подавление секреции мелатонина	[8]
479	Мыши модели <i>rd/rd</i>	Реакция зрачка на свет	[23]
483	Люди	Волна ретинограммы колбочек	[24]
483	Крысы	Деполаризация ганглионарных клеток	[14]
481	Мыши модели <i>rd/rd cl</i>	Сдвиг циркадной фазы	[25]
482	Обезьяны	Деполаризация ганглионарных клеток	[26]
482	Обезьяны Люди	Реакция зрачка на свет	[27]
480	Люди	Реакция зрачка на свет	[28]

продолжает изучаться вопрос оптимизации применения света как средства борьбы с нарушениями циркадных ритмов и расстройствами сна в космических полётах [90–93]. Специалисты в области авиации и космонавтики работают над созданием такого освещения, которое обеспечило бы функционирование зрительного аппарата, регуляцию циркадных ритмов и обеспечение бодрости космонавтов в современных условиях их деятельности (на МКС и космических аппаратах) [85]. Скорее всего, эта работа будет полезна и при проектировании освещения наземных объектов для лиц с определёнными клиническими расстройствами или с проблемами, связанными с посменной работой или со сменой часовых поясов. Действительно, разрабатываются предварительные методики анализа циркадной эффективности дневного света при проектировании освещения [94], а активное сотрудничество биохимиков и проектировщиков освещения будет способствовать объединению этих двух сильно отличающихся друг от друга областей знания [3–5, 17, 95].

Как это эпохальное открытие новой, повышено чувствительной к синему свету системы глаза человека пересекается с дальнейшим развитием терапевтического и осветительного применения света? Одним из последних прорывов было исследование применения коротковолнового (синего) излучения для повышения эффективности стимуляции сдвига циркадной фазы и обеспечения повышенной бодрости у здоровых людей [29–34, 39, 40, 84, 106]. Также были проведены клинические исследования (1-я фаза) прототипов осветительных панелей, содержащих матрицу светодиодов (СД), на предмет их клинической эффективности в лечении САР [96]. В этом исследовании панель излучала либо яркий узкополосный синий свет (468 нм, 607 мкВт/см² или примерно 400 лк), либо более тусклый узкополосный красный свет (652 нм, 34 мкВт/см² или примерно 25 лк). Полученные результаты показали, что в группе пациентов, которых лечили светом синих СД, облегчение симптомов было значительно большим, чем в группе, лечившихся светом красных СД. К тому же, скорости ремиссии у пациентов, которых лечили с исполь-

зованием панели с синими СД, были сравнимы со скоростями ремиссии, обычно наблюдавшимися у пациентов, подвергавшихся современному стандартному лечению ярким светом, и это несмотря на гораздо меньшую интенсивность излучаемого панелью синего света [75, 96]. Дополнительные исследования по светотерапии САР показали, что узкополосный синий и подсинённый белый свет – действенные средства лечения этого расстройства [97–99]. Но хотя это и говорит о важности спектрального фактора в светотерапии САР, необходимы более масштабные дополнительные исследования с использованием других условий сравнения освещения.

Исследовался также вопрос применения света СД для лечения синдрома смены часовых поясов, для сдвига циркадных ритмов людей и повышения их бодрости [82, 100, 101]. Нет сомнений в том, что быстрое развитие освещения светодиодами будет всё больше использоваться в биологических, поведенческих и терапевтических областях применения. Однако потребуется до-

полнительная работа, чтобы уточнить, какая совокупность длин волн оптимальна для этих применений. Более того, по мере разработки новой осветительной техники следует обращать пристальное внимание не только на энергоэффективность, но и на офтальмологическую безопасность этой техники [102–104].

Заключение

Исследования по физике света и физиологии зрения привлекали философов и учёных на протяжении по меньшей мере двух тысячелетий [105]. В отличие от этого, эмпирические исследования циркадных, нейроэндокринных, нейроповеденческих и терапевтических последствий воздействия света имеют сравнительно короткую историю, охватывая всего несколько десятилетий. Несмотря на относительную молодость, эта область исследований крайне важна для понимания того, как оптимизировать освещение в местах проживания и работы людей. Открытие и описание новой светочувствительной системы глаза че-

Поздравляем с юбилеем!



Редакция и редколлегия журнала, друзья и ученики поздравляют кандидата технических наук, участника ВОВ, многие годы проработавшего во ВНИСИ, известного специалиста в области специальных световых приборов

**Андрея
Ивановича
Рылова**

с 90-летием
и желают ему здоровья и долгих
лет жизни

Поздравляем с юбилеем!



Редакция и редколлегия журнала, друзья и ученики поздравляют кандидата технических наук, инвалида ВОВ, многие годы проработавшего в НИИ «Зенит», известного специалиста в области УФ обеззараживания

**Александра
Львовича
Вассермана**

с 90-летием
и желают ему здоровья и
счастья

ловека открывают путь к решению сложных и интересных задач и нововведений в области освещения. Эти успехи открывают возможности для разработки новых средств и принципов проектирования освещения, призванных оптимизировать его для решения зрительных задач, обеспечения хорошего самочувствия и поддержания здоровья.

Авторы с удовольствием отмечают поддержку со стороны Бенджамина Уорфилда, Майкла Яблонски и Кэт Уэст в части создания рисунка, редактирования, форматирования и составления списка литературы. С разрешения МКО, рисунок и части этой рукописи были изменены и обновлены по сравнению с предшествующей публикацией [9]. Эта работа частично финансировалась грантами, предоставленными NSBRI в рамках принятого НАСА соглашения о сотрудничестве NCC 9-58, NIH ROI NS36590, NIMHI R43, программами Apollo Health и Philips Healthcare, NSF EEC-0812056, Институтом интеграционного здоровья и Филадельфийским отделением МКО.



Джордж Ч. Брайнард (George C. Brainard), Ph.D.

Профессор неврологии Медицинского колледжа Университета им. Т. Джефферсона,

руководитель программы по исследованиям действия света. Участвует в работе НАСА (по изучению влияния света на жизнедеятельность космонавтов) и ряда национальных и международных организаций, в том числе МКО. Область научных интересов: влияние света на циркадные и нейроповеденческие реакции животных и людей



Джон П. Ханифин (John P. Hanifin), M.Ph.

Заведующий лабораторией отделения неврологии Университета им. Т. Джефферсона.

Научные интересы: циркадные ритмы, мелатонин, фотобиология

Почти все лампы безопасны, но безопасность новых ламп подвергают сомнению

Д.Х. СЛАЙНИ¹

Школа общественного здравоохранения им. Блумберга Университета Джона Хопкинса, Балтимор, Мэриленд, США.

Аннотация

Предельно допустимые экспозиции при облучении людей УФ, видимым и ИК излучениями, полученные на основе клинических испытаний и биомедицинских исследований, легли в основу предельно допустимых уровней излучения ламп для разных групп риска. Стандарт фотобиологической безопасности ламп был разработан МКО [1] на основе рекомендаций ANSI/IESNA [2–4] и был принят в качестве стандарта МЭК (IEC 62471:2006). Основные проблемы оптической безопасности связаны с активным УФ излучением и синим светом. В статье рассматриваются важные принципиальные вопросы фотобиологической безопасности современных источников света и световых приборов.

Ключевые слова: лампы, фотобиология, безопасность ламп.

1. Введение

За последние 50 лет проведены многочисленные биомедицинские исследования по выявлению факторов, влияющих на вредные, особенно для глаз, воздействия оптического излучения. Предельные экспозиции при облучении людей УФ, видимым и ИК излучениями, полученные Американской конференцией государственных и промышленных специалистов по гигиене (ACGIH) и Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP), послужили основой для определения допустимых уровней излучения ламп для разных групп риска [5, 6]. Предельные экспозиции можно бесплатно посмотреть

на сайте ICNIRP (<http://www.icnirp.org>). Стандарт по нормам фотобиологической безопасности ламп был разработан МКО в 2002 г. [1] на основе рекомендаций ANSI/IESNA [2–4] и затем принят в качестве стандарта МЭК (IEC 62471:2006). Эти руководства и стандарты охватывали основные проблемы оптической безопасности активничного УФ излучения и синего света обычных ламп. Хотя Международное агентство по изучению рака (IARC) относит солнечное излучение к «канцерогенам первой группы», то есть к известным канцерогенам для человека, почти невозможно обеспечить такую защиту от УФ части солнечного излучения, которая уменьшила бы УФ экспозицию до значений, рекомендуемых в настоящее время ACGIH и ICNIRP для кожи в летние месяцы; при этом излучение ЛЛ ничтожно по сравнению с солнечным [7, 8]. Излучение ЛЛ IARC относит к 3-й группе, то есть к «не классифицируемому в части своего канцерогенного действия на людей». Тем не менее это незначительное УФ излучение ЛЛ было измерено для оценки его потенциальной опасности [7, 9, 11]. Нормы безопасности ламп могли быть разработаны только на основе понимания последствий воздействия солнечного УФ излучения на открытом воздухе. В отличие от воздействия лазерного излучения, которое случается редко, искусственные источники света воздействуют на человека постоянно [1].

Сейчас проводятся очень активные биомедицинские исследования биологического воздействия света на здоровье людей, но наше понимание всех последствий этого воздействия ещё далеко от желаемого, особенно в части воздействия видимого света на недавно открытые фоторецепторы сетчатки – её светочувствительные ганглионарные клетки. Полезное применение света в светотерапии для коррекции нарушений циркадных ритмов или расстройств настроения должно сопровождаться тщательным

изучением потенциальных побочных эффектов и реальной опасности для сетчатки. Хотя биологическое воздействие УФ излучения изучается уже десятки лет, всё ещё продолжаются дебаты по поводу достижения оптимального равновесия между предотвращением избыточной экспозиции, которая увеличивает опасность поздних эффектов воздействия излучения на кожу и глаза, и благоприятным воздействием слабого УФ излучения в части выработки витамина D и возможных последствий других положительных последствий для иммунной системы.

В дополнение к потенциальной опасности УФ излучения ламп нормы безопасности ламп (IEC/CIE, 2006²) касаются и несколько других потенциальных опасностей оптического излучения, таких как воздействие ИК излучения на глаз и теоретически возможная термическая опасность; однако если не считать УФ излучение, то единственная опасность, способная серьёзно повлиять на классификацию по группам, – это «опасность синего света» (ОСС). Последняя связана с потенциальной опасностью фотомукулопатии (или фоторетинита) – повреждения сетчатки, способного возникнуть, если человек преодолевает свою естественную реакцию, заставляющую его не смотреть на яркий свет, и смотрит, например, на солнце, сварочную дугу или дуговую лампу [8, 12, 13]. Только очень яркие источники света, такие как прожекторы с ксеноновыми лампами, представляют подобную опасность в сравнительно реальных условиях наблюдения (рис. 1). Однако яркие ГЛН, применяемые для освещения глаз в глазной хирургии, тоже могут вызывать фотомукулопатию, приводящую к потере зрения [14].

При разработке стандартов фотобиологической безопасности ламп экспертные комиссии должны искать компромисс между потенциальной теоретической опасностью и реальными условиями облучения. Комитет по фотобиологии Североамериканского светотехнического общества (IESNA) на протяжении 20-ти лет устанавливал группы риска для ламп (RG-0, RG-1, RG-2 и RG3), и только после этого появились первые практические реко-

¹ По материалам доклада на конференции МКО «Lighting Quality and Energy Efficiency». 23–26.04.14, Куала-Лумпур, Малайзия.
E-mail: david.sloney@att.net.
Перевод с англ. Е.И. Розовского.
Список литературы (59 названий) депонирован в редакции.

² В списке литературы отсутствует. – Прим. пер.

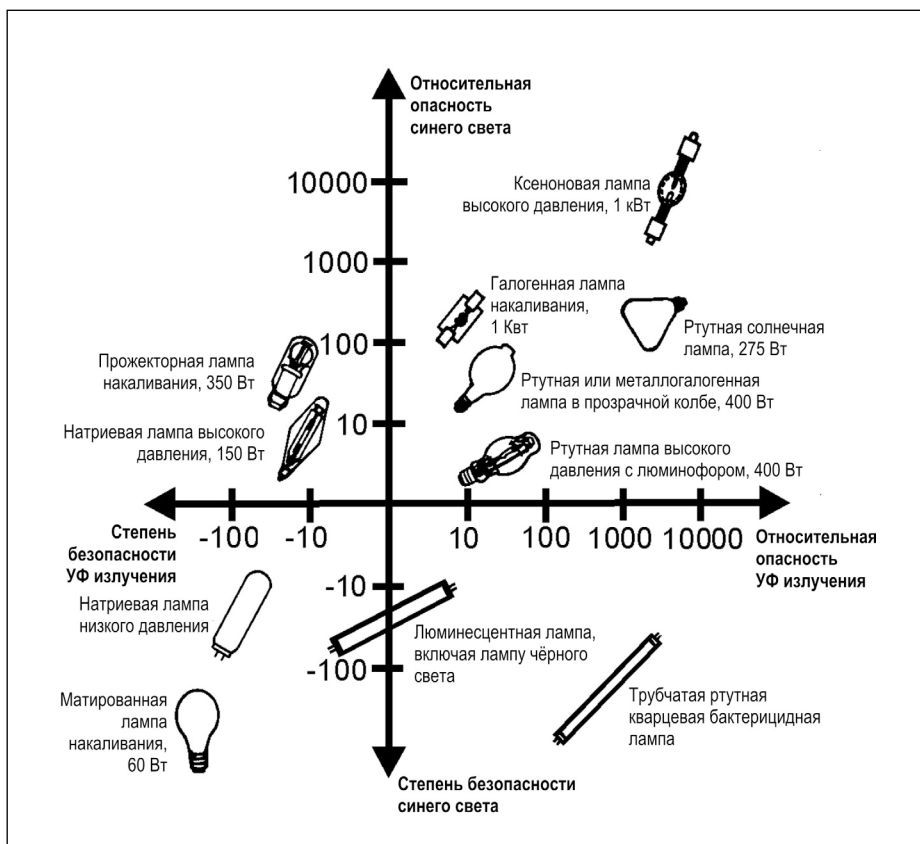


Рис. 1. Относительная опасность УФ излучения и синего света обычных ламп (на основе рис. 1 из [8]). Белые СД окажутся слева от вертикальной оси

мендации, которые были опубликованы в 1993 г. [Slaney, 2013²]. В принципе, лампы считаются безопасными, и повреждение сетчатки бывает только при очень необычных условиях облучения (как при глазной хирургии). Конечно, правильно проведённая оценка ламп для общего освещения, покажет, согласно [1–4], что они неопасны. К сожалению, некоторые оценки СД и ламп специального назначения, проведённые с использованием некоторых, согласно [1], предельных характеристик излучения, отнесли эти излучатели к более высокой группе риска, чем соответствующая их реальной фотобиологической опасности. В настоящее время предлагаются поправки к действующим нормам фотобиологической безопасности, призванные обеспечить более реалистичные взвешенные по времени условия экспонирования при проведении оценок с целью отнесения ламп к той или иной группе риска. Это относится и к КЛЛ, и к СД-источникам света. Например, лампа никогда не светит прямо в лицо 8 ч в день с расстояния 20 см, а именно так некоторые понимают существующие нормы и указания. Большинство проблем

проистекают из того, что проксимальное расстояние измерения в 20 см, необходимое для получения от ЛЛ достаточного для этих измерений спектрорадиометрического сигнала в УФ области спектра, было почему-то отождествлено с ожидаемыми условиями экспонирования! Нужны более связанные с конкретными областями применения нормы безопасности оптического излучения. На рис. 1 приведены относительные степени риска при фиксированном расстоянии облучения.

2. Вопросы оптической безопасности освещения светодиодами

Как и любая новая технология, освещение светодиодами (ОССД) вызвало, что не удивительно, новые вопросы безопасности. Хотя белые СД почти не излучают в УФ области, тот факт, что излучение их ранних образцов часто имело богатую синюю составляющую, обусловил поднятие некоторыми учёными, правительственными организациями и журналистами вопроса об ОСС. Действительно, некоторые сообщения в СМИ время

от времени содержали предупреждения о возможном отрицательном воздействии ОССД. Большинство этих сообщений не несло реалистичных оценок опасности облучения сетчатки [15–17], а некоторые были сильно «преувеличены» и рисовали неверную картину ОССД, при этом даже подсказав Управлению строительных технологий Минэнерго США идею выпуска информационного бюллетеня об оптической безопасности СД [18]. Из других сообщений СМИ тоже следует, что воздействие на циркадную систему человека более вероятно светом ламп с высокой коррелированной цветовой температурой T_u [19–21], имеющих большую синюю спектральную составляющую. И это не всё, что вызывает соответствующую озабоченность: необходимо спросить, почему некоторые научные исследования – её причина и источник заявлений о нежелательности ОССД? Каковы же научные основы указанных сообщений? Есть ли какие-нибудь основания подобной озабоченности? Всё это важные вопросы, требующие ответа.

Опасения, связанные с относительно большим влиянием синих СД или белых СД с большой синей составляющей излучения на циркадную нейроэндокринную систему и на нейроповеденческие реакции (например, на регуляцию секреции мелатонина), основаны на чувствительности к синему свету светочувствительных ганглионарных клеток сетчатки [10; Berson, 2001²; 22]. Поэтому первостепенное значение имеет понимание имеющихся научных данных, приведших к появлению этих вопросов. Могут ли отличные друг от друга спектры вызывать беспокойство сами по себе? Существуют ли реальные условия экспонирования, при которых могут наблюдаться фотобиологические реакции организма? Тем, кто озабочен потенциальным влиянием освещения будущего – светом СД с большой синей спектральной составляющей – на здоровье и безопасность людей, следует знать, что у предлагаемых ныне СД-ламп T_u сравнительно невелики.

2.1. Возрастная макулярная дегенерация

На протяжении нескольких десятилетий росла озабоченность потенциальным участием света в этиологии

(причинах возникновения) и развитии возрастной макулярной дегенерации (ВМД). И хотя научное обоснование этой связи остаётся сомнительным, возникли вопросы по новым источникам света. В прошедшие пять лет наблюдался рост, может быть и необоснованного, опасения того, что свет новых источников света (или светильников), в которых применяются СД или даже КЛЛ, может представлять особую опасность. Похоже, причиной подобного опасения служит тот факт, что излучение самых ранних белых СД имело гораздо большую синюю (450–470 нм) составляющую, чем излучение традиционных источников света, и что СД имеют малые размеры и большую яркость. Продававшиеся КЛЛ обычно также имели большие T_u , чем предшествовавшие им повсеместно распространённые ЛН, наиболее часто применявшиеся в освещении жилья.

Но что нам действительно известно об этиологии ВМД? Возможная связь между солнечным освещением и ВМД была подтверждена проводившимися на животных исследованиями с использованием яркого (особенно в области коротких длин волн) света [23–26] и некоторыми заставляющими задуматься эпидемиологическими данными [27–29]. Все проводившиеся на животных исследования имели сравнительно небольшую (несколько дней) продолжительность, и многие из этих животных – ночные грызуны, не имеющие колбочковых фоторецепторов. Сомнения в применимости результатов многочисленных исследований ежедневного воздействия света ЛЛ на ночных грызунов привели к появлению критических замечаний о том, что эти результаты мало касаются людей. Правда, по меньшей мере одно исследование проводилось на нечеловекообразных приматах [25] с целью демонстрации небольших повреждений при непрерывном наблюдении белых ЛЛ; однако для получения результатов зрочки приматов были расширены лекарственными средствами. Современные нормы облучения людей яркими источниками света учитывают погрешности при экстраполяции полученных на животных данных на людей [5, 6; ICNIRP, 2005²]. Одно из критических замечаний относительно существующих норм экспонирования состояло в том, что их преде-



а) Облучение глаз «лампа в лицо»



б) Облучение глаз отражённым светом

Рис. 2. Непосредственное наблюдение яркой лампы не является реальным условием экспонирования; естественная реакция, заставляющая человека не смотреть на яркий свет, приводит к сощуриванию глаз или опусканию век (а). Применение местного или общего освещения обеспечивает условия хронического облучения глаз искусственным светом, причём облучение глаз отражённым светом намного комфортнее (б)

лы, похоже, основаны лишь на сильном кратковременном (от нескольких минут до нескольких дней) экспонировании и что хронические, длящиеся всю жизнь воздействия в экспериментальных условиях реализовать нельзя [30, 31]. В большей части исследований на животных грызуны в течение нескольких дней подвергались облучению расположенными на небольшом расстоянии ЛЛ холодно-белого света, обеспечивавшими облучённость сетчатки того же порядка, что и при солнечном освещении летом, или даже выше, тогда как люди почти никогда не подвергаются воздействию такого облучения, и уж точно не на протяжении нескольких часов ежедневно. Из-за большого отношения размера зрачков грызунов к фокусному расстоянию их глаз, освещённость сетчатки грызунов, подвергнутых воздействию яркого света ЛЛ, значительно превышает освещённость сетчатки человека, смотрящего на эти же лампы [32]. Биохимические исследования культуры клеток пигментного эпителия сетчатки, равно как и проводившиеся на грызунах исследования, демонстрируют изменения сетчатки, которые сошли предшественниками ВМД [23, 24, 26, 33–40]. Спектр действия для световых повреждений был поставлен под сомнение, однако большая часть проводившихся на грызунах исследований ясно продемонстрировала большую чувствительность в синей части видимого спектра [41, 42]. Связь между воздействием света и ВМД лучше всего заметна при

лабораторных исследованиях, однако большая часть эпидемиологических исследований по воздействию солнечного света на людей не продемонстрировала статистически значимой связи [27, 43, 44]. Эпидемиологические исследования пожизненного экспонирования сетчатки глаза человека затруднительны, так как имеются существенные различия (примерно вдвое) размеров зрачков разных людей, смотрящих на открытом воздухе на одну и ту же картину, и поведенческая реакция склонения от воздействия яркого света у разных людей разная [45, 46]. Ошибки памяти также представляют собой большую проблему при эпидемиологических исследованиях. Так что мы имеем основанные на лабораторных исследованиях спорные доказательства связи между воздействием света и ВМД и очень мало подтверждающие эту гипотезу эпидемиологические исследования. Может оказаться, что связь между ВМД и хроническим воздействием света имеет место для субпопуляции лиц с генетической предрасположенностью к ВМД, и эта связь при эпидемиологических исследованиях всё ещё не выявлена только из-за ограниченности наших знаний. Только дальнейшие исследования позволят ответить на этот вопрос. Из-за возможного наличия этой связи, некоторые специалисты предостерегали от использования для освещения жилых помещений источников света с очень высокими значениями T_u , хотя присущие естественному освещению большие T_u могут «исполь-

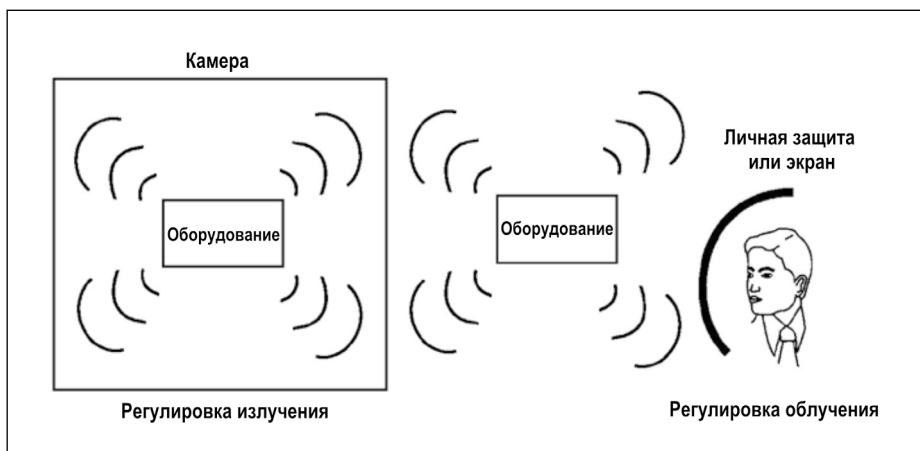


Рис. 3. Предельные уровни излучения, содержащиеся в стандартах безопасности продукции (стандартах производителей), основаны на оценке риска при средневзвешенных по времени условиях облучения. Предельные уровни облучения, содержащиеся в профессиональных (освещение рабочих мест) и здравоохранительных стандартах безопасности и санитарных нормах, применяются специалистами при оценке конкретных уровней облучения и рисков

рактических характеристиках людей, которые были известны в 1970-х и 1980-х гг. В то время ничего не знали о сильном воздействии синего света на циркадные ритмы людей. Однако критические замечания по поводу того, что предельно допустимые уровни облучения людей и границы уровня излучения для разных групп риска [5, 6, 12; ICNIRP, 2005²; Sliney, 2013²], которые были основаны на сильном кратковременном воздействии и не учитывали длительность облучения, непропорциональны. Конечно, предельные уровни УФ облучения были основаны на исследованиях воздействия излучения на людей: на проводившихся на протяжении всей жизни исследованиях рака кожи, а также на порогах для острой эритемы. Предельные уровни облученности для ОСС соответствуют сильной реакции (фотомакулопатия), которая имеет место только если смотреть на солнце, сварочную дугу или дуговую лампу или при применении в глазной хирургии освещения [53], и экспериментальным данным о предельных уровнях экспозиции при длительностях облучения от 10 до 1000 с. Эти предельные уровни не основаны на результатах проводившихся на грызунах исследований с использованием ЛЛ, так как подобные условия облучения были сочтены невозможными при наблюдении ламп людьми [Sliney, 2013²], однако было принято во внимание осуществлявшееся на открытом воздухе наблюдение ярких объектов. В настоящее время имеет место явная нехватка биомедицинских данных, позволивших бы предложить критерии безопасности для защиты от (всего лишь гипотетических) нейроэндокринных эффектов. Однако проектировщики освещения должны учитывать спектральный состав света, рекомендуемый для освещения жилых помещений и домов для престарелых и инвалидов.

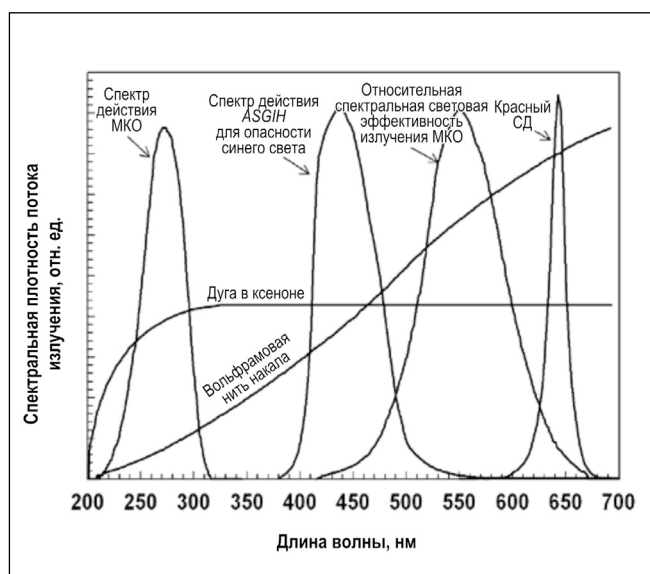


Рис. 4. Спектральное взвешивание спектров опасности УФ излучения $S(\lambda)$ и опасности синего света $B(\lambda)$ нужно только тогда, когда лампа излучает в представляющей интерес области спектра

зоваться» в освещении рабочих мест для повышения бодрости работников [47, 48].

2.2. Влияние на циркадные ритмы

СД с большой синей составляющей излучения и ЛЛ с высокой T_c некоторые связывали с циркадной нейроэндокринной системой и нейроповеденческими реакциями (например, регуляцией секреции мелатонина) из-за чувствительности к синему свету светочувствительных ганглионарных клеток сетчатки [Berson, 2001²; 22, 23, 47–49]. Данные, связывающие внутреннее освещение в ночное время с раком молочной железы у работающих в ночную смену, основаны на исследованиях на животных

и эпидемиологических [50–52]. Однако интерпретация результатов этих исследований остаётся довольно противоречивой. Действительно, как и в случае ВМД, результаты фундаментальных научных исследований либо могут интерпретироваться как повод для беспокойства и стимул для проведения дальнейших исследований, либо ими можно пренебрегать, как не имеющими отношения к реальным условиям облучения людей и искажающими действительность или в связи с тем, что требуемые дозы облучения не встречаются при обычных уровнях освещения жилых помещений или уличного освещения.

Современные стандарты фотобиологической безопасности с классификацией по группам риска основаны на предельных фотобиологических ха-

2.3. Реалистичные средневзвешенные по времени условия зрительной работы

Наибольшей проблемой, возникшей при разработке стандартов безопасности ламп и рекомендательной классификации по группам риска, было достижение соглашения о том, что такое реалистичные условия облучения. Условия измерений, необходимые для регистрации очень сла-

бого УФ излучения, обусловили выбор стандартного расстояния проведения измерений, равного 20 см. Но это не имеет ничего общего с расстояниями, на которых осуществляется облучение людей и которые должны основываться на средневзвешенных по времени (*TWA*) расстояниях прямого и отражённого облучения кожи и непосредственного зрительного наблюдения [*Sloney, 2013*²] (рис. 2).

Группы риска определялись вероятностным анализом риска разумно предсказуемых облучения человека и условий наблюдения [45; *Sloney, 2013*²]. К сожалению, вертикальные (относящиеся к определённой области применения) рекомендации, которые изначально предполагало создать *IESNA*, окончательно сформулированы не были, но в настоящее время проводится разработка этих документов применительно к УФ и ИК лампам и проекционным ламповым системам. Есть надежда, что при обновлении стандарта *CIE S009* [1] МКО рассмотрит и более реалистичные условия применения и не будет считать уровни излучения, полученные на основе средневзвешенных по времени предельных уровней облучения, эквивалентными реалистичным (рис. 3).

Кратковременное непосредственное наблюдение лампы с расстояния 20 см или даже большего ограничено блёскостью. Прямое освещение организуется таким образом, чтобы при нормальных условиях блёскость сводилась к минимуму (рис. 2). Максимальный интервал времени для получения *TWA*, равный 300 или 1000 с, который используют применительно к группам высокого риска, соответствует реальным расстояниям облучения. Критерий в 500 лк для ламп общего назначения основан на многочисленных исследованиях условий их применения и осветительных установок [7, 9, 11; *Sloney, 2000*²; *Sloney, 2013*²]. Эти исследования позволили заключить, что уровень УФ-В облучённости при очень интенсивном освещении, производимом ЛЛ и ГЛН, по меньшей мере такой же как при освещённости в 500 лк от «голой» лампы. Это не подразумевает, что освещённость составляла только 500 лк, – просто, это было условие проведения испытаний. Группа риска *RG-1* была, на самом деле, «предназначена» для изде-

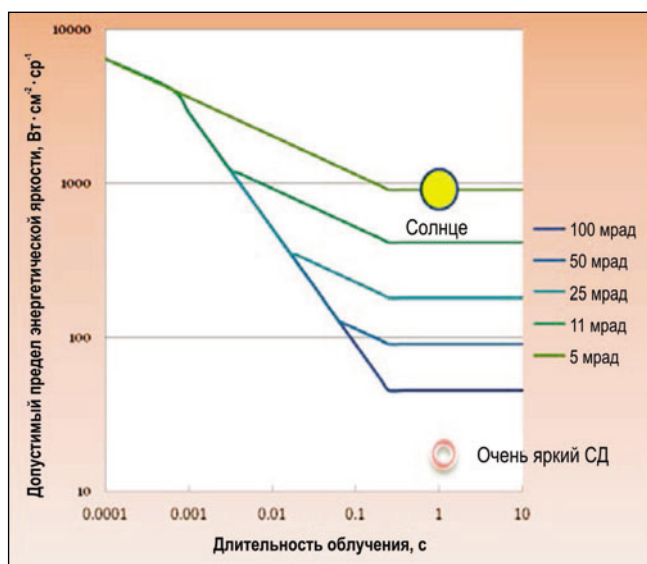


Рис. 5. Предельные уровни термической опасности для сетчатки редко нужны для классификации по группам риска, кроме случая больших дуговых ламп (1 мрад=10 мкДж/кг)

лий с ЛЛ, когда воздействие УФ излучения на кожу может оцениваться на основе эквивалентной дозы, имеющей место при ежедневном облучении в течение 2,8 ч (10000 с) в наилучших временных и пространственных условиях облучения (в отличие от 8-часового или непрерывного облучения), и не учитывает чрезмерно чувствительную кожу.

