

СВЕТО 3·2018 ТЕХНИКА

2018

Поздравляем

*с победой нашего журнала
«Светотехника / Light & Engineering»
на конкурсе научно-технических
журналов всей страны,
проведённом Минобрнауки
в 2017 – 2018 годах!*

*В конкурсе принимали участие 2500 журналов, и после
проведения трёх туров конкурса наш журнал вошёл
в небольшую группу победителей*

Линейный светильник для контурной подсветки **GALAD КОНТУР LED**

LED 4 - 18Вт IP65



Предназначен для контурной подсветки, создания непрерывных световых линий на фасадах зданий, архитектурно-художественных объектах, мостах и эстакадах.

Инновационный профиль с интегрированной оптической системой выполнен из светостабилизированного поликарбоната с УФ защитой, который обеспечивает отличную световую отдачу и высокое качество цвета.



Светопрускающие боковые крышки позволяют создавать непрерывные световые линии



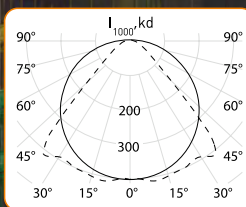
Кронштейн перемещается вдоль горизонтальных пазов на задней поверхности корпуса светильника



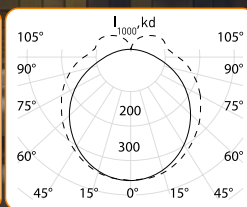
Разъемы с высокой степенью защиты IP 67 обеспечивают быстрое и надежное соединение



Комплектация белыми и цветными монохромными светодиодами, цветодинамика RGB (DMX)



Clear



Opal

Два типа корпусов

ОСВЕЩЕНИЕ ГОЛОВНОГО ОФИСА «Л'ЭТУАЛЬ»



«Л'Этуаль» - крупнейшая в России парфюмерно-косметическая сеть из более чем 900 магазинов. Для качественного управления такой организацией требуется современный офис, оборудованный по последнему слову техники, в котором работают квалифицированные сотрудники. Следовательно, необходима такая световая среда, которая обеспечит не только безошибочную и производительную работу персонала, но и окажет благотворное влияние на сотрудников. Именно поэтому было решено использовать линейные светодиодные светильники, объединенные системой управления освещением **«LiCS Indoor»** от компании **Vossloh-Schwabe**.

Система управления освещением **«LiCS Indoor»** осуществляет следующие функции:

- возможность индивидуального управления светильниками;
- возможность использования датчиков освещения;
- реализация различных сценариев (дневной, ночной, дежурный) и их автоматическое включение в зависимости от дня недели и времени суток;
- возможность беспроводного управления;
- централизованное управление освещением.

Освещение офиса реализовано с использованием линейных светодиодных светильников компании **«Смарт Лампс»**. В светильниках установлены блоки питания со стабилизацией тока и функцией регулирования светового потока по протоколу DALI. Светодиодные модули с оптикой серии **«LED Line SMD Kit»**, произведенные **Vossloh-Schwabe**, обеспечивают КСС косинусного типа.

Оптимальный подбор комплектующих светильников позволил получить высокую световую отдачу (до 150 лм/Вт), низкий UGR (объединенный показатель дискомфорта, менее 17), высокий индекс цветопередачи, стабильный световой поток без пульсаций.

Для освещения коридоров были использованы трековые светильники с изменяемым углом излучения компании **«Смарт Лампс»**. Источником света в данных светильниках являются высокоэффективные светодиодные модули COB монтажа серии **«LUGA Shop»**, а управляющими устройствами служат блоки питания производства **Vossloh-Schwabe**. Светодиодные COB модули смонтированы на керамической плате, что значительно снижает их деградацию и повышает срок службы при оптимальном теплоотводе.

В светильниках установлены комплектующие компании Vossloh-Schwabe. Блоки питания:

- тип ECXd 700.149;
- тип ECXe 800.254.

Источники света:

- серия «LEDlineSMDKit» (СИД модуль + оптика);
- серия «LUGA Shop» (COB модуль типа DMS120).

Производитель светильников:



Компания «Смарт Лампс» (ООО)

Ярославское ш., вл.3 | (495) 668-0670
info@smartlamps.ru | www.smartlamps.ru

О конкурсе научно-технических журналов

В начале 2017 года Министерство образования и науки РФ объявило всероссийский конкурс научно-технических журналов. Победители должны получить государственную финансовую поддержку на три года – с 2018 по 2020 гг.

Конкурс проводился в три тура, при этом после первого тура из 2500 изданий, участвующих в конкурсе, во второй тур должны были пройти 500 журналов. После второго тура оставалось всего 100 журналов, которые выходили в последний решающий третий тур.

Надо отметить, что в ходе проведения последнего тура конкурса оставшиеся 100 изданий дополнительно подверглись весьма строгой экспертизе, проведённой двумя специалистами, выделенными с этой целью организаторами конкурса.

Эксперты тщательно рассматривали представленные каждым журналом программы их развития на 2018 год с финансовым обоснованием каждого из пунктов представленных программ. Наш журнал был вынужден в целом ряде случаев не соглашаться с экспертизой и представлял дополнительное обоснование отдельных пунктов предложенной нами программы. Приятно отметить, что комиссия, рассматривавшая документы, представленные в третьем туре, в основном согласилась с нашими доводами. К сожалению, объём предполагаемого государственного финансирования на 2018 год был сокращён в три раза и составил всего 1 000 000 рублей (с учётом НДС – 847457.63 руб.).

Можно предположить, что одним из важных залогов нашего успеха явились следующие обстоятельства:

- предусмотренные полная переработка сайта на русском и английском языках и выход на автоматический режим его работы;

- основание 26 лет назад в Нью-Йорке англоязычной версии журнала «*Light and Engineering*», перевод его издания в Москву в 1999 году и превращение его за эти годы в международный журнал;

- признание Международной комиссией по освещению (МКО – CIE) нашего журнала как одного из трёх лучших в мире научно-технических светотехнических журналов, на протяжении многих лет напрямую сотрудничающих с международными наукометрическими агентствами *Web of Science* и *Scopus*.

Ни у одного журнала-конкурента такой истории с выходом на международную арену не было.

Представляется также, что важную роль в этом плане сыграло предусмотренное в нашей программе создание сети иностранных корреспондентских пунктов в таких странах, как Аргентина, Индия, Турция, Словения, а также Израиль, Иран, Южная Корея и Финляндия.

Но самое главное, по нашему мнению, это активная позиция нашего журнала, его роль в объединении специалистов, работающих в разных отраслях народного хозяйства в области освещения, проведение систематических дискуссий по важнейшим проблемам развития науки и техники, повышение научно-технического уровня в области светотехники сотен специалистов, не имеющих светотехнического образования, систематическое расширение авторского коллектива и помощь новым авторам в подготовке материалов для публикации.

Таким образом, в настоящее время журнал «Светотехника/*Light and Engineering*» входит в тройку лучших светотехнических журналов мира и группу лучших научно-технических журналов Российской Федерации.

Мы гордимся победой в таком крупномасштабном конкурсе. Однако впереди предстоит большая и трудная работа по реализации одобренной программы и сохранению за нашим любимым журналом передовых позиций.

Поздравляем всех светотехников страны с победой в конкурсе!

Ю.Б. Айзенберг
В.П. Будаков
Н.С. Шерри

Уважаемые читатели!



В.П. Будак

д.т.н., профессор
BudakVP@gmail.com

В этом номере я хочу посвятить свою колонку двум важнейшим событиям в светотехнике, которые произошли в апреле и в которых мне довелось принять участие: международной конференции «Свет в музее» (Санкт-Петербург) и конференции МКО «CIE2018 Smart lighting» (Тайбэй, Тайвань). О конференции «Свет в музее» будет дан подробный материал на страницах журнала, в колонке же остановлюсь на круглом столе «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях», где являлся модератором.

Главными темами, которые были вынесены для обсуждения на круглом столе являлись: необходимость общих международных нормативов на уровень освещённости и цветовой температуры; максимально допустимое значение освещённости; нужно ли подстраивать цветовую температуру световой среды в демонстрационном зале, усиливая эффект от работы; световые приборы и используемые источники света. Хочется отметить очень активный, заинтересованный ход обсуждения всех вопросов. Важно, что в рамках круглого стола объединились специалисты различного профиля – работники музеев и светотехники – что создало возможность обсуждения как требований к освещению музейных экспонатов, так и имеющуюся технику и приёмы освещения.

Участники отметили, что главный барьер в общении специалистов разных областей – отсутствие единого языка описания одних и тех же задач. В ходе дискуссий было высказано сомнение в необходимости единых норм по цветовой температуре и освещённости для всех произведений искусств. Следует различать освещение при постоянной экспозиции в музее и выставочное, которое является кратковременным, отчего значения освещённости могут быть и существенно выше. При музейной экспозиции главное не навредить – сохранить произведение от разрушающего действия света. Особо следует выделять освещение при реставрации музейных экспонатов. Абсолютно безопасная норма 50 лк, однако музей не должен быть депозитарием и только хранить произведения искусства, важно открывать доступ для широких слоёв. При этом нельзя подлин-

ники заменить демонстрациями современных мультимедийных копий.

Новую эпоху в освещении музеев открывают светодиоды, в которых отсутствует ИК- и УФ-области излучения, поэтому освещённость от них можно существенно повысить. Но не стоит отбрасывать со счетов опасности видимого спектра, хотя бы в виде теплового нагрева образцов. Однако при сравнении влияния на произведение искусства уровня освещённости и спектра излучения всегда более существенен спектр. Очень важно провести экспериментальные исследования по разрушению красок, холста, бумаги. Однако любое измерение остаётся разовым, поэтому наряду с измерениями важно создание теоретической модели взаимодействия излучения с произведением искусства, что требует объединения усилий специалистов различных направлений.

Представители региональных музеев заметили, что крупные столичные музеи имеют силы и средства на исследовательские работы по освещению, им же желательна норма. Музеям важен документ, ведь сейчас в России действуют явно уже устаревшие инструкции 1980-х годов.

Для нашего времени, насыщенного в повседневной жизни использованием различных гаджетов, имеющих повышенный уровень яркости, у посетителей возрастает запрос на большую освещённость, но не стоит идти у них на поводу: музеям следует воспитывать вкус восприятия живописи. Кроме уровня освещённости, важны методы освещения, дизайн освещения. Общее мнение участников дискуссии, что необходимо выработать единую программу, привлечь специалистов разных профилей, обратиться в комитет по культуре Думы и Совета Федерации.

О порядке проведения конференций «Свет в музее» участники круглого стола высказались за периодичность раз в два года, правильное сочетание пленарных и секционных заседаний, круглых столов. Очень желательны выставки оборудования в рамках конференции, знакомство с новым оборудованием и обучение его использованию в освещении музейных экспонатов.

Главное в конференции МКО в Тайбэе – развитие светотехники, связанное с широким распространением светодиодов в качестве основных источников света. Значительная часть представленных исследований связана с визуальным восприятием освещения и соответствующим психофизическим экспериментам оценки качества новых систем освещения. Хочется отметить тщательность всех проведенных исследований, однако замечу, что

в целом их уровень несколько ниже соответствующих работ, проводимых в нашей стране. Очень важно достоинства не растерять, а лучше приумножить. Очень интересными были доклады по экспериментальной проверке и развитию моделей цветового восприятия (CAM, color appearance model). CAM в настоящее время получили очень широкое распространение в научных исследованиях и при решении прикладных задач в области светотехники после их рекомендации МКО в 2002 году. В исследованиях светильников особое внимание уделялось созданию светильников с произвольной, настраиваемой цветностью.

На конференции отмечено, что сегодня органический светодиод (OLED) ожидается как одно из главных устройств освещения следующего поколения. Поскольку OLED представляет собой панельное осветительное устройство, то неравномерность OLED легко обнаруживается по сравнению с обычными точечными или линейными излучающими устройствами. Соответственно однородность яркости и равномерность по цвету являются важными функциями таких панелей, которые необходимо должным образом оценить как их важные эксплуатационные характеристики.

Пленарные доклады конференции были посвящены уличному освещению светодиодными светильниками на примере освещения улиц города Лос-Анджелес. Прежде всего, была подчеркнута значительная энергоэффективность от внедрения светодиодов. При замене источников везде стремились сохранить внешний вид светильников. По всему городу установлены датчики освещённости, что позволяет проводить дистанционное зондирование освещения и оперативного реагирования на недостатки. Этой же цели служат приложения для мобильных телефонов, позволяющие определить недостатки в освещении конкретных улиц и сразу сообщить о них в мэрию. Лос-Анджелес сильно вытянут вдоль побережья Тихого океана, существует множество труднодоступных для подводки питания мест. Это определило широкое использование в его освещении автономных светильников с солнечными батареями и аккумуляторами. Во втором пленарном докладе были очень подробно рассмотрены интеллектуальные системы освещения на основе современных светодиодов.

Отмечу, что в рамках конференции проводилась большая выставка современного светотехнического оборудования и были организованы многочисленные курсы по новейшим технологиям: спектральные настраиваемые системы освещения для визуальных и не визуальных исследований и приложений; здоровое освещение и вредные воздействия оптического излучения; современная и перспективные техники освещения дорог. Это было очень важным и существенным дополнением конференции.