Наконец, условия измерения по действующим стандартам и рекомендациям [1, 3] следует рассматривать с позиций здравого смысла. Крайне редко случается так, что применимыми оказываются все критерии (рис. 4 и 5).

Заключение

Действующие стандарты фотобиологической безопасности просто неприменимы к циркадным эффектам – в этом случае уместны светотехнические стандарты [22]. Использование СД с низкой T_v должно исключить любую (обоснованную и необоснованную) обеспокоенность тем, что внутреннее освещение будет вносить больший вклад в ВМД по сравнению с солнечным светом. Современные СД (без УФ накачки) не вызывают никакого беспокойства относительно УФ излучения, и в их случае бессмысленно проводить его измерения. Два главных вывода связаны со «средневзвешенным по времени усреднением» экспозиции и с пониманием расстояния, на котором производится облучение. Основная проблема поддержания здоровья и обеспечения безопасности, которую решают действующие

стандарты, связана с фотобиологической опасностью УФ излучения и синего света и длительным облучением (фотохимическими механизмами). При таком облучении риск может реализовываться только при очень длительном облучении, и при разработке групп риска для ламп было использовано взвешивание по времени разных облучённостей, существующих на разных расстояниях. Многочисленные исследования позволили прийти к заключению, что уровень УФ-В компоненты при очень интенсивном освещении ЛЛ и ГЛН по меньшей мере такой же, как при 500-люксовой освещённости от «голой» лампы. Это не подразумевает того, что освещённость составляла только 500 лк, – это просто уместные условия проведения испытаний. Хотя 500-люксовый критерий, в первую очередь был отнесён к УФ излучению, из-за инстинктивного стремления избегать воздействия блёскости, он равным образом подходит и к оценкам ОСС для сетчатки.



Дэвид Х. Слайни (David H. Sloney), Ph.D. (биофизика). Член Оптического общества Америки, Американского фотобиологического общества и др. Представитель США в ТК-76 МЭК

(«Лазеры»). Много лет руководил Отделением 6 МКО («Фотобиология и фотохимия»)

Анализ и улучшение качества энергии при освещении люминесцентными лампами и светодиодами

Б.Т. ЭРГИНОЗ, С. ЯВУЗ¹

Университет Сакарья, Турция

Аннотация

Статья посвящена анализу и улучшению показателей энергетического качества разных источников света, работающих с устройствами управления освещением (особенно с темнителями). При этом измерены и проанализированы такие показатели, как гармонический состав тока, коэффициент нелинейных искажений и коэффициент мощности светодиодных и люминесцентных ламп при разных режимах управления освещением (*lighting control*) и темнения (*dimming control*) и выработаны предложения, как избегать соответствующих вредных влияний как на электрическую сеть, так и на местные устройства управления освещением.

Ключевые слова: экономия, расходуемая энергия, освещение, качество энергии, гармоника тока, коэффициент мощности.

Введение

Правительства и научные учреждения всех стран в настоящее время

спешно ищут «решение глобальной энергетической проблемы». Разработанные недавно новые энергоэффективные изделия (например, СД) и способы передачи энергии (*transition methods*) должны помочь решить эту проблему. Так как расходуемая на освещении энергия (РОЭ) представляет собой наиболее простую часть формулы обеспечения энергоэффективности и энергосбережения, то во всём мире проводятся многочисленные исследования по освещению. Существует несколько путей обеспечения экономии энергии в современных ОУ, такие как замена ПРА и (или) светильников, адаптация ОУ к работе с системами управления, применение графика работы освещения или компенсация реактивной мощности.

Для лучшего понимания сложившейся в мире ситуации следует проанализировать международные документы. Углублённый анализ опубликованного Международным НИИ по строительству (*BRE*) руководства по энергопотреблению [1] и отчётов Аккредитованного института инженеров по обслуживанию зданий (*CIBSE*) [2] показывает, что 20–40 % энергии, потребляемой зданиями во

всём мире, непосредственно связано с искусственным освещением. На правительственные здания США приходится более трети национального потребления электроэнергии, и 25–40 % от неё расходуется на освещение [3]. Статистические данные о Канаде показывают, что 10 % потребляемой учреждениями энергии непосредственно связаны с ОУ [4]. В Евросоюзе не связанная с жилым фондом годовая РОЭ составляет примерно 160 ТВт·ч, и 40 % от неё связано с системами искусственного освещения зданий [5].

Так как наблюдается значительный рост энергопотребления, а экономия РОЭ рассматривается как наиболее простой способ энергосбережения, то исследования всё больше концентрируются на освещении. К сожалению, вопросы энергоэффективности и энергоэкономичности освещения являются палкой о двух концах. Обеспечивая сокращение РОЭ, новые изделия с СД и способы передачи энергии оказывают негативное влияние на качество энергии. Даже если темнители осуществлять при нормативных значениях коэффициента гармонических искажений (*THD*) и коэффициента гармонических искажений тока (*THD_i*), всё равно значительное ухудшение коэффициента мощности (*PF*) неизбежно. Упомянутые характеристики качества энергии нормируются стандартами МЭК и ЕС [6–8].

В данном исследовании *THD_i* и *PF* измерялись и анализировались при разных режимах управления освещением и темнения, и предложен метод решения возникших в последнее время проблем.



Рис. 1. Помещение TR1 (с СД)



Рис. 2. Помещение TR2 (с ЛЛ)

Методика исследований и оборудование

Для проведения этих исследований кафедры электротехники и электроники Университета Сакарья выделила два помещения. Они расположены на третьем этаже четырёхэтажного здания кафедры (М-6). Точные координаты этих помещений – 40° 74′ северной широты и 30° 33′ восточной долготы. Эти идентичные помещения площадью по 24 м² имеют по одному окну, выходящему на северо-запад. Так как окна могут создавать блёскость, обусловленную попадающим через них дневным светом, то оконное стекло имеет тонкое плёночное покрытие. Фактически, из-за ориентации окон в них попадает не 100% возможного прямого солнечного света. Так что в этих помещениях дискомфортная блёскость отсутствует. Измеренные значения коэффициента пропускания оконных стёкол оказались равным 67%. Каждое окно имеет размеры 1,5×1,2 м и общую площадь 1,8 м². Согласно соответствующему отчёту Международного энергетического агентства, эффективные площадь и высота такого окна равны 1,2 м² и 1,5 м соответственно [9].

Существующая система искусственного освещения (шесть светильников с четырьмя ЛЛ Т8 мощностью 18 Вт в каждом и параболическими зеркальными решётками) помещения 1 (TR1) была заменена на устройство с СД, состоящее из 41-ваттных СД-панелей (шесть СД-панелей размером 60×60 см) (рис. 1). В помещении 2 (TR2) существующие ПРА были заменены на управляемые по протоколу DALI электронные ПРА (рис. 2). В обоих помещениях возможно затемнение. В TR1 используются подходящие для DALI ПРА компании Philips (КПД = 92%, PF = 0,95), а в TR2 – автоматизированная система управления освещением компании Osram «DALI Basic RC». Система искусственного освещения помещения TR1 в режиме 100%-ной мощности обеспечивает освещённость 510 лк, а система освещения помещения TR2 – 275 лк.

Электрические параметры, такие как напряжение, ток ламп, активная и реактивная мощности, THD, THD₁ и PF измерялись и сохранялись каждые 5 с при помощи анализатора электрической энергии «Janitza UMG

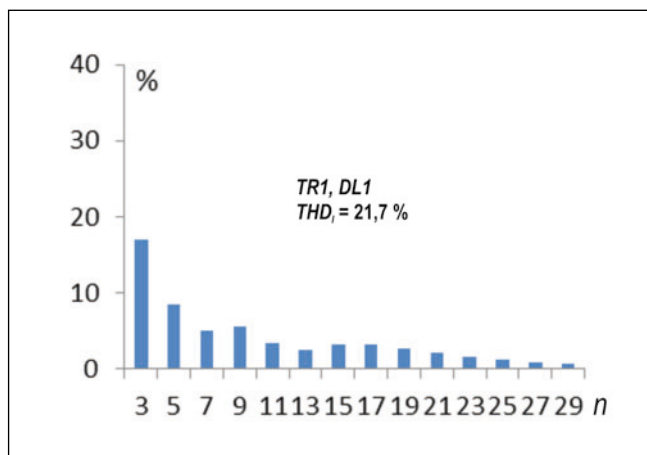


Рис. 3. Гармонический состав тока, помещение TR1, режим DL1

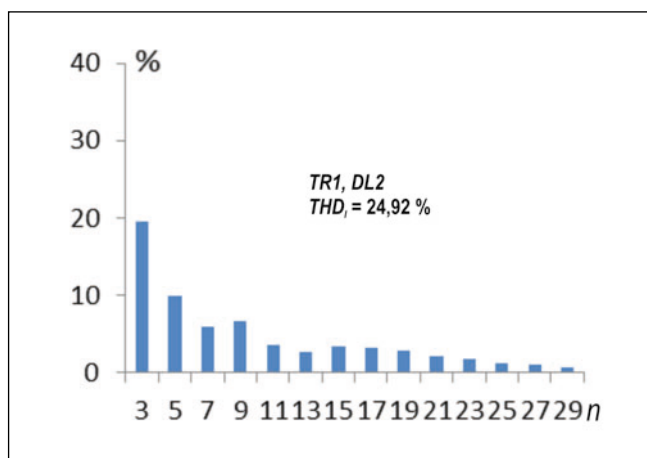


Рис. 4. Гармонический состав тока, помещение TR1, режим DL2

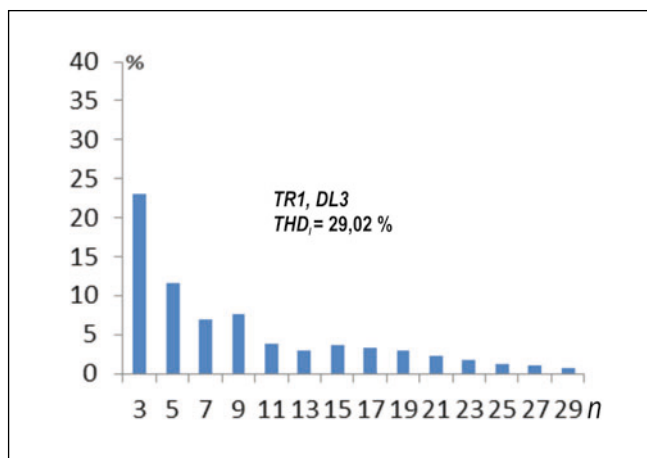


Рис. 5. Гармонический состав тока, помещении TR1, режим DL3

503». Полная измеренная потребляемая мощность в режиме 100%-ной мощности – 250,2 Вт в помещении TR1 и 444 Вт в помещении TR2. Обе системы освещения могли эксплуатироваться при 5-ти уровнях затемнения (табл. 1).

Результаты измерений

Анализатор энергии «UMG 503» записывал результаты измерений на всём протяжении исследований. На основе этих результатов для каж-

дого из помещений были рассчитаны значения THD₁ и PF (рис. 3–7). Как следует из табл. 2, в случае СД-панелей качество энергии лучше, чем в случае светильников с ЛЛ. В частности, значения THD₁ оказались вполне удовлетворительными.

THD₁ и PF рассчитывались по формулам

$$THD (\%) = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$$

и

Уровни темнения систем освещения

Обозначение уровня	Уровень темнения, %	Уровень работы светильников, %
DL1	0	100
DL2	25	75
DL3	50	50
DL4	75	25
DL5	95	5

Рис. 6. Гармонический состав тока, помещение TR1, режим DL4

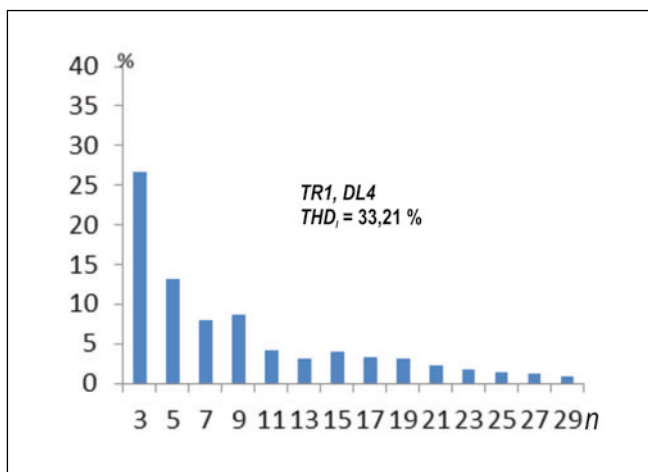


Рис. 7. Гармонический состав тока, помещение TR1, режим DL5

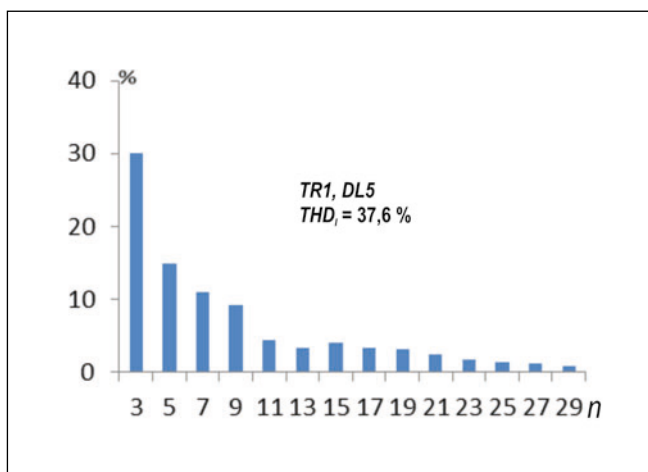
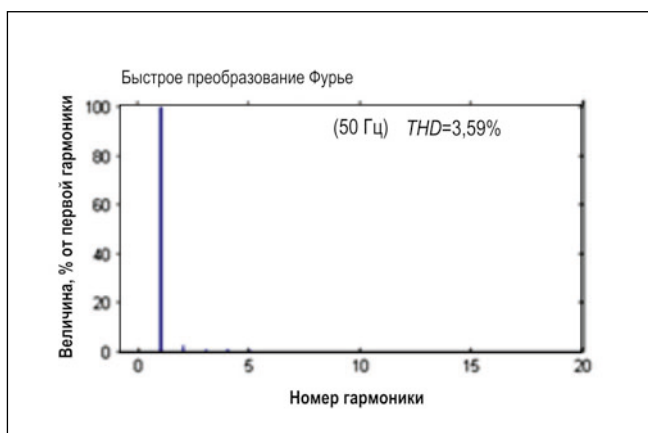


Рис. 9. Гармонический состав тока, полученный при моделировании с использованием активного фильтра, помещение TR1, режим DL5



$$PF = \frac{\cos \varphi_1}{\sqrt{1 + THD_I^2}}$$

Улучшение качества электроэнергии: активный фильтр

В статье [10] высказано предположение, что проблему качества электроэнергии в системах освещения можно решить активным фильтром. Учитывая это, недавно в среде «*Matlab/Simulink*» для реализованных в помещениях TR1 и TR2 систем искусственного освещения была создана модель активного фильтра [11], который должен был позволить удовлетворить требования МЭК: $THD_I \leq 5\%$.

В изображённом на рис. 8 активном фильтре используется основанный на гистерезисе регулятор тока. Это управляющее устройство проверяет реально протекающий через фильтр ток, сравнивает его с образцовым и затем генерирует сигналы запуска. Эти сигналы оцениваются на уровне биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT), после чего производятся соответствующие переключения.

Установленные в помещении TR1 СД-панели при моделировании представлялись в виде диодно-взвешенной (*diode weighted*) индуктивной системы, что обусловлено используемыми в панелях управляющими устройствами, а установленные в помещении TR2 светильники с ЛЛ представлялись как индуктивные системы. В случае СД-панелей худшими значениями THD_I и PF оказались 3,59% и 0,97 соответственно (рис. 9). В случае светильников с ЛЛ эти параметры были равны, соответственно, 4,92% и 0,93 (рис. 10).

Заключение

Как следует из результатов измерений и моделирования, при обычном способе эксплуатации и традиционные, и новые системы освещения имеют свои достоинства и недостатки. Замена традиционных ПРА для ЛЛ на DALI-управляемые ПРА и УУ может оказаться решением проблемы энергосбережения. К сожалению, энергосбережение – не единственная проблема, которую нужно решать. Значительный недостаток – сопутствующее энергосбережению ухуд-

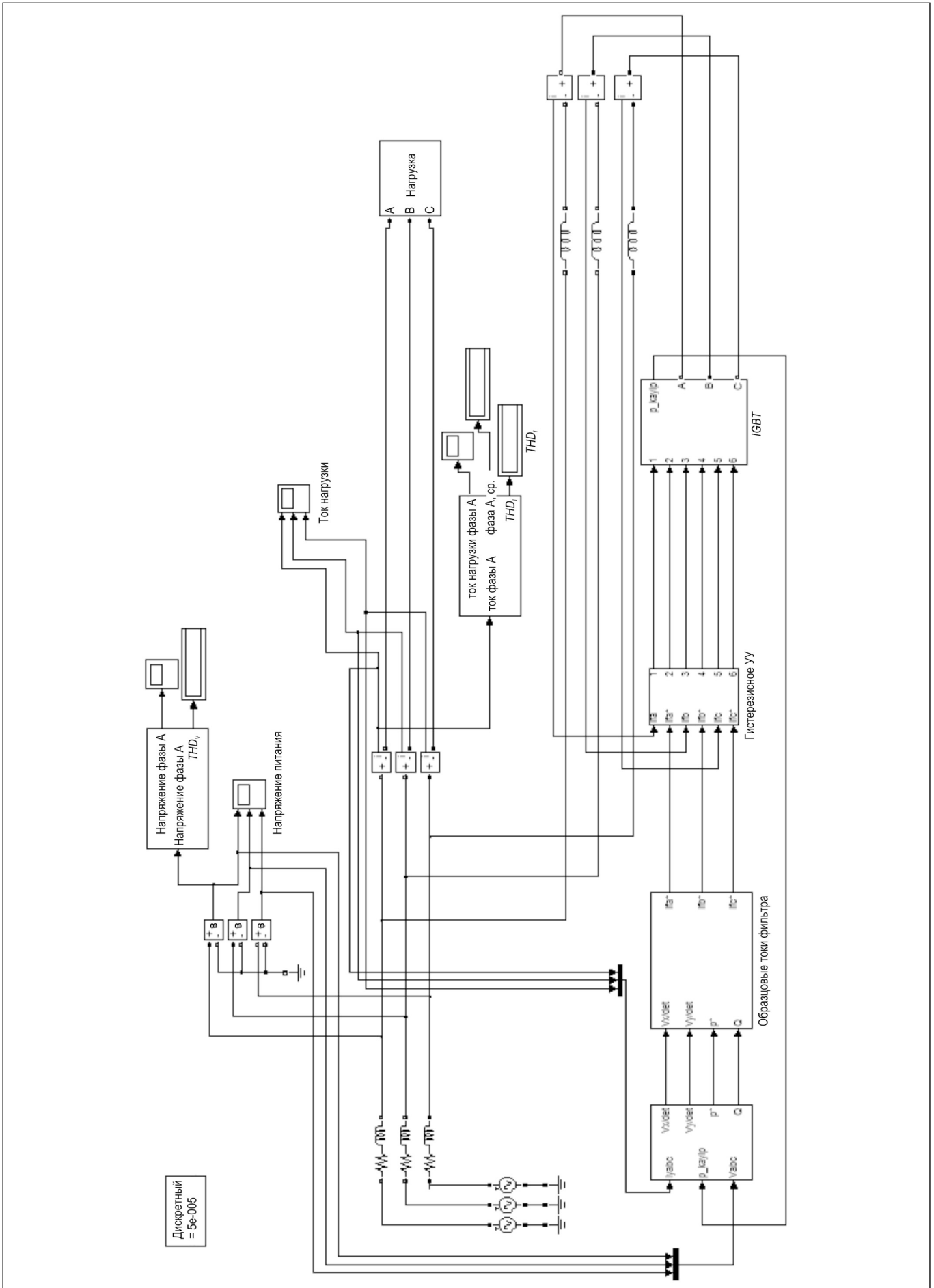
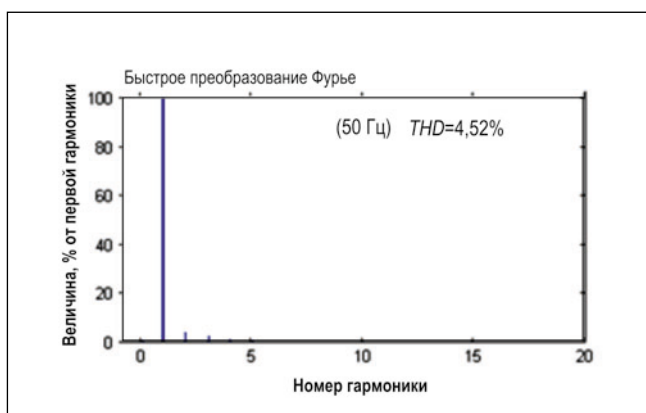


Рис. 8. Блок-схема активного фильтра

Результаты измерений

Обозначение уровня	Уровень затемнения, %	Уровень работы светильников, %	THD_I , % (TR1, СД)	PF (TR1, СД)	THD_I , % (TR2, ЛЛ)	PF (TR2, ЛЛ)
DL1	0	100	21,7	0,94	24,6	0,98
DL2	25	75	24,92	0,89	30,99	0,91
DL3	50	50	29,02	0,84	36,35	0,83
DL4	75	25	33,21	0,79	42,73	0,77
DL5	95	5	37,60	0,75	49,05	0,68

Рис. 10. Гармонический состав тока, полученный при моделировании с использованием активного фильтра, помещение TR2, режим DL5



шение показателей качества электроэнергии. Этот же недостаток присущ и СД. Системы с СД экономят немало электроэнергии, хотя, возможно, и меньше, чем традиционные системы; кроме того, они также ухудшают параметры, характеризующие качество энергии.

Применение в системах освещения активных фильтров представляется логичным способом устранения гармонических искажений и повышения PF . Следует провести исследования, направленные на минимизацию размеров активных фильтров и объединение их с ПРА для СД и (или) с ПРА для ЛЛ. Используемое СД внутреннее освещение с каждым днём всё дешевле, обладая вышеназванными достоинствами: энергоэкономичностью, большим световым потоком и высокими уровнями освещённости, улучшенным гармоническим составом тока и повышенным PF . Объединение ПРА для СД и активных фильтров может оказаться большим шагом к реализации более надёжной и эффективной электрической сети.

Данное исследование финансировалось Комиссией по научным исследованиям Университета Сакарьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BRE, Energy consumption guide 19, 2007.
2. Chartered Institute of Building Service Engineers, Guide F: Energy efficiency in buildings, 1999.
3. Krarti, M. Energy audit of building systems: An engineering approach. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2000.
4. National Resources Canada (NRC), Commercial/ Institutional secondary energy use by energy source, end use and activity, Canada, 2000.
5. Bertoldi, P., Ciugudeanu, C.N. Five Year Report of the European Greenlight Programme, EUR 21648 EN, European Commission, DG JRC, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, 2005.
6. IEC EN 61000-3-2: Electromagnetic Compatibility, Part 3, Section 2, Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤ 16 A per Phase), ed. 3; International Electrotechnical Commission (IEC), Switzerland, 2011.
7. IEC EN 61000-4-7: Electromagnetic Compatibility (EMC), Testing and Measurement Techniques, General Guide on Harmonics and Interharmonics Measurements and Instrumentation, for Power Supply Systems and Equipment Connected Thereto; International Electrotechnical Commission, Switzerland, 2002.

8. Voltage Characteristics in Public Distribution Systems, EN 50160; CENELEC, Belgium, 1999.

9. International Energy Agency, Daylight in buildings a source book on daylighting systems and components, A Report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, 2000.

10. Yavuz, C., Yamkoğlu, E., Güler, Ö. Evaluation of Daylight Responsive Lighting Control Systems According to the Results of a Long Term Experiment// Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 4. – P. 75–83.

11. Tug, L., Yavuz, C. Reduction of the Effects of Current Harmonics in Low Voltage Systems// 1st Int. Symp. on Innovative Technologies in Engineering and Science, Sakarya, Turkey, 2013.



Бану Табак Эрзиноз (Banu Tabak Erginöz), M.Sc. (2005 г.).

Окончила Университет Сакарьи в 2000 г. Лаборант и аспирант (Ph.D.) кафедры электротехники

и электроники этого же вуза. Научные интересы: проектирование внутреннего освещения, энергосбережение, энергоэффективность электрических систем и качество энергии



Сенк Явуз (Cenk Yavuz), Ph.D. (2010 г.).

Окончил Университет Сакарьи в 2002 г. Доцент кафедры электротехники и электроники этого же вуза.

Научные интересы:

применение естественного освещения, экономия идущей на освещение энергии, энергоэффективность и качество освещения. Член Турецкого национального комитета МКО

Компьютерное моделирование сумеречного зрения на основе видеозаписей

Г. ДЕМЁТЁР, А. ХОРВАТ¹

Университет им. Иштвана Сечени, Дьёр, Венгрия

Аннотация

Вопрос сумеречного зрения является одним из самых актуальных в светотехнике [1], в связи с чем чрезвычайно важное значение имеет расчётное определение видимости в условиях этого зрения. В статье приводятся алгоритм и первые результаты компьютерных расчётов по моделированию поведения сетчатки глаза в условиях ночного, сумеречного и дневного зрения и определению зависимости остроты зрения от направления наблюдения. Авторы хотели создать практичный инструмент для проведения исследований в режиме реального времени, из-за чего в качестве входных данных использовалась видеозапись (это накладывает ограничения на точность, но расширяет область применения предлагаемого метода).

Ключевые слова: моделирование сетчатки, сумеречное зрение, вождение в ночное время.

1. Введение

Нашей целью была разработка программного обеспечения (ПО), способного моделировать зрительные ощущения в режиме реального времени без привлечения специальной аппаратуры. Это ПО («*RetModel*») может применяться в качестве инструмента для исследования зрительного восприятия при различных условиях освещения, например при движении транспорта в ночное время. В качестве входных данных при этом используется файл видеозаписи, получаемый обычной камерой, который наше ПО демонстрирует на экране, обеспечивая имитацию зрительного восприятия человека в различных условиях.

В своей модели мы учитываем и моделируем следующие особенности человеческого зрения:

- Зависимость остроты зрения от направления: фоторецепторы сетчатки имеют разную поверхностную плотность, и их клетки образуют рецепторные поля. Плотности этих полей определяют собой остроту зрения, обеспечиваемую разными участками сетчатки.

- Разную спектральную чувствительность колбочек и палочек, что позволяет моделировать дневное, сумеречное и ночное зрение.

Зависимость остроты зрения от направления моделируется при помощи двух рецепторных сеток, одна из которых соответствует колбочкам, а вторая – палочкам. Узлы этих сеток представляют собой не отдельные рецепторные клетки, а группы клеток, которые объединены в слоях сетчатки и создают в нашем мозгу одну элементарную «точку». Кадры входной видеозаписи проектируются на эти сетки, и при дальнейших расчётах используются только пиксели, соответствующие узлам сетки. Применительно к этим узлам рассчитываются яркостные и цветовые характеристики, после чего полученные данные интерполируются применительно ко всему полю зрения. По этой причине резкость будет ниже в районах с малой плотностью узлов сетки, и наоборот.

В работе [2] для моделирования сумеречного зрения использовалась последовательность имитаций изображений, соответствующих большому количеству интервалов длин волн, то есть каждому пикселю были сопоставлены подробные спектральные данные. Недостатком этого метода является то, что в реальных условиях очень трудно собираемы подробные спектральные данные для каждого из пикселей.

Обычная камера выдаёт информацию о цвете в системе *sRGB*, которая может преобразовываться в вырабатываемые колбочками сигналы *L*, *M*, *S* и яркость в условиях дневного зрения *L_p*. (Конечно, эти расчёты предполагают наличие хорошо откалиброванной камеры.) Расчёт ярко-

сти в условиях ночного зрения *L_s* связан с гораздо большими трудностями, так как имеющиеся в продаже камеры не предназначены для получения информации в этих условиях. Однако, приняв правдоподобные допущения о типе спектрального распределения излучения источника света, можно на основе значений *R*, *G*, *B* примерно рассчитать отношение L_s/L_p , а затем и *L_s*. Исходя из значений *L_p* и *L_s*, по модели сумеречного зрения (например, модели *MOVE* [3]) можно рассчитать и значение яркости в условиях сумеречного зрения *L_m*. Подобным же образом мы получим разумную аппроксимацию *L_m* на основе создаваемых обычной камерой изображений. Детальные исследования показали, что в условиях сумеречного зрения имеют место особые явления, например, неаддитивность составляющих восприятия в этих условиях (см., напр., [4]). В данной работе мы не смогли учесть эти эффекты, что сводит точность наших расчётов к точности модели *MOVE* [3].

Важно отметить, что в своей модели мы учли химический механизм адаптации рецепторов, но в связи с ограниченностью размера статьи он будет представлен в нашей следующей публикации.

При разработке и реализации этого ПО (названного «*RetModel*») мы старались обеспечить моделирование в реальном масштабе времени. Благодаря хорошо проработанному многопоточному языку *C++* и применению элементов аппаратного обеспечения машинной графики (с использованием стандартных программ *OpenGL* [5]), эту задачу удалось решить.

Ниже мы представляем упомянутое ПО и результаты его испытаний и демонстрируем достоверность полученных с ним результатов.

2. Компьютерная модель

2.1. Проецирование на сетку рецепторов

В качестве компромисса между точностью моделирования протекающих в сетчатке процессов и практической применимостью мы воспользовались следующей базовой архитектурой компьютерной модели:

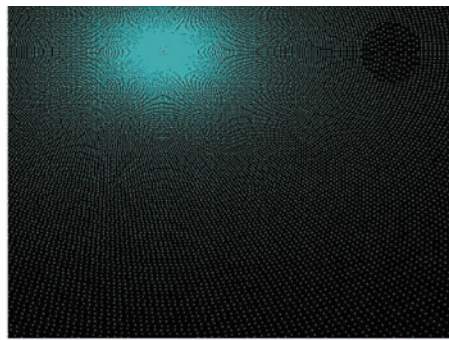
1. Формирование двух сеток чувствительных полей с пространственно

¹ E-mail: horvatha@sze.hu

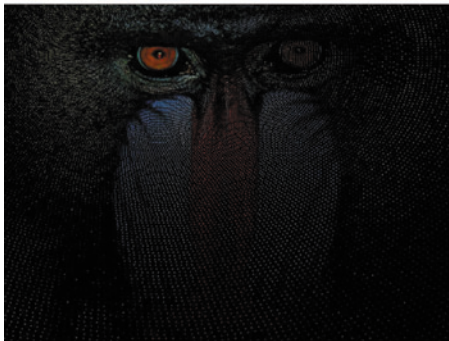
Перевод с англ. Е.И. Розовского



исходное изображение



узлы сетки рецепторов



выборка из соответствующих узлов участков изображения



интерполяция на всё поле зрения

Рис. 1. Демонстрация этапов выборки и интерполяции с использованием разреженной сетки



нормальная резкость, фокус на строке 20/20



нормальная резкость, фокус на строке 20/40



половинная резкость, фокус на строке 20/20



половинная резкость, фокус на строке 20/40

Рис. 2. Проверка «RetModel» по таблице Снеллена в условиях дневного зрения (центр поля зрения отмечен красным квадратиком*)

* На рисунке отсутствует. – Прим. пер.

изменяющейся плотностью для, соответственно, колбочек и палочек, так чтобы получаемая резкость соответствовала зависящей от направления остроте человеческого зрения.

2. Проецирование входного изображения (или серии входных изображе-

ний) на эти сетки палочек и колбочек.

3. Расчёт смоделированной реакции палочек и колбочек.

4. Интерполяция на всё поле зрения.

5. Совмещение сигналов от двух сеток, исходя из уровня яркости.

Для простоты, мы сначала продемонстрируем этот процесс на примере стоп-кадра, полученного в условиях дневного зрения (рис. 1). В качестве входного использовалось стандартное тестовое изображение «бабуин».

Можно заметить, что плотность рецепторов уменьшается по мере удаления от центра, так что на периферии выборка меньше, что приводит к уменьшению детализации в этой области. На рис. 1 точка визирования помещается на правом глазу бабуина, вследствие чего он очерчен абсолютно чётко, тогда как второй глаз выглядит несколько размытым, а усы полностью пропали. Обратите внимание на то, что эта сетка искусственно разрежена в демонстрационных целях, так как при реальной плотности рецепторов точки на верхнем правом и нижнем левом рисунках были бы расположены слишком плотно.

Входным параметром программы моделирования сетчатки является разрешение в центре поля зрения, принимаемое по умолчанию равным 60 линий на градус. Для аппроксимации уменьшения остроты зрения по мере удаления от центра мы воспользовались данными [6]. На основе этих данных мы формируем сетку рецепторов (чувствительных полей), воспроизводящую такую же зависимость разрешения от расстояния по горизонтали. Считается, что в вертикальном направлении острота зрения спадает аналогичным образом, но в 1,5 раза медленнее.

Для палочек аналогичная зависимость остроты зрения от расстояния моделировалась, исходя из данных [7].

Моделируется также и слепое пятно. Были выбраны две области диаметром 4° с эксцентриситетом 12° по горизонтали, и при наблюдении одним глазом мы удаляем все рецепторы в соответствующей области, а при наблюдении двумя глазами уменьшаем количество этих рецепторов вдвое, с тем чтобы имитировать негативное влияние слепого пятна на остроту зрения даже в случае бинокулярного зрения.

После формирования рецепторов, мы методом Делани строим треугольные ячейки для палочек и колбочек. Воспользовавшись аппаратным ускорением, эти треугольные ячейки можно легко и быстро отобразить при помощи OpenGL [5]. В рамках наше-



Рис. 3. Фиксация взгляда на втором слева дорожном знаке при нормальной (а) и половинной (б) остроте зрения

го ПО сетки колбочек и палочек отображаются независимо друг от друга при помощи разных прозрачных слоёв. Это аддитивное поведение согласуется с используемой моделью сумеречного зрения [3].

На рис. 2 показано, что резкость нашей модели хорошо откалибрована относительно зрения человека. В случае нормальной резкости строка 20/20 ясно различается, если она находится в фокусе, но не различается при половинном разрешении. Более того, если при нормальной резкости в фокусе находится строка 20/40, то строка 20/20 будет размытой, однако при фокусировке на строке 20/20 всё ещё можно различить буквы в строке 20/40.

Размытые участки на рис. 2 выглядят несколько искусственными, однако результаты говорят о реалистичности моделирования. В реальности участки периферических областей, имеющие малое разрешение, нельзя «вморозить» и исследовать тем же глазом. Однако если посмотреть на соответствующие нормальной резкости рисунки по нормали к ним и с подходящего расстояния, фокусируясь при этом на отображающем центре поля зрения красном квадратике, то мы не заметим размытия рисунка на периферии, так как именно эта часть нашего глаза также имеет малую разрешающую способность.

На рис. 3 видны результаты работы нашего ПО применительно к перекрёстку с круговым движением со сложной системой дорожных знаков. На рис. 3, а отражён случай средней разрешающей способности, а на рис. 3, б смоделировано зрение человека с половинной остротой зрения. В обоих случаях центр поля зрения (красный квадратик) расположен на втором слева знаке. Ясно, что средний человек может читать буквы на его соседе справа, но с половинной

остротой зрения, и что для восприятия знаков водитель должен фиксировать взгляд на каждом из них, а это может отнимать много времени и быть источником опасности.

2.2. Расчётное определение яркости в условиях дневного и ночного зрения

Файл видеозаписи содержит пиксели, соответствующие всем точкам всех кадров. Получение с их помощью физических значений яркости – непростая задача, выполняемая только с умеренной точностью после проведения тщательной калибровки или при наличии уверенности, что изготовитель осуществил эту калибровку и что при регистрации входных изображений использовалось стандартное цветовое пространство, например, *sRGB* [8]. В нашей модели мы исходим из последнего.

При помощи стандартных функций *sRGB* мы преобразуем пиксели R , G , B в линейные значения R_l , G_l и B_l (масштабированные применительно к интервалу $[0, 1]$) и рассчитываем Y по формуле

$$Y = 0,2126 \cdot R_l + 0,7152 \cdot G_l + 0,0722 \cdot B_l.$$

Величина Y линейно связана с L_p , и если обозначить соответствующее $Y = 1$ (наиболее яркий пиксель) значение яркости как L_0 , то яркость в условиях дневного зрения можно рассчитать по формуле

$$L_p = L_0 \cdot Y = L_0 \cdot (0,2126 R_l + 0,7152 \cdot G_l + 0,0722 \cdot B_l). \quad (1)$$

Труднее найти подходящую аппроксимацию для L_s . Если обозначить спектр излучения источника света как $s(\lambda)$, а спектральный коэффициент отражения поверхности как $\rho(\lambda)$, то от-

ношение яркостей в условиях ночного (S) и дневного (P) зрения можно рассчитать по формуле

$$\begin{aligned} S/P &= L_s / L_p = \\ &= \frac{\int s(\lambda) \rho(\lambda) V'(\lambda) d\lambda}{\int s(\lambda) \rho(\lambda) V(\lambda) d\lambda}. \end{aligned} \quad (2)$$

где V и V' – функции относительной спектральной световой эффективности для дневного и ночного зрения соответственно.

На основе имеющейся в пикселях информации можно рассчитать значения R_l , G_l и B_l , воспользовавшись спектральными данными и функциями сложения цветов r , g и b :

$$R_l = \int s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda, \quad (3)$$

$$G_l = \int s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda, \quad (4)$$

$$B_l = \int s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda. \quad (5)$$

Зная только R_l , G_l и B_l нельзя однозначно реконструировать спектральные данные: для заданных спектра и функций сложения цветов требованиям (3) – (5) удовлетворяют многие $\rho(\lambda)$. Однако эти уравнения и естественные условия $s(\lambda) \geq 0$ и $\rho(\lambda) \geq 0$ исключают возможность очень больших колебаний отношения S/P . (Напоминаем, что нам нужны не спектр излучения или спектральный коэффициент отражения, а всего лишь функция $L_s = L_p (S/P)$.)

Эта проблема была решена следующим образом. Мы воспользовались набором спектров излучения $s(\lambda)$ (стандартные источники A и $D65$, две люминесцентные лампы и гипоте-

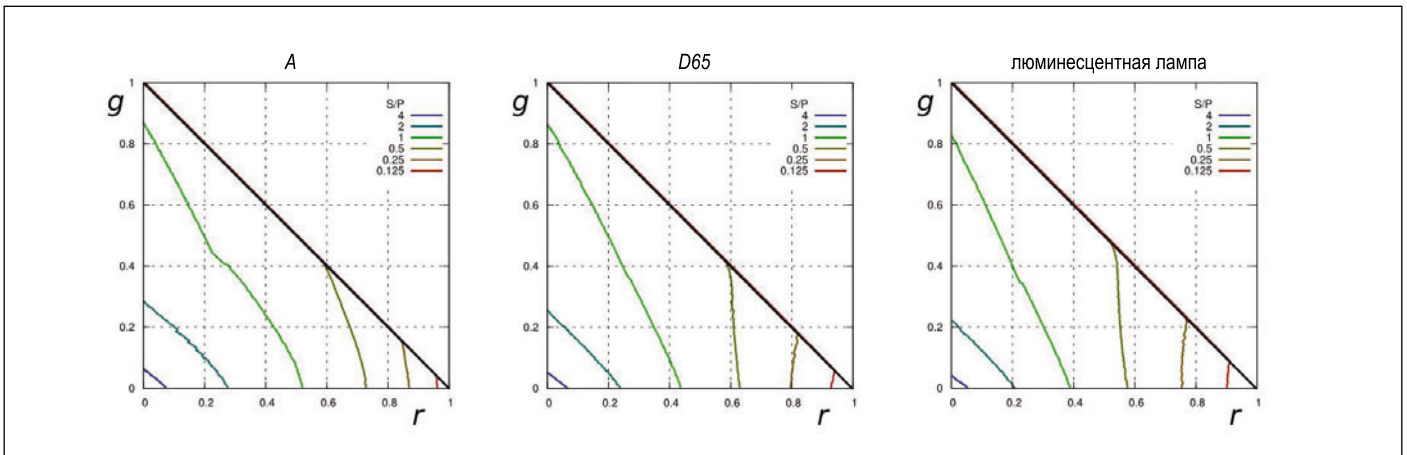


Рис. 4. Зависимости отношения S/P от координат цветности для разных источников света

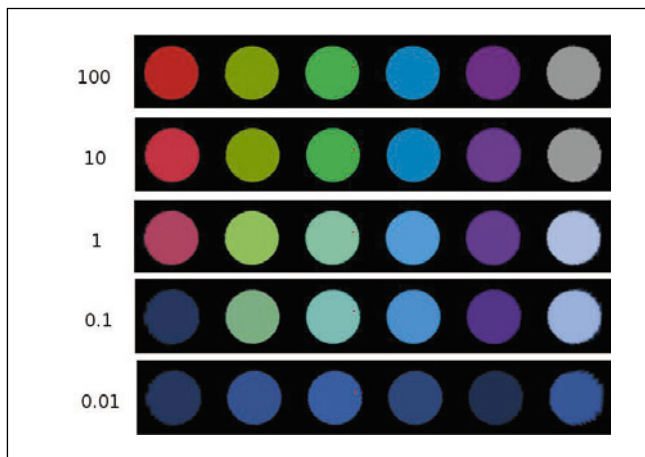


Рис. 5. Моделирование зрительного восприятия совокупности дисков при разных значениях L_0 ($\text{кд}/\text{м}^2$)

тический равноэнергетический источник света) и параметрическим множеством спектральных коэффициентов отражения

$$\rho = \rho(\lambda, p_1, p_2). \quad (6)$$

Эта функция была сформирована из двух функций Гаусса. Для получения всех координат цветности нам пришлось изменить как дисперсии, так и центры исходных функций.

$$r = R_i / (R_i + G_i + B_i) \text{ и } g = G_i / (R_i + G_i + B_i). \quad (7)$$

Для запуска нашей программы компьютер должен сформировать большие интерполяционные таблицы для функций $r(p_1, p_2)$ и $g(p_1, p_2)$ и обратных им функций $p_1(r, g)$ и $p_2(r, g)$. Следующим этапом является формирование на основе этих таблиц ещё одной интерполяционной таблицы для зависимости значений S/P от координат цветности r и g .

В процессе моделирования мы считываем r и g по формуле (7) и бе-

рём S/P из вышеупомянутой интерполяционной таблицы. Воспользовавшись (1), мы получаем L_p , а затем и L_s : $L_s = L_p \cdot (S/P)$.

Знания L_s и L_p достаточно для определения по модели MOVE [3] значения L_m :

$$L_m = \frac{m}{M(m)} L_p + \frac{(1-m)}{M(m)} L_s, \quad (8)$$

где $M(m)$ и методику расчёта зависимости m от L_s и L_p можно найти в публикации [3].

В то время как функцию $M(m)$ можно аппроксимировать простой функцией для получения m требуется прибегнуть к итерациям с использованием арифметических и логарифмических операторов. Для ускорения этого процесса мы сформировали большую интерполяционную таблицу для функции $m(L_s, L_p)$ в условиях ночного и сумеречного зрения (для дневного зрения $m = 1$).

Важный вопрос состоит в том, насколько велика неопределённость

функции $(S/P)(r, g)$. Мы исследовали его с использованием трёх разных типов (гауссов, параболический и кусочно-постоянный) параметрических функций, описывающих коэффициент отражения $\rho(\lambda, p_1, p_2)$, и пяти разных спектров $s(\lambda)$ источников света (A, D65, две люминесцентные лампы и гипотетический равноэнергетический излучатель) (рис. 4). Результаты продемонстрировали меньшую 20% разницу при усреднении по r и g . Столь малые колебания представляются правдоподобными, так как для заданной пары (r, g) получают как разные $s(\lambda)$ и $\rho(\lambda, p_1, p_2)$, тогда как их произведение должны быть метамерами. Метамерные спектры ведут себя качественно одинаково в длинно-, средне- и коротковолновых диапазонах и формируют одинаковые сигналы L -, M - и S -колбочек. Так как кривая спектральной чувствительности палочек расположена между кривыми, соответствующих M и S колбочкам, то для относительно гладких качественно приемлемых спектров формируемый палочками сигнал и яркость в условиях ночного зрения должны изменяться сходным образом. Конечно, можно придумать особые сильно осциллирующие искусственные метамеры с очень разными значениями S/P , однако наши расчёты показали, что для пяти реальных источников света с очень разными спектрами излучения и трёх разных типов спектральных коэффициентов отражения среднее отклонение не превышает 20%.

3. Реализация

Описанный выше алгоритм был реализован посредством языка C^{++}

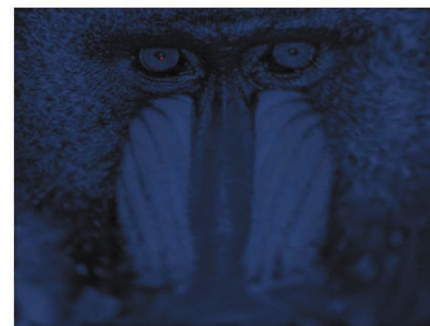
с многопоточной поддержкой и интенсивного применения программ «OpenGL». Благодаря многопоточности мы можем использовать для расчётов все ядра центрального процессора, а благодаря «OpenGL» – использовать аппаратное обеспечение машинной графики (графический процессор) для проведения интерполяции в пределах сеток рецепторов, обеспечивающих визуализацию слоёв палочек и колбочек, и гамма-преобразование (*gamma-transformation*) при отображении данных. Декодирование последовательности видеозаписей осуществляется при помощи бесплатной библиотеки «FFMPEG».

Моделирующее ПО «RetModel» может быть скомпилировано в системах «Windows» и «Linux». На средней рабочей станции с 4 процессорами «Intel i5» или аналогичным центральным процессором и современным графическим процессором (с хорошей управляющей программой «OpenGL») можно в реальном масштабе времени обрабатывать высококачественные видеозаписи уровня DVD.

«RetModel» старается отображать зрительное восприятие в условиях сумеречного зрения. Поэтому мы проецируем исходное трёхцветное (RGB) изображение на сетку колбочек и умножаем значения R , G и B на $m/M(m)$, чтобы получать воспринимаемую цветным зрением «дневную часть» картинка. С другой сто-



1 кд/м²



0,01 кд/м²

Рис. 6. Тестовой изображение «бабуин» в условиях верхнего и нижнего участков области сумеречного зрения

роны, мы рассчитываем L_s в узлах сетки палочек и придаём несколько голубовато-серый оттенок точкам с яркостью, пропорциональной

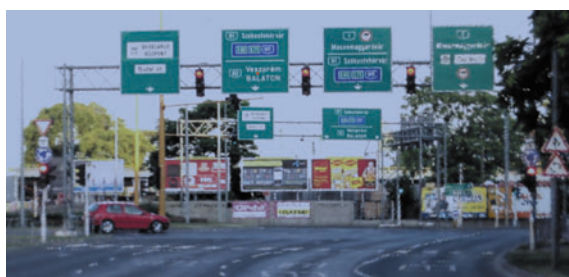
$(1-m)/M(m) \cdot L_s$. Голубоватый оттенок реализовался в общем-то случайно, но он сочетается с субъективным восприятием в условиях ночного зрения. Затем осуществляется наложение дневной и ночной картинок. Согласно (8), при $m = 1$ мы возвращаемся в условия дневного зрения, а при $m = 0$ – ночного, тогда как в промежутке наблюдается смесь двух этих условий. Затем результирующая картинка умножается на нормирующий множитель (задаваемый пользователем), после чего к этой совмещённой картинке применяется обратная гамма-коррекция, результат которой отображается на экране компьютера. Нор-

мирующий множитель нужен потому, что S/P может быть больше 1, что может приводить к переполнению, если L_p близка к L_0 .

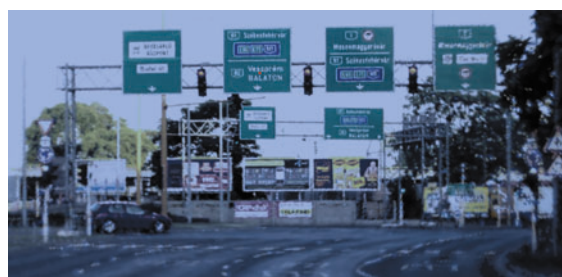
Вместо немедленного отображения картинки наше ПО может выдавать карту рассчитанных по (8) значений L_m , имеющую вид совокупности значений с плавающей запятой.

4. Тестовые расчёты

Для проведения простого теста была сформирована и смоделирована при разных условиях освещения картинка, состоящая из совокупности цветных дисков. Точнее, значение L_0 , соответствующее наиболее яркой картинке, устанавливалось равным 100, 10, 1, 0,1 и 0,01 кд/м². Полученные результаты представлены на рис. 5. На



$L_0 = 1,0$



$L_0 = 0,1$



$L_0 = 0,01$



$L_0 = 0,001$

Рис. 7. Моделирование зрительного восприятия дорожной обстановки в условиях сумеречного зрения при разных значениях L_0 (кд/м²)

этой серии картинок явно заметен эффект Пуркинье: при $L_0=100$ кд/м² все пиксели находятся в области дневного зрения, тогда как при $L_0=1$ кд/м² (верхняя часть области сумеречного зрения) красные звёздочки начинают блёкнуть, а при $L_0=0,01$ кд/м² все цвета пропадают. В этот момент наиболее яркие – зелёные и синие диски. Обратите внимание на то, что в последнем случае разрешение меньше, чем в первом, а это значит, что моделирующая программа отражает различия по остроте зрения в условиях дневного и сумеречного зрения.

Ещё один тест был проводился с использованием стандартного тестового изображения «бабуин» (рис. 6).

На рис. 7 приведены результаты моделирования зрительного восприятия в условиях сумеречного зрения применительно к дорожной обстановке. В основу положена фотография, полученная в облачных погодных условиях в дневное время. Обратите внимание на то, что для более точного моделирования требуется более внимательно учесть геометрию источника света. Тем не менее рис. 7 показывает, что наше ПО моделирует эффект Пуркинье (посмотрите на красную машину и зелёный дорожный знак) и понижению остроту зрения в сумерки, вследствие чего она подходит для исследований визуальных условий в подобных случаях.

5. Заключение

Мы представили метод, похоже, позволяющий моделировать зрительное восприятие в условиях сумеречного зрения на основе последовательности создаваемых обычной камерой изображений. При этом нам пришлось сделать ряд допущений относительно источников света и цветовых характеристик камеры, и тем не менее были получены хорошие результаты, относительную погрешность которых можно считать равной 20–30%. Точность можно увеличить, откалибровать камеру с использованием подробной информации об использовавшихся при получении картинки источниках света.

ПО для моделирования «RetModel» способно обеспечивать на средней графической рабочей станции моделирование в режиме реального времени, и поэтому представляет собой хороший инструмент для исследова-

ния зрительного восприятия в условиях сумеречного зрения (например, на рассвете, или внутри зданий, или применительно к дорожному движению в ночное время).

Данный проект финансировался Правительством Венгрии и Европейским социальным фондом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Habel, J., Žák, P. The present and future of lighting engineering// Light & Engineering. – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 5–11.
2. Decuyper, J. et al. Simulation of the retina response to mesopic visual scenes// CIE Centenary Conference, Paris, 2013.
3. CIE 191:2010. Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance. Vienna: CIE.
4. Vas, Z., Bodrogi, P., Schanda, J., Varady, C. The Non-Additivity Phenomenon in Mesopic Photometry// Light & Engineering. – 2010. – Vol 18. – P. 32–41.
5. Martz, P. OpenGL Distilled// Addison-Wesley, 2006.
6. Westheimer, J. Visual acuity// In: Moses, R. A. and Hart, W. M. (ed) Adler's Physiology of the eye, Clinical Application. – St. Louis: The C. V. Mosby Company, 1987.
7. Mills, S. L., Massey, S. C. All amacrine cells limit scotopic acuity in central macaque retina: A confocal analysis of calretinin labeling// J. Comp Neurol. – 1999. – Vol. 16, No. 411. – P. 19–34.
8. Colorimetry: Understanding the CIE System/ Ed. Schanda, J. – Wiley-Interscience, 2007.



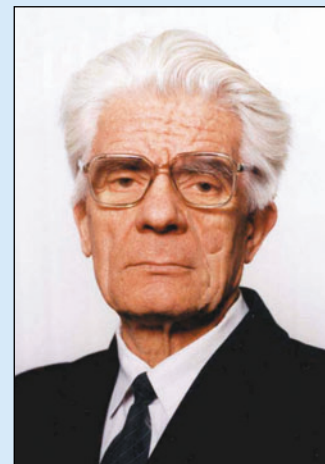
Габор Дёмётёр (Gábor Dömötör), инженер. Окончил в 2012 Университет им. Иштвана Сечени по специальности «Информационные технологии». Аспирант (Ph. D.) этого университета



Андраш Хорват (András Horváth), Ph. D. (1999 г.). Окончил в 1992 г. Университет им. Лорана Этвуша (Будапешт) по специальности «Физика». Доцент физико-химического

факультета Университета им. Иштвана Сечени

Поздравляем с юбилеем!



Редакция и редколлегия

журнала, коллеги,

друзья и ученики

ПОЗДРАВЛЯЮТ

с 80-летием известного

учёного-материаловеда,

доктора технических

наук, профессора

Владимира

Семёновича

Мордюка

и желают ему крепкого

здоровья, удачи и

бодрого настроения

Измерение параметров светодиодных ламп при разных температурах окружающего воздуха

А. ВИШНЕВСКИ¹, П. ТАБАКА

Варшавский и Лодзинский технические университеты, Польша

Аннотация

Приводится часть результатов измерений и расчётов электрических, фотометрических и колориметрических параметров конструктивно разных светодиодных ламп. Параметры измерялись при различных значениях температуры окружающего воздуха. Температуру окружающего воздуха изменяли от +25 до -25 °С с шагом 5 °С. Все исследовавшиеся лампы питались от сети с напряжением 230 В и имели цоколя E27, E14 и GU10. Определялись температурные зависимости следующих характеристик: ток, мощность, коэффициент мощности, относительный световой поток и спектральное распределение излучения. На основе последней характеристики рассчитывались значения коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи.

Ключевые слова: электрические источники света, светодиодные лампы,

температура окружающего воздуха, световой поток, цветовая температура, индекс цветопередачи, мощность, коэффициент мощности.

1. Введение

Количество конструктивных решений светодиодных ламп (СДЛ) непрерывно увеличивается. Область применения этих новых источников света распространяется на все виды освещения, как внутреннего, так и наружного. СДЛ применяются в разных условиях, и температура окружающего воздуха влияет на их основные электрические, фотометрические и колориметрические параметры. И важно знать, как именно температура окружающего воздуха влияет на эти основные параметры. Широкое применение СДЛ прямой замены – причина проведения исследований влияния температуры окружающего воздуха на их основные параметры. Для проведения исследований были выбраны имеющиеся на рынке образцы СДЛ прямой замены. Ниже

приводится лишь часть результатов измерений и расчётов электрических и фотометрических параметров отобранных СДЛ.

2. Предмет и объём исследований

Отобранные для проведения исследований СДЛ прямой замены являются типичными рыночными изделиями, питающимися от сети 230 В и имеющими цоколя E27, E14 и GU10. Основные электрические и фотометрические параметры отобранных СДЛ приведены в табл. 1.

3. Измерительная установка и методика измерений

Измерения электрических и фотометрических параметров и спектрального распределения излучения СДЛ осуществлялись с использованием камеры для тепловых испытаний, в которую помещались эти источники. Блок-схема измерительной установки приведена на рис. 1.

При этом через выключатели 1 и 5 энергия подаётся на источники света 6 от стабилизатора напряжения 2, обеспечивающего постоянство среднеквадратичного значения напряжения с точностью 0,1 %. При помощи автотрансформатора устанавливается напряжение 230 В. Значения электрических параметров измеряются энергоанализатором 4, соединённым с ПК 13. Фотометрические

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

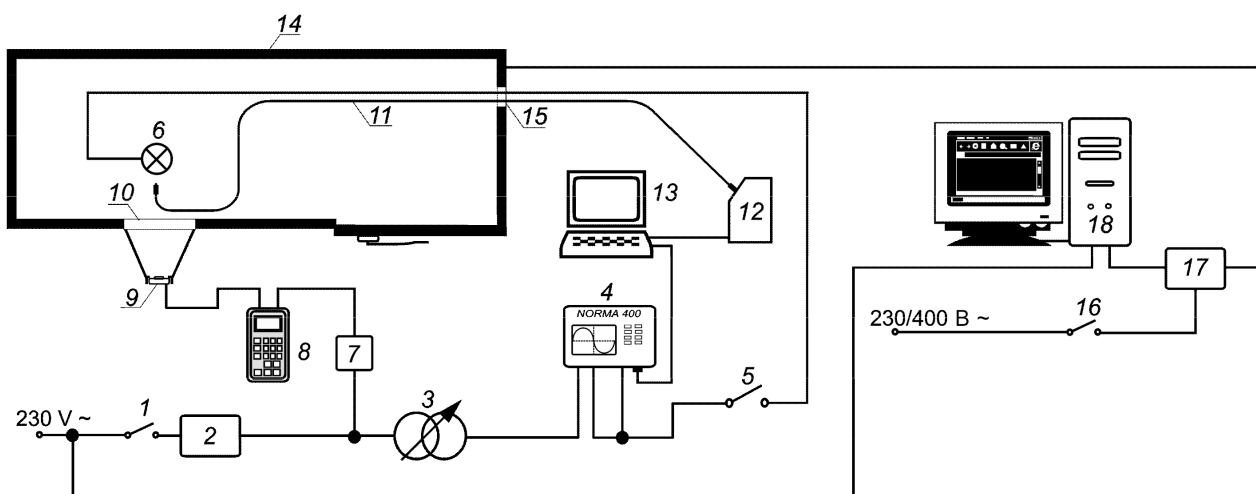


Рис. 1. Блок-схема измерительной установки:

1, 5 и 16 – выключатели электропитания; 2 – стабилизатор напряжения; 3 – автотрансформатор; 4 – энергоанализатор; 6 – исследуемый источник света; 7 – внешний источник питания, сопряжённый с люксметром; 10 – круглое стекло, позволяющее производить наблюдения; 11 – оптическое волокно; 12 – спектрометр; 13 – ПК, регистрирующий спектральное распределение; 14 – камера для испытаний на воздействие окружающей среды, изготовленная из многослойных панелей; 15 – водонепроницаемая труба; 17 – блок управления камерой; 18 – ПК, управляющий камерой

Общие технические характеристики испытанных СДЛ

№	U , В	I , мА	P , Вт	Цоколь	Цвет	ИЦП	Φ , лм	Срок службы, ч	Угол излучения, град
1	230	45	2,0	E27	х	х	х	х	х
2	230	х	1,5	GU10	холодно-белый	х	100	20000	150
3	230	х	1,5	GU10	тёпло-белый	х			
4	230	х	1,5	GU10	тёпло-белый	х	65	20000	60
5	220–240	31	1,8	GU10	3 000 К	> 70	150	25000	120
6	220–240	31	1,8	GU10	6 400 К	> 70	150	25000	120
7	230	х	1,5	GU10	холодно-белый	х	110	20000	150
8	230	х	5,0	GU10	тёпло-белый	≥ 80	350	30000	120
9	220–240	х	х	E14	х	х	х	х	х
10	230	х	9,0	E27	3 000 К	х	х	х	х
11	220–240	х	12	E27	2 700 К	90	810	25000	х
12	85–265	х	3	E27	тёпло-белый	х	210	20000	120
13	230	х	0,67	E14	красный	-	х	25000	12
14	220–240	х	1	E14	синий	-	х	25000	12
15	230	х	0,82	E14	зелёный	-	х	25000	12

х – информация отсутствует

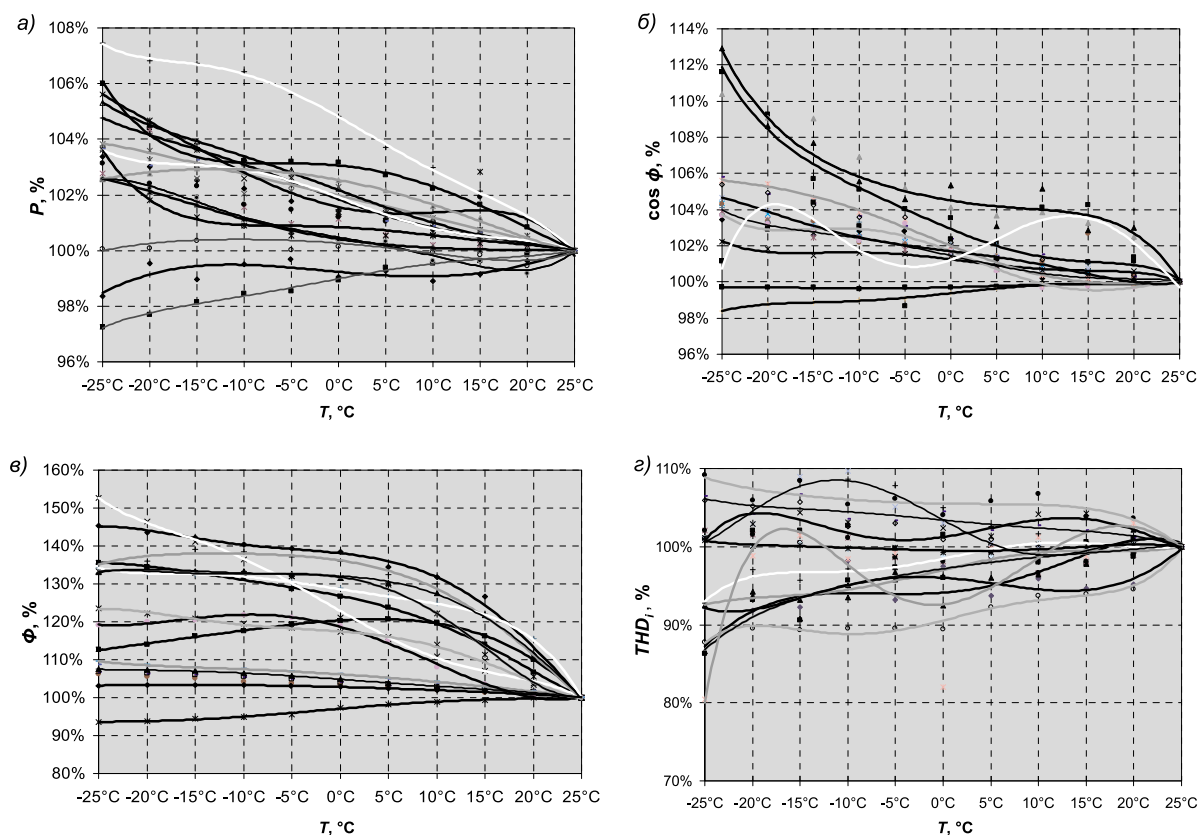


Рис. 2. Зависимости мощности P (а), коэффициента мощности $\cos \phi$ (б), светового потока Φ_v (в) и относительных изменений THD_1 (з) от температуры окружающего воздуха T

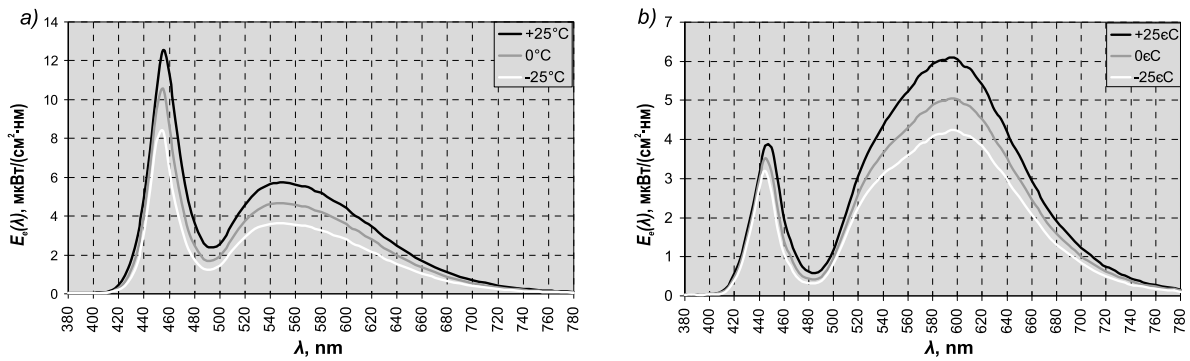


Рис. 3. Зависимости кривой спектрального распределения облучённости от СДЛ №№ 2 (а) и 3 (б), $E_e(\lambda)$, при трёх температурах окружающего воздуха

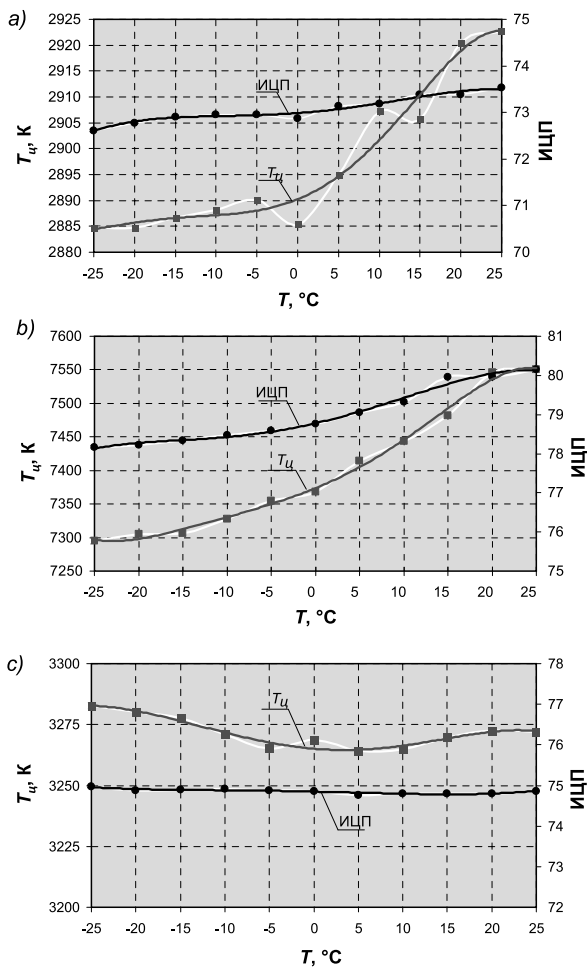


Рис. 4. Зависимости T_c и ИЦП СДЛ №№ 1 (а), 2 (б) и 3 (в) от температуры окружающего воздуха

параметры измеряются при помощи фотометрической головки 9, подключённой к измерительному блоку люксметра 8, питающегося от внешнего источника питания 7. Фотоэлектрический элемент перманентно закреплён в вершине конуса, прикреплённого к внешней стороне круглого стекла в стенке камеры 10. Он измеряет силу

света в выбранном направлении. Если считать, что фотометрическая конфигурация исследуемых источников света остаётся неизменной не зависит от температуры окружающего воздуха, то измеряемые люксметром значения отражают относительные изменения светового потока. Измерительные приборы энергоанализатор и люксметр были подключены к ПК при помощи кабеля RS-232 C. Оптическое волокно 11, введённое внутрь камеры для тепловых испытаний 14 через водопропускную трубу 15, передаёт измеряемый сигнал свет на расположенный вне камеры спектрометр 12. Связь между спектрометром и ПК осуществляется через порт USB 2.0. Измерение параметров исследуемых СДЛ осуществлялось через 20 мин после начала их работы. При проведении измерений все СДЛ располагались вертикально их продольные оси были перпендикулярны круглому стеклу. Управление температурой в камере осуществлялось ПК 18 при помощи программируемого логического контроллера 17. Измерения начинались при температуре 25 °С, которая считалась опорной.