УЧРЕДИТЕЛИ:

- Академия электротехнических наук РФ
- Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт (ВНИСИ)
- Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Шеф-редактор

Ю.Б. Айзенберг, д.т.н., проф., академик АЭН РФ

Главный редактор

В.П. Будак, д.т.н., проф.;

BudakVP@gmail.com

Зам. главного редактора и научный редактор

редактор англоязычной версии

Р.И. Столяревская, д.т.н.;

lights-nr@inbox.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Г.В. Боос, председатель редакционной коллегии, к.т.н., НИУ «МЭИ», Москва

С.Г. Ашурков, к.т.н., Москва

Л. Бедокс (*Lou Bedocs*), *Thorn Lighting Limited*, Великобритания

Т. Берген (*Tony Bergen*), Технический директор *Photometric Solutions International*, Австралия

Л. Билунд (*Lars Bylund*), *Bergen's School of architecture*, Норвегия

П.Р. Бойс (*Peter R. Boyce*), *Lighting Research Center*, США

В. ван Боммель (*Wout van Bommel*), *Philips Lighting*, Нидерланды

А.А. Богданов, к.т.н., ОАО «ИНТЕР РАО Светодиодные Системы», С.-Петербург

Н.В. Быстрянцева, к. арх., Университет ИТМО, С.-Петербург

Л.П. Варфоломеев, к.т.н., Москва

Н. Василев (*Nicolay Vasilev*), *Sofia Technical University*, Болгария

Д. Вейтч (*Jennifer Veitch*), *National Research Council of Canada*, Канада

А.А. Григорьев, д.т.н., НИУ «МЭИ», Москва

С. Дарула (*Stanislav Darula*), *Academy Institute of Construction and Architecture*, Словакия

П. Дехофф (*Peter Dehoff*), *Zumtobel Lighting*, Австрия

У. Джулиан (*Warren G. Julian*), *University of Sydney*, Австралия

О.Е. Железникова, к.т.н., МГУ им.

Н.П. Огарёва, Саранск

П.П. Зак, д.б.н., проф., ИБХФ РАН,

Москва

А.А. Коробко к.т.н., БЛ Групп, Москва

Э. Миллс (*Evan Mills*), *Lawrence Berkeley Laboratory*, США

Л.Г. Новаковский, к.т.н., ООО «Фарос-Алеф»

Й. Оно (*Yoshi Ohno*), *NIST Fellow*,

(Президент МКО в 2015–2019 гг.), США

А.Т. Овчаров, д.т.н., проф., ТГАСУ, Томск

Л.Б. Прикупец, к.т.н., ВНИСИ им.

С.И. Вавилова, Москва

В.М. Пятигорский, к.т.н., ВНИСИ

им. С.И. Вавилова, Москва

Л.Р. Ронки (*Lucia R. Ronchi*), *Higher School of Specialization for Optics*,

University of Florence, Италия

А.К. Соловьёв, д.т.н., проф., НИУ «МГСУ», Москва

К.А. Томский, д.т.н., проф., СПбГИКИТ, С.-Петербург

Ф. Хенгстбергер (*Franz Hengstberger*), *National Metrology Institute*, ЮАР

А.Г. Шахпарунияц, к.т.н., генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Н.И. Щепетков, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

Научный редактор

С.Г. Ашурков; svetlo-nr@yandex.ru

Выпускающий редактор

П.А. Федорищев; fedorishchev@gmail.com

Зав. редакцией

М.И. Титаренко; zav.red@list.ru

Стилист английской версии

М.Д. Виноградова

Секретарь редакции

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

Дизайнер-верстальщик

А.М. Богданов

Контент-менеджер

Е.С. Серый

ИНОСТРАННЫЕ КОРРЕСПОНДЕНТЫ**Аргентина**

Пабло Икстайна (*Pablo R. Ixtaina*),

Национальный технологический

университет Ла-Платы;

Франция

Георг Циссис (*Georges Zissis*),

университет Тулузы;

Индия

Сасвати Мазумдар (*Saswati Mazumdar*),

университет Джадавпур;

Словения

Грега Бизяк (*Grega Bizjak*), Люблянский

университет;

Турция

– Тугсе Казанасмаз (*Tugce Kazanasmaz*),

Измирский технологический институт;

– Эрдал Шехирли (*Erdal Sehirli*),

университет Кастамону;

– Ренгин Юнвер (*Rengin Unver*),

Технический университет Йылдыз

(Стамбул)

АДРЕС РЕДАКЦИИ

129626, Москва, проспект Мира, 106, ВНИСИ, оф. 327

Тел. 7(495)682–26–54; 7(499)706–80–65

Тел./факс: 7(495)682–58–46

E-mail: journal.svetotekhnika@mail.ru

Интернет: www.sveto-tekhnika.ru

Электронная версия журнала: www.elibrary.ru

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 07.05.18. Подписано в печать 05.06.18

Формат 60x88 1/8. Печ.л. 10,00. Тираж 1200

Отпечатано в типографии ООО «Группа Компаний Море»

101898, Москва, Хохловский пер., д. 9

СОДЕРЖАНИЕ 3·2018

В НОМЕРЕ

МАЙ • ИЮНЬ

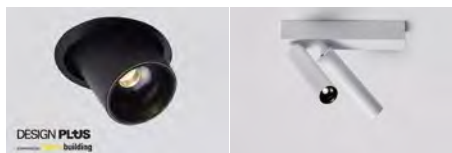
Бизнес и инновации 16, 31, 37, 42, 59, 67, 82	Серый Е.С. Светодиодное решение для Хорошевецкой гимназии 68
О конкурсе научно-технических изданий..... 2	ДИСКУССИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ СВЕТОВОГО ДИЗАЙНА
Колонка главного редактора..... 3	Сизый С.Н. Современное состояние и перспективы развития светодизайна 72
Обзор материалов выставки « <i>light + building</i> » 2018 года 6	Макаров Д.Н. Световой дизайн. Современное состояние 78
Айзенберг Ю.Б., Будак В.П. Наука «СВЕТОТЕХНИКА» – её область применения и теоретические основы..... 8	РАБОТА ОТРАСЛЕВОГО НТС
Сибриков А.В., Киричок А.И. Состояние и перспективы развития систем управления осветительными установками наружного освещения 10	Снетков В.Ю. Заседание НТС светотехнической отрасли в Санкт-Петербурге 83, 91
Назаров Ю.В., Корнилова А.А., Тюрин С.М. Световое оформление города как художественная интерпретация архитектурной основы (на примере Астаны)..... 17	ИСТОРИЯ СВЕТОТЕХНИКИ
Карли Н., Сперлинг А., Бизяк Г. Методы оптимизации синтеза спектров настраиваемых многоцветных источников света 24	Майзенберг С.И. Создание комплексов электросветосигнального оборудования для гражданских и специальных аэродромов в 1972–1989 годах..... 84
Соловьёв А.К., Стецкий С.В., Муравьёва Н.А. Комфортная световая среда при естественном и совмещённом освещении. Определение её характеристик методом субъективных экспертных оценок 32	ХРОНИКА
Широких Т.В., Иванов В.Е. Измерение цвета бриллиантов..... 38	Сибрикова И.А., Серый Е.С. Свет в музее: сохранить и осветить!..... 92
Щербаков А.С., Фролов В.А. Матричные преобразования для эффективной реализации алгоритма излучательности на графических процессорах..... 43	Программа круглого стола по освещению для учебных заведений 17 апреля 2018 г. 12.30–15.00 95
Туркина А.Ю., Новикова И.А., Туркин А.Н., Шелеметьева Г.Н. Освещение операционного поля в стоматологии..... 50	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
Майоров А.М., Майоров М.И. Импульсные зажигающие устройства с новыми схемотехническими решениями..... 56	Светотехнические выставки и конференции. III квартал 2018 г. 37
Чакрабурти С., Баруа П., Бхаттачарджи С., Мазумдар С. Энергоэффективное проектирование установок дорожного освещения на основе классификации индийских дорог по освещению..... 60	ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
	Освещение офиса с применением комплектующих компании <i>Vossloh-Schwabe</i> 1
	«Живи светло!» Полный цикл светотехнических работ от компании МСК «БЛ Групп»..... 48
	Линейный светильник для контурной подсветки « <i>GALAD КОНТУР LED</i> » 2 с. обл.
	Современное предприятие полного цикла по выпуску опор наружного освещения, кронштейнов и металлоконструкций 3 с. обл.
	Блоки питания « <i>ComfortLine Industry</i> » для производственного освещения 4 с. обл.

Обзор материалов выставки «light+ building» 2018 года

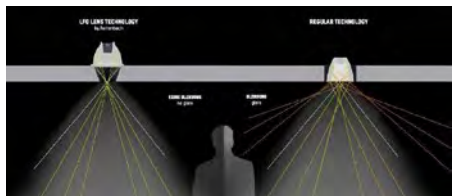
■ Творить, опираясь на лучшие традиции и используя инновационные технологии, создавать авторские пространства, наделять их особой атмосферой и делать максимально безопасными и комфортными – всё это сегодня помогает решать современные световые технологии. Поэтому экспонаты выставки уделили большое внимание вопросам доступности новейших высоких технологий и безопасности.

Вот только три соответствующих примера экспонатов «LB2018» (по материалам выставки):

а) Универсальные светильники для комфортного освещения



Серия универсальных светильников «Trigga Semirecessed» австрийской компании Molto Luce получила премию на международном конкурсе «Design Plus» (на выставке «light+ building» 2018).



Она разработана на базе передовой технологии «LFO lens technology» компании Bartenbach, позволяющей сужать выходное отверстие светильника до абсолютного минимума в 10 мм (для видимого излучения). Это полностью исключает слепящее действие светильника и значительно повышает зрительный комфорт.

Благодаря специально разработанному шарнирному креплению светильники «Trigga Semirecessed» можно направлять и адаптировать для решения любых осветительных задач, причём с выбором двух углов излучения: 30 или 55°.

Доступны следующие варианты светильников: одинарный и двоярный; подвесной; встраиваемый; системный (для осветительных систем «Log In», «Log Out» и «Riding» компании Molto Luce).

б) Прожектор со светодиодами для обеспечения дополнительных мер безопасности



Прожекторы новой серии «theLeda S» компании Theben, со светодиодным модулем и встроенным датчиком движения, пригодны для наружных применений (IP55) и имеют очень низкую мощность в режиме ожидания: 0,4 Вт. Благодаря их оптимизированному охлаждению встро-

енным алюминиевым радиатором срок службы светодиодов доходит до 50000 ч. Световой поток прожекторов может регулироваться (диммироваться).

Устанавливаемый на высоте 2,5 м датчик движения имеет дальность обнаружения 10 м и угол обнаружения 180°.

Прожекторы могут поворачиваться на $\pm 40^\circ$ по горизонтали и наклоняться вниз на 70° , что позволяет энергоэффективно освещать патио, входные зоны, крытые автостоянки и т.п.

Прожекторы «theLeda S» также идеальны для фасадного освещения.

Для получения эффекта «волвошинг» светодиодный модуль, перед установкой прожектора, разворачивают в сторону стены.

Компания Theben предлагает также 4 других прожектора этой серии без датчиков движения.

■ Свет подчинён человеку и служит для его комфорта. От яркости, цветовой температуры и других показателей зависит не только психоэмоциональное, но и физическое здоровье пользователя. Поэтому в рамках движения «Human centric lighting» («Освещение, ориентированное на человека») всячески приветствуется использование динамического освещения, подстраивающего свет в помещении под биологические циклы человека.

Соответствующие два примера (по материалам выставки):

а) Отражённый биодинамический свет



Встраиваемые и накладные квадратные светильники со светодиодами серии «INDOO.fit» компании Waldmann создают атмосферное освещение¹ своим отражённым светом. В зависимости от способа установки они усиливают этим светом яркость потолков и стен с помощью специально разработанной оптики, установленной в смещённом положении и создающей эффект освещённой сзади квадратной «дольки» потолка. В результате помещение освещается сверху на большой площади, что повышает зрительный и пространственный комфорт. Это делает «INDOO.fit» идеальными для освещения рабочих мест с компьютерными мониторами и установки в классических решётчатых (квадратных) потолочных элементах.

Светильники «INDOO.fit» также имитируют динамику естественного света, что помогает повы-

¹ Атмосферное освещение (atmospheric lighting) – освещение, несущее сугубо декоративную функцию, или играющее роль дополнения к заданному стилю интерьера.

шать благосостояние и производительность, а также приводит сценарий освещения в соответствие с биологическими часами. Снабжённые регулирующим устройством «PULSE VTL» светильники обеспечивают биологически приемлемый свет весь день, начиная с подбоя яркого естественного света утра и кончая тёплым белым светом атмосферы вечернего уюта.

б) Революция в офисе



Компания Trilux революционизирует офисное освещение новыми светильниками серии «Bicult LED». В то время, как часть света прибора, идущая вверх, отражённо (без ослепления) освещает всё офисное помещение его прямой свет идеально освещает рабочий стол – комбинация, создающая идеальные условия для офисной работы.

Уровень освещения может регулироваться самим пользователем с помощью некоторого программного средства.

В больших офисных помещениях с несколькими рабочими местами индивидуальные светильники «Bicult LED» (в исполнении «Smart Connect») могут просто связываться между собой и комбинироваться в группы. Когда датчик в светильнике обнаруживает чьё-то присутствие, уровень отражённого компонента света каждого из сгруппированных светильников автоматически подбирается и устанавливается таким, что гарантируется оптимальный уровень общего освещения всех точек помещения в любое время.

Кроме того, в памяти любого светильника «Bicult LED» хранится график циркадного цикла, что автоматически подгоняет цветовые характеристики света светильников под цветовые характеристики естественного света.

Серия офисных светильников «Bicult LED» получила премию на международном конкурсе «Design Plus» (на выставке «light+ building» 2018).

■ На «LB2018» «утвердилась» революция светодиодов². Пользователи окончательно приняли светодиод как источник света; и на выставке присутствовало множество миниатюрных светильников, созданных специально на светодиодных источниках. И все эти светильники – полноценная замена тем, что производились два-три года назад. При этом для создания таких светильников разрабатывается и во многом уже разработана инновационная вторичная оптика.

Соответствующий пример (по материалам выставки):

Новая оптическая система изменит индустрию освещения



² В отличие от органических светодиодов, которые так и не получили достаточного распространения.