4. Результаты измерений и расчётов

4.1. Относительные изменения электрических и фотометрических параметров при изменении температуры окружающего воздуха

В ходе испытаний исследовалось влияние температуры окружающего воздуха на электрические и фотометрические параметры, такие как мощность, ток, коэффициент мощности и световой поток. На рис. 2 показано влияние температуры окружающего воздуха на некоторые параметры СДЛ, а именно: на рис. 2, а – на мощность, на рис. 2, б – на коэффициент мощности, на рис. 2, в – на световой поток (в относительных единицах). Температура окружающего воздуха изменялась от -25 до $+25$ °С. Результаты охватывают 15 СДЛ.

Исследовались также изменения полного коэффициента гармонических искажений по току (THD_i) и тока от времени при изменении температуры окружающего воздуха. Зависимости относительного изменения THD_i от температуры окружающего воздуха приведены на рис. 2, г. Температура окружающего воздуха изменялась от -25 до $+25$ °С. Результаты охватывают 15 СДЛ.

4.2. Изменения спектрального распределения излучения

Температура окружающего воздуха не оказывает существенного влияния на форму спектра излучения СДЛ. Изменение затрагивает абсолютные значения спектральной плотности этого излучения, что является

Изменения выбранных характеристик СДЛ при изменении температуры окружающего воздуха

№	P, Вт		$\Delta P, \%$	THD _i , %		$\Delta THD_i, \%$	ИЦП		Δ ИЦП, %	T _c , К		$\Delta T_c, \%$
	25 °С	-25 °С		25 °С	-25 °С		25 °С	-25 °С		25 °С	-25 °С	
1	1,95	2,01	3,1	25,1	23,1	-8,0	73,5	72,6	-1,2	2923	2885	-1,3
2	2,29	2,43	6,1	205,7	177,5	-13,7	80,1	78,2	-2,4	7550	7292	-3,4
3	2,45	2,51	2,4	196,1	181,3	-7,5	74,9	75,0	0,1	3272	3283	0,3
4	1,62	1,69	4,3	25,7	22,6	-12,2	64,4	64,0	-0,6	3330	3281	-1,5
5	1,98	2,04	3,0	32,1	32,8	2,1	70,8	71,3	0,7	3092	3110	0,6
6	1,82	1,88	3,3	32,1	32,8	2,1	71,8	69,5	-3,2	6828	6635	2,5
7	3,19	3,43	7,5	142,3	132,0	-7,2	82,2	82,7	0,6	3027	3064	1,2
8	3,36	3,54	5,7	32,8	34,9	6,4	73,1	73,2	0,1	2765	2776	0,4
9	5,31	5,32	0,2	55,3	58,6	6,0	66,4	66,1	-0,5	3260	3178	-2,5
10	8,43	8,29	-1,7	67,0	67,7	1,1	66,5	66,7	0,3	3087	3025	-2,0
11	13,72	13,34	-2,8	29,4	29,7	1,0	66,5	66,7	0,3	3077	3025	-1,8
12	2,86	2,93	2,4	217,7	188,4	-13,4	61,3	61,2	-0,1	3106	3022	-2,7
13	0,86	0,91	5,8	23,4	23,6	1,0	x	x	x	x	x	x
14	0,74	0,76	2,7	29,4	23,6	-19,6	x	x	x	x	x	x
15	0,55	0,56	1,8	26,3	28,7	9,2	x	x	x	x	x	x

x – не применимо; **жирный шрифт** – наибольшие изменения

ся следствием влияния температуры окружающего воздуха на мощность СДЛ. Измеренные спектры излучения двух СДЛ (№№ 2 и 3) приведены на рис. 3. Они были получены при температурах окружающей среды, равных +25, 0 и -25 °С.

4.3. Изменения коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи

Изменения коррелированной цветовой температуры (T_c) и общего индекса цветопередачи (ИЦП) трёх выбранных типов СДЛ от температуры окружающего воздуха приведены на рис. 4. Характеристики выбранных СДЛ №№ 1–3 приведены в табл. 1.

4.4. Изменения рассматриваемых параметров СДЛ при изменении температуры окружающего воздуха

Изменения потребляемой мощности (P), THD_i, ИЦП и T_c при измене-

нии температуры окружающего воздуха приведены в табл. 2.

5. Заключение

На основе результатов лабораторных исследований зависимостей основных электрических, фотометрических и колориметрических параметров выбранных образцов СДЛ прямой замены от температуры окружающего воздуха можно сделать следующие выводы. При постоянном значении напряжения питания электрические, фотометрические и колориметрические параметры СДЛ зависят от температуры. Представленные данные показывают, что световой поток зависит от температуры окружающего воздуха сильнее, чем все остальные исследовавшиеся параметры. Относительное изменение светового потока достигает 50% при изменении температуры окружающего воздуха от +25 до -25 °С. У всех исследовавшихся СДЛ (кроме № 14) значение светового потока росло по мере уменьшения температуры окружающего воздуха. При этом у большинства из них наблюдалось возрастание мощно-

сти, коэффициента мощности и THD_i. Такие изменения мощности и коэффициента мощности благоприятны с точки зрения качества электроэнергии. Нечувствительными к изменениям температуры окружающего воздуха параметрами являются T_c и ИЦП, относительные изменения которых при изменении температуры в диапазоне от +25 до -25 °С составляли менее 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Domke, K. Generacja i przepływ ciepła w oprawach oświetleniowych z diodami LED jako źródłami ciepła// Przegląd Elektrotechniczny. – 2010. – No. 5. – P. 339–341.
2. Mozyrska, D., Wyrwas, M., Fryc, I. Wyznaczanie parametrów kolorymetrycznych LEDa w pełnym zakresie temperatury pracy// Przegląd Elektrotechniczny. – 2012. – No. 4 a. – P. 232–234.
3. Fryc, I. LEDs spectral power distribution under different condition of operating temperature and driving current// Przegląd Elektrotechniczny. – 2010. – No. 10. – P. 187–189.
4. Fryc, I., Prorok, M. Wpływ warunków eksploatacyjnych, na parametry świetlne LED-ów mocy emitujących promieniowanie

о белой барвие// XXI Krajowa Konferencja Oświetleniowa 2012, Warszawa 2012. – P. 35–36.

5. *Siemion, Z., Fryc, I.* Wpływ temperatury na parametry kolorymetryczne promieniowania optycznego emitowanego przez diody LED// VI Krajowe Sympozjum Kolorymetryczne, Białystok – Białowieża 2003. – P. 131–138.

6. *Tabaka, P.* Badania porównawcze zamienników tradycyjnych żarówek// Przegląd Elektrotechniczny. – 2010. – No. 9. – P. 315–321.

7. *Wandachowicz, K., Domke, K.* Measurements of the temperature-dependent changes of the photometrical and electrical parameters of LEDs// Przegląd Elektrotechniczny. – 2008. – No. 8. – P. 114–117.

8. *Wiczyński, G.* Wpływ temperatury na widmo optyczne diody LED// Elektronika. – 2008. – No. 6. – P. 211–213.

9. *Wiśniewski, A.* Źródła Światła// Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Centralny Ośrodek Szkoleń i Wydawnictw, Warszawa, 2013.

10. *Żagan, W.* Warunki wycofania żarówek z eksploatacji i ich racjonalnej wymiany na energooszczędne źródła światła w pomieszczeniach domowych// Przegląd Elektrotechniczny. – 2009. – No. 5. – P. 100–104.



Андрей Вишневецки (Andrzej Wiśniewski), Ph. D. (2000 г.). Работает в Варшавском техническом университете. Специалист по источникам света,

системам питания, ПРА и системам управления освещением



Пржемыслав Табака (Przemysław Tabaka), Ph. D. Окончил в 2002 г. Лодзинский технический университет (факультет электротехники,

электронной техники, вычислительной техники и систем управления). Доцент Института электроэнергетики этого университета. Специалист по электрическим схемам светотехнических приборов. Член Польской ассоциации инженеров-электриков и Польской комиссии по освещению

Поздравляем с юбилеем!

Редакция и редколлегия журнала, коллеги и друзья

ПОЗДРАВЛЯЮТ

кандидата технических наук,

главного специалиста по научно-технической работе

ООО «Светосервис»

Танцу Яковлевну

Машковскую

с юбилеем и желают ей крепкого здоровья

и дальнейших творческих успехов

Поздравляем с юбилеем!

Редакция и редколлегия журнала, коллеги и друзья

ПОЗДРАВЛЯЮТ

кандидата технических наук,

ведущего научного сотрудника ООО «ВНИСИ»

Талину Николаевну

Таврилкину

с юбилеем и желают ей творческих успехов,

счастья и здоровья

БАЗОВЫЙ ПРОЕКТ

СУПЕРМАРКЕТ X5-GROUP
МОСКВА, РОССИЯ



■ СУПЕРМАРКЕТ X5, МОСКВА

Одна из крупнейших сетей супермаркетов в России использует одну из наиболее эффективных осветительных систем, представленных на рынке. На всем протяжении, от источника света до центрального управляющего устройства, задействованы компоненты, поставляемые Vossloh-Schwabe. Все больше и больше коммерческих предприятий выбирают энергоэффективные технологии.

Целью проекта являлась реализация автоматизированной и эффективной системы освещения, действующей не только в период деловой и рабочей активности, но и, для предотвращения несанкционированного вторжения, в ночные часы.

Благодаря использованию расширителя от VS, 67 светильников, регулируемых по протоколу DALI, управляются светорегулятором LW (LiCS Indoor) индивидуально или в группах. Адресация датчиков реализована отдельно, чтобы получать информацию для непрерывного управления освещением. Для снижения энергопотребления в период деловой и рабочей активности на стороне оконных проемов были сформированы две группы по 11 светильников в сочетании с датчиками для постоянного управления освещением.

Для дополнительных групп светильников, не оснащенных датчиками, были определены различные уровни освещенности (<100%) в зависимости от места расположения, например на выходе в кассовой зоне и т.д.

Вечером в установленное время для получения доступа к ночному сценарию система локально активируется. В ночном сценарии установлены три разных уровня освещенности (5, 10 и 20%). Утром настройки системы возвращаются к нормальному функционированию, включающему постоянное управление освещением.

Осветительный прибор состоит из интеллектуального блока питания с интерфейсом DALI и COB СД-модуля (4000 К) с держателем и рассеивателем. Система, которая включает в себя источник света со световой отдачей 115 лм/Вт и блок питания с высоким КПД, имеет световой поток 1400 лм и представляет собой одно из наиболее эффективных световых решений на рынке.

Дополнительная функция проверки системы облегчает обслуживание.

Потребляемая мощность системы освещения снижается на 32%, благодаря разумному использованию дневного света, установленным сценариям для разных групп и автоматическому управлению освещением.

Используемые компоненты

- 1 x VS Световой контроллер LW
- 2 x VS Мультидатчик FM
- 1 x VS Расширитель
- 67 x Светильники с СД
- VS Блок питания для СД
- VS LUGA COB СД-модули

Доводы в пользу установки оборудования DALI

- Простое конфигурирование (около 40 секунд на светильник) интуитивно понятная топология
- Индивидуальная адресация и формирование групп
- Снижение энергопотребления
- Автоматизация освещения (устанавливается время)
- Повышение комфорта

Преимущества системы DALI

- Быстрота установки (независимо от полярности)
- Сочетание функциональности (сцены с непрерывным регулированием освещенности)
- Проверка системы (обратная связь компонентов)

Наименование проекта

Супермаркет - «Пятёрочка» X5-Group - Россия, Москва
 Месторасположение: Россия, Москва, Шоссейная, 49
 Дизайн освещения: DEMOS LED/cbet.ru
 Год установки: 2013



■ ПРЕЖНЯЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ (250 ЛК)

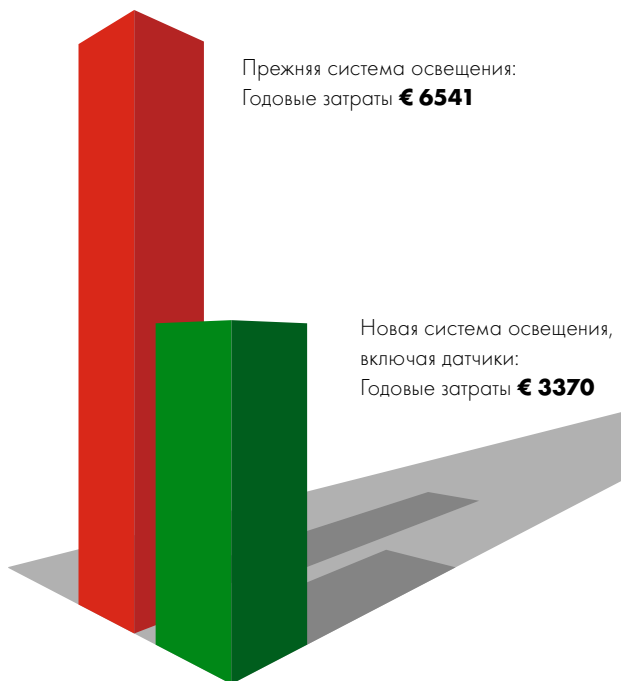
Кол. уст.	Компоненты	Мощность системы, Вт/кол. устр.
56	T8 светильники ПРА + 4 x18 Вт, 15000 ч	100
Общее потребление энергии		32704 кВт•ч

■ НОВАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ (500 ЛК)

Кол. уст.	Компоненты	Мощность системы, Вт/кол. устр.
67	Светильники с СД Блок питания для СД+СД-модули (COB), 50000 ч	63
1	Световой контроллер LS	9
2	Мультидатчики (питание через шину DALI)	0
1	Расширитель	6
Общее потребление энергии без датчиков		24651 кВт•ч
Общее потребление энергии с датчиками (- 32%)		16852 кВт•ч

Условия освещения

365 дней в году, 16 ч в день, 0,20 €/кВт•ч



Энергоэффективные технологии на службе ЖКХ (на примере экономии энергии на освещение подъездов жилого дома)

А.В. ПРОХОРЕНКО, А.К. СОЛОВЬЁВ¹

ФГБОУ ВПО «МГСУ» НИУ, Москва

Аннотация

Рассматривается актуальный вопрос – энергосбережение в ЖКХ. Анализируется возможность использования автоматически регулируемой системы освещения подъездов многоэтажных жилых домов массового

строительства, использующей фактор активности движения в подъезде и зависящей от наружного освещения. Оценивается энергоэффективность этой системы, её финансовая привлекательность и окупаемость. Приводится экономическая оценка автономной системы освещения подъездов, использующей фотоэлектрические батареи.

¹ E-mail: k.solovev@yandex.ru

Рис. 1. План фрагмента лестничной клетки 9-этажного кирпичного дома серии П-29

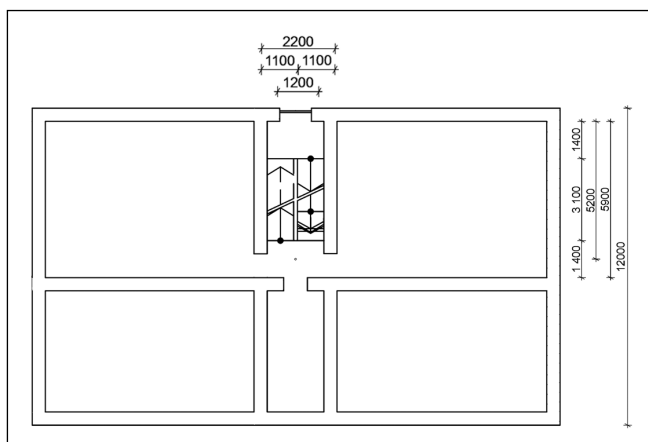
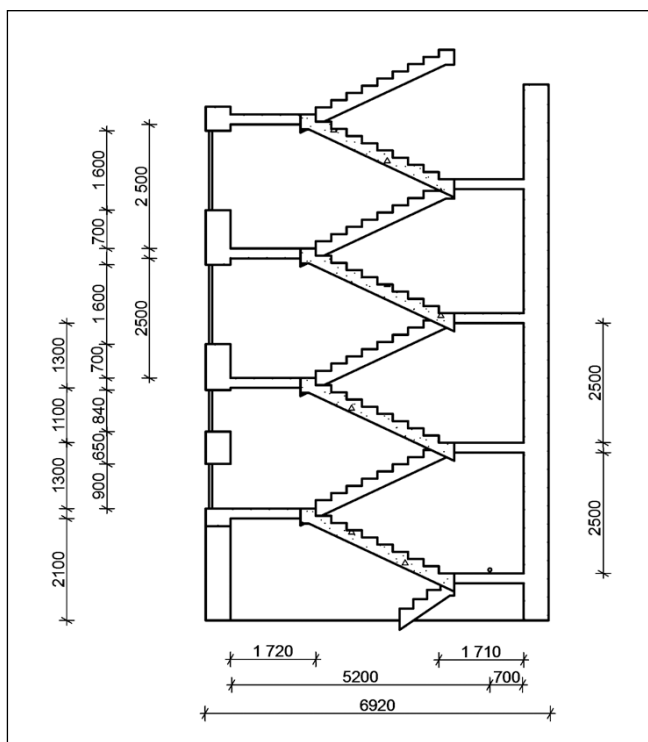


Рис. 2. Разрез фрагмента по рис. 1



Ключевые слова: освещение, энергосбережение, ЖКХ, подъезды домов, автоматическая регулировка освещения, датчики освещения, датчики движения, автономная система освещения.

Окружающая среда обладает неиссякаемыми природными источниками энергии. Повышение энергоэффективности зданий основано, в том числе, на переходе к использованию возобновляемых источников энергии. В частности, это касается освещения объектов ЖКХ, включая (не в последнюю очередь) подъезды многоэтажных домов массового строительства. При этом в качестве возобновляемого источника энергии может использоваться солнечный свет, преобразуемый в электричество фотоэлектрическими батареями. Это может сделать систему электрического освещения подъездов и лестничных клеток жилых домов автономной.

Настоящая работа посвящена расчётному моделированию годовых затрат энергии, необходимых для освещения подъездов и лестничных клеток жилых домов при разных системах освещения.

Объектом служит реальное строение – девятиэтажный пятиподъездный кирпичный жилой дом серии П-29, расположенный в районе Ивановское г. Москвы по адресу: ул. Сталеваров, д. 22, корп. 2. В рамках работы проведена оценка эффективности ныне существующей системы освещения и предложено техническое решение по модернизации и повышению её энергоэффективности².

Расчёт эффективности системы освещения подъезда на основании усреднённых сезонных наблюдений за временем включения и выключения света (наиболее распространённый метод управлением освещением в РФ)

Проведённые натурные наблюдения позволили установить следующую усреднённую систематическую картину выключения и включения света в подъезде указанного выше дома (табл. 1)³.

² Работа проводилась в «МГСУ» НИУ в рамках подготовки магистерской диссертации.

³ В результате наблюдений удавалось

Систематическая картина выключения и включения света в подъезде

Месяц	Время выключения	Время включения
Январь	9–00	17–00
Февраль	9–00	17–00
Март	7–20	20–00
Апрель	6–40	20–00
Май	6–00	21–00
Июнь	5–30	22–00
Июль	5–30	22–00
Август	5–30	22–00
Сентябрь	6–40	20–00
Октябрь	7–20	20–00
Ноябрь	9–00	17–00
Декабрь	9–00	17–00

По результатам натурных наблюдений были определены годовое время работы искусственного освещения $T_{год.иск}$, 4466,28 ч, и годовое время использования естественного света $T_{год.ест}$, 4293,72 ч.

Энергоэффективность такого решения смешанного освещения в подъезде впечатляет, но его гигиеническая составляющая заметно «хромает». Для подтверждения данного факта был проведён ряд измерений освещённости в подъезде на площадках 1–3 этажей незадолго до и после включения и выключения искусственного освещения. Измерения проводились с помощью люксметров-пульсметров «ТКО-ПКМ» (08).

Поскольку финальный этап работы пришёлся на апрель 2013 г., результаты замеров были сопоставлены с расчётными значениями для этого же месяца.

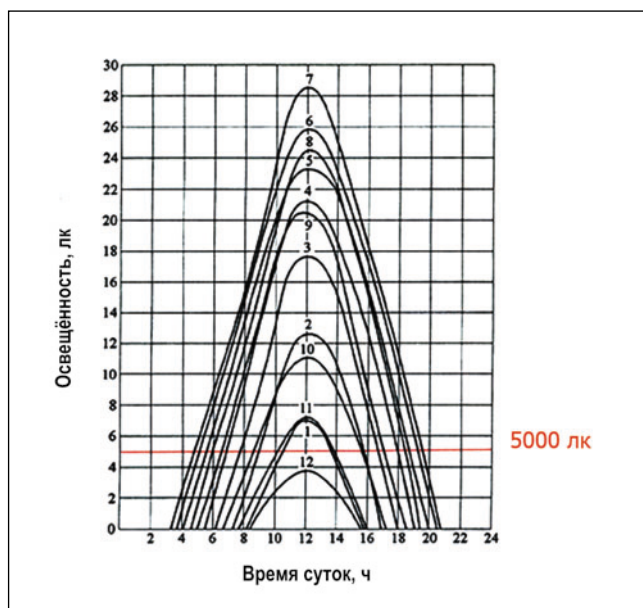
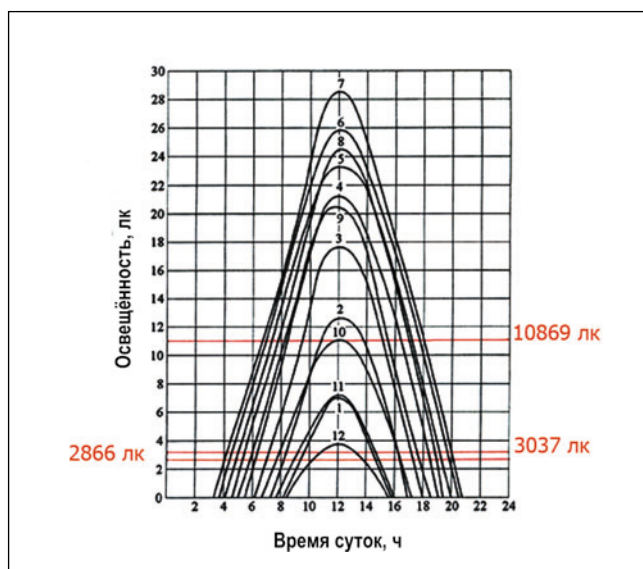
Расчёт КЕО и критической освещённости для системы естественного освещения подъезда на основании СП 23–102–2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий»

Для выполнения данного этапа работы по реально проведённым обмерам были построены план и разрез лестничной клетки дома (рис. 1 и 2). Согласно СНиП 23–05–95* нормируемое значение КЕО на лестничной клетке при совмещённом освещении составляет на полу 0,1%. Нормируемое значение освещённости составляет 20 лк. Соответственно, критическая освещённость $E_{кр} = 20 \text{ лк}/0,1\% = 20000 \text{ лк}$. При такой наружной освещённости нужно включать и выключать искусственный свет.

Проведённые расчёты КЕО позволяют условно разделить подъезд по уровню естественной освещённости на три зоны.

К первой зоне относится площадка 1 этажа – самое тёмное место подъезда. КЕО в расчётной точке равен 0,18%, а $E_{кр} = 10869,6 \text{ лк}$. Данные КЕО и $E_{кр}$ на практике должны обеспечивать гигиенические требования к освещению лестничных клеток подъездов. При этом $T_{год.иск} = 7064,4 \text{ ч}$ и $T_{год.ест} = 1696,6 \text{ ч}$.

фиксировать дни с круглосуточной работой системы освещения (возможно, причиной является человеческий фактор).

Рис. 3. $E_{кр} = 5000 \text{ лк}$ Рис. 4. $E_{кр} = 2886, 3037$ и 10869 лк

Время действий пешеходов

№ п/п	Действие	Время, с (ч)
1	Открытие входной двери→путь до лифта (дверей квартиры) с учетом времени на проверку почтового ящика	60 (0,016)
2	Открывание входной двери→путь до лифта (детская коляска)	
3	Заезд в лифт/Выезд из лифта коляски	30 (0,008)
4	Открывание дверей квартиры	50 (0,013)
5	Открывание входной двери→Подъём/Спуск пешком до площадки между 1-м и 2-м этажами с учётом времени на проверку почтового ящика	60 (0,016)
6	Подъём/Спуск пешком с площадки между 1-м и 2-м этажами на площадку 2-го этажа (для жителей 2-го этажа, идущих пешком) / с площадки между 2-м и 3-м этажами на площадку 3-го этажа (для жителей 3-го этажа, идущих пешком)	40 (0,011)
7	Подъём/Спуск пешком с площадки между 1-м и 2-м этажами до площадки между 2-м и 3-м этажами с учетом времени на проверку почтового ящика (для жителей 3-го этажа, идущих пешком)	90 (0,025)
8	Открывание входной двери→Подъём/Спуск пешком на 3-й этаж с учётом времени на проверку почтового ящика	
9	Время ожидания лифта (стандартный промежуток времени – период ожидания)	
10	Время ожидания лифта (наиболее, вероятно, долгий промежуток времени – период ожидания)	180 (0,05)

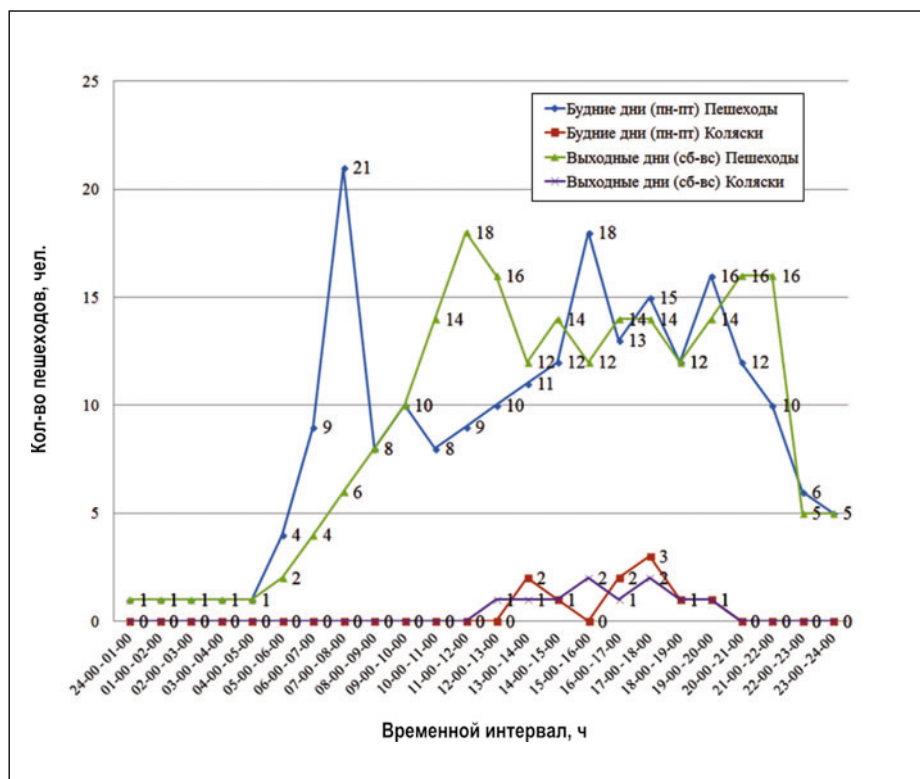


Рис. 5. Пешеходная активность

Ко второй зоне относится площадка 2 этажа. КЕО в расчётной точке равен 0,66%, а $E_{кр} = 3037$ лк. Это намного лучше, чем на площадке 1 этажа. При этом $T_{год.иск} = 4972,18$ ч и $T_{год.ест} = 3787,82$ ч.

К третьей зоне относятся все выше расположенные площадки (3–9 этажей). КЕО в расчётных точках равен 0,70%, а $E_{кр} = 2866$ лк. При этом $T_{год.иск} = 4760,06$ ч и $T_{год.ест} = 3999,94$ ч.

Из литературы по проектированию освещения известно, что для светоклиматического районирования принято значение $E_{кр} = 5000$ лк. Считается, что при такой наружной освещённости обычно выключают и включают искусственное освещение [1].

В ходе выполнения работы был произведён расчёт при $E_{кр} = 5000$ лк. При этом $T_{год.иск} = 5537,33$ ч и $T_{год.ест} = 3222,67$ ч.

В соответствии с графиком хода естественной диффузной освещённости для Москвы (рис. 3), площадка 1 этажа будет недоосвещена (нормы

по уровню освещённости нарушены), а площадки 2 этажа и выше расположенных этажей (3–9) будут в утренние и вечерние часы переосвещены (перерасход электроэнергии).

Анализ результатов проведённых расчётов показывает необходимость проведения детальных расчётов КЕО и $E_{кр}$ с учётом реальных технических характеристик конкретных зданий и их расположения на местности, а в целях устройства современной энергоэффективной и соответствующей гигиеническим требованиям системы освещения – использовать расчётные значения КЕО.

Следует отметить, что расчёт КЕО надо производить с учётом противостоящей застройки. Желательно проверять результаты расчётов натурными измерениями КЕО в расчётных точках, что повышает точность расчётов энергоэффективности системы.

Система освещения подъезда, регулируемая автоматами с датчиками естественной освещённости, которые ограничивают работу датчиков движения

Система автоматического регулирования искусственного освещения в подъездах домов должна быть двухступенчатой. Датчики регулирования искусственного освещения в зависимости от наружной естественной освещённости включают вечером и отключают работу датчиков движения, которые, в свою очередь, включают и отключают систему искусственного освещения лестничной клетки во время движения жителей в подъезде и на лестничных площадках. Время работы датчиков первой ступени регулирования рассчитывалось по значениям $E_{кр}$ (рис. 4). $E_{кр}$ (площадка 1-го этажа) = 10 869 лк, $E_{кр}$ (площадка 2-го этажа) = 3037 лк, $E_{кр}$ (площадки 3–9-го этажей) = 2866 лк.

Фотоэлектрические датчики, фиксирующие $E_{кр}$, устанавливаются на оконных проёмах лестничной клетки. Они должны иметь затеняющие бленды, защищающие их от воздействия прямых солнечных лучей, за исключением подъездов северной ориентации.

Фактические значения вертикальной освещённости $E_{верт}$ на датчиках должны быть приведены к значениям $E_{кр}$ с помощью коэффициентов освещённости ($E_{верт}/E_{гор}$), определённых путём натурных измерений.

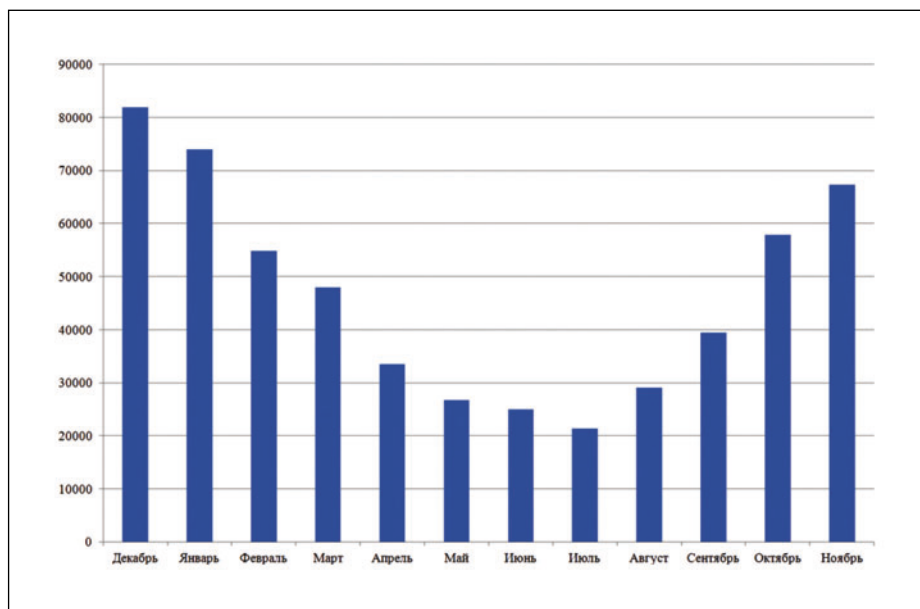


Рис. 6. Помесячное потребление энергии, Вт·ч

Вторая ступень – это включение и отключение системы искусственного освещения датчиками движения, когда наружная естественная освещённость будет ниже $E_{кр}$ [2]. В этом случае работа системы зависит от такого параметра как пешеходная активность (движение жителей в подъезде), определяемая количеством людей, входящих в подъезд и выходящих из него, и временем ожидания лифта. Для выполнения расчётов были проведены реальные измерения этих факторов.

Результаты наблюдений за пешеходной активностью в течение 7 сут. (будни + выходные) позволили нам получить и использовать в дальнейших расчётах ряд численных данных (рис. 5). Были измерены времена открывания входной двери подъезда, пути до лифта, подъёма пешком на 2-й и 3-й этажи, а также время ожидания лифта (табл. 2) ⁴. Кроме того, с учётом пешеходной активности, времени действий пешеходов, работы датчиков освещения и движения были рассчитаны $T_{год.ест}$ и $T_{год.иск}$ (табл. 3).

⁴ Данные замеры времени не случайны и обоснованы предлагаемой методикой расчёта, суть которой заключается в разделении действий пешеходов по зонам освещённости с учётом временных характеристик преодоления пути от входной группы до жилого помещения. Данный метод позволяет максимально сблизить расчётно-моделируемые условия с реальными эксплуатационными.

А на рис. 6 ⁵ приведена диаграмма месячного энергопотребления предлагаемой нами системой освещения, составленная на основании проведённых замеров и наблюдений основополагающих факторов с учётом потерь энергии в ПРА и сети.

Были исследованы следующие четыре типа систем искусственного освещения:

1. Система I – используемая в настоящее время на лестничных клетках (включение и выключение системы – по времени).

2. Система II – рассчитанная по $E_{кр}$ = 5000 лк.

3. Система III – рассчитанная по зональным значениям $E_{кр}$ (рассчитанным в ходе исследования), с датчиками освещения и движения и с энергосберегающими лампами.

4. Система IV – рассчитанная по зональным значениям $E_{кр}$, с датчиками освещения и движения и со светодиодными лампами.

Ввиду того, что в нашем случае используется 19 энергосберегающих ламп мощностью по 40 Вт (световой поток каждой – до 1700 лм), расчёт энергопотребления и экономической составляющей для систем освещения

⁵ С учётом положения Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», диктующего использование для освещения подъездов жилых домов энергосберегающих ламп.

Таблица 3

$T_{год.ест}$ и $T_{год.иск}$ предлагаемой системы (поэтажная зональная освещённость)

Зона	Площадка этажа	$E_{кр}$, лк	$T_{год.ест}$, ч	$T_{год.иск}$, ч
1	1-го	10869	5993,3	2 766,7
2	2-го	3037	8605,0	155,0
3	3-го	2876	7378,2	164,4
	4-го			202,9
	5-го			
	6-го			
	7-го			
	8-го			
9-го				

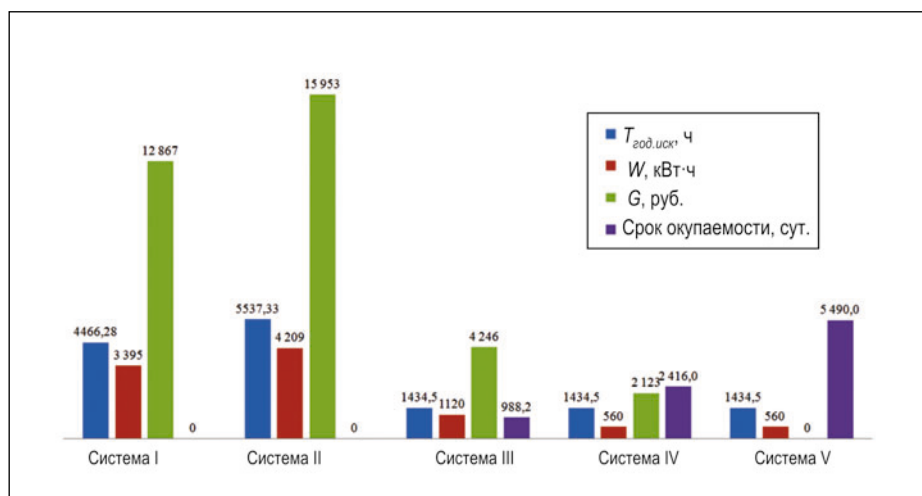


Рис. 7. Диаграмма сравнения рассматриваемых систем освещения

I и II производился именно по вышеуказанным характеристикам осветительных устройств.

В системе III, рассмотренной для сравнения, и в системе IV, предлагаемой нами, будут использоваться светодиодные лампы (СД лампы) мощностью по 20 Вт (световой поток каждой – до 1900 лм).

Система I: $T_{год.иск} = 4466,28$ ч; годовое потребление электроэнергии $W = 3395$ кВт·ч; годовая стоимость электроэнергии $G = 3395$ кВт·ч · 3,79 руб./кВт·ч = 12867 руб.

Система II: $T_{год.иск} = 5537,33$ ч; $W = 4209$ кВт·ч; $G = 15953$ руб.

Как видим, G в системах I и II почти одинакова, и в обоих случаях – недостаточная освещённость на лестнице и в подъезде в утренние и вечерние часы.

Система III: $T_{год.иск} = 2766,7$ ч (1 зона), 155,0 ч (2 зона) и 1381,8 ч (3 зона); $W = 1120$ кВт·ч; $G = 4246$ руб.; срок окупаемости = 2,7 г. (988 сут.).

Автоматическое светорегулирование снижает G в системах I и II практически в 3 и 4 раза соответственно. При этом на лестнице и в подъезде обеспечивается вполне нормативная освещённость.

Система IV: $T_{год.иск} = 2766,7$ ч (1 зона), 155,0 ч (2 зона) и 1381,8 ч (3 зона); $W = 560$ кВт·ч; $G = 2123$ руб.; срок окупаемости = 6,6 лет (2416 сут.).

Стоимости фотоавтоматов в системах III и IV в расчётах нами учтены. Система III способна ежегодно экономить до 8634 руб. (67%) По сравнению с системой освещения подъезда I, ныне в нём действующей, систе-

ма III может экономить до 8634 руб. в год (67%).

Предложенная авторами система IV – самая энергоэффективная. Она может ежегодно экономить до 10744 руб. (83,5%) по сравнению с системой I, 13830 руб. (86,7%) – с системой II и 2123 руб. (50%) – с системой III. Однако стоимость освещения светодиодами пока что слишком велика.

Развивая тему энергоэффективности и энергосбережения, мы дополнительно рассмотрели ещё одну систему – автономную, использующую фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии (система IV + фотоэлектрические батареи⁶). Результаты наших расчётов и сравнений (рис. 7) позволяют говорить, что данная система, в принципе, реализуема и может служить делу энергосбережения. Плюс этой системы (система V) – автономность, а минус – высокая стоимость (около 200000 руб. [3]) и, соответственно, низкая (15-летняя) окупаемость.

При этом отметим и тот факт, что последняя система, с фотоэлектрическими (солнечными) батареями, в самый «тёмный» месяц года (декабрь) способна давать номинальную для этого периода энергию, а в остальные месяцы – определённые излишки (приоросты) энергии (рис. 8).

В идеале, эти излишки должны поступать в центральную сеть, контролируемую энергогенерирующей компанией. В настоящее время данный принцип уже реализован в ЕС, США, Канаде, Японии и некоторых других странах, и действие стимулирующих программ от года к году увеличивает объём продаж «зелёной» энергии [4, 5].

Налаженная система таких продаж существенно сократит срок окупаемости систем освещения подъездов с фотоэлектрическими батареями. В нашем случае система способна давать «излишек» энергии до 7000 кВт·ч в год и, соответственно, «зарабатывать» этим до 26000 руб., ускоряя окупаемость до 5 лет.

Так что, с учётом фактора долгосрочности инвестиций, автономные системы освещения подъездов с фотоэлектрическим питанием являются самыми эффективными.

⁶ Данные о производительности этих батарей в зависимости от наружной освещённости были заимствованы из книги [3].

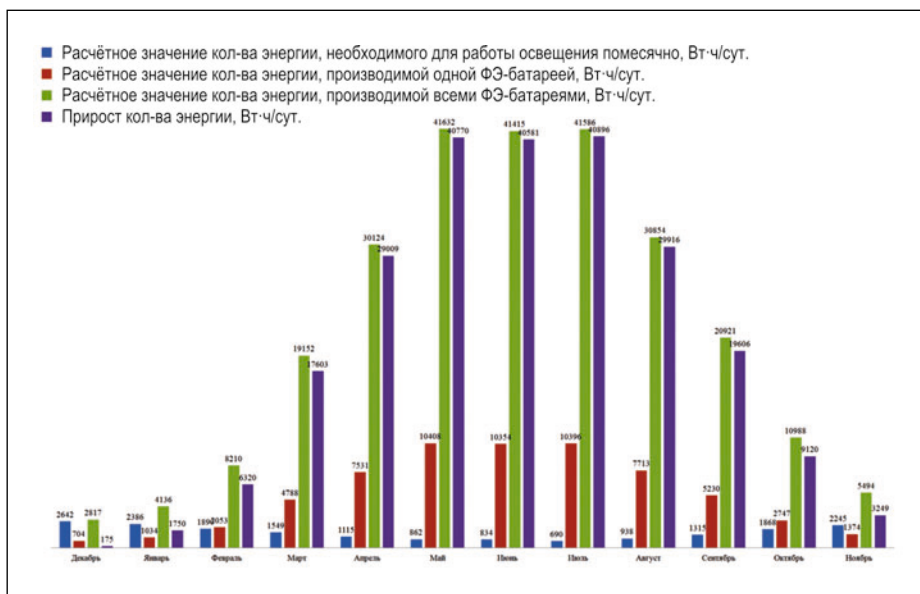


Рис. 8. Помесячные суточные потребление и прирост энергии, Вт·ч

Заключение

Ввиду разработанного Минрегионом РФ документа [6]⁷, сутью которого является полная структуризация энергопотребления путём введения нормативных и сверхнормативных режимов потребления электроэнергии с соответствующими лимитными и сверхлимитными тарифами, в том числе для общедомовых зон (лестничные площадки), авторы отмеча-

⁷ Он определяет социальную норму энергозатрат (вступил в действие 1 июля 2013 г.) в 16-ти пилотных регионах РФ, а с 1 июля 2014 г. на всей территории РФ.

ют систему освещения IV, как наиболее приемлемую в настоящих экономических условиях для общедомовых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Н.М., Куреев Н.Н. Освещение промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 160 с.
2. DiLouie, Craig Lighting controls handbook. – Lilburn, Ga [u.a.]: Fairment Press [u.a.], 2008. – 239 p.
3. Четошников Л.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010.
4. Act on granting priority to renewable energy sources (Renewable Energy Sources

Act – EEG). Germany (operative since 01.04.2000).

5. Закон «Об электроэнергетике» (регистрационный номер 10183). Украина.

6. Распоряжение Правительства РФ от 10 сентября 2012 г. № 1650-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на переход к установлению социальной нормы потребления коммунальных услуг в Российской Федерации».



Прохоренко Андрей Владимирович, инженер. Окончил в 2008 г. РГУИС по специальности «Инженерная защита окружающей среды». Магистрант кафедры

«Архитектура гражданских и промышленных зданий» ФГБОУ ВПО «МГСУ» НИУ (направление: «Строительство»)



Соловьёв Алексей Кириллович, доктор техн. наук, профессор. Окончил МИСИ им. В.В. Куйбышева. Зав. кафедрой «Архитектура гражданских

и промышленных зданий» ФГБОУ ВПО «МГСУ» НИУ. Член Европейской академии наук и искусств. Член редколлегии журнала «Светотехника»

Поздравляем с юбилеем!

Редакция и редколлегия журнала,
коллеги, друзья и ученики
ПОЗДРАВЛЯЮТ
кандидата технических наук,
доцента кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»

Николая Петровича Елисеева

с 70-летием
и желают ему всего самого доброго

Выявление системы восприятия человеком освещённых пространств и объектов в городской среде

Н.В. БЫСТРЯНЦЕВА¹, Н.В. МАТВЕЕВ

СПб НИУ «ИТМО», Санкт-Петербург

Аннотация

Описывается попытка применения метода «ай-трекинг» (*eye tracking*) для выявления связи между восприятием фрагмента городской среды и яркими характеристиками объектов при искусственном и естественном освещении.

Ключевые слова: метод «ай-трекинг», освещённые пространства, восприятие, запись движения взгляда, временная статистика.

Исследования последовательности и направления человеческого взгляда при восприятии объектов при естественном свете и картин разных художников проводили П. Колерс, А.Л. Ярбус, В.М. Розин, В.А. Филин [1–4] и др. Подобное же исследование при искусственном свете (по методу «ай-трекинг») авторы настоящей статьи провели первыми.

«Ай-трекинг» – это процесс измерений направления, продолжительности и других параметров человеческого взгляда, в частности при восприятии конкретной фотографии или видео отдельно выбранным

пользователем. Соответствующий программно-аппаратный комплекс представляет собой настольный компьютер с ИК камерой и программным обеспечением, которое идентифицирует особенности глаза [5]. В рамках рассмотрения конкретных фотографий в методе «ай-трекинг» существует несколько типов данных: запись движения взгляда (*gaze tracking*) и мыши пользователя, тепловые карты, теневая маска (*shadow mask*). В процессе осмотра объектов на экране монитора испытуемые делают неосознанные («ощупывание») и осознанные (целенаправленные) фиксации глаза на многих объектах. В данном исследовании нами получены (по «ай-трекинг») запись движения взгляда (рис. 1) и временная статистика (рис. 2).

Запись движения взгляда фиксирует точки и последовательность восприятия. При анализе данных фотография делится на области (рис. 3), по которым программа вычисляет

¹ E-mail: shu2005@mail.ru

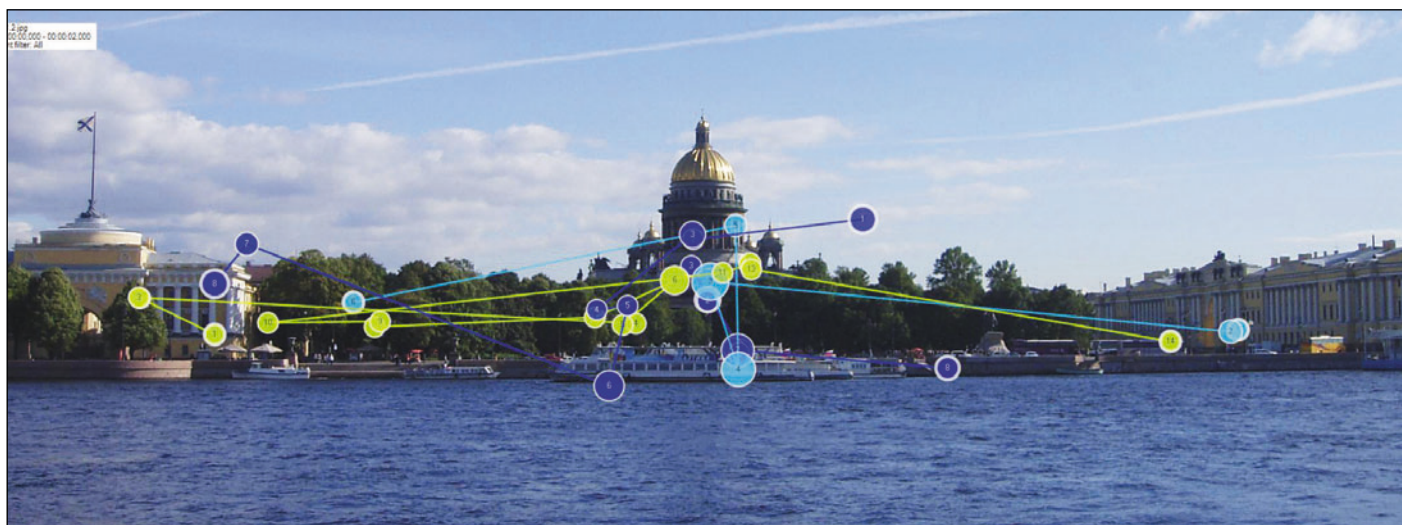


Рис. 1. Запись движения взгляда

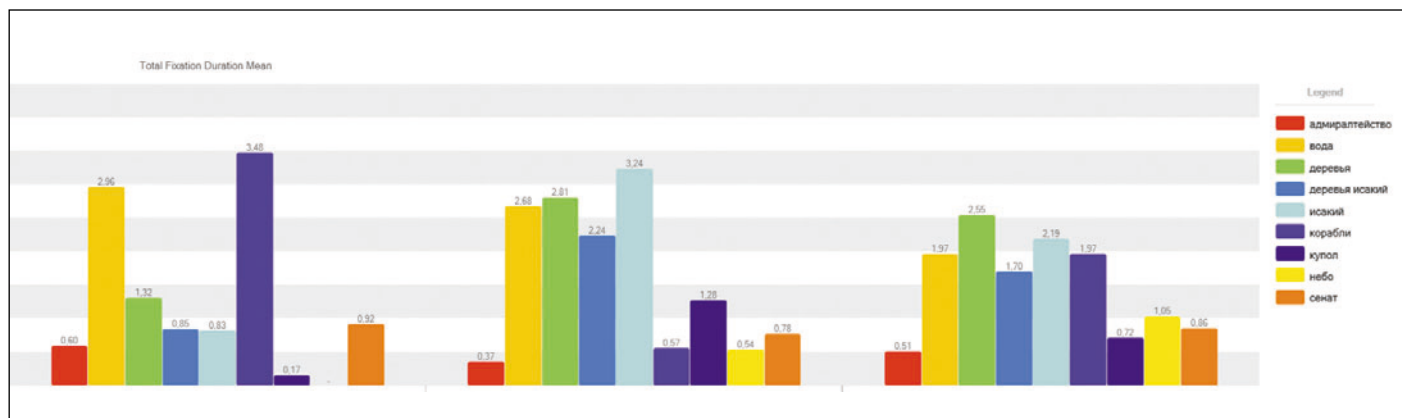


Рис. 2. Временная статистика для объектов ансамбля в соответствии со схемой областей по рис. 3

Временные характеристики

Объект	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
	Время до первой фиксации, с		Продолжительность первой фиксации, с		Общая продолжительность фиксации, с	
Здание Адмиралтейства	2,61	2,77	0,28	0,32	1,03	1,86
Деревья Александровского сада	0,38	0,32	0,32	0,35	2,58	2,69
Исаакиевский собор	0,40	0,43	0,31	0,34	2,30	1,72
Здание Сената и Синода	3,21	3,25	0,24	0,33	0,58	1,46

Таблица 2

Отклонение временных характеристик от дневных показателей

Объект	Отклонение от дневных показателей, %		
	Время до первой фиксации	Продолжительность первой фиксации	Общая продолжительность фиксации
Здание Адмиралтейства	6	14	81
Деревья Александровского сада	-15,8	9,3	4,3
Исаакиевский собор	7,5	9,7	-25,2
Здание Сената и Синода	1,2	37,5	151,7



Рис. 3. Схемы областей

временную статистику и формирует цветные графики (каждому цвету соответствует выделенная область). В работе анализируется статистика времени до первой фиксации взгляда – первичное восприятие выделенной области; продолжительность первой фиксации (как долго испытуемый смотрел при первой фиксации); общая продолжительность фиксации –

общее время просмотра выделенной области.

В процессе эксперимента авторы стремились выяснить: 1) как испытуемый воспринимает одно и то же пространство при искусственном и естественном свете; 2) являются ли здания с завышенной яркостью акцентными для первой фиксации глаза; 3) будут ли на здания с доминирующей

яркостью смотреть продолжительнее всего.

В качестве фрагмента городской среды была выбрана линейная горизонтально вытянутая силуэтная композиция Адмиралтейской набережной Санкт-Петербурга с явным доминантным зданием Исаакиевского собора в центре (ансамблевое восприятие). Распределение внимания оце-



Рис. 4. Дневное фото



Рис. 5. Ночное фото

нивалось для четырёх объектов: здания Адмиралтейства, Исаакиевского собора и здания Сената и Синода, а также Александровского сада.

Для сравнения восприятий фрагментов городской среды брались фото фрагмента при естественном и искусственном свете. Участникам показывались дневное (рис. 4) и ночное (рис. 5) фото фрагмента городской среды (предъявляемые испытуемым изображения не имели схемы разбивки по областям). В эксперименте участвовало 12 человек в возрасте 20–40 лет. Значения временных характеристик представлены в табл. 1.

Далее каждая характеристика бралась в процентном соотношении с аналогичной характеристикой для дневного фото (табл. 2).

При рассмотрении времени до первой фиксации и её продолжительности видно, что последовательность

восприятия объектов для ночного и дневного восприятия одинакова.

При восприятии дневной фотографии наблюдается более продолжительная общая фиксация взгляда на деревьях Александровского сада и здании Исаакиевского собора, что объяснимо центральным расположением и сложной пластической структурой объектов. Симметрично расположенные здание Адмиралтейства и здание Сената и Синода имеют разные художественные решения фасадов, что также отражается на продолжительности восприятия – более сложное решение фасада Адмиралтейства воспринимается длительней.

Для ночной фотографии наблюдается уменьшение общей продолжительности восприятия Исаакиевского собора и увеличение внимания к зданиям Адмиралтейства и Сената и Синода. Здание Адмиралтейства хуже

освещено, а здание Сената и Синода имеет завышенные яркости; в обоих случаях плохо распознаются детали зданий, что, возможно, и влияет на притормаживание внимания, так как требуется больше времени при рассмотрении фасадов.

На основе эксперимента было заключено следующее:

1. Предложенный подход позволяет оценивать комплексное освещение фрагментов городской среды.

2. Испытуемые воспринимают одно и то же пространство при естественном и искусственном свете по-разному. При искусственном свете наблюдаются изменения в зависимости от качества освещаемых объектов.

3. Здания с завышенной яркостью не являются акцентными для первой фиксации глаза.

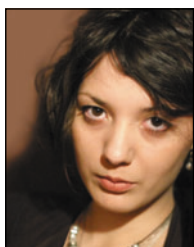
4. На здания с повышенной яркостью смотрят дольше, но есть предположения, что это связано с труд-

ной различимостью элементов здания, а не с самой яркостью.

Данное изучение характеристик человеческого взгляда раскрывает лишь небольшую часть возможностей метода «ай-трекинг», в дальнейшем планируется рассмотреть возможности создания сценариев освещения, психологическое и физиологическое восприятия разных особенностей и уровней искусственного света, а также и художественную роль средств искусственного освещения при формировании световых решений городских пространств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колерс П., Мюррей Д. Распознавание образов. – М.: Мир, 1970. – 288 с.
2. Ярбус А.Л. Роль движения глаз в процессе зрения. – М.: Наука, 1965. – 166 с.
3. Розин В.М. Визуальная культура и восприятие. Как человек видит и воспринимает мир. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 217 с.
4. Филин В.А. Видеоэкология. – М.: Видеоэкология, 2006. – 512 с.
5. Макарчук И.В. Решение задачи выявления незамеченных пользователями объектов в методологии eye tracking // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2010. – № 11. URL: <http://www.jurnal.org/articles/2010/inf28.html> (дата обращения: 03.04.2014).



Быстрынцева Наталья Владимировна,
архитектор-дизайнер. Окончила в 2004 г. Саратовский государственный технический университет.

Ассистент кафедры «Твердотельная оптоэлектроника» СПб НИУ «ИТМО». Соискатель кафедры «Дизайн архитектурной среды» МАрХИ (ГА)



Матвеев Николай Владимирович,
кандидат техн. наук. Окончил в 2010 г. СПбУ «ИТМО». Доцент кафедры «Твердотельная оптоэлектроника» СПб НИУ «ИТМО». Светохудожник лазерного театра «lux aeterna»

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ЖУРНАЛ

СВЕТОТЕХНИКА

На 2-е полугодие

2014 года

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

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

Поздравляем с юбилеем!

Редакция и редколлегия журнала, коллеги и друзья
ПОЗДРАВЛЯЮТ
заместителя директора
по строительству и реконструкции архитектурного
освещения
ГУП «МОССВЕТ»

Александра Сергеевича Букатова

с 50-летием
и желают ему здоровья и успехов в работе

Модернизация световых приборов подвижного состава метрополитена (опыт внедрения)

Е.Х. АЛЛАШ, Д.С. ВАРГА, Л.Г. НОВАКОВСКИЙ¹

ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ», ООО «РЕМИК-2», Москва

Аннотация

Показаны необходимость модернизации традиционных фар, используемых на эксплуатируемом подвижном составе метрополитена, и техническая возможность реализации этой задачи. Приведены конкретные технические решения, разработанные ЗАО «ФАРОС-АЛЕФ» и внедрённые на вагоны Московского метрополитена различных серий.

Ключевые слова: метрополитен, метровагон, фара, светодиод, светораспределение, сила света, регулировка, оптическая камера, модернизация.

Необходимая номенклатура световых приборов со светодиодными источниками света для метровагонов, удовлетворяющих всем достаточно противоречивым требованиям эксплуатации в метрополитене, была спроектирована и подготовлена к внедрению ещё в 2010 г. В работе [1] достаточно подробно были показаны технические решения этих приборов, предложен новый подход к их стандартизации и рекомендованы значения основных светотехнических параметров.

Однако, поскольку к моменту начала испытаний вагона модели 81–760 его дизайн, а следовательно, и конструкции большинства его световых

приборов (СП) были уже утверждены, эксплуатационным испытаниям в составе изделий подвергались только фары со светодиодами (СД), которым предстояло заменить традиционный блок фар (рис. 1).

Испытания проводились по стандартной методике: установка фар на вагоне, регулировка положения светового пучка с измерением освещённости в контрольной точке, наработка в реальных эксплуатационных условиях до 30000 км пробега.

В результате испытаний было установлено:

- фара по светотехническим характеристикам в полной мере удовлетворяет комфортным условиям работы машиниста в тоннеле;
- при въезде на станцию создаваемый фарой уровень освещённости вызывает ослепление пассажиров на платформе.

Напрашивается вывод – при въезде поезда на станцию необходимо затемнить (диммировать) СД, для снижения освещённости от фар на платформе. Очевидно, для этого необходимо получать сигнал о приближении к станции. Однако по разным причинам получить его не удастся, и единственным возможным решением остаётся – формирование этого сигнала автономным датчиком, установленным на фаре.

Очевидно, для разработки такого датчика или использования датчиков известных конструкций необходимо определить функцию и критерий, по которым будет осуществляться его работа. В данном случае самым простым следует признать решение, построенное на измерении изменения освещённости в тоннеле и на станции, т. е. использование датчика освещённости, срабатывающего при достижении заданного порогового значения. К сожалению, использовать датчики известных конструкций оказалось невозможным из-за ограниченного объёма ниши, в которую устанавливается фара, поэтому пришлось разрабатывать оригинальный датчик, легко интегрируемый в прошедшую испытания фару «традиционной» конструкции; при этом простейшее определение порогового значения срабатывания превратилось в практически неразрешимую задачу. Причина возникшей проблемы в том, что вместо нормативной освещённости на платформах, равной 200 лк [5], реальная



Рис. 1. Блок-фары метropоезда модели 81–760: а – традиционное исполнение; б – опытный образец светодиодной блок-фары

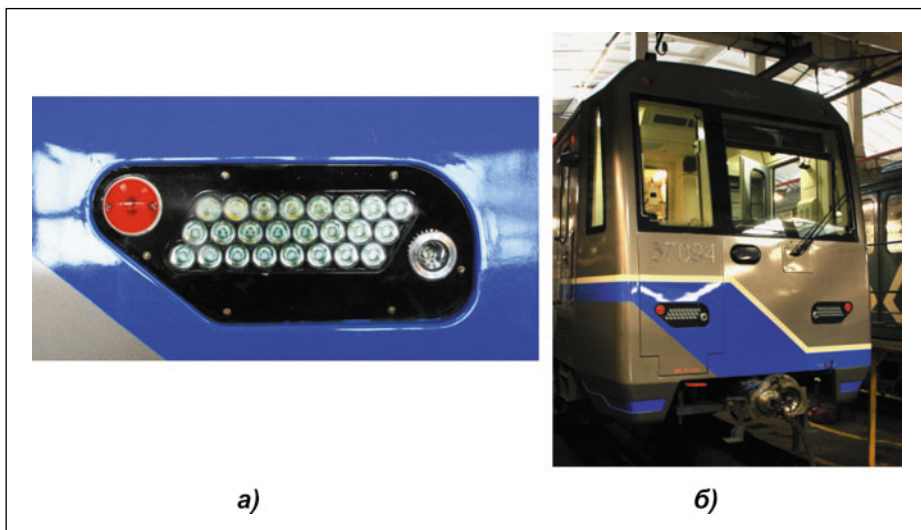


Рис. 2. Внешний вид светодиодной блок-фары



Рис. 3. Петропоезд серии «А»

освещённость на 30 % станций составляет 35 лк, при том что освещённость, от отдельных СП, расположенных в тоннеле (для разных целей), – 30–40 лк. Поэтому фара либо не темнится на 30 % станций, либо ложно срабатывает в тоннеле.

Исправить сложившуюся ситуацию можно двояко:

- либо метрополитен выполняет предписанные требования [5] на всех станциях, что едва ли возможно, т.к. требует в ряде случаев радикального пересмотра системы освещения (переход на другие источники света, ПРА и т. п.), причём в ограниченные сроки. Метрополитен к этому просто не готов, но рано или поздно это всё равно необходимо будет сделать;

- либо для темнения фар принимается другой критерий: например, изображение границ проёма въезда на станцию. Разработка, изготовление и испытания такого датчика, безусловно, проще, дешевле и, главное, быстрее, чем ожидания, связанные с изменением освещённости на платформе.