«*Nanoptics*» – торговая марка новой оптической системы, разработанной чешской компанией *IQ Structures*. Свойства её полностью отличаются от хорошо знакомых – она плоская, лёгкая, небольшая, точная и легко адаптируемая к специфическим потребностям.

Разработана также система «*COB Nanoptics*», являющаяся комбинацией «*Nanoptics*» с *COB* светодиодным модулем, получившая премию на международном конкурсе «*Design Plus*» (на выставке «*light + building*» 2018).

Вероятно, наибольшее инновационное значение «*Nanoptics*» – повышение миниатюризации оптики. Так, например, оказалось возможным уместить 1000 и даже больше крошечных нанолинз на площади как у классической линзы диаметром 1 см. При этом «все световые лучи» управляемы и могут точно направляться куда требуется.

Нанолинзы производятся методами специальной печати, в 100 раз более быстрыми, чем литьевое прессование в производстве классической оптики.

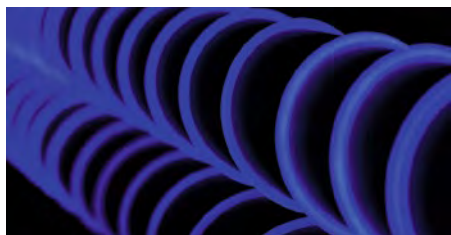
Данное новшество играет важную роль во всех применениях с использованием светодиодных и лазерных источников света, особенно во внутреннем и наружном освещении, в умных фарах и задних фонарях, в оптических радарах и разных типах датчиков.

При этом «*Nanoptics*» обеспечивает однородное освещение поверхностей или объектов и предлагает беспрецедентные возможности по характеристикам пространственного светораспределения.

- Светотехническое применение волоконной оптики переживает второе рождение в связи с использованием светодиодов. Оптоволокно достаточно давно используется в освещении (и даже в светодизайне одежды), но в этом году, кажется, оно получило новый «прикладной» импульс.

Соответствующий пример (по материалам выставки):

Инновационные волоконные световоды с боковым свечением



Компания *Mentor* расширяет свою деятельность в сторону светотехнических решений по индивидуальному заказу с использованием волоконно-оптической системы с боковым свечением. В зависимости от применения волоконные световоды активируются на всю длину или только частично. Эти световоды тонки, гибки и однородно ярки даже при изгибах малого радиуса, а также не имеют видимых изменений цветовых характеристик в пределах угла излучения в 360°.

Возможно применение таких систем в полихромном декоративном освещении, световых линиях и светодинамическом освещении. При этом они отлично сочетаются с моно- и полихроматическими светодиодными модулями.

В дополнение к высокой гибкости и отличному качеству света, эти системы обладают низ-

кой начальной стоимостью и быстротой пригонки по месту.

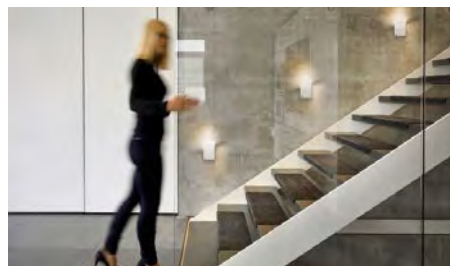
- Освободить интерьер от проводов и проводки позволяют новые технологические решения: на выставке присутствовало несколько беспроводных светильников с возможностью работы более 100 ч без подзарядки, благодаря энергоэффективным светодиодам и инновационным батареям.

Соответствующий пример (по материалам выставки):

Беспроводной настенный светильник с аккумуляторной батареей



Своим мягким, прямым и отражённым светом светильники «*Winglet CL*» компании *Nimbus Group* создают атмосферное освещение в любой окружающей обстановке.



Благодаря встроенному аккумулятору они могут использоваться в необычных местах без соответствующего кабелирования, но главным образом вблизи полов жилых помещений и коридоров и около лестничных маршей.

Снабжённые датчиком естественного света и присутствия эти светильники предлагают высокую степень удобств. Кроме того, разные типы светильников могут индивидуально приспособляться к нуждам пользователя.

В создание светильников заложен принцип ролевого интеллекта. При их включении они в пределах своих групп беспроводно сообщаются друг с другом, одновременно продолжая светить или снижать свой световой поток до одинакового уровня.

Светильники имеют необычный изгиб формы, не свойственный обычным светильникам.

- Дизайн фасадных светильников старается максимально имитировать под отделку и пластику здания, поэтому большинство новых моделей экстерьерных светильников имеют «геометризованные» формы и нейтральную цветовую гамму (чёрный, серый, белый).

Соответствующий пример (по материалам выставки):

Небольшие, но мощные фасадные светильники



«*Walky*» – новая серия накладных и встраиваемых фасадных светильников компании *iGuzzini*. Эти небольшие осветительные приборы имеют разные размеры и форму (круглую, квадратную или прямоугольную). Наименьший

круглый вариант имеет диаметр 50 мм, а наименьший прямоугольный – размеры 180 × 45 мм.

Для получения высокого светового потока при столь скромных размерах *iGuzzini* снабдила светильники новой оптикой, реализующей освещение грунта плотную к стене так, что между освещённой пешеходной дорожкой и зданием нет теней.

Доступен вариант светильника «*Walky*» и для аварийного освещения.

Используются ЛЛ (7–18 Вт) или светодиоды (1–7 Вт). Степень защиты оболочки светильников – *IP66*. Цвет – серый или чёрный.

Светильники «*Walky*» получили премию на международном конкурсе «*Design Plus*» (на выставке «*light + building*» 2018).

- Новые технологии позволяют экспериментировать с формами и создавать арт-объекты, украшающие и освещающие интерьер. Поэтому в моду входят светильники с яркой цветовой палитрой, делающей их декоративными акцентами в интерьерной композиции. При этом всё большее внимание завоёвывают каскадные решения со множеством светильников, что позволяет создавать необычные интерьерные световые композиции.

Соответствующий пример (по материалам выставки):

Колоритные «стеклолуны»



Новые подвесные светильники «*Glass Moons 7*» компании *Licht im Raum* состоят из 7 индивидуально подвешенных стеклянных шаровидных



светильников диаметром 160 мм каждый. Эти светильники, каскадно висящие под общим навесом, создают попури цветов – зеленого лесного, бриллианто-жёлтого, серо-стального, вишнёво-красного и кобальто-синего.

Стеклянные шары имеют ассиметричные верхнее и нижнее отверстия и могут устанавливаться под любым углом.

Динамичность характера конструкции в сочетании с «прозрачными» цветами создаёт превосходное атмосферное освещение. При этом декоративный эффект не менее заметен даже при общем естественном освещении.



С.Г. Ашурков,
к.т.н., научный редактор журнала
«Светотехника»

Наука «СВЕТОТЕХНИКА» – её область применения и теоретические основы

Ю.Б. АЙЗЕНБЕРГ^{1, 2}, В.П. БУДАК²

¹ ООО «ВНИСИ», Москва; ² ООО «Редакция журнала «Светотехника», Москва
E-mail: julian.aizenberg@mail.ru, budakvp@gmail.com

Аннотация

В статье впервые вынесены на обсуждение две важнейшие проблемы:

1) проблема расширения толкования понятия «светотехника» с охватом не только области освещения, что стало сегодня международно общепринятым. Предлагаемое авторами расширенное понятие «светотехника» включает в себя все области применения оптического излучения (света): освещение, облучение, светотерапия, световая сигнализация, световая локация, световой дизайн и др.;

2) проблема развития теоретических основ «Светотехники». В краткой форме даны различия трёх существующих теорий о свете. Первая – квантовая теория, объясняющая все известные световые явления. Вторая – волновая теория, базирующаяся на положении о том, что свет распространяется волнообразным образом. Третья теория – лучевая, фотометрическая, базирующаяся на основах теории светового поля, которая является самой распространённой и простой для практических расчётов и моделирования.

Ключевые слова: освещение, облучение светом, светотерапия, световая локация, энергетика, световой дизайн, теория распространения света, квантовая, волновая, лучевая или фотометрическая

Становление и развитие прикладной науки «светотехника» происходило одновременно с началом внедрения и развития электрического освещения, составлявшего важнейшую часть второй индустриальной революции, ознаменовавшей переход от энергии пара к энергии электричества. С позиций сегодняшнего дня трудно переоценить внедрение в нашу жизнь электрического освещения – мы перестали зависеть от времени суток и смогли создавать комфортные условия для работы, учёбы и отдыха в любое время. Думается, не будет преувеличением сказать, что электрическое освещение во мно-

гом определило весь огромный научно-технический прогресс в XX веке.

Общим всемирно распространённым представлением о науке «светотехника» является представление о той достаточно важной, хотя и весьма узкой отрасли, исследующей все вопросы генерирования оптического излучения (света), его перераспределения в пространстве и применения, в основном, для освещения с целью создания зрительного образа, незрительного воздействия на человека и живые организмы, создания облучательных установок для растений, светотерапии и световой сигнализации.

Такое представление закреплёно в абсолютном большинстве документов, книг, журналов, существующих в настоящее время, в паспорте специальности «Светотехника» (05.09.07 ВАК РФ), в программах подготовки инженеров-светотехников всех вузов страны.

Посмотрите как называется международное научное объединение в нашей области – CIE, т.е. *Commite Internationale de Eclairage* (Международная комиссия по освещению, МКО). А вот как называются все наиболее авторитетные светотехнические журналы мира: «*Lighting Design + Application*» (США), «*Journal of Lighting*» (Великобритания), «*Lighting Research and Development*» (Великобритания), «*Lux*» (Франция), «*Beleuchtung*» (Германия), «*Svetlo*» (Чехия)

Но ведь «*Lighting*» означает освещение, так же, как и «*Beleuchtung*». Только такие журналы, как «*Leucos*» (США), «*Licht*» (Германия), «*Lux*» (Франция) и «*Light & Engineering*» (Россия) носят наиболее общие названия. Первые два из них также в качестве главенствующей рассматривают проблему освещения.

И это далеко не случайно. Столь большой значимости освещения для существования и развития человечества имеют крайне мало отраслей науки и техники. На освещение расхо-

дётся от 10 до 25 % от всей вырабатываемой в разных странах и городах электроэнергии. Без него невозможна культурная жизнь, производство и отдых людей, невозможно освоение мирового океана и космоса.

Однако внедрение в нашу жизнь электрического освещения потребовало развития методов расчёта СП, ОУ, методов измерения их характеристик, определения норм освещения для выполнения той или иной деятельности. Для этого была создана теоретическая модель света. Она опиралась на предшествующие достижения астрономической фотометрии [1, 2]. Фотометрия (др.-греч. *φῶς*, родительный падеж *φωτός* – свет и *μετρέω* – измеряю) – общая для всех разделов прикладной оптики научная дисциплина, на основании которой производятся количественные измерения энергетических характеристик поля излучения. А.А. Гершун заметил: «Слово «измерение» толкуется также в широком смысле этого слова, не сводя его к технике эксперимента, а понимая под этим всю совокупность теоретических и экспериментальных вопросов, связанных с количественным сравнением» [3]. Фотометрия Бугера-Ламберта основывалась на представлениях Кеплера о свете как совокупности лучей [4], поэтому эта модель получила название фотометрической или лучевой. Своё завершение модель получила в работах А.А. Гершуна в виде теории светового поля – области пространства, изучаемой с точки зрения происходящего в ней переноса лучистой энергии [3].

Развитие теории светового поля происходило одновременно с развитием электромагнитной (волновой) теории света, а позднее – квантовой электродинамики. Связь теории светового поля с волновой и квантовой природой света долгое время оставалась невыясненной, что определяло в физике отношение к ней как к сугубо приближённой, инженерной, прикладной. В работах конца XX века [5] эта связь была выявлена, что определило в физике наличие иерархии трёх теорий о свете. Самая высокая из них, объясняющая все известные на сегодня световые явления, – квантовая теория, основанная на представлении света как ансамбля фотонов [6]. Эта теория – самая абстрактная, что приводит к сложностям в интерпретации реальных измерений. Если число фо-

тонов в ансамбле очень велико, его движение можно описывать как волновой процесс, что, естественно, приводит к волновой оптике. В принципе [7], волновое и лучевое описания эквивалентны друг другу в области однородности волны: в каждой точке луч перпендикулярен волне. Поэтому, зная фронт волны в пространстве, всегда можно восстановить лучи и наоборот. Условием однородности (квазиоднородности) поля является малое изменение поля в масштабе длины волны. Если же фронт волны резко меняется в масштабе длины волны, то поле неоднородно и лучевое описание невозможно. Пример – дифракция света на малом отверстии.

Однако раскрытая связь трёх теорий о свете показала, что в границах своей справедливости каждая модель образует замкнутую теорию и ни в каких уточнениях не нуждается. Более того, надо признать, что фотометрическая, лучевая модель верна в подавляющем большинстве практических ситуаций, а отличия от неё проявляются в весьма тонких экспериментах. Сущность фотометрической модели светового поля сводится к 4 основным аксиомам [5]:

1. Световое поле представляет собой совокупность лучей произвольных направлений, по каждому из которых переносится световая энергия. При этом пространственно-угловой плотностью мощности переносимой энергии является яркость в точке светового поля по заданному направлению.

2. Лучи, приходящие в одну и ту же точку пространства независимы (некогерентны) между собой, что определяет отсутствие интерференции и аддитивность яркости в точке.

3. Постоянная времени и размеры приёмников излучения существенно больше периода и длины волны излучения, что позволяет в определении фотометрических величин использовать статистические моменты волнового поля.

4. Световое поле эргодично, что позволяет использовать средние по ансамблю, которыми оперирует статистическая оптика, для оценки средних по одной реализации, что мы имеем при реальных практических измерениях.

Теория светового поля существенно выходит за рамки техники освещения и служит языком описания практи-

чески любого технологического использования света. Поэтому масштабы светотехнической науки несравнимо крупнее только вопросов освещения, оптическое излучение используется также в: световой локации, обеззараживании питьевой воды и промышленных сточных вод, деаэрации, медицине, световом дизайне, солнечной энергетике и во многом-многом др.