Поэтому было принято компромиссное решение: до установки нового датчика использовать уже разработанный, встроенный в фару, с ручным включением на станциях с заниженными (менее 40 лк) значениями освещённости (рис. 2).

Таким образом, с января 2013 г. в московское метро начали поступать поезда с фарами с СД (Серпуховско-Темляковская линия уже практически полностью ими оснащена), максимальная сила света которых, 384000 кд, более чем в 2,5 раза превышает совокупную силу света от всех фар, установленных на вагонах других моделей, эксплуатируемых в Москве. Из этого следует, что для обеспечения

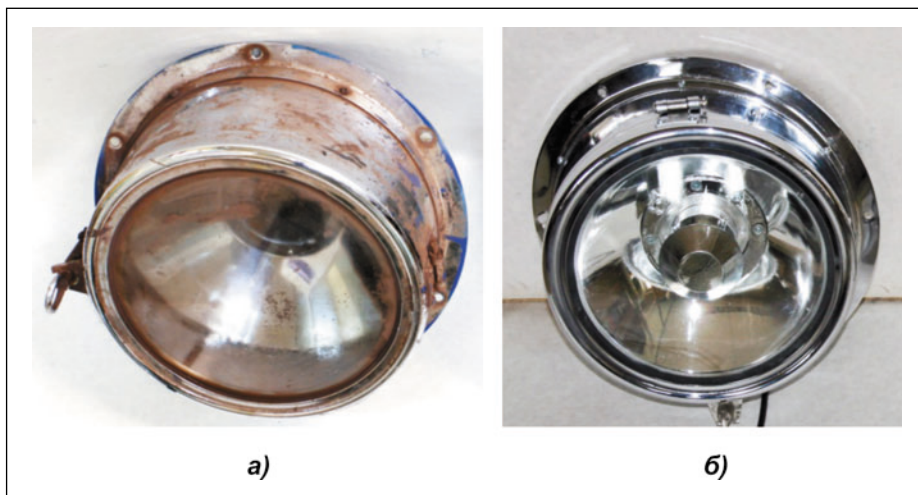


Рис. 4. Фары метровагона серии «А»: а – до модернизации; б – после модернизации

Таблица 1

№	Метровагоны	Количество
1	серии «Е» и их модификации	611
2	модели 81–717 и их модификации	3176
3	модели 81–720 и их модификации	81
4	модели 81–740 и их модификации	700
5	модели 81–760 и их модификации	272

идентичности условий работы машинистов на разных моделях метровагонов требуется модернизация установленных на них фар.

В настоящее время в московском метро эксплуатируется немало (табл. 1) вагонов разных моделей, эксплуатация которых продлится ещё 10–15 лет, что делает задачу модернизации СП для них весьма актуальной.

Другой причиной неизбежной модернизации осветительной системы метровагонов, находящихся в эксплуатации, является увеличение нормативной освещённости платформ до 200 лк, что рано или поздно приводит к дискомфорту работы машиниста из-за переадаптации зрительного аппарата при въезде на станцию.

Естественно, при такой постановке задачи, качество её решения будут определять два обстоятельства: сохранение дизайна вагона и цена модернизации.

И, наконец, есть еще одно архаичное требование к головной осветительной системе: требование к необходимости резервирования рабочего состояния путём выполнения этой системы в виде двух раздельно включаемых групп СП, что было вполне оправдано при «недолговечных» ЛН.

Однако с ростом срока службы ламп это требование эксплуатационными службами стало игнорироваться, тем более, что в тоннеле лучше видно не стало. Поэтому при использовании в качестве источников света СД, срок службы которых на порядок выше, чем у ЛН, и их групповом резервировании в светооптической схеме сохранение данного требования, по меньшей мере, кажется неоправданным.

Модернизация фар вагонов 30–60-х годов

Особое место среди модернизируемых световых приборов занимают фары первых метровагонов – серий «А», «Б», «Г» и «Д», поскольку они уже сняты с эксплуатации, во всяком случае в Москве, за исключением единственного ретропоезда (рис. 3), по сути, играющего роль действующего мемориального исторического памятника, воссозданного к юбилейной дате – 75-летие Московского метрополитена. Поэтому основной задачей проекта в данном случае была задача сохранения внешнего вида фары первого вагона, обеспечивающей при этом современные эксплуатационные характеристики.

Рис. 5.
Светораспределение
«ретрофары» с
автомобильной
кесеноновой МГЛ

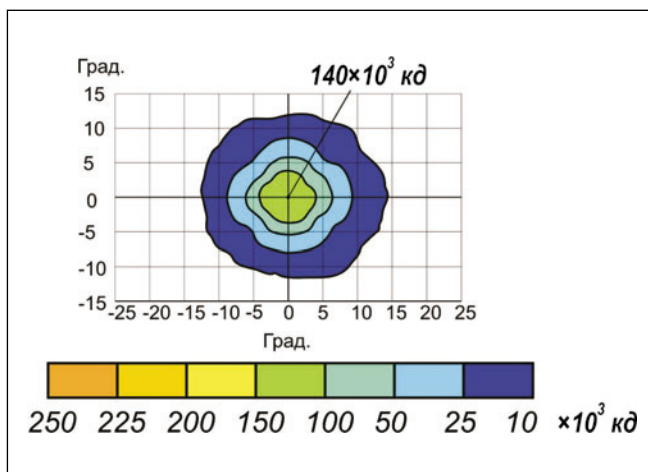


Рис. 6. Размещение традиционных и модернизированных фар на вагонах моделей 81–717, 81–717.5, 81–717.5 М: а – на вагоне 81–717; б – на вагоне 81–717.5; в – на вагоне 81–717.5 М; а', б' и в' – соответствующие модернизированные варианты

Естественно, конструкция такой фары должна была содержать используемые в оригинальном исполнении элементы: корпус, отражатель, защитное стекло в арматуре, замок (рис. 4, а). Предстояло их восстановить и наполнить новым содержанием (рис. 4, б), т. е. использовать современный источник света с большим световым потоком. Расчёты показали, что лучше всего для этой цели подходит автомобильная ксенонная МГЛ серии «D» (Osram) с соответствующим стандартным ПРА.

Отреставрированная фара с таким источником света обеспечила довольно большую (рис. 5), при отражателе с малым углом охвата, $\varphi = 80^\circ$, суммарную, от двух фар, освещённость головки рельса, равную

3,0 лк на нормативном расстоянии 305 м, удобную регулировку спереди и практически исключила ослепление машиниста и пассажиров, стоящих на платформе, для чего потребовалось установить в фаре экран от прямых лучей.

Достигнутый уровень силы света позволяет рекомендовать эту схему для внедрения на вагоны серии «Е», которые в Москве ещё сохранились в заметном количестве.

Модернизация вагонов моделей 81–717, 81–717.5 81–717.5 М и 81–718

В отличие от вагонов серии «Е» и их модификаций на вагонах моделей 81–717, 81–717.5 81–717.5 М, 81–718

была осуществлена попытка существенно улучшить освещение в тоннеле за счёт отказа от использования ламп с «распределённым» светящим телом в пользу применения стандартных автомобильных световых приборов, максимальная сила света которых не превышает 40000 кд.

При этом вначале на вагонах 81–717.5 (рис. 6), изготовитель Ленинградский вагоностроительный завод им. И.Е. Егорова, были использованы фары ФГ-146 и ФГ-145 с диаметром светового отверстия 145 мм. Система включала шесть таких фар, расположенных попарно по бортам вагона и в центре его верхней части (рис. 6, б), образуя три блока.

В московском (з-д «Метровагонмаш», г. Мытищи) варианте вагона (модель 81–717.5 М) эти фары были заменены на фары ФГ122 большего диаметра – 170 мм, что, как видно из их светораспределения (рис. 7), дало определённый эффект; однако, даже при установке одновременно работающих шести фар в различной компоновке, что собственно и было реализовано в вагонах 81–717, можно получить максимальную силу света 180000 кд, что существенно меньше достигнутой на фаре с СД вагона модели 81–760.

Поэтому, для реализации задачи выравнивания условий работы машиниста, на метровагонах разных моделей была предпринята попытка повысить уровень освещённости в тоннеле, практически не меняя дизайн поезда, т. е. разработать принципиально новую осветительную систему в «старой упаковке» для световых отверстий диаметром 145 и 170 мм.

Удовлетворительное конструктивное решение (рис. 8) для этих моделей вагонов было найдено при использовании элементов стандартных корпусов традиционных фар и тех же модулей с СД и вторичной оптикой, что и в базовой конструкции фары вагона 81–760, обеспечивающих максимальную силу света в 8000 кд. При этом, учитывая, что условия теплоотвода в этом конструктивном исполнении лучше (фары вынесены на внешнюю панель), а удельная поверхность радиатора больше, оказалось возможным путём увеличения тока поднять максимальную силу света одного модуля до 8600 кд. Тогда в зависимости от количества фар, устанавливаемых на вагон, можно, меняя число моду-

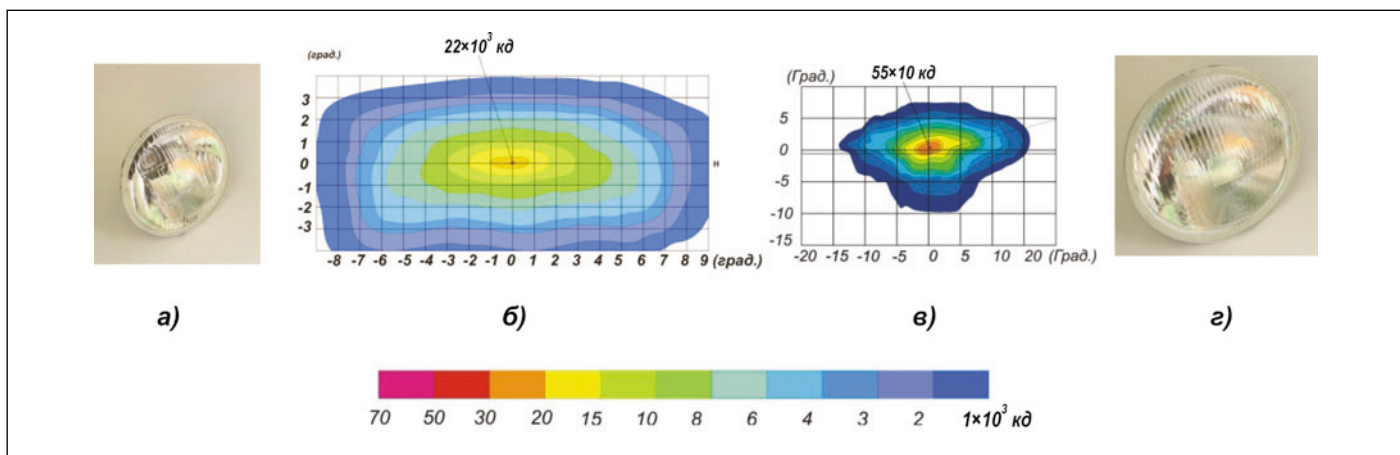


Рис. 7. Фары вагонов 81–717.5, 81–717.5 М: а – внешний вид фары ФГ145 (Ø145 мм); б – светораспределение фары ФГ145, в – светораспределение фары ФГ122; г – внешний вид фары ФГ122 (Ø170 мм)

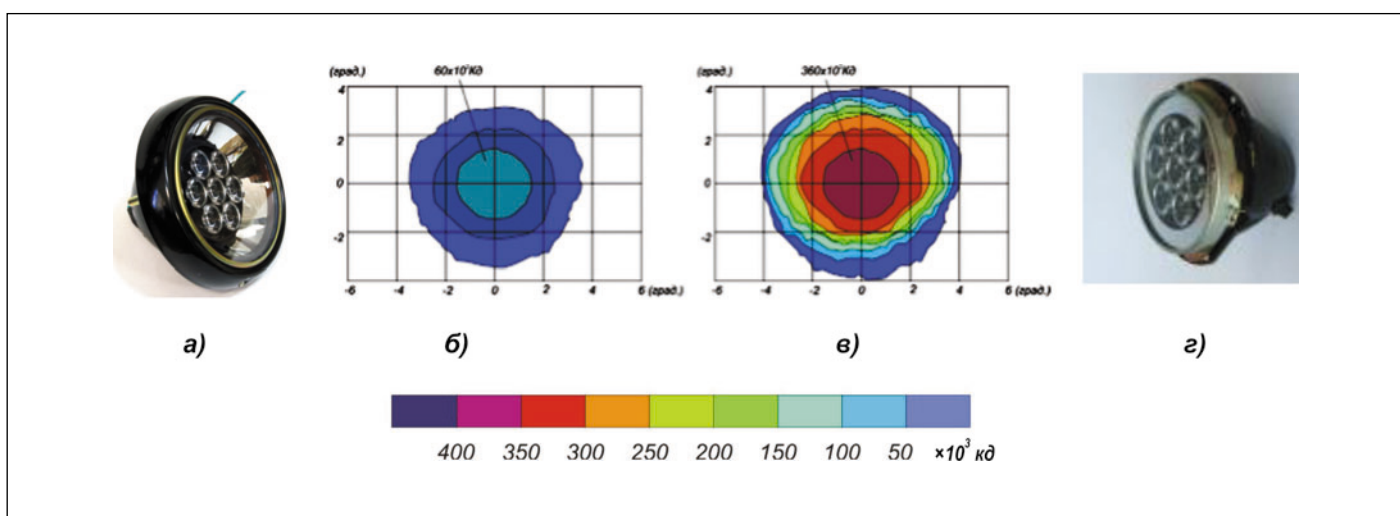


Рис. 8. Модернизированная фара вагонов моделей 81–717, 81–717.5 М и 81–718: а – внешний вид фары вагонов 81–717 и 81–717.5 М; б – светораспределение одной фары; в – суммарное – от шести фар; г – внешний вид фары вагонов 81–717.5



Рис. 9. Головной вагон модели 81–720 «Яуза»

лей, строить близкие по эффективности осветительные системы.

Поскольку традиционная осветительная система этих поездов включает шесть фар, содержащих по семь модулей, то их максимальная сила света будет не меньше 360000 кд, что близко к совокупной силе света фар, установленных на вагоне 81–760.

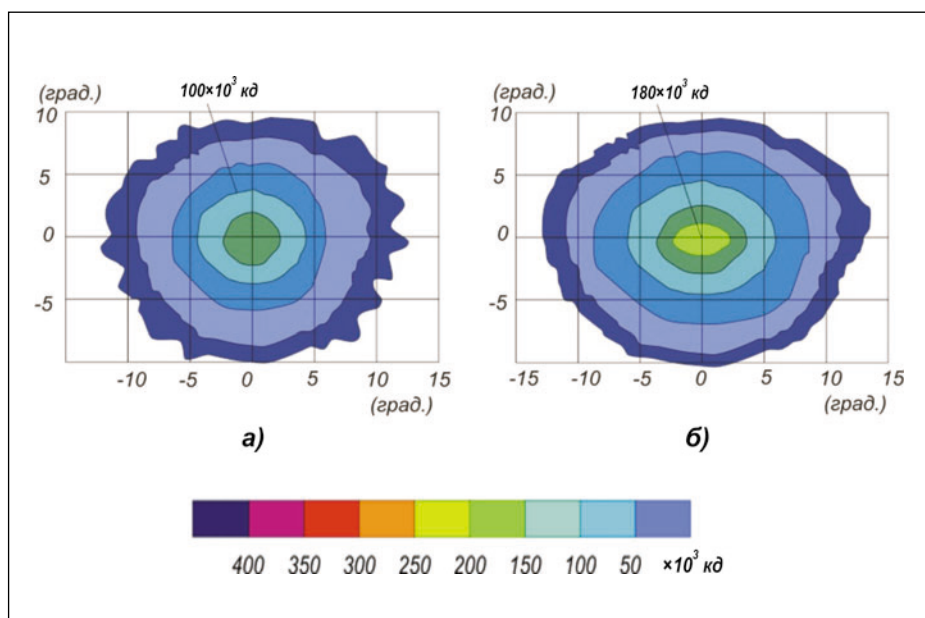


Рис. 10. Светораспределение осветительной системы вагона модели 81–720 «Яуза»: а – одиночной фары; б – системы фар

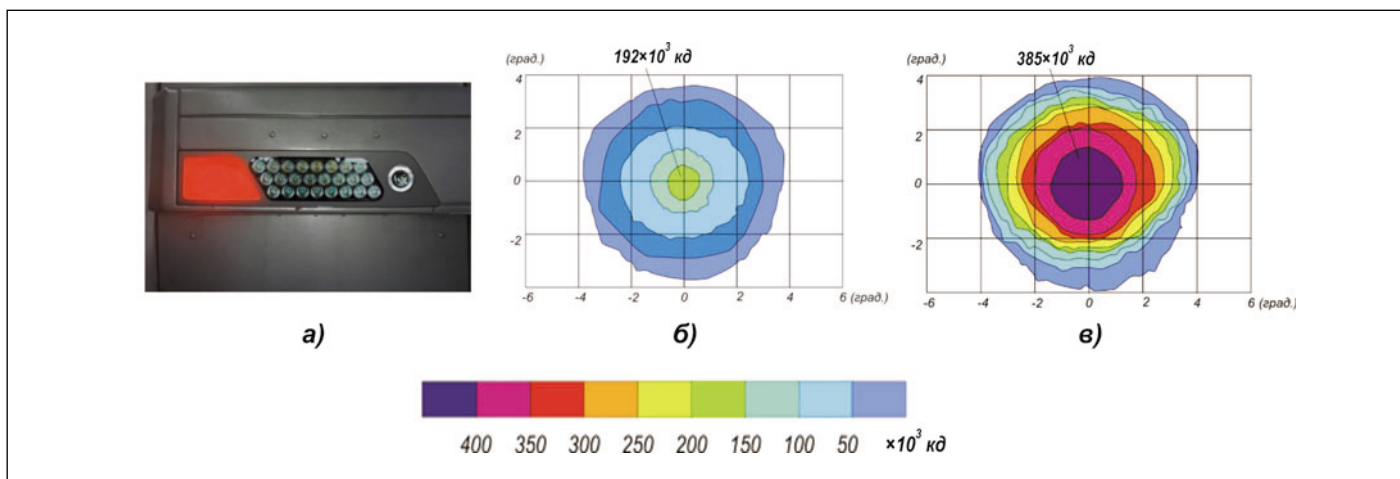


Рис. 11. Модернизированная фара вагонов модели 81–720 «Яуза»:

а – внешний вид блок-фары; б – светораспределение одной фары; в – суммарное светораспределение двух фар

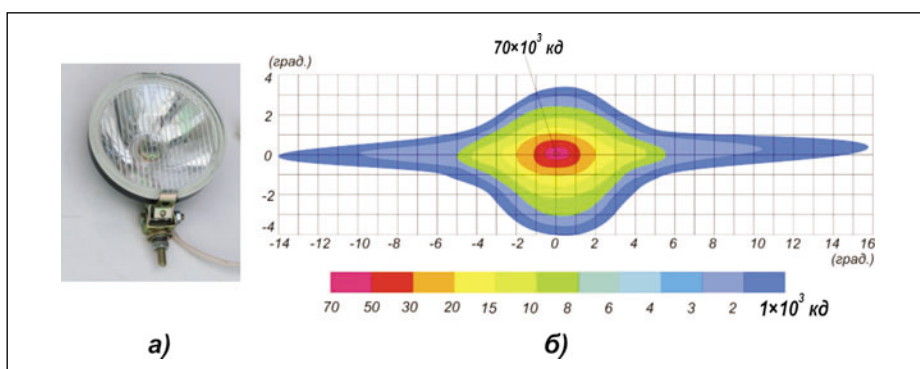


Рис. 12. Блок-фара вагонов 81–716.6 и 81–740: а – внешний вид; б – светораспределение

усечённый параболаид с относительно небольшим световым отверстием – их не хватает для комфортного освещения головки рельса на нормируемом расстоянии в 305 м. (Создаваемое, такими фарами светораспределение показано на рис. 10.)

При этом место установки фары (размеры проёма) позволяет использовать светодиодную блок-фару с СД, разработанную для вагона 81–760, несколько изменив её внешний вид (рис. 11), элементы крепления и регулировки и получив соответствующее светораспределение (рис. 11, б).

Модернизация фар вагонов модели 81–720 («Яуза»)

Неудовлетворительный уровень тоннельного освещения привёл разработчиков нового вагона к необходимости отказаться от использования для

головного освещения автомобильных фар, заменив их четырьмя СП (рис. 9). Очевидно, углы рассеивания ($\pm 10^0$) этих СП меньше, чем у стандартных автомобильных фар в режиме дальнего света ($\pm 15^0$), но в силу особенностей конструкции этих элементов –

Модернизация фар вагонов моделей 81–717.6 и 81–740

Использование унифицированного модуля позволило (благодаря максимальной унификации) добиться ми-

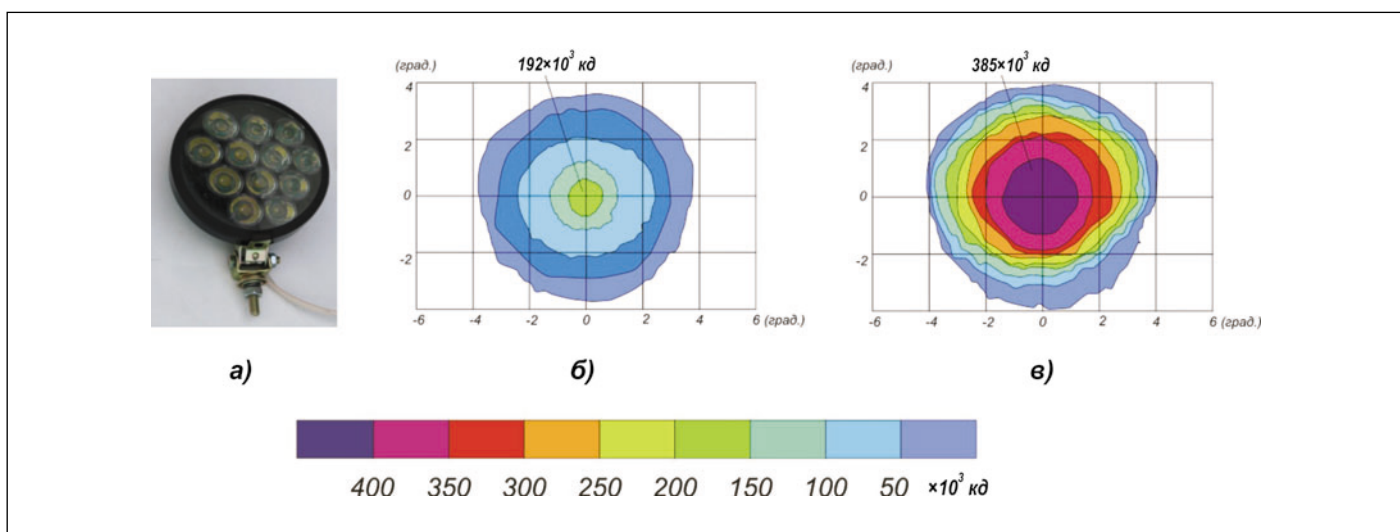


Рис. 13. Модернизированная блок-фара вагонов моделей 81–717.6, 81–740:

а – внешний вид; б – светораспределение одной фары 4-фарной системы освещения; в – суммарное светораспределение

нимизации издержек в построении четырёхфарной осветительной системы вагонов 81–717.6 (рис. 12 и 13). И очевидно, чтобы обеспечить базовый уровень силы света в 360000 кд необходимо в каждой фаре иметь по 12 модулей, но в этом случае существенно возрастает тепловая нагрузка на СД. Поэтому для обеспечения надёжности и эффективного срока службы в конструкцию был введён вентилятор. Кроме того, используемые фары имеют меньший диаметр – 150 мм – и другую конструкцию регулировочного узла (шаровой шарнир), предопределяющую предварительную (до установки крышки) регулировку и выглядят несколько иначе стилистически, а это потребовало и другого подхода при их модернизации. При этом, поскольку размеры ниши, в которой устанавливаются фары, относительно невелики, был разработан единый (один на две фары) ПРА, монтируемый в каждой нише отдельно от фар.

Аналогичная конструкция была использована при модернизации фар вагона 81–740 («Русич»), особенностью системы освещения которого является использование 4-х фар-прожекторов, смещённых друг относительно друга (рис. 13 и 14).

Приведённые данные показывают, что достигнутый уровень светотехнических характеристик фар и осветительной системы в целом (осевая сила света порядка 360000 кд), а также их конструкция, в полной мере удовлетворяет начальным условиям модернизации – сохранение внешнего вида вагона, сохранение технологии обслуживания при обеспечении заданных светотехнических характеристик.

Результаты такой модернизации фар нетрудно оценить анализом фото участков дорог, показанных на рис. 15, при освещении их разными фарами с СД, предлагаемыми для модернизации вагонов разных моделей.

При этом следует отметить, что высокий уровень освещённости, достигнутый в тоннеле, в ряде случаев приводит к негативным последствиям, а именно: ослепление машиниста встречного поезда и, как уже отмечалось, ослепление пассажиров на станции. Очевидно, решение проблемы обеспечивается темнением, т. е. переключением на более низкий уровень светового потока, обеспечивающего, в свою очередь, комфортный для ма-

Рис. 14. Размещение традиционных и модернизированных блок-фар на вагонах моделей 81–717.6 и 81–740:

а – традиционная блок-фара на вагоне 81–717.6; б – модернизированная блок-фара на вагоне 81–717.6; в – традиционная блок-фара на вагоне 81–740; г – модернизированная блок-фара на вагоне 81–740



Рис. 15. Освещение пути:

а – традиционными фарами; б – системой двух фар вагонов модели 81–760; в – системой 4-х фар вагонов моделей 81–714.6–717.6; г – системой шести фар вагонов моделей 81–714/717, 81–718/719





шинистов встречного поезда и пассажиров на платформе уровень освещения. Как показали многочисленные экспериментальные заезды, этот уровень не должен превышать 0,8 лк на расстоянии 305 м.

Таким образом, предложенный путь модернизации фар подвижного состава позволил не только улучшить и унифицировать условия работы ма-

шинистов метровагонов разных моделей, но и получить ряд преимуществ (табл. 2), обеспечивающих дальнейшее совершенствование световой среды метрополитена и технико-экономических показателей, определяющих эксплуатационную эффективность метровагонов.

Кроме перечисленных преимуществ фар с СД проведённые испы-

Технические характеристики фар, устанавливаемых на метровагон

№	Параметры	Тип конструкции фары			
		3	4	5	6
1	2				
		Фара ФГ-122 (с ГЛН) (вагон 81-717)	Фара с 24 СД (вагоны 81-720 и 81-760)	Фара с 12 СД (вагон 81-740)	Фара с 7 СД (вагон 81-717)
1	Тип осветительной системы	шестифарная	двухфарная	четырёхфарная	шестифарная
2	Количество светодиодных модулей	-	48	48	42
3	Максимально возможная освещённость на расстоянии 305 м, лк, от одной фары от системы фар	0,3 1,8	2,04 4,08	2,04 4,08	0,64 3,84
4	Потребляемая мощность, Вт одной фарой системой фар, Вт	70 420	65 130	32 128	16 96
5	Диммирование	нет	есть		
6	Углы рассеивания светового пучка, ° в горизонтальной плоскости в вертикальной плоскости	±18/3 ±10/3	±3 ±3	±3 +3 ÷ -5	±3 +3 ÷ -5

1	2	3	4	5	6
7	Ослепление отражённым собственным излучением	есть	нет		
8	Сохранение работоспособности при выходе из строя одной из фар	не сохраняет	сохраняет		
9	Площадь светового отверстия, см ²	226	193	100	80
10	Регулировка светового пучка	с частичным демонтажем	без демонтажа	с частичным демонтажем	
11	Напряжение питания, В	24	80		
12	Срок службы источника света, ч	1000	40000		
13	Срок службы оптического элемента, ч	25000	75000		
14	Особенности питания	бортсеть	встроенный ПРА		
15	Степень защиты оболочки	IP54	IP65		
16	Ремонтопригодность	частичная	полная		
17	Габариты светового модуля: глубина, мм ширина, мм высота, мм	84 Ø 170 -	30-40 300-360 30-35	84 Ø 170 -	84 Ø 170 -
18	Масса, кг	2,0	3,9	2,9	2,7

тания показали, что увеличение числа оптических элементов в осветительной системе способствует, за счёт большей вариативности, формированию (при регулировке) более сложного по структуре светового пучка, обеспечивающего лучшие условия видимости.

К сожалению, наряду с очевидными преимуществами использования светодиодных конструкций фар вагонов 81–760 в процессе их эксплуатации выявился такой основной недостаток, как снижение надёжности фар (отказ, в основном, ПРА) после мытья вагонов (в конструкциях же фар с СД вагонов других серий таких отказов не наблюдалось). Анализ этих причин отказов показал, что их несколько:

- несоответствие требований предъявляемых разработчиком вагона (IP64) реальным условиям эксплуатации (IP68);
- несовершенство конструкции вагона, предопределяющей принудительное охлаждение фар встречным воздушным потоком;
- несовершенство данной конструкции фар в отношении организации процесса активного охлаждения и регулировки светового пучка.

Последующая модернизация этой конструкции фар позволила устранить отказы и сформулировать требования к их установке и проектированию.

Заключение

По результатам испытаний фара с СД, разработанная для метровагонов модели 81–760, принята ОАО «Метровагонмаш» для установки на серийные вагоны.

Установка на серийных вагонах 81–760 современных фар с СД требует соответствующей модернизации фар метровагонов разных моделей, находящихся в эксплуатации.

Достигнутый уровень освещения в тоннеле создаёт предпосылки для повышения освещённости на платформах, хотя бы согласно СП 32–105–2004.

Предложенный принцип модернизации фар позволяет без нарушения дизайна метровагонов разных моделей обеспечить замену ламп накаливания унифицированными светодиодными модулями, достигая тем самым практически равных условий видимости для машинистов метровагонов старых и новых моделей.

Использование СП, разработанных в процессе указанной модернизации освещения позволяет существенно повысить его эффективность за счёт полного отказа от ЛН.

При разработке конструкций вагона и СП необходимо предусматривать специальную организацию охлаждения фар: например, забирать воздушный поток со стороны кабины через специальные воздухопроводы или выполнять фары автономными, желательнее с пассивной системой охлаждения и регулировкой светового пучка внутри корпуса фар.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Новаковский Л.Г.* Освещение подвижного состава – ключевая задача формирования световой среды метрополитена // *Светотехника*. – 2011. – № 4. – С. 8–14, 16–21.
2. *Гершун А.А.* Избранные труды по фотометрии и светотехнике – М.: Физматлит, 1958. – 548 с.
3. *Котохов В.В., Королева Ю.Е., Марков Н.И., Новаковский Л.Г., Новикова Л.А.* Новое поколение устройств для проверки внешних световых приборов автотранспортных средств // *Светотехника*. – 2007. – № 2. – С. 21–25.
4. *Новаковский Л.Г., Буймистр И.А., Резник А.М.* Устройство для диагностики фар транспортных средств // *Авт. свид. СССР* № 1541489. 1990. Бюл. № 5.
5. СП32–105 2004 «Метрополитены».



Аллаш Евгений Христофорович,
инженер-системотехник.
Окончил в 1977 г. МИЭМ. Директор ООО «РЕМИК-2»



Варга Дмитрий Сергеевич,
инженер-электрик.
Окончил в 2009 г. МАДИ. Инженер-испытатель ЗАО «ФАРΟΣ-АЛЕФ»



Новаковский Леонид Григорьевич,
кандидат техн. наук.
Окончил в 1969 г. МАМИ. Директор ЗАО «ФАРΟΣ-АЛЕФ»

Поздравляем с юбилеем!

Редакция и редколлегия журнала,
коллеги, друзья и ученики
ПОЗДРАВЛЯЮТ
кандидата технических наук,
доцента кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»

**Владимира Николаевича
Мартынова**

с юбилеем
и желают ему здоровья и благополучия

Оптимизация освещения тоннелей

С. РУСТЕМЛИ¹, М.С. СЕНГИЗ

Университет Битлис Эрен, Битлис, Турция

Аннотация

Проведено сравнение разных типов освещения автодорожных тоннелей высотой 7–12 м, позволившее выявить их преимущества и недостатки. Оценки касались осветительных систем, устанавливаемых на высоте 7–12 м, исходя из эффективности использования энергии, капитальных затрат, расходов на техническое обслуживание и ремонт, и на основе этих оценок предложено оптимальное решение. Были произведены многочисленные сравнения работы осветительных установок (ОУ) с МГЛ, керамическими МГЛ (КМГЛ), трубчатыми ЛЛ (ТЛЛ), мощными КЛЛ, НЛВД, ртутными лампами ВД (РтЛВД) и индукционными лампами (ИЛ), установленными в светильниках прямого света, что связано с простотой использования этих светильников в повседневной жизни. Установлено, что оценка освещения тоннелей на основе одних лишь технических характеристик ламп является неверным подходом, и, очевидно, любой проект освещения тоннелей нуждается в подробной проработке.

Ключевые слова: освещение тоннелей, энергоэффективность, анализ затрат.

1. Введение

Тоннели (рис. 1) представляют собой полузакрытые участки, содержащие тёмные и светлые поля и вызывающие запаздывание адаптации в пределах дальности видимости. Поэтому многие страны разработали правила и нормы проектирования освещения этих объектов. Так, в КНР в 1999 г. были переработаны технические требования к кондиционированию воздуха и освещению автодорожных тоннелей [1]. В Турции таких норм нет.

В 2011 г. в Турции на освещение было израсходовано 3,77 ГВт·ч электроэнергии или 3,302% от общего количества выработанной электроэнергии [2]. В современных условиях, характеризующихся энергетическим кризисом и проблемами с генерацией электроэнергии, необходимы решения, обеспечивающие экономию энергии и оптимальное использование источников света, что обусловлено потребностью в постоянном и адекватном освещении замкнутых пространств, таких как тоннели, которые следует освещать круглосуточно. Это означает, что в середине тоннеля освещение работает 24 ч и что энергия потребляется непрерывно [3]. Однако при всех способах экономии энергии решение принимается без учёта безопасности, комфорта и условий работы. Количество ДТП может быть уменьшено при

наличии освещения, обеспечивающего оптимальный баланс между эксплуатационными характеристиками и уровнем освещения тоннеля.

Задача состоит в обеспечении достаточного по уровню и неслепящего освещения тоннелей, которое улучшало бы видимость [4, 5]. Этого можно достичь посредством правильного выбора источника света и светильника. Применительно к освещению тоннелей можно предложить два типа освещения: точечное и линейное. В линейных установках используются ЛЛ. Помимо них, при большой высоте сводов используется освещение точечного типа. Важнейшим фактором является высота свода, определяющая, светильники каких типов следует использовать в тоннеле. Как показывают расчёты, установки с линейными источниками света можно использовать при высотах свода не более 6 м, а установки с точечными источниками света предлагается использовать при высотах свода более 12 м. В данном исследовании рассматривались своды высотой от 6 до 12 м, и то, какой – линейный или точечный – источник света следует применять, определялось на основе проведённых расчётов. На стадии проектирования решение выработывается на основе характеристик применяемых ламп и высоты свода.

В данной работе проведено сравнение ламп разных типов, обеспечивающих требуемое освещение тоннелей высотой от 6 до 12 м, и оценены достоинства и недостатки этих ламп.

2. Проектирование освещения

Источники света, используемые для освещения тоннелей, должны

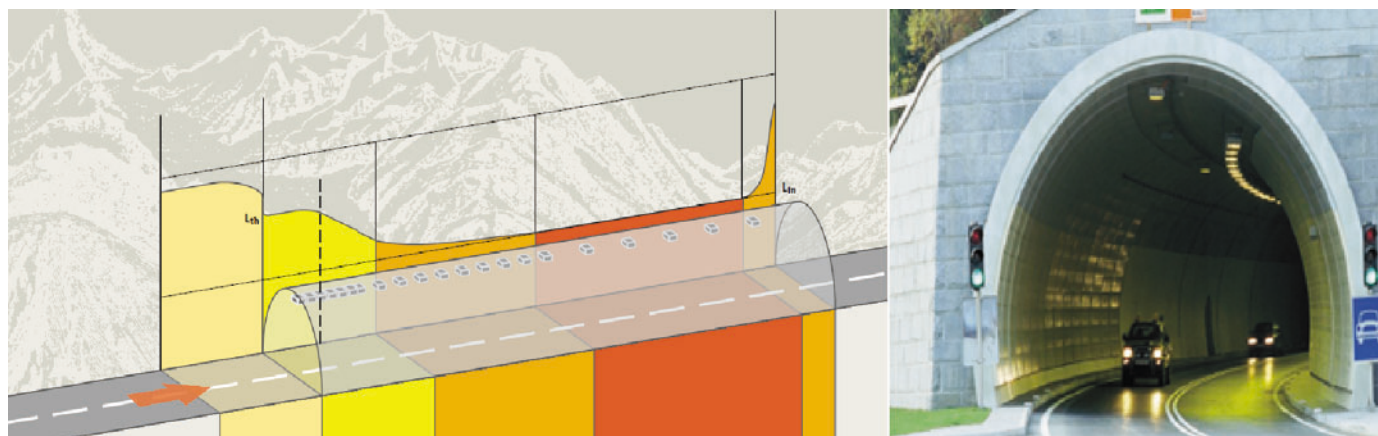


Рис. 1. Виды сбоку и спереди тоннеля с двумя полосами движения



Рис. 2. Проект освещения тоннеля с двумя и тремя полосами движения

иметь высокие световые отдачи и полезные сроки службы. В тех тоннелях, в которых возможно загрязнение, отражаемый потолком и стенами свет не участвует в освещении тоннеля. Поэтому светильники, которые предполагается использовать в этих объектах, должны быть прямого света. Так как светильники располагаются в замкнутом пространстве, они должны иметь защиту от пыли, грязи, влаги и взрывоопасных газов. На объектах высотой более 12 м применяются установки с точечными источниками света. Примеры используемых в таких установках источников света приведены в табл. 1. Приведённые в ней значения световой отдачи рассчитывались с учётом потерь в ПРА, а полезный срок службы определялся как время, за которое световой поток падает на 30% от начального.

Из табл. 1 следует, что РтЛВД не подходят для областей применения, требующих эффективного освещения, из-за небольших уровней светового потока, световой отдачи, общего индекса цветопередачи и срока службы. Альтернативой являются КМГЛ, которые, благодаря своей высокой цветопередаче могут использоваться на открытых пространствах. В случае тоннелей, где цветопередача не имеет существенного значения, с точки зрения энергосбережения привлекательными выглядят НЛВД, имеющие большие полезные сроки службы и «мягкий» свет. На объектах с высокими сводами, где затруднены техническое обслуживание и ремонт, начали применять ИЛ. Кроме того, имеются тоннели, в которых используются мощные КЛЛ и ТЛЛ.

Хотя описанные лампы и проектные решения относятся к тоннелям

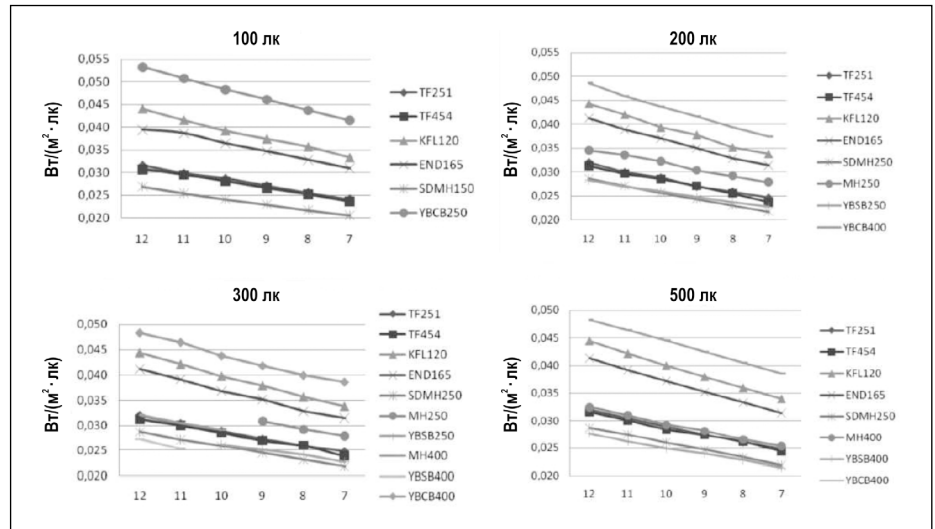


Рис. 3. Установленная мощность в расчёте на единицу площади и единицу освещённости [7]

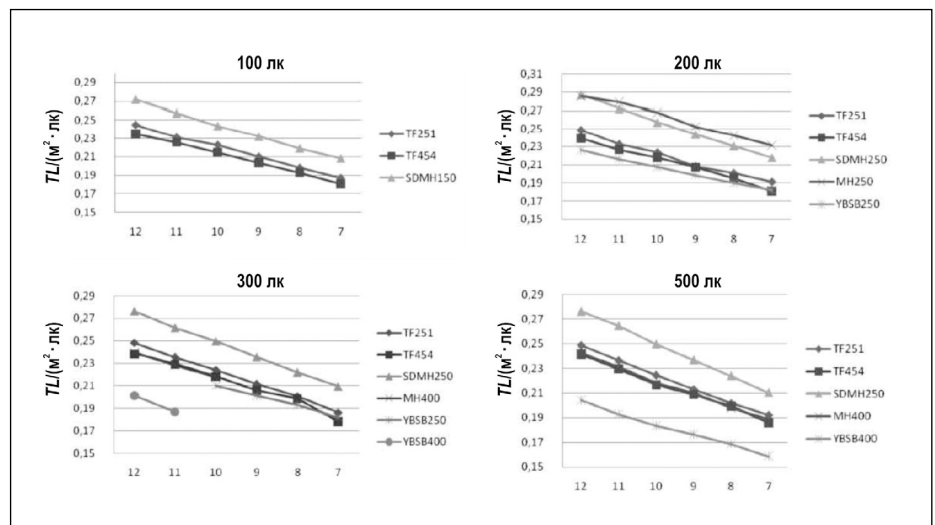


Рис. 4. Общие затраты в течение 10 лет в расчёте на единицу площади и единицу освещённости [7]*

* «TL», вероятно, означает «турецкая лира». – Прим. пер.

высотой более 12 м, всё вышесказанное применимо и к освещению тоннелей высотой от 6 до 12 м. Если учитывать эффективность расходования энергии и издержки на техни-

ческое обслуживание и ремонт, то можно предложить проекты, наилучшим образом подходящие для разных высот сводов и разных уровней освещения [6].

Характеристики ламп, используемых в установках с точечными источниками света [7]

Вид лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Полезный срок службы, ч	Общий индекс цветопередачи R_a
РтЛВД	125	6200	45	4000	40–60
	250	12700	47		
	400	22000	52		
МГЛ	250	18000	71	6000–9000	70–80
	400	32500	80		
КМГЛ	70	6300	77	9000	90
	100	8800	80		
	150	14200	81		
	250	23000	81		
НЛВД	150	12500	74	12000	65
	250	23000	80		
	400	38000	89		
ИЛ	165	12000	173	60000	80
КЛЛ	120	9000	75	12000	80

Таблица 2

Характеристики и цены использованных при проведении сравнения ламп [7]

Обозначение лампы	Количество	Вид лампы	Мощность лампы, Вт	Мощность светильника, Вт	Световой поток, лм	Цена светильника в 2013 г., доллары США
<i>TF251</i>	2	ТЛЛ диаметром 26 мм	51	102	5000	10
<i>TF454</i>	4	ТЛЛ диаметром 16 мм	54	236	4450	21
<i>END165</i>	1	ИЛ	165	165	12000	880
<i>KFL120</i>	1	КЛЛ	120	133	9000	433
<i>SDMH150</i>	1	КМГЛ	150	167	14200	400
<i>SDMH250</i>	1	КМГЛ	250	268	23000	472
<i>MH250</i>	1	МГЛ	250	276	18000	377
<i>MH400</i>	1	МГЛ	400	429	32500	388
<i>YBSB250</i>	1	НЛВД	250	276	23000	375
<i>YBSB400</i>	1	НЛВД	400	429	38000	416
<i>YBCB250</i>	1	РтЛВД	250	268	12700	188
<i>YBCB400</i>	1	РтЛВД	400	419	22000	205

Отличия установленной мощности от минимальной, % [7]

100 лк						
	12 м	11 м	10 м	9 м	8 м	7 м
TF251 (ТЛЛ)	+18	+17	+19	+18	+18	+17
TF454 (ТЛЛ)	+14	+16	+17	+16	+17	+15
KFL120 (КЛЛ)	+64	+64	+63	+64	+65	+62
END165 (ИЛ)	+47	+52	+52	+52	+52	+51
SDMH250 (КМГЛ)	минимум	минимум	минимум	минимум	минимум	минимум
YBCB250 (РгЛВД)	+99	+100	+101	+102	+102	+101
200 лк						
	12 м	11 м	10 м	9 м	8 м	7 м
TF251 (ТЛЛ)	+14	+11	+13	+11	+13	+14
TF454 (ТЛЛ)	+11	+10	+11	+12	+11	+9
KFL120 (КЛЛ)	+57	+56	+53	+56	+53	+56
END165 (ИЛ)	+46	+44	+45	+44	+43	+45
SDMH250 (КМГЛ)	+1	+1	минимум	минимум	минимум	минимум
MH250 (МГЛ)	+22	+24	+26	+25	+27	+28
YBSB250 (НЛВД)	минимум	минимум	+1	+2	+3	+5
YBCB400 (РгЛВД)	+72	+70	+70	+71	+71	+73
300 лк						
	12 м	11 м	10 м	9 м	8 м	7 м
TF251 (ТЛЛ)	+17	+20	+11	+11	+12	+13
TF454 (ТЛЛ)	+15	+19	+10	+10	+13	+9
KFL120 (КЛЛ)	+63	+67	+55	+55	+55	+55
END165 (ИЛ)	+51	+55	+44	+44	+42	+45
SDMH250 (КМГЛ)	+5	+8	минимум	минимум	минимум	минимум
MH250 (МГЛ)			+26	+26	+27	+28
YBSB250 (НЛВД)			+3	+3	+4	+4
MH400 (МГЛ)	+18	+21				
YBSB400 (НЛВД)	минимум	минимум				
YBCB400 (РгЛВД)	+77	+84	+71	+71	+73	+78
500 лк						
	12 м	11 м	10 м	9 м	8 м	7 м
TF251 (ТЛЛ)	+16	+17	+16	+15	+14	+15
TF454 (ТЛЛ)	+14	+15	+14	+14	+15	+13
KFL120 (КЛЛ)	+61	+62	+61	+59	+58	+58
END165 (ИЛ)	+49	+50	+50	+47	+46	+46
SDMH250 (КМГЛ)	+4	+6	+5	+3	+2	+2
MH400 (МГЛ)	+18	+19	+18	+18	+16	+18
YBSB400 (НЛВД)	минимум	минимум	минимум	минимум	минимум	минимум
YBCB400 (РгЛВД)	+75	+78	+80	+78	+78	+80

Лампы, потребляющие минимум энергии

Высота установки, м	100 лк	200 лк	300 лк	500 лк
7	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)
8	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)
9	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)
10	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>SDMH250</i> (КМГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)
11	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)
12	<i>SDMH150</i> (КМГЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)	<i>YBSB400</i> (НЛВД)

Таблица 5

Лампы, наиболее экономичные с точки зрения издержек за 10-летний период

Высота установки, м	100 лк	200 лк	300 лк	500 лк
7	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)
8	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)
9	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)
10	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)
11	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)
12	<i>TF454</i> (ТЛЛ) / <i>TF251</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB250</i> (НЛВД) / <i>TF454</i> (ТЛЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)	<i>YBSB400</i> (НЛВД) / <i>MH400</i> (МГЛ)

3. Влияние высоты свода на освещение тоннелей

Существует множество нуждающихся в освещении объёмов, которые в случае тоннелей отличаются друг от друга количеством полос движения (рис. 2). Проект освещения тоннеля с одной подъездной и одной выездной полосами должен отличаться от проекта освещения тоннеля с тремя подъездными и тремя выездными полосами. В международных нормах и рекомендациях приводятся требуемые оптимальные уровни освещения, в основе которых лежат условия обеспечения видимости и экономии пространства. При рассмотрении этих норм видно, что 100, 200, 300 и 500 лк² являются харак-

терными освещённостями для общего применения. В этом исследовании 100, 200, 300 и 500 лк использовались применительно к типовому тоннелю высотой 7, 8, 9, 10, 11 или 12 м, длиной 800 м и шириной 16 м, причём освещение тоннеля удовлетворяло всем прочим предъявляемым к освещению требованиям. Учитывая загрязнение, имеющиеся в дорожных условиях, коэффициент технического обслуживания был принят равным 0,8. Светильники с МГЛ, КМГЛ и ТЛЛ, которые относятся к светильникам прямого света, и светильники с КЛЛ, НЛВД и ИЛ были отобраны для получения легко реализуемых решений. Для этого лампы каждого вида помещались в одни и те же светильники. Во избежание отличий, вызванных фотометрическими характеристиками светильников, влияющими на результаты расчётов, световые отдачи всех точечных источников света были понижены до 80%. Так что сравнива-

лись разные лампы, имеющие одинаковые фотометрические характеристики и помещённые в одинаковые светильники, за исключением ТЛЛ, световые отдачи которых при установке в светильники уменьшались до 80% и которые из-за своих размеров помещались в другие светильники. Светильники имели одинаковые защитные стёкла. Используемые при проведении стоимостного анализа цены светильников с лампами и ПРА приведены в табл. 2. Расчёты производились с учётом потерь в ПРА, и в табл. 2 приведены значения полной мощности.

Установленные мощности, которые обеспечивали освещённости 100, 200, 300 и 500 лк, рассчитывались на единицу площади (м²) при разных высотах свода тоннеля. Для обеспечения сравнимости результатов рассчитанная на единицу площади установленная мощность приводилась к единице освещённости (лк). Полученные результаты показаны на рис. 3.

² Применительно к дорожному освещению в целом и к освещению автодорожных тоннелей в частности нормируемой величиной обычно является яркость дорожного покрытия. – Прим. пер.

Основной задачей было обеспечение наименее энергоёмкого освещения таких участков дорог, как тоннели. Часть приведённых на рис. 3 решений по освещению тоннелей, выбранных согласно удельной установленной мощности, в Вт/(м²·лк), были исключены, а остальные – экономичные – проекты были подвергнуты стоимостному анализу (рис. 4).

Затраты определялись за 10-летний период в расчёте на 1 м² и 1 лк и включали в себя затраты на монтаж, электроэнергию и замену. Длина, тип и прокладка кабеля при проведении стоимостного анализа не учитывались, так как они не изменяются при изменении типа светильника. При расчётах учитывались стоимости ламп, ПРА, материалов и рабочей силы. Считалось, что лампы работали 365 суток в году по 24 ч в сутки, так что они потребляли энергию 8760 ч в год. Цена электроэнергии, расходуемой на освещение, в январе 2013 г. составляла \$0,146 за 1 кВт·ч (не облагается налогом).

Табл. 3 содержит решения по рис. 4, оказавшиеся наиболее энергосберегающими при соответствующем уровне освещения. В таблице приведены типы ламп, потребляющих наименьшее количество энергии при разных уровнях освещённости, и процентные различия между указанными и наиболее эффективными лампами.

Табл. 4 показывает наиболее энергоэффективные лампы по табл. 3. При всех освещённостях наименьшую энергию потребляют КМГЛ. С ростом высоты установки и требуемой освещённости наилучшим выбором становятся НЛВД. Хорошей альтернативой им являются КМГЛ. Согласно приведённым в табл. 3 и на рис. 3 данным, с точки зрения энергоэффективности наилучшим выбором служат КМГЛ, НЛВД и МГЛ.

Установки с КЛЛ, ИЛ и РтЛВД наименее энергоэффективны. Проведённый анализ показал, что установки с КМГЛ, МГЛ, ТЛЛ и НЛВД (как наиболее экономичные и энергоэффективные) подходят для освещения тоннелей. Лампы, наиболее эффективные с точки зрения затрат за 10-летний период, представленных графически на рис. 4, указаны в табл. 5 (для разных освещённостей и высот установки).

Видно, что системы с ТЛЛ наиболее экономичны и энергоэффективны при высотах установки 7–12 м и освещённости 100 лк. Однако 100 лк для тоннелей недостаточно. Если бы это исследование касалось промышленных предприятий, то в любом случае наиболее экономичным и энергоэффективным выбором были бы ТЛЛ с ЭПРА – из-за их низкой стоимости, простоты приобретения и большого полезного срока службы. Несмотря на низкую цветопередачу, при достаточно высокой требуемой освещённости наилучшим решением для тоннелей являются НЛВД. Последние следует использовать в тоннелях с уровнями освещённости 300 и 500 лк. Если при высотах установки от 7 до 10 м и освещённости 300 лк следует использовать НЛВД *YBSB250* или ТЛЛ *TF454*, то при высотах от 11 до 12 м – НЛВД *YBSB400* или МГЛ *MH400*.

В общем случае освещение должно производиться без ущерба для энергоэффективности, безопасности и комфорта. Благодаря качественно и правильно освещению может повышаться качество видения и, соответственно, снижаться количество ДТП. Для уменьшения расхода энергии на дорожное освещение можно:

- Снижать мощность, потребляемую светильниками от электрической сети, используя эффективные источники света и вспомогательные устройства (ПРА, трансформаторы и т. д.).
- Сокращать общее количество светильников в установке, используя качественные светильники – с высоким КПД.
- Оптимизировать энергопотребление посредством систем управления освещением.

В то время, как ТЛЛ подходят для проектов, обеспечивающих наиболее экономичное и энергоэффективное освещение при высотах потолка от 7 до 12 м и освещённости 100 лк (подходящем для промышленных предприятий), при освещённости 200 лк следует использовать НЛВД *YBSB400* или МГЛ *MH400*. Для освещения тоннелей, которое должно обеспечивать освещённость 300 лк, при высоте свода 10 м используются НЛВД *YBSB250* или ТЛЛ *TF454*. При высотах более 10 м и в системах с высотой установки от 7 до 12 м и требуемой освещённостью 500 лк наиболее экономичное и энергоэффективное освещение, удовлетворяющее нормативным требованиям, обеспечивают НЛВД *YBSB400* или МГЛ *MH400*. В целом, задача со-

стоит в обеспечении безопасности дорожного движения и комфортных условий видения при максимальной энергоэффективности. В данном исследовании показано, что при принятии решений нельзя исходить только из технических характеристик ламп и что выбор варианта освещения следует производить на основе сравнения подходящих источников света, используемых в качественных светильниках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. JTJ026.1–1999 «Lighting-ventilation design specifications of road Tunnel».
2. TEDAŞ, Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri, 2012, Ankara.
3. CIE Technical Report. 88–2004. Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses [R]. 2004.
4. People's Republic of industry standards. Road Tunnel Ventilation lighting design (JTJ026.1–1999) [S]. Beijing: People's Traffic Press, January 2000.
5. People's Republic of industry standards. Tunnel design (TJT026.1–1990) [S]. Beijing: People's Traffic Press, January 1990.
6. Tianshu Huang, Fan Luo, Kui Zhang. Application of Fuzzy Control to A Road Tunnel Lighting System [J]// Proc. of 6th Int. Conf. on ITS Telecommunications. 2006, P. 136–139.
7. Onaygil S., Güler Ö., Erkin E., Cebeci E. Endüstride Tavan Yüksekliğine Bağlı Tavan Yüksekliği; http://www.emo.org.tr/ekler/a608ebd10_c4285_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 6 Ocak 2013].



Сабир Рустемли (Sabir Rüstemli), Ph.D.

(Азербайджанский научно-исследовательский электротехнический институт), профессор. Зав. кафедрой

электротехники и электроники и проректор Университета Битлис Эрен, Турция



Мехмет Саиф Сенгиз (Mehmet Saif Cengiz), M.Sc.

Научный сотрудник Профессионального технического училища Университета Битлис Эрен

Ловушка света в вестибюле башни «Eqho» в квартале Дефанс (Париж)

Р. НАРБОНИ¹, В. НИКОЛАС

Студия *Concepto*, Париж, Франция

Аннотация

Приводится краткое авторское описание светодизайнерской части проекта модернизации одного из небоскрёбов крупнейшего в мире делового квартала Дефанс.

Ключевые слова: ловушка света, башня «Eqho», вестибюль, естественный свет, солнечные лучи.

Построенная в 1988 г. в парижском деловом квартале Дефанс 130-метровая башня «Eqho», которая раньше называлась башней «Descartes» («Декарт»), в 2011 г. была подвергнута модернизации фасада и полной реконструкции вестибюля, позволившим обеспечить попадание в вестибюль естественного света и зрительное со-

ответствие вестибюля поддерживающей башню конструкции порталного типа (*bridge-type structure*) (рис. 1).

Произведённая модернизация послужила причиной того, что французская архитектурная студия *Hubert & Roy* обратилась к специализирующейся в области светодизайна студии *Concepto* с предложением о совместной разработке абсолютно новых дневного и ночного обликов вестибюля.

«Ловушка» для солнечного света, расширяющая цветовую гамму и позволяющая отслеживать ход времени

Помимо широких проёмов, открывающих вид на городской пейзаж, вестибюль имеет большую стеклянную крышу на высоте 12 м от пола. Он залит естественным светом, который

изменяет восприятие пространства в течение суток и по мере смены сезонов. В определённые времена года и в соответствии с движением Солнца, солнечные лучи попадают в вестибюль через конструкцию порталного типа, проецируя на стены и пол тени от расположенной сверху металлической решётчатой конструкции.

Чтобы вдохнуть жизнь в этот проецируемый свет, подчеркнуть размеры вестибюля и отразить движение Солнца в разные времена года, решётчатая конструкция была дополнена специально созданной стеклянной инсталляцией из дихроичного витражного стекла (вставленного непосредственно в стеклянную крышу) и вертикально подвешенными светотражающими панелями из отполированной до зеркального блеска нержавеющей стали (рис. 2). Дихроичное стекло способно окрашивать проходящий сквозь него свет, изменяя его цвет в заданных пределах (в данном случае, от сине-зелёного до пурпурного) в зависимости от угла падения солнечных лучей. Кроме того, дихроичное стекло отражает солнечные лучи, придавая им цвет, отличный от цвета проходящих через стекло лучей.

Так что солнечные лучи проецируются на пол и белые стены вестибюля, создавая цветные пятна, которые медленно перемещаются и меняют оттенок по мере изменения времени суток и года (рис. 3 и 4). Зеркальные панели, вертикально подвешенные внутри металлической решётчатой конструкции, отклоняют определённые цветные лучи, направляя их на внутреннюю стену обращённой на север аудитории, в которую прямой солнечный свет никогда не попадает.

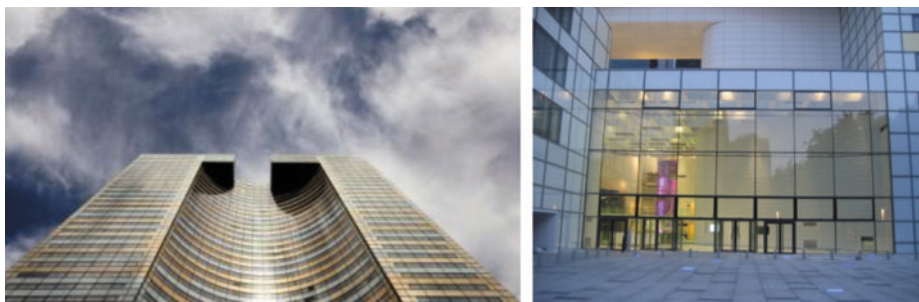


Рис. 1. Башня «Eqho» в квартале Дефанс Парижа

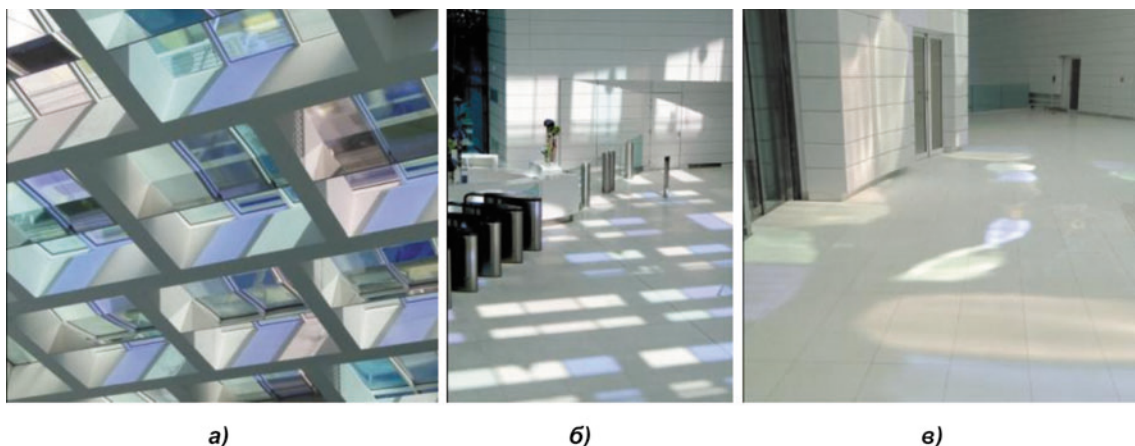


Рис. 2. Система вертикальных зеркальных панелей (а), пятна прошедшего сквозь стекло света (б) и изменение света зеркальными панелями в мезонине (в)

Для снижения освещённости и солнечного нагрева в середине летнего дня оптическая плотность цветного стекла возрастает в направлении южной части стеклянной крыши. Солнечные лучи, которые в начале и конце зимнего дня падают на здание более горизонтально, заливают вестибюль светом через большие вертикальные стены, выполненные исключительно из прозрачного стекла.

Благодаря вышеописанной оптике вестибюль стал ловушкой света (*light trap*), демонстрируя работникам и посетителям интересную, подвижную и меняющуюся картину на всём протяжении дня и года.

Вниз направленный искусственный свет, усиливающий впечатление от вестибюля

Ночью всё пространство вестибюля освещается прожекторами заливающего света (с различной оптикой и керамическими МГЛ мощностью 150 Вт с коррелированной цветовой температурой 3000 К и общим индексом цветопередачи 80), установленными снаружи над стеклянной крышей на металлическом трапе, предназначенном для проведения техобслуживания

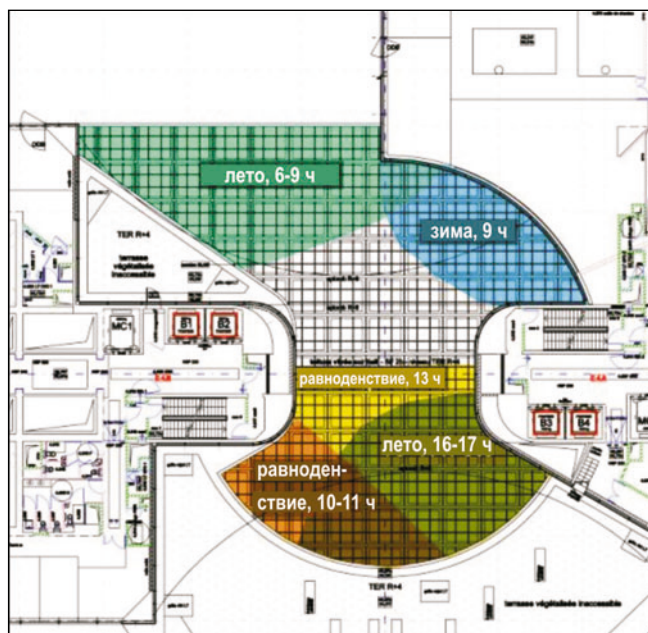


Рис. 3. Анализ результатов гелиодона на стеклянной крыше позволил определить положение стеклянных панелей

(рис. 5). Эта осветительная установка позволяет использовать металлическую решётчатую конструкцию в качестве массивного сценического решётчатого настила, скрывающего светильники от глаз. Лучи света падают в вестибюль по вертикали, освещая пол первого этажа, ведущие в подвал проёмы, лестницы и стены. Средняя освещённость вестибюля составляет 150 лк с дополнительной подсветкой

определённых участков или, при необходимости, целевых зон.