А где границы исследований в области светотехники, и чем они условно отделяют светотехнику от оптики, лазерной техники, радиотехники и астрономии, например?

Светотехническая наука рассматривает перенос только некогерентного излучения на основе законов светового поля. И в этом основное, принципиальное отличие всех светотехнических исследований, разработок и практики их использования.

Цель и содержание светотехники – развитие науки о свете в рамках лучевых, фотометрических представлений и применения её результатов для комфортного освещения, а также в технологических целях, медицине. Светотехника – область науки и техники, предметом которой являются разработка способов генерации, пространственного перераспределения оптического излучения, а также его преобразование в другие виды энергии и использование в различных целях.

XXI век – век света. Область применений света непрерывно расширяется. Наличие единого международного научно-технического подхода позволяет рассматривать основополагающие теоретические и прикладные проблемы во всех сферах использования света с единых научных позиций. При этом «Светотехника» / «*Light & Engineering*» – единственный в мире журнал, в котором, наряду с проблемами освещения, рассматриваются проблемы использования света в технологических целях в рамках теории светового поля.

Современная светотехническая наука и практика базируются на основных положениях теории светового поля. Однако сегодня в связи с бурным прогрессом смежных областей знаний светотехнические установки становятся автоматизированными системами, состоящими как из источников света и СП, так и датчиков, реле и других элементов систем автоматизированного контроля и управления световой средой с учётом естествен-

ного изменения окружающего пространства (например, в тепличном хозяйстве, птицеводстве, системах обеззараживания воды и др.).

В настоящее время идёт изучение процессов и явлений зрительных и незрительных восприятий человека. Однако все они базируются на использовании света и их физической основой является теория светового поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугер П. Оптический трактат о градации света. – М.: АН СССР, 1950.
2. Lambert, J. H., Photometria, sive de Mensura et Gradibus Luminis, Colorum et Umbræ. – Augsburg, 1760
3. Гершуин А.А. Избранные труды по фотометрии и светотехнике. – М.: ГИФМЛ, 1958.
4. Kepler J. Ad vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur... de modo visionis, & humorum oculi usu, contra opticos & anatomicos. Frankfurt: C. Marnius & Heirs of J. Aubrius, 1604.
5. Апресян Л.А., Кравцов Ю.А. Теория переноса излучения: Статистические и волновые аспекты. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат литературы, 1983.
6. Векленко Б.А. Природа фотона и квантовая оптика // Светотехника. – 2018. – № 1. – С. 7–14.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – Изд. 2-е. Перевод с английского. – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.



Айзенберг Юлиан Борисович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1954 г. МЭИ. Шеф-редактор журнала «Светотехника» / «*Light & Engineering*» и главный научный сотрудник

ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова». Действительный член Академии электротехнических наук РФ. Заслуженный изобретатель РФ



Будак Владимир Павлович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1981 г. МЭИ. Главный редактор журнала «Светотехника» / «*Light & Engineering*» и профессор кафедры

«Светотехника» НИУ «МЭИ». Член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ

Состояние и перспективы развития систем управления осветительными установками наружного освещения

А.В. СИБРИКОВ, А.И. КИРИЧОК

ООО «Светосервис ТМ», Москва

E-mail: info@svs-tm.ru

Аннотация

Обзорно рассматриваются назначение и функции автоматизированных систем управления наружным освещением, применяемых в России и за рубежом, их основные разработчики и производители, а также тенденции и перспективы развития, проблемы создания, внедрения и эксплуатации таких систем.

Ключевые слова: архитектурное освещение, наружное освещение, осветительный прибор, осветительная установка, управление освещением система управления, проектирование и эксплуатация систем управления, телемеханическое управление, управление освещением, энергоэффективность, энергосбережение, интернет вещей.

1. Введение

Создание и развитие систем управления наружным (НО) и архитектурным (АО) освещением – телемеханических, автоматических и автоматизированных подробно рассмотрены во многих публикациях. Например, в статьях [1, 2]. За короткий исторический период в нашей стране существенно увеличилось количество работающих осветительных приборов как зарубежного, так и отечественного производства. Переход на освещение светодиодами на улицах с размахом продолжается. Эта тенденция сохраняется. Очевидным стало значение Автоматизированных систем управления наружным освещением (АСУНО) в процессах применения и эффективной эксплуатации современных осветительных установок. Несмотря на то, что ещё не ушли в прошлое релейные системы телемеханического управления наружным освещением (например, УТУ-4М), активно внедряются технологии регулирования светового потока и контроля состояния освети-

тельного прибора (ОП) и осветительной установки (ОУ). Идёт активный поиск подходящих для коммерческого внедрения технологий «умный город» и IoT (*Internet of Things* – Интернет вещей). Обсуждаются и реализуются решения по расширению возможностей интеграции систем управления и разработке нормативной документации для нового оборудования и программного обеспечения перспективных интеллектуальных систем управления освещением, в том числе, освещением светодиодами [3]. В связи с этим представляется, что читателям журнала будет интересен обзор о функциональных возможностях, основных разработчиках и производителях АСУНО.

2. О нормативных требованиях

Чтобы понять задачи, решаемые при внедрении систем управления наружным (НО) и архитектурным (АО) освещением, кратко рассмотрим, какими действующими нормативами сегодня определяются основные требования к функциям АСУНО (иногда встречается, даже в одном тексте, как автоматизированная система освещения (АСУ) утилитарным НО). Известны требования, определяющие структуру, иерархию и принципы выбора системы связи и управления НО населённых пунктов и особенности для отдельных категорий объектов [4] (ключевые положения выделены **полужирным шрифтом**):

«3.22. Управление сетями наружного освещения должно быть централизованным – телемеханическим или дистанционным.

3.24. Управление наружным освещением городов должно осуществляться от одного центрального или центрального и нескольких районных диспетчерских пунктов.

3.26. В системах централизованного телемеханического управления дол-

жен обеспечиваться двухсторонний обмен информацией между диспетчерским и исполнительными пунктами, достаточный для нормального функционирования установок наружного освещения.

При этом должны передаваться:

- на исполнительный пункт – приказы управления: **включить все освещение; включить (отключить) часть освещения; отключить все освещение;**

- на диспетчерский пункт – сигналы состояния: **включено все освещение; включена (отключена) часть освещения; отключено все освещение; несоответствие состояния освещения посланному приказу и неисправность в сети наружного освещения.**

Должен быть также предусмотрен **контроль исправного состояния канала связи** с выводом сигнала на диспетчерский пункт.

3.27. В системах централизованного дистанционного управления должно обеспечиваться **управление коммутационными аппаратами фаз** ночного и вечернего режимов головных пунктов питания каскадированных сетей наружного освещения и **контроль их состояния** по наличию напряжения на конце каскада с выводением на пульт управления **световой и звуковой сигнализации.**

3.28. **Централизованное управление сетями наружного освещения должно осуществляться из пунктов управления путём использования коммутационных аппаратов, имеющих в каждом пункте питания.**

3.30. **Контроль состояния основных направлений (каскадов) должен быть обеспечен при любых способах централизованного управления наружным освещением».**

В ПУЭ [5] тоже даны общие требования к управлению освещением, которые и сегодня актуальны для систем управления:

«6.5.1. **Управление наружным освещением должно выполняться независимым от управления внутренним освещением.**

6.5.2. **В городах и населённых пунктах, на промышленных предприятиях должно предусматриваться централизованное управление наружным освещением.**

6.5.4. Централизованное управление освещением рекомендуется производить:

– наружным освещением промышленных предприятий – из пункта управления электроснабжением предприятия, а при его отсутствии – с места, где находится обслуживающий персонал;

– наружным освещением городов и населённых пунктов – из пункта управления наружным освещением.

6.5.5. Питание устройств централизованного управления наружным и внутренним освещением рекомендуется предусматривать от двух независимых источников.

Питание децентрализованных устройств управления допускается выполнять от линий, питающих осветительные установки.

6.5.6. В системах централизованного управления наружным и внутренним освещением должно предусматриваться автоматическое включение освещения в случаях аварийного отключения питания основной цепи или цепи управления и последующего восстановления питания».

Структура программно-аппаратного комплекса (ПАК) АСУНО, как комплексное решение для НО и АО, приведена на рис. 1. Приведённым выше требованиям соответствуют большинство систем централизованного управления освещением в РФ поскольку они разрабатывались на их базе. В сообщении [2] описаны основные моменты этого эволюционного пути, кратко показанного на рис. 2.

Существует проблема актуализации стандартов, строительных правил и других регламентирующих документов по разработке и внедрению современных ПАК для АО, дорожного освещения и IoT. Поэтому в качестве рекомендуемых требований к регулированию освещения приемлемы, например, положения Предварительного национального стандарта ПНСТ 29–2015 «Освещение автомобильных дорог и тоннелей. Требования к регулированию». В нём дана структурная схема АСУНО с применением индивидуального регулирования – исполнительными пунктами являются пункт питания (ПП) и ОП. Для крупных населённых пунктов и административно-промышленных объектов, входящих в перечень по гражданской обороне, необходимо учитывать известные требования к управлению освещением [6, 7].



Рис. 1



Рис. 2

3. Разработчики и производители АСУНО в РФ до 2017 года

В 2005 году при разработке Концепции информатизации НО Москвы и проекта АСУНО столицы был проведён анализ существующих в городе систем, проблем управления НО и обобщена доступная на тот момент информация по опыту создания АСУ утилитарным НО в России и за рубежом – всего в 16 городах (Берлин, Варшава, Волгоград, Екатеринбург, Ижевск, Казань, Калининград, Киев, Магнитогорск, Минск, Нижний Новгород, Санкт-Петербург, Таганрог, Уральск, Челябинск, Якутск). В Москве дистанционно управлялись

только 24 % ПП НО (головные ПП, имеющие связь с ДП). По каскаду включались/отключались – 61 % ПП. Автономно (по годовому графику) работали 15 % объектов. В Концепции содержались предложения по созданию: единой диспетчерской системы НО; интегрированной системы управления НО и АО столицы (ИИУСНО) [8], с питающими трансформаторными подстанциями (ТП) (6 и 10 кВ); ПАК следующих подсистем: АСУ для НО и АО, передачи данных, бесперебойного энергоснабжения системы управления освещением, защиты информации и разграничения доступа.

В июле 2014 года была размещена информация на интернет-форуме <http://forum.expertunion.ru/forum/>



Рис. 3

showthread.php?t=8711, в разделе «Светотехника», о разработчиках АСУНО (21 позиция).

На сайте <http://www.asuno.nichost.ru/index.php/proizvoditeli-asuno>) 25 апреля 2016 года эта информация была обновлена. В следующей из него табл. 1, опубликованной на сайте журнала насчитывается 19 производителей систем управления НО. К сожалению, в ней не указаны все крупные опытные разработчики и производители, но есть указания на их филиалы.

Интересная информация по теме обзора представлена в публикациях [9, 10].

При поиске информации для обзора авторы использовали следующие свободно доступные ресурсы: поисковая система «Яндекс» (<https://yandex.ru/search/>); имеющиеся в распоряжении авторов материалы выставок, конференций и форумов по светотехнике, энергоэффективности и энергосбережению, автоматизации технологических процессов, применению SCADA-систем и др.; печатные и интернет-издания по соответствующим тематике обзора профессиональным сферам.

Условия выбора АСУНО для обзора и анализа:

1. Не учитывались системы управления ландшафтным, промышленным и охранным освещением.

2. Выбирались отечественные (РФ) разработчики и производители систем, но при этом не исключались производители, использующие зарубежные решения и продукты, адаптированные (локализованные) для РФ

и выпускаемые на российских предприятиях.

3. Рассматривались материалы, в которых при проверке достоверности были известны: название системы; название разработчика или производителя и их контактные данные; адрес сайта или страницы с информацией о системе; область применения и описание системы; её функции, особенности, варианты применения, преимущества внедрения, возможности расширения и развития, а также открытость, возможности интеграции с другими АСУНО, интеллектуальными транспортными системами, инфраструктурой дорог и ЖКХ; преимущества внедрения; возможности расширения и развития; ожидаемые или подтверждённые результаты применения АСУНО.

4. Дополнительно для всех выбранных систем анализировались возможности реализации энергоэффективных и энергосберегающих решений – автономное, групповое или индивидуальное регулирование светового потока.

5. Рассматривались новые технологии управления освещением, решения, продукты и функции, введённые в систему.

6. Определялись проблемы разработки и внедрения, достоинства и недостатки, тенденции развития применяемых технологий в АСУНО, возможности работы в *IoT* и *SmartGrid*.

7. В качестве основного требования использование АСУНО в роли или в составе автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнер-

гии, интегрированных информационных или информационно-управляющих систем не рассматривалось.

Авторы исходили из предположения, что возможности и особенности систем, изложенные на сайтах, служат достоверной информацией, не требующей подтверждения каким-либо способом. Поскольку на большинстве просмотренных и использованных для анализа ресурсов есть предупреждения о запрете перепечатки или иного использования информации без согласия владельцев, в данном обзоре отсутствуют подробные материалы (схемы, фотографии, скрин-шоты экранных форм и т.п.), а даны ссылки на интернет-ресурсы разработчиков.

4. Результаты поиска и анализа информации

При поиске определилась дифференциация в использовании названий АСУ утилитарным НО, частично отражающая как специфику систем и направления основной деятельности разработчиков, так и маркетинговые и рекламные приёмы. Поиск вёлся по запросам (сокращённым названиям систем управления освещением), приведённым в табл. 2, опубликованной на сайте журнала. Было установлено, что в основном, системы по своим техническим функциональным и потребительским параметрам превосходят требования к управлению освещением, изложенные выше, а часть дополнительных и сервисных функций, в том числе не характерных для АСУНО, входят в перечень основных. Наиболее распространённые дополнительные сервисы систем представлены на рис. 3.

Анализ используемой терминологии показал, что часть терминов используется с определённой логической нагрузкой. Например, система «Бриз»: название АСУ освещением (АСУО) используется, чтобы показать, что кроме функций АСУНО (управление утилитарным НО) система поддерживает управление АО (статическим и динамическим), а также может интегрироваться в другие системы. Так, АСУО «Бриз» интегрирована как одна из систем управления в Комплексную АСУ АО Москвы [11]. При этом для объектов НО эта система имеет инсталляции на других серверах в качестве АСУНО. АСУНО «Кулон» также полностью поддерживает

функции управления архитектурным освещением, принимает информацию от дорожных датчиков, но имеет отдельное название для этих применений. А в АСУНО «Свет-2000» есть варианты «Свет» – это управление НО (0,4 кВ) и «Обзор» – контроль и управление питающими ТП (6, 10/0,4 кВ). ООО СТК «Интессо» для своей системы применило отличное от других название – АСУ городским освещением (АСУГО).

ООО «НПО «НовоТест Системы» использует формулировку «программно-аппаратный комплекс», а ЗАО НПО «Прогтех» – «программно-технический комплекс» и дополнительно – «автоматизированная информационно-измерительная система управления освещением с функцией диммирования».

Необычные решения предлагает фирма «Деус» (например, систему управления уличным освещением на базе GSM (2G или 3G) марки «ME6 City Sense»). Для опор двойного назначения, на которых устанавливаются базовые станции сотовых операторов, предлагаются датчики радиации (строится карта радиационного фона) и сумеречный датчик, а также позиционирование ОП в системе навигации GPS для автоматического размещения объекта на карте.

При анализе информации было определено, что название «умный свет» в большинстве случаев касается внутреннего освещения зданий, сооружений, производственных помещений и территорий.

В некоторых АСУНО это название или его варианты используются как маркетинговый приём, чтобы подчеркнуть «инновационность» и «интеллектуальность» предлагаемых решений, а также «лёгкость и доступность» максимального числа функций и экономических эффектов при их внедрении и использовании.

Практически все изученные системы имеют классическую трёх-четырёхуровневую архитектуру. Отличия могут быть в том, что при наличии функций индивидуального управления или при построении больших систем с несколькими диспетчерскими пунктами (ДП) и центральным ДП возникают дополнительные уровни иерархии. Это влияет на построение системы сбора информации, организацию связи с объектами всех уровней и на экранные формы, с которыми работа-

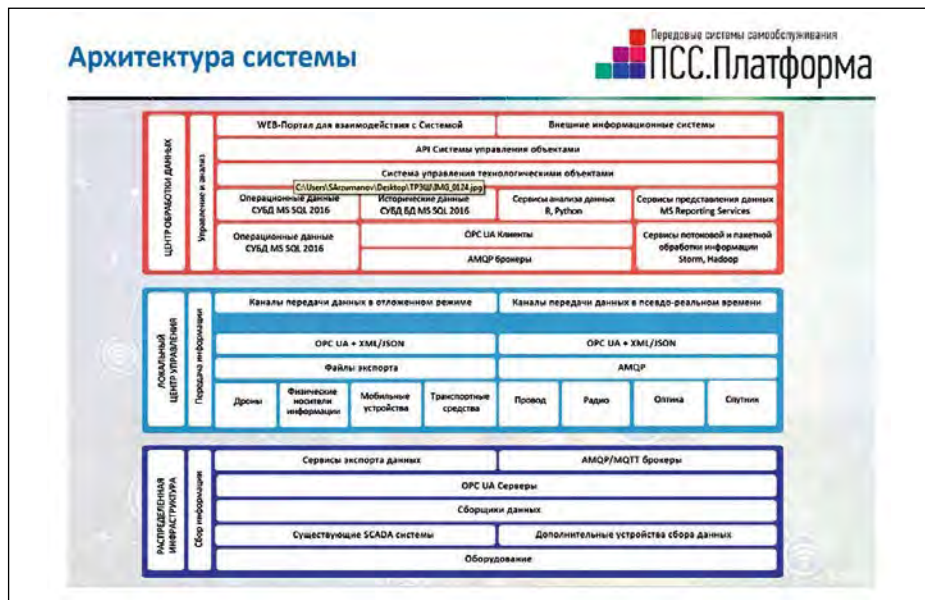


Рис. 4

ют операторы. Функционально в большинстве рассмотренных АСУНО заложены решения для реализации основных функций систем освещения – это обеспечение безопасности, здоровья, экологичности, энергоэффективности и энергосбережения.

Выявлены тенденции к постепенному отказу от: каскадных схем управления; проводных линий связи (выделенных физических линий – медных телефонных пар); пульта индикации и управления (ПИУ) в ДП.

В АСУНО «Аврора» и «Деконт» предлагается классическая телемеханическая технология контроля и управления с помощью шкафов ДП, которыми являются ПИУ. Такое решение позволяет управлять системой и получать общую агрегированную информацию о состоянии каналов связи, отдельных ПП и режимах их работы. Это обеспечивает дополнительно высокую живучесть системы при выходе из строя серверов и компьютерного оборудования ДП, т.к. ПИУ работают по прямым каналам с объектами. При пропадании связи по силовым линиям для включения/отключения освещения могут использоваться возможности каскадных цепей. Использование схем каскадирования заложено в решениях АСУНО «Бриз» и некоторых других системах. Многими разработчиками такой подход рассматривается как некий «атавизм», хотя такие схемы предусмотрены «Правилами устройства электроустановок потребителей». Каскадное отключение освещения при авариях

на практике бывает самым быстрым и действенным способом обесточивания линии, чтобы избежать поражения людей электрическим током, т.к. при возникновении таких ситуаций обычно происходит пропадание связи, отказы компьютеров или ошибки операторов из-за стресса.

Большинство систем позволяет использовать для связи Ethernet, в том числе FO-Ethernet (линии волоконно-оптической связи).

Отличается существенно решение АСУНО предлагаемое ООО «Внедрение комплексных систем». В этой АСУНО, для обеспечения круглосуточного контроля за целостностью линий последние находятся постоянно под напряжением, днём и ночью.

Для АСУНО «Unilight» разработана программная платформа, на которой предлагается реализовывать пакет сервисов в области «smart city» и IoT, а также внедрять решения в рамках концепций «умная дорога» и «умный город». Подобную платформу для нужд ЖКХ в «умном городе» предлагают ЗАО «ПО МЗТА» и фирма «Передовые системы управления», входящая в ГК «АйТи» (рис. 4). Основные модули этой платформы: 1) управление и мониторинг; 2) интеграция (открытый интерфейс прикладного программирования с документацией и средствами для разработчика (утилиты SDK)); 3) сервис и эксплуатация; 4) аналитика и отчётность; 5) финансовый мониторинг.

Разные отечественные АСУНО отличаются по: организации беспере-

ребойного питания ДП и оборудования ПП; обеспечению резервирования и дублирования каналов связи; обеспечению централизованного контроля за инфраструктурой системы (территориально распределёнными подсистемами и элементами АСУНО); технологиям регулирования (управления и контроля) ОП; технологиям изменения ПО контроллеров в ПП и ОП; технологиям применения ПО «SCADA» в АСУНО; составу информационного обеспечения и ПО АСУНО; применению мобильных устройств для контроля и управления; использованию открытых промышленных протоколов; дизайну и технологиям работы с интерфейсом пользователя.

В технических решениях АСУНО и АСУАО различны способы контроля несанкционированных подключений и исправности ОП. Где-то анализируются показания счётчиков и сравниваются минимально и максимально допустимые токи. В других системах периодически опрашиваются ЭПРА и (или) УУ или используются блоки контроля целостности линий. Некоторые разработчики для этого используют системы фото- и видео-наблюдения.

Результаты поиска, анализа и выбора (по указанным выше критериям) на конец мая 2017 года приведены в табл. 3, опубликованной на сайте журнала.

В зарубежных системах управления освещением можно отметить активный переход к технологиям IoT и концепциям интеллектуального города (*Smart Cities*).

Компания *Philips Lighting* (<http://www.lighting.philips.ru/systems/connected-lighting/connected-lighting-for-smart-cities#>) предполагает использование последних достижений в области связи, цифровых технологий, обмена данными и их анализа, а также интеллектуального проектирования, чтобы сделать город более удобным, мобильным, экономичным и устойчивым. Интеллектуальные датчики и встроенные устройства – от уличных фонарей до измерителей мощности и светофоров – работают вместе в рамках открытой объединённой инфраструктуры, создавая распределённую интеллектуальную систему, помогающую экономить энергию, рационализировать деятельность и позволяющую горожанам чувство-

вать себя более счастливыми и защищёнными. Облачные технологии, по мнению *Philips Lighting*, обеспечивают гибкость, масштабируемость и экономичность при подключении многих тысяч удалённых участников к системе интеллектуального города: «Города должны оставаться гибкими и готовиться к будущему, используя открытые стандарты и прикладные программные интерфейсы. Они нуждаются в эволюционирующем решении для будущего, работающем уже сегодня». *Philips Lighting* применяет в собственных ЭПРА и УУ для светильников все распространённые и перспективные протоколы управления и контроля – *DALI*, 1–10 V, *DMX* и *RDM*, а также управление диммированием по сигналу от отдельной линии (~ 220 В) и многое др.

В этом же направлении действуют компании *Zumtobel* (<http://www.zumtobel.com/com-en/company.html>), *Osram* (<http://www2.traxontechnologies.com/>), *Thorn* (<http://www.thornlighting.ru/ru-ru/produkty/sistiemy-upravleniia-osvieshchieniie-i-avariinoie-osvieshchieniie/sistiemy-upravleniia-naruzhnym-osvieshchieniie>) и *Cimicon Lighting Smart Street and Roadway Lighting Controls* (<http://www.cimiconlighting.com/street-and-roadway-lighting.php>).

Вот ещё примеры того, что крупные разработчики ОП и ОУ стали создавать собственные системы и технологии управления освещением: итальянская фабрика *AEC Illuminazione* (<http://www.aecilluminazione.fr>) разработала АСУНО «*Arianna*», хотя раньше применяла систему фирмы *Reverberi*. А испанская фирма *ELT (Especialidades Luminotécnicas SAU)* разработала и внедряет АСУНО «*Stelaria*»: (<https://www.elt.es/en/stelaria-remote-wireless-street-lighting-cms>), являющуюся системой дистанционного управлением уличным освещением¹.

¹ Используя технологию «*ELT eSmart*», «*Stelaria*» позволяет контролировать НО и управлять светильниками с помощью надёжной и передовой технологии управления техническими коммуникациями, «упакованной» в простое веб-приложение. Система представляет собой полное решение для освещения, содержащее ПО, аппаратные и коммуникационные технологии, необходимые для дистанционного управления и эксплуатации уличного освещения улиц. Она имеет дружелюбный и безопасный пользовательский веб-интерфейс, способный работать в любом месте в любое время от любого подключённого к сети устройства, обеспечивая в реальном времени точный контроль над инфраструктурой наружного освещения. «*Stelaria*» достигает наивысшего уровня обслуживания и полных функциональных возможностей при работе ОП, снабжённых подключёнными к сетевым узлам системы УУ «*ELT eSMART*».

5. Проблемы разработки, внедрения и эксплуатации АСУНО, тенденции развития технологий

Анализ материалов по отечественным АСУНО выявил, вкратце, следующие связанные с ними проблемы: 1) отсутствие нормативных документов, обязательных к применению при разработке АСУНО; 2) применение закрытых (проприетарных) протоколов; 3) отсутствие нормативных требований по применению открытых протоколов на всех уровнях АСУНО; 4) использование SCADA-подобных систем и баз данных собственной разработки; 5) на рынок отечественными фирмами выводятся дешёвые, не проверенные в условиях РФ, не соответствующие нормативным требованиям решения и элементы АСУНО по завышенным ценам. Наблюдается тенденция выдавать простые технические решения вчерашнего дня за инновационные, «умные»; 6) упрощённый подход к расчётам эффективности внедрения АСУНО и сроков окупаемости под предлогом того, что АСУНО – один из главных инструментов энергоэффективности и энергосбережения вводит потребителя (заказчика) в заблуждение и приводит к дополнительным расходам при эксплуатации таких систем; 7) предложения по внедрению АСУНО с использованием беспроводных технологий для связи между ПП, ОУ, ОП и различными датчиками сторонних систем («умный свет») требуют постоянного наличия питающего напряжения в распределительной сети освещения, что противоречит требованиям техники безопасности в РФ; 8) трудности контроля выполнения норм по яркости и освещённости при использовании технологий группового и индивидуального диммирования; 9) качество электроэнергии, поставляемой для НО, негативно влияет на ОУ, элементы АСУНО и на возмож-

ность оптимального применения технологий группового и индивидуального диммирования; 10) растёт число случаев недобросовестной подготовки технических заданий по АСУНО для конкурсов с целью ограничить число участников, а затем за счёт использования в системе закрытых протоколов «посадить» заказчика на единственного поставщика АСУНО и услуг по их эксплуатации; 11) усложнение АСУНО требует квалифицированных и подготовленных специалистов по их созданию и эксплуатации; 12) растёт число аварий из-за ошибок операторов («утопают» в данных, спешка и непоследовательность действий, трудоёмкие операции при изменениях в конфигурации систем); 13) предлагаются по завышенным ценам плохо отработанные ЭПРА и УУ для ОП и решения по передаче данных по линиям освещения под предлогом повышения энергосбережения, энергоэффективности, быстрой окупаемости, рекордных сроков службы и т.п.