Цветные стеклянные панели играют активную роль в системе ночного освещения. Пучки света неупорядоченно падают на розовые или голубые прозрачные или просвечивающие панели и после прохождения сквозь стеклянную крышу окрашиваются в цвет панелей. Эти цвета смешиваются в пространстве, обеспечи-

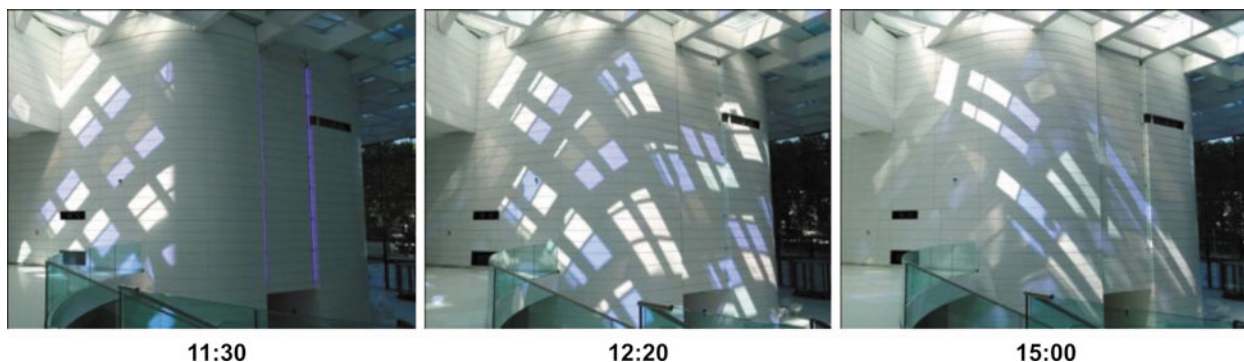


Рис. 4. Перемещение солнечных лучей по западной торцевой стене (03.09.2013)

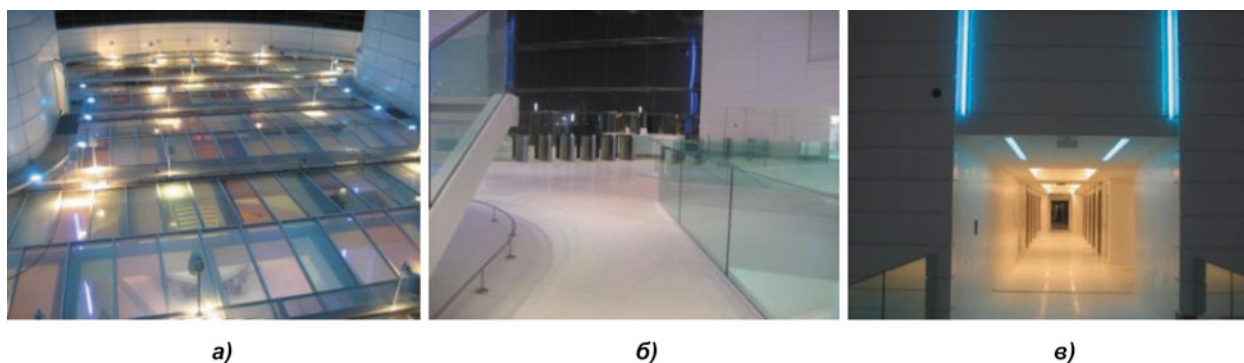
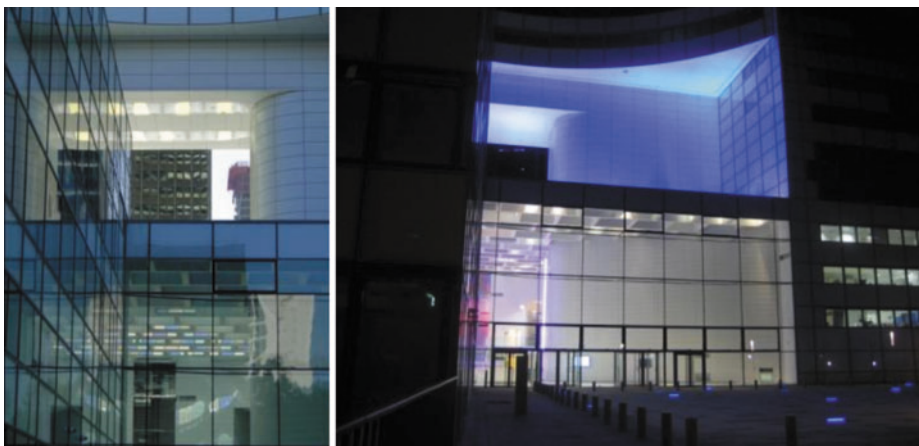


Рис. 5. Прожекторы заливающего света, установленные над стеклянной крышей, (а), пастельные тона на первом этаже (в вестибюле) (б) и цветные вертикальные линии в вестибюле и переходе (в)



а)

б)

Рис. 6. Дневной вид со стороны северной площади: солнечные лучи отражаются как золотые синими дихроичными панелями, расположенными под конструкцией порталного типа, (а), и соответствующий ночной вид, демонстрирующий освещённую конструкцию порталного типа над вестибюлем (б)

вая посетителям зрелище плавных изменений пастельных тонов.

В центре вестибюля две большие (высотой 8 м) вертикальные панели обрамлены двумя линиями светодиодов каждая. Эти четыре вертикальные линии окрашены в разные изменяющиеся дополнительные тона (от изумрудного до тёмно-синего на западной стороне и от бледно-оранжевого до красновато-розового на восточной). Прозрачная лифтовая шахта, ведущая к аудитории и бизнес-центру, также освещается цветными СД.

Красочная ночная картина с выделенной светом поддерживающей башню порталной конструкцией

Поддерживающая башню конструкция порталного типа, которая видна из вестибюля и с эспланад кварталов Курбеуа и Дефанс, представляет собой символическое зрелище. Сейчас у башни нет ранее имевшихся громоздких объёмов, и она легко опознаётся пешеходами, находящимися как вблизи, так и вдали от неё.

Ночной облик башни существенно отличается от дневного (рис. 6) благодаря акцентированию внимания на сформированном под башней открытом пространстве, что достигается направленной вверх динамичной синей подсветкой, которая выделяет нижнюю сторону конструкции, её боковые стены и выемки. Если смотреть из вестибюля или с площади перед зданием на это сформированное порталной конструкцией и оформлен-

ное окрашенным светом незаполненное пространство, то оно представляет собой таинственное и необычное зрелище. Благодаря прожекторам заливающего света с СД с изменяющейся цветностью излучения, расположенным на стенах над стеклянной крышей и на террасах, тональность цветного освещения очень медленно изменяется от тёмно-синей до сине-зелёной.



Роже Нарбони (Roger Narboni), светодизайнер. Директор Студии *Concerto*, основанной в 1987 г. Ввёл термин «художник по свету» (*concepteur lumier*). Считается мастером

городского освещения и является автором нескольких книг на эту тему. На его счету более 80 реализованных проектов освещения во всём мире, принесших ему престижные профессиональные премии и мировую известность. Преподаёт световой дизайн в специальных школах в Блуа и Версале



Виржини Николас (Virginie Nicolas), инженер-светотехник. Осуществляет, в Студии *Concerto*, общее руководство проектами архитектурного и внутреннего освещения и освещения общественных мест

Поздравляем с юбилеем!



Редакция и редколлегия журнала, коллеги, друзья и ученики

ПОЗДРАВЛЯЮТ

с 75-летием известного учёного-материаловеда и светотехника, доктора физико-математических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ и академика АЭН РФ, профессора-консультанта кафедры лазерной и световой техники Национального исследовательского Томского политехнического университета

Виктора Михайловича Лисицына

и желают ему крепкого здоровья, счастья и удачи в работе

Метод улучшения цветопередачи цифровых фото- и видеокамер

В.Л. ЖБАНОВА¹, В.В. НЮБИН

НИУ «МЭИ», филиал в г. Смоленске

Аннотация

Предложен программный метод улучшения цветопередачи изображения, получаемого цифровыми фото- и видеокамерами, основанный на разработке для каждого матричного фотоприёмника индивидуальной колориметрической системы. Это позволяет, при удачном выборе колориметрической системы, снижать цветовые искажения всего лишь изменением алгоритма работы микропроцессора камеры.

Ключевые слова: цветовой график, матричный фотоприёмник, колориметрическая система, цифровые фотокамеры, цифровые видеокамеры.

В настоящее время проблема качественной оцифровки цветных изображений полностью не решена ни на аппаратном, ни на программном уровнях [1, 2]. Суть предлагаемого метода – изменение алгоритма обработки информации без изменения спектральных характеристик светофильтров или системы цветodelения цифровых фото- и видеокамер.

Рассматривается влияние разработанных колориметрических систем (КС) $M_1 N_1 P_1$ и $M_2 N_2 P_2$ на цветопередачу четырёх матричных фотоприёмников (ФП) ведущих фирм – *Agilent, Sony, Kodak, Foveon X3* [3]. Спектральные характеристики этих ФП заметно отличаются друг от друга и от функций сложения какой-либо *RGB*-системы. В то же время считается, что сигналы всех ФП соответствуют именно *R, G* и *B*, что служит причиной цветовых искажений, аналогичных искажениям, характерным для цветных телевизионных передающих камер.

Основные цвета предлагаемых КС подбирались таким образом, чтобы максимально охватывать реальные цвета на цветовом графике МКО 1931. При этом КС $M_1 N_1 P_1$ содержит только реальные цвета, а $M_2 N_2 P_2$ –

все реальные и минимальное количество нереальных цветов. Соответствующий расчёт производился по известной методике [4, с. 236–247, 249–256]. На рис. 1 и 2 приведены кривые сложения КС $M_1 N_1 P_1$ и $M_2 N_2 P_2$ на фоне кривых КС *RGB* МКО 1931. $M_2 N_2$

P_2 в сравнении с системами $M_1 N_1 P_1$ и *RGB* не имеет отрицательных ветвей. По форме кривых сложения КС $M_2 N_2 P_2$ близка к КС *XYZ* МКО 1931.

В основу оценки качества цветопередачи матричных ФП положен анализ изменения цветности 14 образцов из атласа Манселла при использовании КС *RGB* МКО 1931, $M_1 N_1 P_1$ и $M_2 N_2 P_2$ по известному методу [4]:

$$\Delta E_{u',v'} = \sqrt{(u'_d - u'_{ct})^2 + (v'_d - v'_{ct})^2},$$

где (u'_d, v'_d) , (u'_{ct}, v'_{ct}) – действительные

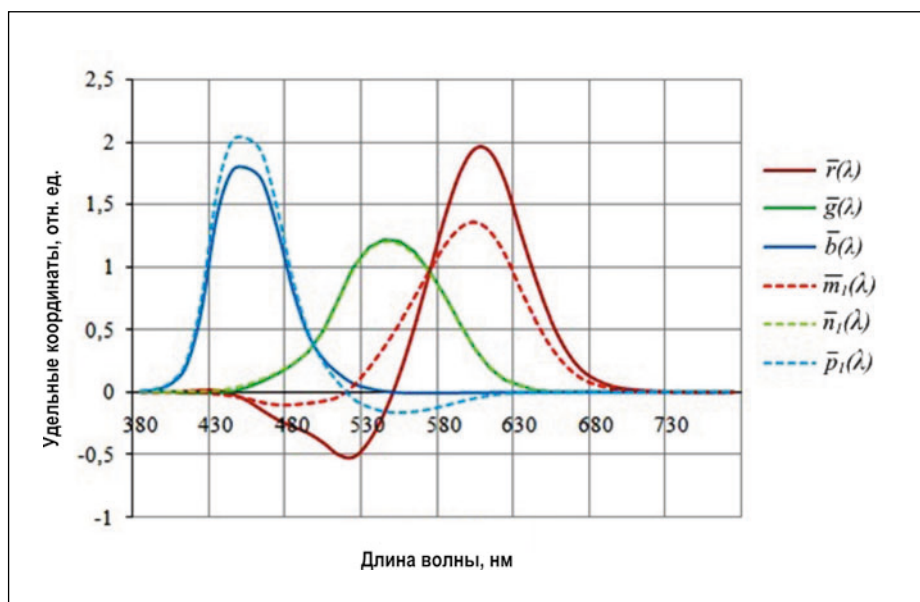


Рис. 1. Функции сложения колориметрических систем *RGB* ($\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$) и $M_1 N_1 P_1$ ($m_1(\lambda)$, $n_1(\lambda)$, $p_1(\lambda)$)

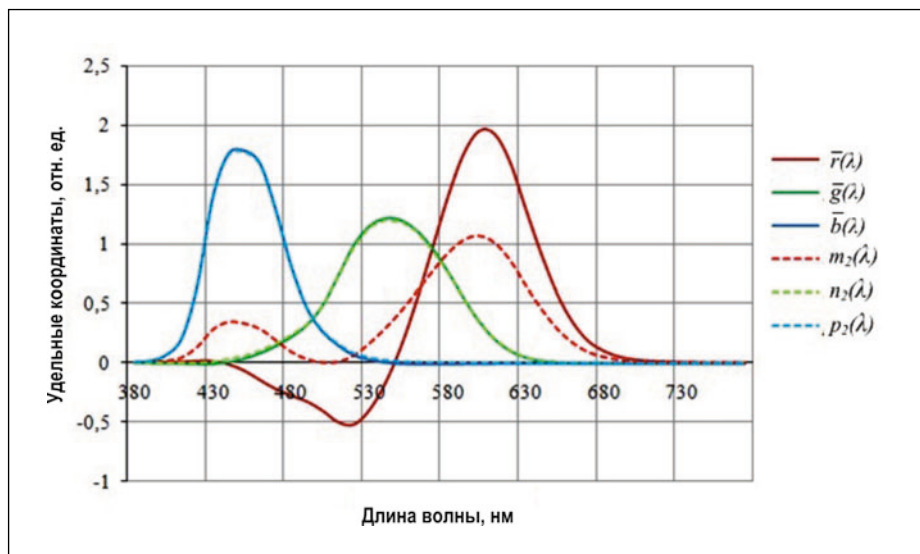


Рис. 2. Функции сложения колориметрических систем *RGB* ($\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$) и $M_2 N_2 P_2$ ($m_2(\lambda)$, $n_2(\lambda)$, $p_2(\lambda)$)

¹ E-mail: vera-zhbanova@yandex.ru

Изменение цветности для матричных фотоприёмников

Фирма-производитель	Колориметрическая система	$\overline{\Delta E_{u'v'}}$ по группам образцов		
		средней насыщенности, №№ 1–8	большой насыщенности, №№ 9–12	№№ 13 и 14
Agilent	RGB	0,026	0,049	0,019
	$M_1 N_1 P_1$	0,026	0,036	0,022
	$M_2 N_2 P_2$	0,026	0,032	0,018
Sony	RGB	0,015	0,030	0,008
	$M_1 N_1 P_1$	0,025	0,044	0,026
	$M_2 N_2 P_2$	0,026	0,059	0,015
Kodak	RGB	0,028	0,059	0,020
	$M_1 N_1 P_1$	0,027	0,044	0,022
	$M_2 N_2 P_2$	0,023	0,032	0,018
Foveon X3	RGB	0,060	0,158	0,045
	$M_1 N_1 P_1$	0,061	0,162	0,047
	$M_2 N_2 P_2$	0,066	0,182	0,050

тельные координаты цветности исследуемого матричного ФП и стандартные, рассчитанные по соответствующим выражениям, приведённым в пособии [4, с. 299].

Чем меньше изменение цветности у матричных ФП относительно стандартных цветов Манселла, тем лучше их цветопередача. В качестве источника света выбран стандартный излучатель с температурой 6500 К, как наиболее универсальный.

В таблице приведены расчётные усреднённые значения $\overline{\Delta E_{u'v'}}$ ($\Delta E_{u'v'}$) по группам образцов средней насыщенности – от № 1 до № 8, большей насыщенности – от № 9 до № 12 – и специальных: № 13 (кожа лица) и № 14 (листва).

Из таблицы видно, что при использовании КС $M_2 N_2 P_2$ для матричных ФП фирм Agilent и Kodak, получают меньшие изменения цветности, чем при использовании МКО RGB 1931 г. У матричных ФП обеих фирм на характеристике $r(\lambda)$ есть второй максимум, как и у кривой $m_2(\lambda)$, поэтому значение цветности ближе к истинному, т. е. функции сложения предложенной нами КС наиболее близки к спектральным характе-

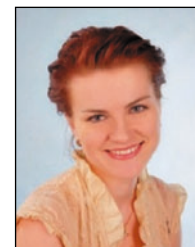
ристам этих матричных ФП. При применении обеих новых КС для ФП фирм Sony и Foveon X3 их цветопередача ухудшается в сравнении с применением КС RGB.

Полученные результаты показывают, насколько разными могут быть координаты цветности одного и того же образца в зависимости от выбора КС для матричного ФП. Поэтому применять универсальные КС (к примеру, *standardRGB* и *AdobeRGB*) для цифровых фото- и видеокамер нерационально. Необходимо разрабатывать индивидуальную КС под характеристики каждого матричного ФП, чтобы улучшать цветопередачу уже на первой стадии обработки цвета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милчев М. Цифровые фотоаппараты. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2004. – 249 с.
2. Домасев М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. – СПб: Питер, 2009. – 224 с.
3. Richard F. Lyon, Paul M. Hubel. Eyeing the Camera: into the Next Century // IS&T Reporter «The window on imaging». – 2002. – Vol. 17, No. 6. – P. 1–7.

4. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.



Жбанова Вера Леонидовна,
инженер. Окончила в 2011 г. Смоленский филиал МЭИ (ТУ).
Ассистент кафедры «Оптико-электронные системы» НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.
Аспирант МИИГАиК



Нюбин Владлен Васильевич,
кандидат техн. наук.
Доцент кафедры «Оптико-электронные системы» и её первый заведующий.
Специалист в области источников и приёмников излучения, пускорегулирующей аппаратуры, осветительной техники и др.
Скончался в августе 2013 г.

О технических данных светильников со светодиодами

Ниже предлагается для широкого обсуждения перечень основных технических данных светильников со светодиодами (ССД), которые обязаны, по мнению автора, предоставляться изготовителем по запросу покупателя (заказчика):

1	Изготовитель, страна
2	Тип (обозначение) светильника
3	- Протоколы испытательного центра, полученные по результатам проверки светотехнических данных ССД, дата выдачи протоколов. - Сертификат соответствия, выдаваемый специализированной испытательной организацией изготовителю по результатам проверки ССД на электробезопасность и огнестойкость, дата выдачи сертификата. - Сертификат соответствия, выдаваемый специализированной испытательной организацией изготовителю по результатам проверки ССД на электромагнитную совместимость, дата выдачи сертификата.
4	Соответствие нормативным требованиям (ГОСТ): - указанных в приложении к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования»; - указанных в приложении к техническому регламенту таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств». Соответствие требованиям других стран.
5	Назначение: - внутреннее освещение, среда помещения, в котором устанавливается светильник; - наружное освещение.
6	Срок службы, ч (лет), гарантийный срок, ч (лет).
7	Конструкция: - разборная, обеспечивающая доступ к элементам схемы и установку ССД без демонтажа светодиодного модуля (лампы); - неразборная, без доступа внутрь ССД. Способ установки. Дизайн.
8	Габариты светильника, мм. Размеры места в подвесном потолке для встраиваемого ССД, мм. Габариты выносного устройства управления (УУ) или ПРА, мм.
9	Материал корпуса. Масса, кг. Масса выносного УУ (ПРА), кг.
10	Номинальное напряжение сети, В. Допустимые отклонения напряжения сети от номинального.
11	Потребляемая активная мощность, Вт
12	Коэффициент мощности
13	Полная потребляемая мощность, ВА
14	Класс светораспределения
15	Тип кривой силы света
16	Коррелированная цветовая температура, К
17	Общий индекс цветопередачи (R_a)
18	Материал рассеивателя. Зона ограничения яркости и габаритная яркость светильника в этой зоне, кд/м ² . Защитный (условный защитный) угол светильника.
19	Световой поток, лм. Световая отдача, лм/Вт. Коэффициент световой отдачи, лм/Вт.
20	Спад светового потока ко времени его стабилизации, %
21	Коэффициент пульсации светового потока, %
22	Акустический шум

23	Возможность расчёта освещённости от ССД с использованием программы « <i>DIALux</i> » и (или) других компьютерных программ
24	Наличие в ССД датчиков освещённости, присутствия и голоса
25	Наличие защитной сетки и иной защиты от вандализма
26	Степень защиты (<i>IP</i>)
27	Маркировка по взрывозащите
28	Обозначение климатического исполнения и категории размещения светильника по ГОСТ 15150-69
29	Класс защиты от поражения электрическим током. Наличие винта заземления для ССД класса защиты I.
30	Возможности ввода групповой сети и подключения ССД к групповой сети без разборки корпуса светильника и демонтажа светодиодного модуля (лампы). Наличие клеммника для подключения светильника к групповой сети.
31	Схема питания: - с отдельным УУ (ПРА), установленным в или вне ССД; - с УУ (ПРА), интегрированным в печатную плату ССД.
32	УУ (ПРА): - изготовитель, страна; - организация, выдавшая сертификат соответствия, дата выдачи сертификата; - тип; - срок службы, ч; - технические данные, в том числе: потребляемая активная мощность, Вт; выходной ток, мА; пульсация выходного тока (от пика до пика), мА; напряжение, В; наличие стабилизатора напряжения и защиты от короткого замыкания, перегрузки и превышения нормируемой температуры; - коэффициент мощности; - возможность регулирования светового потока; - установка в или вне ССД; - способ электрического соединения выносного УУ (ПРА) с ССД; - степень защиты (<i>IP</i>); - класс защиты от поражения электрическим током; - гарантийный срок.
33	Светодиоды: - изготовитель, страна; - организация, выдавшая сертификат соответствия, дата выдачи сертификата; - тип; - количество в ССД; - срок службы, ч; - мощность, Вт; - световая отдача, лм/Вт; - коррелированная цветовая температура, К; - нормативный показатель МакАдама, определяющий цветовое различие между светодиодами в ССД; - наличие вторичной оптики; - гарантийный срок, ч.
34	Способ охлаждения, температура корпуса, наличие или отсутствие радиатора.
35	Рабочий диапазон температур окружающего воздуха, °С
36	Замену светодиодов, светодиодных модулей (ламп) и УУ (ПРА) в процессе эксплуатации выполняет: - эксплуатирующая организация; - специализированная организация. Заменяется ли изготовителем ССД после его повреждения в гарантийный срок.
37	Наличие в упаковке ССД паспорта на него, содержание паспорта
38	Рекомендуемая цена одного светильника, руб.

Комментарии по отдельным пунктам таблицы:

3. Изготовителю или заказчику целесообразно иметь заключение по результатам испытания светотехнических данных изделий в испытательных центрах, имеющих аттестат аккредитации на техническую компетентность и независимость.

К сожалению, многие изготовители получают подобное заключение от организаций (лабораторий), не выполняющих должную проверку необходимых светотехнических требований, обеспечивающих полноценную эксплуатацию изделий в ОУ.

Изготовитель должен получать от специализированных испытательных организаций сертификаты соответствия, выдаваемые по результатам проверки ССД на электробезопасность, огнестойкость. В них должна иметься отметка о выполнении требований Таможенного союза (см. п.4).

4. Выполняются:

– светотехнические испытания по ГОСТ Р 54350–2011 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний» и другим ГОСТ, указанным в приложении к техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования». (На светильниках, соответствующих требованиям ГОСТ Р 54350–2011, должен иметься специальный символ по п. 4 этого ГОСТ. Протоколы светотехнических испытаний передаются в специализированную организацию по проверке светильников на электробезопасность и огнестойкость.);

– испытания на электробезопасность и огнестойкость по ГОСТ Р МЭК 60598–1–2003 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний», ГОСТ Р МЭК 60598–2–22–99 «Светильники. Часть 2–22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения» и другим ГОСТ, указанным в приложении к вышеуказанному техническому регламенту Таможенного союза;

– испытания на электромагнитную совместимость по ГОСТ Р 51514–99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоустойчивость светового оборудования общего назначения. Методы и средства испытаний» и другим ГОСТ, указанным в приложении к техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

6. Целесообразно применять ССД с максимальным сроком службы. При проверке этого параметра необходимо сверять сроки службы УУ (ПРА) и светодиодов (пп. 32 и 33 таблицы). При этом ведущие изготовители чаще всего указывают срок службы светильников 3 года и, реже, 5 лет (при выполнении оговоренных требований).

12. Для светильников с выносным УУ (ПРА) коэффициент мощности должен быть не менее 0,9 (и фактически составляет 0,95–0,98). При сравнении ССД с «традиционными» светильниками целесообразно, с учётом коэффициента мощности, учитывать их полные мощности S .

17. R_a ССД для жилых и общественных зданий должен быть не менее 80.

18. Для выполнения требований, приведённых в таблице, следует руководствоваться ГОСТ Р 54350–2011.

19. В соответствии с п. 6.1.12 ГОСТ Р 54350–2011 коэффициент световой отдачи ССД должен быть не менее 60%.

20. Спад светового потока ССД по п. 9.2 ГОСТ Р 54350–2011 не должен превышать 15% ко времени его стабилизации. Этот показатель необходимо учитывать также при приобретении светодиодных ламп прямой замены, сравнивая световые потоки, указанные изготовителем, со световыми потоками соответствующих ламп накаливания.

21. Для схем с отдельным УУ (ПРА) коэффициент пульсации должен быть не выше 5%. ССД с интегрированными в печатную плату УУ

(ПРА) с высоким уровнем пульсации целесообразно применять для освещения объектов ЖКХ и вообще помещений с непостоянным пребыванием людей.

32. Срок службы УУ (ПРА) должен соответствовать сроку службы светодиодов (п. 33 таблицы). Следует отметить, что могут устанавливаться УУ (ПРА) и светодиоды со сроком службы 15–20 и 50 тыс. ч соответственно. Поэтому через 15–20 тыс. ч работы ОУ служба эксплуатации должна заменять УУ (ПРА) во всех установленных ССД. (Возможно, эта замена будет выполняться за пределами гарантийного срока светильников – 3 года – на средства покупателя (заказчика)). И желательно, чтобы при включённом ССД его УУ (ПРА) не было видно через рассеиватель.

33. Целесообразно применять ССД со сроком службы светодиодов порядка 50 тыс. ч.

35. Температурный режим работы ССД должен соответствовать требованиям по п. 9.3 ГОСТ Р 54350–2011.

В заключение:

– изготовители ССД и дилеры должны иметь чёткую информацию о них и отвечать покупателю (заказчику) на вопросы, указанные в вышеприведённой таблице;

– для ССД наружного освещения необходимо указывать дополнительные данные по ГОСТ Р 54350–2011;

– целесообразно разработать для изготовителей единую форму показа основных технических данных ССД в каталогах, а также в паспортах на них;

– целесообразно опубликовать данные о фирмах, выпускающих УУ (ПРА) с максимальным сроком службы, соответствующим сроку службы светодиодов;

– правильный выбор ССД – это гарантия работы ОУ.

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

За последнее время Петербург похорошел. И особенно он преображается по вечерам. Необыкновенно ярким и красивым делают его свыше двухсот тысяч светильников на улицах, в кварталах, парках и, конечно, архитектурно-художественное освещение (АХО) достопримечательностей. За всем этим стоит круглосуточная работа сотни людей: всех тех, кто трудится в СПб ГУП «Ленсвет», которому 19 сентября исполняется 80 лет.

Устав новой организации был утвержден на заседании Президиума Ленсовета в 1934 г. К этому времени в городе насчитывалось около 20000 светильников со средней мощностью по 184 Вт. По мере того, как город рос, расширялся и световое хозяйство. Сегодня СПб ГУП «Ленсвет» обслуживает 2470 объектов. Это почти 220000 светильников, горящих на улицах города, и 5200 км линий наружного освещения. От слаженной работы коллектива из 730 человек зависит не только внешний облик Северной столицы, но и комфорт, безопасность, а значит, и хорошее настроение жителей и гостей города. А руководит предприятием с 2006 г. Сергей Викторович Мителёв (рис. 1).

У предприятия сегодня много задач. Это и капитальный ремонт установок наружного освещения, и замена старых светильников на более современные, строительство новых объектов и ревизия существующих. Специалисты постоянно следят за новинками в сфере «света», прежде всего



Рис. 1

отечественного светотехнического рынка, стараясь приобретать оборудование лучших производителей, которое позволяет экономить энергию при высоких уровнях световой отдачи. В 2014 г. планируется строительство и реконструкция наружного освещения с применением более 5000 светильников со светодиодами. В перспективе, с 2015 до 2021 гг., в рамках утвержденных долгосрочных программ, планируется установить свыше 80000 таких светильников. Это составит примерно 50% от общего количества существующих светильников с натриевыми лампами ВД. Помимо этого СПб ГУП «Ленсвет» в наружном освещении Петербурга применяют стабилизаторы-регуляторы напряжения и ЭПРА.

В июне 50-летия своей деятельности отметила служба АХО предприятия. Со дня образования подразделения в сотню раз увеличилось количество светильников, предназначенных для АХО городских объектов. Сегодня вечерний облик есть у 400 объектов, против 157 в 2005 г. Суммарное количество светотехнического оборудования, задействованного для АХО, составляет свыше 70000 единиц.

Значимый для предприятия год проходит в канве памятных дат из истории наружного освещения. Предприятие поддерживает работоспособность фонарей, многие из которых созданы выдающимися зодчими для украшения памятников и мостов, и воссоздаёт более новые, их уже более тысячи. Каждая улица, в частности Кировная и Большая Конюшенная, приобретает свой индивидуальный облик. Так, совсем недавно по-новому предстали улицы Рубинштейна (рис. 2) и Марата. По итогам работ установлено 60 чугунных опор

оригинального дизайна, что привело к повышению освещённости улиц на 30%. Перспектива старейших улиц города с новыми фонарями располагает к прогулкам по ним горожан и гостей Петербурга. Возвращение фонарей на улицы позволяет отходить от подвесной сети в центре, размещаемой на исторических фасадах зданий.

Все виды деятельности СПб ГУП «Ленсвет» иллюстрирует проходящая в Петергофе фотовыставка «Преображение светом». А в сентябре СПб ГУП «Ленсвет» примет традиционное участие в организации красочного осеннего Праздника фонтанов в Петергофе, собирающего десятки тысяч зрителей.

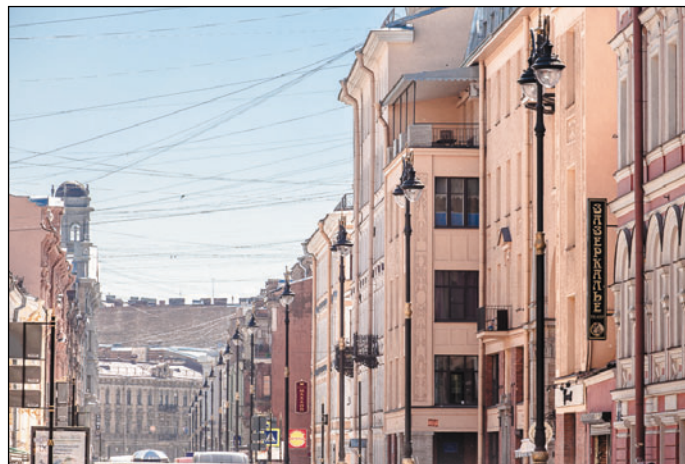


Рис. 2

За годы работы СПб ГУП «Ленсвет» удалось добиться значительных успехов и высокой оценки специалистов на общероссийских и международных конкурсах среди профильных организаций.

*С.В. Мителёв, инженер,
СПб ГУП «Ленсвет»*

От редакции

Редакция и редколлегия журнала поздравляют СПб ГУП «Ленсвет» со знаменательной датой и желают ему дальнейших творческих успехов в освещении одного из красивейших городов России и всего мира.

interlight

MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка

11–14 ноября 2014

ЦВК «Экспоцентр», Москва

- > Декоративное и техническое освещение
- > Электротехника
- > Автоматизация зданий

www.interlight.messefrankfurt.ru



messe frankfurt

ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим первым Партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР ЖУРНАЛА



Холдинг BL Group

БРИЛЛИАНТОВЫЕ



ПЛАТИНОВЫЕ



THORN
LIGHTING PEOPLE

ЗОЛОТЫЕ



ZUMTOBEL



СЕРЕБРЯНЫЕ



ИНСТИТУТ
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

БРОНЗОВЫЕ

ТОЧКА ОПОРЫ