Отдельно выделяются проблемы использования беспроводных технологий, вроде «LoRaWAN», «ZigBee» и др., использующих разрешённые за рубежом мощности приёмо-передающих устройств со встроенным шифрованием (криптозащитой) с использованием протокола AES128. Основные трудности возникают при нотификации и лицензирования таких ПАК. Дело в том, что в РФ в соответствии с Федеральным законом от 4 мая 2011 г. № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» и Постановлением Правительства РФ от 16.04.2012 N313 (ред. от 18.05.2017) «Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по разработке, производству, распространению шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищённых с использованием шифровальных (криптографических) средств, выполнению работ, оказанию услуг в области шифрования информации, техническому обслуживанию шифровальных (криптографических) средств, информационных систем и телекоммуникационных систем, защищённых с использованием шифровальных (криптографических) средств (за исключением случая, если техническое обслуживание шифровальных (криптографических) средств, информационных систем,

систем и телекоммуникационных систем, защищённых с использованием шифровальных (криптографических) средств, осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)» без лицензии ФСБ в информационно-управляющих системах (к которым относится АСУНО) разрешается использование «беспроводного оборудования, осуществляющего шифрование информации только в радиоканале с максимальной дальностью беспроводного действия без усиления и ретрансляции менее 400 м в соответствии с техническими условиями производителя (за исключением оборудования, используемого на критически важных объектах)» при длине ключа шифрования типа AES – «симметричный криптографический алгоритм, использующий криптографический ключ длиной, не превышающей 56 бит».

Допускается использовать такие решения только в качестве элементов «информационных» систем, например, для датчиков освещённости, проникновения на объект, счётчиков электроэнергии.

Тенденции развития АСУНО, выявленные анализом: 1) переход к беспроводным высокоскоростным и защищённым шифрованием (криптозащита) технологиям связи для управления ОУ; 2) применение промышленных SCADA-систем и баз данных; 3) рост объёма собираемой и обрабатываемой информации; 4) переход к облачным технологиям; 5) включение в состав АСУНО программных модулей инвентаризации, паспортизации, аналитики и интерактивных геоинформационных систем (ГИС); 6) работа пользователей с АСУНО через веб-интерфейс; 7) рост интереса к применению открытых протоколов для интеграции как с решениями других АСУНО, так и с системами другой специализации (АСУ дорожным движением, системы метео- и видеонаблюдения и др.); 8) рост интереса к использованию технологий IoT и стремление к «интеллектуальным» решениям.

6. Предпосылки перехода к IoT

– Рост объёма информации требует роста вычислительных мощностей серверов, увеличения скорости передачи информации и расширения телекоммуникационных ресурсов.

– «Большие данные» и применение аналитики ведут к возрастанию эффективности и оптимизации производственных процессов.

– Развитие и доступность «облачных» технологий.

– Тенденции к слиянию информационных и операционных (производственных) технологий.

– Рост количества недорогих датчиков и взаимодействующих устройств.

– Переход к технологиям «ситуационного восприятия» (акцент – на проблемах).

– Развитие геолокации и применение интерактивных ГИС как звено оптимизации производственных процессов.

– Развитие технологий «контекстной информации» (интерактивные инструкции по устранению проблем).

7. Заключение

В обзоре представлены общие данные по АСУНО в РФ, информация по основным разработчикам и производителям АСУНО, обозначены проблемы и тенденции создания, внедрения и эксплуатации этих систем. Представлен взгляд авторов на тенденции и перспективы развития АСУНО.

Обзор показывает рост интереса к созданию и внедрению АСУНО, что выражается в росте числа систем и географии разработок. Очевиден интерес научно-технического сообщества, разработчиков и производителей АСУНО к освоению и внедрению новых технологий – IoT и «умный город».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зотин О.Т. Некоторые особенности IV светотехнической революции в наружном освещении. Часть 2 // Полупроводниковая светотехника. – 2015. – № 1. – С. 68–75.

2. Киричок А.И. Эволюция технологий управления утилитарным освещением // Матер. I Межд. научно-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире», 13–15 марта 2013 г. – СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2013. – С. 173–183.

3. Ошурков И.А., Ошуркова Е.С. Управление светильниками со светодиодами в уличном освещении // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 32–36.

4. СН 541–82 «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, посёлков и сельских населённых пунктов» (утв. Приказом Госгражданстроя СССР от 14.01.1982 г. N13). – М.: Стройиздат, 1982.

5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. Раздел 6 «Электрическое освещение». Глава 6.5 «Управление освещением». – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 1999.

6. СП 264.1325800.2016 «Световая маскировка населённых пунктов и объектов народного хозяйства. Актуализированная редакция СНиП 2.01.53–84».

7. ГОСТ Р 22.1.12–2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования» (с Изменением N1) (ред. от 01.06.2011).

8. Киричок А.И., Клиентова З.А. Внедрение интегрированной информационно-управляющей системы наружного освещения в московском регионе // Мир дорог. – 2013. – № 70 (сентябрь). – С. 35–36.

9. Гревцов Д. Умный свет, или конец эпохи «лампочки Ильича». Обзор рынка технологий интеллектуального освещения // Рынок светотехники. – 2017. – № 1(45). – С. 57–70.

10. Технологии интеллектуального освещения. Круглый стол // Рынок светотехники. – 2017. – № 1(45). – С. 71–75.

11. Дадаев В.И., Доценко С.М., Киричок А.И., Сибриков А.В. Комплексная автоматизированная система управления архитектурным освещением // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 35–42.



Сибриков Александр Вадимович, инженер электронной техники. Окончил в 1989 г. Ленинградское высшее военное инженерное училище связи (ЛВВИУС) им. Ленсовета (факультет АСУ). Директор ООО «Светосервис ТМ»



Киричок Андрей Иванович, инженер электронной техники. Окончил в 1989 г. ЛВВИУС им. Ленсовета (факультет АСУ). Заместитель директора по развитию ООО «Светосервис ТМ»

Компания *Philips Lighting* сменила название на *Signify*

Компания *Signify* 17.мая объявила об окончательной смене названия с *Philips Lighting N.V.* на *Signify N.V.* Соответствующая поправка была внесена в Устав компании.

«Выбор нового названия продиктован пониманием того, что свет сегодня становится интеллектуальным языком, который соединяет устройства и передаёт смыслы, – комментирует Эрик Рондола, генеральный директор *Signify*. – Новое имя точно отражает наше стратегическое видение и миссию раскрыть безграничный потенциал света, чтобы сделать жизнь людей ярче, а мир лучше».

Согласно условиям Лицензионного соглашения с *Royal Philips*, *Signify* продолжит выпускать продукцию под брендом *Philips*. Компания планирует сменить название во всех странах присутствия к началу 2019 года.

Основанная как *Philips* в Эйнховене (Нидерланды), компания уже

более 127 лет создаёт инновации в мире освещения для профессионального и потребительского рынков. В 2016 году компания отделилась от *Philips*, став самостоятельной организацией, зарегистрированной на фондовой бирже *Euronext* в Амстердаме. В марте 2018 года компания была включена в индекс *AEX*.

В компании *Signify* работают 32 тыс. сотрудников более чем в 70 странах мира. В 2017 году объём продаж составил €7 млрд из которых €354 млн были инвестированы в НИР и ОКР.

«Мы руководствуемся принципом, что свет – базовый элемент нашей жизни, – добавил Эрик Рондола. – И подключив его к сетям, программному обеспечению и IoT-платформам, мы открываем дверь в более умный мир».

Юридическое название *Philips Lighting* в России и странах СНГ будет изменено в январе 2019 года.

svetozone.ru
17.05.2018

Чубайс назвал проект «Роснано» по светодиодам крупной технологической потерей

Крупной технологической потерей «Роснано» стал проект «Оптоган», заявил в интервью ТАСС председатель правления УК «Роснано»



Анатолий Чубайс. «Хотели войти в рынок с большим проектом, я имею в виду компанию «Оптоган» по производству светодиодов полного цикла. И ужасно жалко, что не удалось. Но «Роснано» всё же удалось сохранить один из технологических переделов – корпусирование светодиодных устройств. Это направление мы сейчас развиваем», – сказал он.

«Оптоган» – отечественный производитель энергоэффективных светотехнических изделий на основе сверхъярких светодиодов. Предприятие было создано в 2009 г. *Optogan* Оу и «Онэксимом», ОАО «Республиканская инвестиционная компания» и «Роснано».

Чубайс отметил, что в «Роснано» понимают, что в обозримом будущем до 90 % мирового светотехнического рынка займут светодиоды. «КПД светодиодных устройств в семь раз выше, а срок службы – в 10 раз дольше традиционных. И мы это отчётливо понимали, поэтому в 2010 году стали реализовывать технологические решения на основе полупроводниковых гетероструктур, теоретическую основу которых заложил академик Жорес Алфёров», – добавил Чубайс.

tass.ru/ekonomika
17.05.2018

Световое оформление города как художественная интерпретация архитектурной основы (на примере Астаны)

Ю.В. НАЗАРОВ^{1,3}, А.А. КОРНИЛОВА², С.М. ТЮРИН¹

¹ АНО ВО «Национальный институт дизайна», Москва, Российская Федерация

² КазАТУ им.С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан

³ E-mail: nounid@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена особенностям проектирования и организации светового оформления молодой столицы Республики Казахстан города Астаны. Выявлена специфика применения искусственного освещения в контексте реализации разработанного Кисе Курокавой генерального плана развития Астаны. Посредством натурного обследования изучено использование света как выразительного средства, активно участвующего в становлении художественно-коммуникационной среды столицы. Выявлены затруднения в организации освещения на современном этапе развития. Сформулированы выводы и намечены перспективы развития светового оформления города.

Ключевые слова: свет, цвет, световое оформление города, проектная культура, художественно-коммуникационная среда.

1. Введение

Роль света в формировании городской среды XXI века трудно переоценить. Из семи основных средств выразительности, формирующих в целом эстетику городской среды, к которым относятся цвет и свет, ландшафтный дизайн (мошение, «зелёная архитектура»), и т.п.), городской дизайн (в значительной мере определяющий рисунок мостов, ограждений, решёток и т.п.), легко возводимые конструкции (павильоны, киоски и т.д.), произведения монументально-декоративного искусства и наружная реклама, свет является одним из важнейших [1]. Грамотное использование искусственного света в организации пространства превращает объекты архитектуры, городской ландшафт в фантастические образы вечернего города.

Сегодня искусственный свет активно влияет на формирование худо-

жественно-коммуникационной среды города, поскольку является мощным инструментом в руках специалистов, позволяющим моделировать различные аспекты её эстетического восприятия.

Ретроспективно, эстетическая функция искусственного света в наружном освещении объектов, в том числе рекламных, стала доминирующей уже в 20-х годах XX столетия. В XX веке постепенно сложилось понимание искусственного освещения как самостоятельного элемента или раздела архитектуры, а света – как архитектурного материала и средства художественной выразительности городской среды.

Изучение освещения городов в самых разных контекстах затронуто в работах целого ряда учёных, таких как К. Бартенбах, Н. Быстрянцева, Ф. Ванавербек, К. Винкельс, А. Гийо, В. Глазычев, Н. Гусев, П. Зумтер, А. Иконников, Г. Каменская, В. Келлер, М. Клаасен, А. Корнилова, В. Лукхардт, В. Макаревич, М. Марини, М. Мейджор, С. Михайлов, Б. Мунари, Ю. Назаров, Н. Оболенский, Р. Нарбони, Д. Понти, К. Сантен, Р. Соннетто, М. Хубер, В. Шимко, Н. Щепетков и др.

К вопросу светового оформления Астаны обращались в своих исследованиях А. Корнилова, В. Лаптев, Е. Хван, Е. Хоровецкая. Однако, вопросы современного состояния освещения Астаны изучены недостаточно.

Оставляя за скобками данной статьи такие вопросы, как психология зрительного восприятия, взаимодействие видов освещения, безопасность, защищённость и свободная ориентация в пространстве горожан, сани-

тарно-гигиенические нормы и экономические вопросы освещения, сосредоточимся на художественно-эстетической роли и особенностях организации искусственного освещения в организации художественно-коммуникационной среды столицы Республики Казахстан Астаны.

Цель этой работы состояла в том, чтобы выявить особенности организации искусственного освещения во взаимодействии с развитием архитектурной среды Астаны на современном этапе. При этом были поставлены следующие **задачи**:

- определить художественно-эстетическую канву светового оформления Астаны;
- выявить взаимосвязь организации, применения искусственного освещения в современном городе и контекстом развития художественно-коммуникационной среды Астаны;
- изучить использование света как выразительного средства, активно участвующего в становлении художественно-коммуникационной среды столицы.

2. Свет в контексте современной проектной культуры¹

С активным использованием света как выразительного средства организации социально-пространственной среды города «многообразная, многостильная архитектура стала теперь восприниматься как единый городской ансамбль во многом благодаря совершенно особой, динамичной, постоянно изменяющейся атмосфере улиц, зависящей уже не столько от архитектуры...» [2]. Искусственный свет взаимодействует с архитектурой в четырёх основных её видах и категориях: пространство, объём, пластика и цвет. В результате формируется световая среда с новыми визуальными качествами [3, с.190].

В современной науке используются самые разные термины по отношению к световому оформлению города: «световое оформление», «светодекоративное оформление», «световая среда города», «архитектурно-световой образ», «светохудожественный

¹ Проектная культура – это высший уровень сферы дизайна, надстраивающийся над текущим проектным процессом преобразования и/или воссоздания среды, над теми его составляющими, как проектирующие сообщества, проектное хозяйство, проектируемые части среды и, разумеется, над инфраструктурой дизайна, то есть функциональными службами, обеспечивающими нормальное течение проектного процесса.

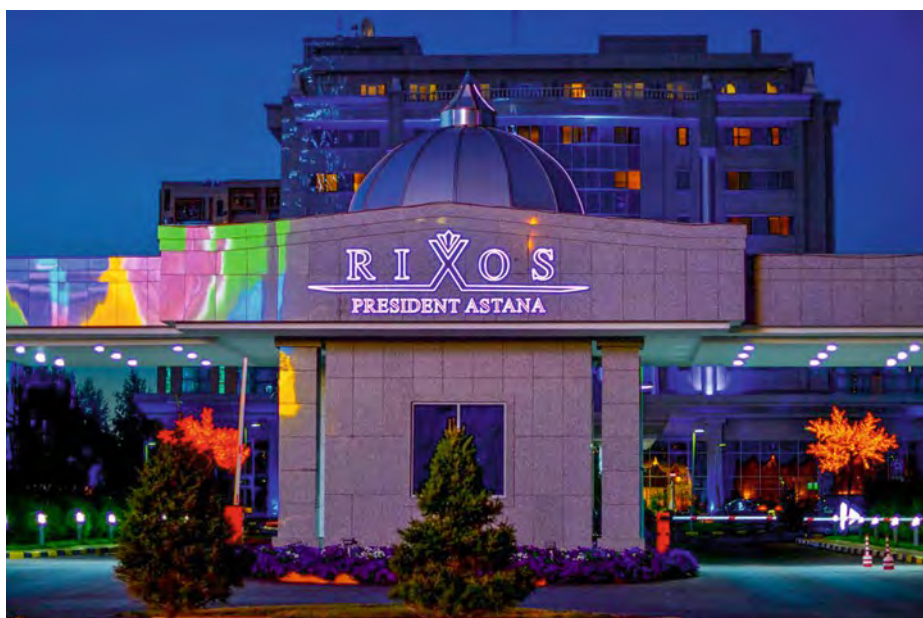


Рис. 1. Отель *Rixos President Astana*. Фото Д. Чистопрудова, <http://www.titus.kz/>

образ», «световой урбанизм», «световой дизайн».

В зарубежном дизайне используется понятие «*lighting design*». В содержательном плане оно гораздо шире «светового оформления», «подсветки» архитектурных объектов и обозначает интенсивно развивающуюся область на границе дизайна, архитектуры, светотехники, декоративного искусства. Такое современное направление развития дизайна требует целого комплекса градостроительных, архитектурных, дизайнерских подходов, особой компетентности специалистов. Подтверждением значимости «светового урбанизма» как явления культуры является вывод Н.В. Быстрянцева о том, что на градостроительном уровне он стал представлять собой масштабную «работу» света в пределах целых городов, в частности, создание световых генпланов городов, их световых каркасов [4, с.5].

Таким образом, важность использования света в формировании городской среды неоспорима, а реализация грамотного, профессионально выверенного искусственного освещения возможна при условии привлечения к проектированию освещения специалистов различных направлений: архитекторов и дизайнеров, светотехников и электротехников, социологов и психологов. При этом большое значение имеют учёт своеобразия конкретного города, идентификация городского пространства, психологическое восприятие города горожанами и гостя-

ми [3, с.191]. Наряду с этим важны художественно-эстетические свойства световой среды, которые включают в себя целостность световой композиции, информативную эффективность, образную выразительность, рациональность светового решения [4, с. 14].

3. Световое оформление как выразительное средство формирования облика столицы Республики Казахстан

Световое оформление столицы Казахстана Астаны имеет свою специфику, прежде всего, в историческом контексте. В первые годы обретения независимости Республики Казахстан, начиная с 1991 г. кардинально начали меняться все стороны жизни города, связанные с поиском национальной идентичности, новым прочтением истории в различных её акцентах, выбором дальнейшего пути развития, что отражалось и в световом оформлении городской среды. После переноса столицы из Алматы в Акмолу (1997 г.), которая в 1998 г. была переименована в Астану, началось стремительное строительство города. Активно стали решаться вопросы светового оформления как части новой художе-

ственно-коммуникационной среды города. Среди прочего, особую роль в ней стали играть рекламные информационные объекты, разнообразные вывески, плакаты, оформление фасадов зданий центральных магистралей, новые символы в виде памятников, малых архитектурных форм и т.п. В данном контексте вместе с изменением стилевых и эстетических предпочтений на улицах города появились цвет и свет, всевозможные детали, соединяющие понятия презентации, комфорта, пользы, рекламы и декоративного украшения.

Разработанный Кисе Курокавой генеральный план развития Астаны, утверждённый и начавший свою реализацию с 2001 г., учитывал градостроительную ситуацию, региональное положение города, рельеф, природно-климатические условия, элементы объёмно-планировочной композиции города. В нём наряду с красными линиями², архитектурно-коммуникационными осями определены особенности светового решения новой представительской части города, которая начала застраиваться на левом берегу реки Есиль. Таким образом, в проекте Кисе Курокавы свет включён в генеральный план развития города на уровне общегородской концепции.

Все эти составляющие оказали значительное влияние на художественно-коммуникационный облик столицы. В оформлении искусственного освещения архитектурных объектов Астаны использовались два направления:

- организация освещения фасадов зданий, витрин, навесов и козырьков над входами в дневное время;
- организация освещения города в вечернее и ночное время.

Организация освещения в дневное время – это подсветка вывесок, входных элементов, символов, указателей, бегущих строк, самых разнообразных рекламных-информационных объектов. Наиболее активно использование приёмов дневного искусственного освещения реализуется в коммерческих учреждениях: ресторанах, супермаркетах, торгово-развлекательных центрах. Наряду с этим, на магистральных улицах используются соответствующи-

² Под красными линиями понимаются линии, которые обозначают существующие, планируемые (изменяемые, вновь образуемые) границы территорий общего пользования, границы земельных участков, на которых расположены линии электропередачи, линии связи, трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные сооружения.



Рис. 2. Панорама вечерней Астаны. Фото Д. Чистопрудова, <http://www.titus.kz/>

щие установками, которые обладают функциональным значением и явными художественными достоинствами. Так, положительными решениями светового оформления в Астане являются бутики, магазины, рестораны, гостиницы мировых брендов, которые, комплексно подходу к решению вопроса, грамотно представили световое оформление витрин, вывесок, козырьков (рис. 1). В результате подсветка выделяет архитектурные особенности зданий, оставляя в то же время на первом плане витрины, вывески.

Стремительно формируется освещение города в вечернее и ночное время, подчёркивая масштабы застройки, выделяя достопримечательности [1]. Световая панорама вечерней Астаны начинает приобретать своеобразную художественную выразительность, привлекает внимание жителей и гостей столицы (рис. 2)

Согласно выводам Н.И. Щепеткова, обеспечение архитектурно-художественной выразительности городских ансамблей и объектов для всех, чьё внимание обращено на вечерний город, можно осуществить при двух условиях: изначального создания «сценария» или художественной концепции основных композиционных и светотехнических приёмов и обеспечения координации действий всех осветительных систем [2]. В данном контексте отметим, что световой дизайн Астаны имеет в своём арсенале такие средства, как светотехнические устройства, различные виды художественной подсветки, цветоцветовые и динамические эффекты, световую рекламу. Каждое из перечисленных средств обладает разным потенциалом

формообразующего и визуального воздействия на городскую среду.

Проведённое полевое исследование показало, что наиболее эстетически выразительной частью светового решения новой левобережной части города является бульвар «Нур жол» (водно-зелёный бульвар), который проходит осью вдоль всего города, от президентского дворца «Ак-орда» до парка «Арай» (рис. 3).

Основу композиционного светового решения бульвара «Нур жол» составляет световой ансамбль с монументом «Астана-Байтерек» – доминантой световой панорамы (рис. 4).

С 21.00 до 01.00 часов эту конструкцию из металла, стекла и бетона общей высотой 105 метров освещают 16 светодиодных прожекторов но-

вого поколения, которые установлены по периметру площадки. Современная система динамического светодиодного освещения на базе оборудования *Philips Color Kinetics*, объединённая в общую сеть посредством беспроводного соединения *Wi-Fi*, введена в действие в 2014 г. В арсенале более 50 сценариев освещения, создающих равномерную красочную цветовую заливку. Лёгкость адаптации подсветки к любым сценариям придаёт своеобразную эстетическую привлекательность и задаёт тон динамическим световым эффектам всего бульвара.

Особое индивидуальное светоконпозиционное прочтение правительственных, общественных зданий, многоэтажных высотных зданий жилых комплексов левобережной части го-



Рис. 3. Вечернее освещение президентского дворца «Ак-орда». Фото Д. Чистопрудова, <http://www.titus.kz/>



Рис. 4. Монумент «Астана-Байтерек» – художественно-выразительная доминанта бульвара «Нур жол». Фото Д. Чистопрудова, <http://www.titus.kz/>



Рис. 5. Вечерний вид на торгово-развлекательный центр «Хан-шатыр». Фото Д. Чистопрудова, <http://www.titus.kz/>

рода позволяет сделать архитектурные достоинства фасадов зданий зримыми и выразительными в тёмное время суток и, в то же время, создаёт своеобразную визуальную версию, даже реконструкцию бульвара.

Уникальным проектом, не имеющим аналогов в Казахстане, является светомузыкальный фонтан на бульваре «Нур жол». Яркая светодиодная подсветка и многочисленные режимы водных эффектов говорят о воз-

можностях дизайнерской мысли в области сотрудничества архитекторов, дизайнеров, светотехников. Гармоничное слияние воды и света, следующих за великолепной классической музыкой или музыкой современных композиторов, создают настоящий водный спектакль, привлекающий к себе сотни зрителей.

Общий световой ансамбль бульвара «Нур жол» формируется многообразием светотехнических установок, которые располагаются практически по всему периметру и сами по себе стали разноуровневыми малыми архитектурными формами, задающими специфический световой ритм всему бульвару.

С другой стороны бульвара «Нур жол», как бы замыкая общую световую панораму, расположен уникальный комплекс торгово-развлекательного центра «Хан-шатыр» (архитектор Норман Фостер). Он имеет и уникальное световое оформление, создающее иллюзию некоей ирреальности, лёгкости, парящего как будто в воздухе здания-купола, светящегося изнутри (рис. 5).

При натурном обследовании было выявлено, что можно выделить следующие основные особенности светотехнической организации городской среды центрального бульвара «Нур жол»:

- свет является активным композиционным элементом бульвара;
- осветительные приборы формируют вечерне-ночную среду бульвара и, в то же время, сами являются объектами специфических малых архитектурных форм;
- присутствует функциональное разделение источников света:
 - а) натриевые лампы располагаются вдоль всего бульвара в большом количестве и создают своеобразное разноуровневое горизонтальное освещение;
 - б) натриевые и светодиодные лампы обеспечивают освещение отдельных объектов, прежде всего, правительственных, общественных зданий;
 - в) светодиодные лампы используются для освещения отдельных доминантных архитектурных объектов, таких как монумент «Астана-Байтерек».

Отметим, что среди прочих достоинств важным является стойкость используемой светотехнической аппаратуры к атмосферным воздействиям, что немаловажно для непростых климатических условий Астаны.

Дизайн светильников, формирование светового рисунка, светового ритма, создание светоцветовых оптических полей обуславливают художественные особенности комплексного освещения новой левобережной части города.

Ярким световым решением высокопрофессионального уровня является световое оформление мостов через реку Есиль – «Сарыарка» и «Марал-2», соединяющих новую левобережную и историческую правобережную части Астаны.

Мост «Сарыарка» украшен стелами, перила оформлены национальным орнаментом. Используемые узконаправленные источники света сделали мост одним из красивейших мест вечерней столицы. Многочисленные вариации светового оформления создают эффект театральной декорации, подчёркивают своеобразие национальных узоров (рис. 6).

Мост «Марал-2» является самым длинным в Астане, и его световое оформление может принимать интересные эстетические воплощения. В светоцветовом решении моста «Марал-2» используются более 40 сценариев подсветки, которые меняются в зависимости от времени года. В зимние месяцы основной цветовой тон – красный, создающий ощущение тепла, в летние месяцы используется голубой оттенок.

Наличие широкого выбора светильников с СД компании *Philips* позволил «...спроектировать систему подсветки, которая не только преобразила мосты с эстетической точки зрения, выгодно подчеркнув национальный колорит архитектурно-скульптурных элементов данных сооружений, но и повысила их функциональность» [5]. Отражением современного подхода к созданию комфортной визуальной среды Астаны является возможность учёта пожеланий гостей и жителей города при создании новых вариаций светового оформления мостов.

В отношении правобережной исторической части города отметим, что световое оформление получило воплощение на отдельных объектах, таких как спорткомплекс «Казахстан», центральная набережная, скверы с малыми архитектурными формами. Например, сквер у министерства финансов, световой доминантой которого является фонтан «Древо жизни». Используемое динамическое освещение, меняющи-

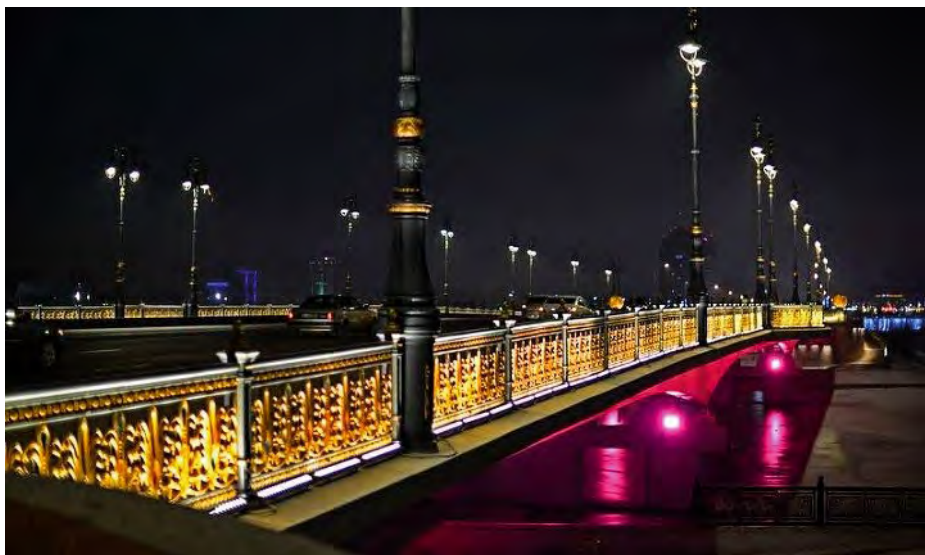


Рис. 6. Вечернее освещение моста «Сарыарка». Фото официального сайта *Forbes.kz*. <http://forbes.kz/process/>

еся цветовые решения подчёркивают причудливые формы фонтана и создают ощущение сказочности в вечернее время суток. Световой дизайн фонтана превратил его в культурный объект и место отдыха горожан. Вместе с этим отметим, что помимо эстетической ценности, фонтан несёт определённую информационную нагрузку, обращаясь к культурно-национальным традициям и отражая национальную идею.

В Астане с помощью разнообразного спектра и динамики освещения используются разные варианты или «сценарии» освещения города. Особого внимания заслуживает праздничное световое оформление города. Собственно, архитектура в такие дни как бы отступает на второй план, превращаясь в фон для праздничных символов столицы.

В праздничных проектах временного светового оформления Астаны используются архитектурно-художественная подсветка зданий, световая графика на фасадах зданий, светодекоративные конструкции, иллюминация магистралей, мостовых сооружений и опор городского освещения, светодинамические панно, иллюминационные световые комплексы, такие как гирлянды, световые шнуры, сетки типа «дюралайт», «клиплайт», «белтлайт», строб-лампы.

История праздничного светового оформления Астаны уже насыщена яркими мероприятиями. Так, в 2013 г. в дни празднования Наурыз – праздника весеннего равноденствия – на од-

ной из площадей города состоялось уникальное двухчасовое светодинамическое шоу. Представлено оно было командой профессионалов под руководством всемирно известного дизайнера Курта Вермюлена. Художественное воплощение идей разработчиков посредством новейшего светотехнического оборудования подарило восхитительное по зрительному восприятию действо жителям и гостям столицы. «Мы всегда экспериментируем с новыми способами разработки новых методов визуального дизайна... В рамках наших проектов внимание уделяется нескольким ключевым элементам. В их числе – оригинальность, визуальное воздействие, уникальность и интеграция в существующую архитектуру. Мы экспериментируем с новыми формами, технологиями и материалами из уникальных мест. Укрепление симбиоза между нашими навыками позволит нам использовать имеющийся художественный опыт, чтобы материализовать наше уникальное видение света и создать произведения искусства из света», – говорит Курт Вермюлен [6].

Поддерживая статус столицы, мероприятия в такие праздники, как День независимости республики, День столицы, День первого президента Республики Казахстан и другие, проводятся широко и щедро оформляются светоцветовыми объектами. Во всех трёх районах города устанавливаются светодинамические панно и организуется освещение магистралей, городских пространств, светом офор-

мляются фасады административных и жилых зданий, малые архитектурные формы, которые украшают парки и скверы столицы.

Так, например, в честь Дня столицы в 2017 г. прошло свыше 70 праздничных мероприятий, большая часть которых состоялась на открытых площадках, а они, в свою очередь, все имели световое оформление. Было установлено более 60 светодинамических панно, оформлены праздничные композиции и светодиодные инсталляции фонтанов, металлокаркасы которых были оплетены светодиодными лентами в сине-белых холодных цветах с мерцающим эффектом, установлено более 500 панелей-кронштейнов.

Ярким событийным эффектом была наполнена Астана в дни проведения Международной специализированной выставки ЭКСПО-2017, освещение которой решало и функциональные, и архитектурно-художественные, и эмоциональные задачи. Динамичный график трехмесячного периода действия выставки (с 10 июня по 10 сентября), расписанный буквально по минутам, непосредственно определял световой сценарий. Динамический свет, подчиняясь насыщенному ритму жизни выставки, создавал событийно-пространственную канву, помогающую участникам и гостям выставки интуитивно понимать расположение, последовательность и порядок мероприятий, ощущать себя в центре праздничных выставочных событий, воспринимать эмоциональный подъём, передаваемый, в том числе, светом.

Центральным архитектурно-выразительным объектом международной специализированной выставки ЭКСПО-2017 был казахский национальный павильон в виде сферы (рис. 7).

Фасад сферы национального павильона украсили 126 тысяч светодиодных лампочек, которые «работали» вместе с уникальным стеклянным покрытием, специально для которого был придуман дизайн освещения. Подарком для горожан ко дню открытия выставки ЭКСПО-2017 стала световая арка, установленная на центральной набережной. Конструкция протяжённостью более 100 метров с динамической иллюминацией и звуком, берущая своё начало от ресторана «Астана Нуры», стала эстетически выразительным ярким пятном.

Таким образом, притягательная роскошь самого разнообразного светового оформления придаёт городу праздничный художественный облик, эстетике, задаёт особое психологическое восприятие. Отметим, что именно в Астане в 2002 г. впервые была применена светоцветодинамика на снежно-ледяном сооружении в качестве праздничного оформления или светового оформления.

Всё вышеизложенное свидетельствует о развитии принципиально нового понимания городской среды в молодой столице Республики Казахстан. Свет становится одной из тех универсалий современного мира, которая может быть взята за основу стратегии нового гуманизма, включающую в себя решение таких проблем, как:

– формирование социального запроса на повышение эстетического, художественного и экологического качества городской среды;

– возрождение общественной природы публичного пространства, которое сегодня представляет собой пространство частных интересов;

– утверждение таких категорий, как «дух места», «контекст», «дух времени», являющихся необходимыми условиями для групповой и личностной идентификации в современном пространстве общества и культуры [7].

4. Затруднения в организации светового оформления города на современном этапе и перспективы его развития

Результаты проведённого исследования показали, что, несмотря на положительные тенденции светового оформления города, тем не менее, на современном этапе в его организации имеются некоторые затруднения. К ним относятся:

1. Подсветка большинства объектов города организована таким образом, что в большинстве случаев автоматизировано только её включение и выключение. Современное светотехническое оборудование нового поколения, которое обеспечивает возможность изменять цвет, яркость, придавать динамику, включать дополнительные световые элементы, используется пока только на отдельных объектах.

2. В городе существует целый ряд объектов, где освещение отстаёт от высокого уровня архитектуры самих зданий. К таким объектам относятся: Дворец мира и согласия, здание министерства транспорта и коммуникаций «Транспорт Тауэр», здания «Фэмили Таун», «Арман кала».

3. Для безопасности и чувства комфорта городских жителей необходимо создание берегающей здоровье световой среды города и решение вопросов светового обеспечения нижних уровней зданий. Оформление светом, как правило, в городе касается верхних этажей высотных зданий.

В настоящее время ведутся активные работы по переходу на энергоэффективное светодиодное освещение города. В 2015 г. была начата разработка градостроительного проекта единой световой среды города Астаны, целью которой являлось измене-



Рис. 7. Вечернее освещение казахского национального павильона международной специализированной выставки ЭКСПО-2017. Фото официального сайта ЭКСПО-2017. <http://www.expo2017astana.com/>

ние практики обособленного не взаимовязанного проектирования наружного утилитарного, архитектурного, ландшафтного, декоративного освещения, которая допускала случаи образования дисгармоничных световых пространств. Результатом стала Концепция создания световой среды города, которая была принята в январе 2018 г. Она является отражением практических шагов по переходу Республики Казахстан к «зелёной экономике». С помощью механизма государственно-частного партнёрства в столице будет создана система интеллектуального освещения. Предусматривается использование энергосберегающих технологий, с возможностью регулирования цветности излучения в системе RGB, централизованного управления. Реализация новой концепции станет основой для совершенствования энергоэффективного, современного и художественно-выразительно-го безопасного городского пространства Астаны.

5. Заключение

Таким образом, проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Художественно-эстетическую канву светового оформления Астаны определяют динамический и экстенсивный характер её развития.

2. Основными факторами, оказавшими влияние на световое оформление города как части художественно-коммуникационной среды, являются: административно-территориальные преобразования (смена статуса города), архитектурно-градостроительные преобразования (активное строительство новой представительской части города), историко-культурные устремления (восстановление собственной истории и определение дальнейшего пути развития), природно-климатические особенности (резко континентальный климат), рельефные условия свободных городских пространств (достаточно большие расстояния между архитектурными объектами, определяющие специфику светового оформления).

3. Организация искусственного освещения в контексте развития художественно-коммуникационной среды Астаны на современном этапе применяется в двух вариантах:

– повседневный – стационарное освещение, с минималистическими средствами, при котором используется преобладающий бело-жёлтый цвет с относительно простым рисунком; на отдельных архитектурно-значимых объектах используется динамичный режим;

– праздничный – временное тематическое освещение в праздничные дни.

4. Свет как выразительное средство, активно участвующее в становлении художественно-коммуникационной среды города, используется посредством:

– эстетически грамотных художественно-выразительных световых решений на уровне отдельных архитектурно-выразительных ансамблей, объектов;

– эстетической выразительности двух типов отношений между светом и архитектурой – контрастном противопоставлении и нюансной согласованности.

5. Концептуальное грамотное сопровождение использования света как выразительного средства в формировании художественно-коммуникационной среды современной столицы позволит, при должном исполнении, задать «каркасную основу» всему неповторимому облику города и акцентировать его национальный колорит – орнамент, символику, мифологию, образность, метафоричность – в динамике его исторического и культурного развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Назаров Ю.В. Свет в городе – проблемы и перспективы // Светотехника. – 2013. – № 2. – С. 54.
2. Ермолаев А.П., Минервин Г.Б., Ефимов А.В., Гаврилина А.А., Щепетков Н.И., Кудряшов Н.К., Шимко В.Т. Дизайн архитектурной среды. – М.: Архитектура-С, 2004. 504 с.
3. Корнилова А.А., Хоровецкая Е.М. Теоретическая модель светодекоративной организации архитектурной среды // Вестник КазГАСА. – 2006. – № 4 (43). – С.190–195.
4. Быстрянцева Н.В. Комплексный подход в создании световой среды вечернего города // Автореф. дис... канд. архитектуры. – М., 2015. 27 с.
5. Огни вечерней Астаны [Электронный ресурс]. // Nur.kz. Официальный сайт. Новости Астаны. 06.09.2014. // Режим доступа: <https://www.nur.kz/330044-ognivechernej-astany-foto.html> (Дата обращения: 05.02.2018)

6. В Астане в преддверии Наурыз пройдет уникальное световое шоу от знаменитого дизайнера [Электронный ресурс] // Информационная служба Zakon.kz со ссылкой на медиа-центр «Байтерек». 15.03.2013. // Режим доступа: <http://online.zakon.kz/Document/> (Дата обращения: 05.02.2018)

7. Лекус Е.Ю. Городская среда: светодизайн versus световая культура // Философия. Толерантность. Глобализация. Восток и Запад – диалог мировоззрений: тезисы докладов VII Российского философского конгресса (г. Уфа, 6–10 октября 2015 г.). В 3-х т. Т.III. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. С. 309–310.



Назаров Юрий Владимирович,
доктор искусствоведения, профессор. Ректор Автономной некоммерческой организации высшего образования «Национальный институт дизайна».

член-корреспондент Российской Академии художеств. В течение 25 лет возглавлял Союз дизайнеров РФ. Лауреат Государственной премии РФ. Заслуженный деятель искусств РФ. Область научных интересов: история, теория и методология дизайна как явления культуры



Корнилова Алла Александровна,
доктор архитектуры, профессор. Профессор кафедры «Дизайн» Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (КазАТУ), Почётный работник образования Республики Казахстан

(РК), почётный архитектор РК, почётный член Международной общественной организации содействия архитектурному образованию (МООСАО). Область научных интересов: архитектура Казахстана



Тюрин Сергей Михайлович,
архитектор-дизайнер, магистр (2014 г.). Аспирант Автономной некоммерческой организации высшего образования «Национальный институт дизайна».

Область научных интересов: дизайн городской среды

Методы оптимизации синтезирования спектров настраиваемых многоцветных источников света¹

Н. КАРЛИ¹, А. СПЕРЛИНГ², Г. БИЗЯК^{1,3}

¹ Люблянский университет, Любляна, Словения

² Национальный физико-технический институт, Брауншвейг, Германия

³ E-mail: grega.bizjak@fe.uni-lj.si

Аннотация

Описан метод синтезирования спектра излучения настраиваемого многоцветного источника света (НМИС) (*tunable colour light source*). НМИС представляет собой способный имитировать различные спектральные распределения СД источник света, который можно использовать, например, для реализации спектров различных стандартных излучений МКО. Синтезирование спектра излучения сводится, в сущности, к приведению спектра излучения НМИС в соответствие с желательным спектром. Кроме того, это относится к так называемым задачам с ограничениями, т.к. результирующий спектр формируется посредством сложения взвешенных спектров используемых источников света (например, одноцветных СД), и «отрицательный свет» при этом отсутствует. Поэтому нельзя воспользоваться обычными методами оптимизации, такими как метод наименьших квадратов. Прогрессивный метод синтезирования, в основу которого был положен метод оптимизации с ограничениями, был разработан и проверен на лабораторном образце НМИС, предназначенном для использования в целях калибровки. Разработанный метод синтезирования, который описан в данной статье, приводит к хорошим результатам, однако сравнение его с более простыми методами демонстрирует возможность успешного использования и этих методов.

Ключевые слова: СД, настраиваемый многоцветный источник света, синтезированное спектральное распределение энергии излучения, метод наименьших квадратов с ограничениями.

1. Введение

Настраиваемые многоцветные источники света (НМИС) (*tunable colour light source*) подходят для выполнения многих задач и могут использоваться как в лабораториях, так и в повседневной жизни. В сущности, НМИС представляют собой многоканальные источники света на основе СД, способные имитировать спектральные распределения энергии излучения (СРЭИ) разных источников света, в том числе и спектры различных стандартных излучений МКО, даже тех, которые описываются исключительно при помощи математических моделей.

Спектры современных источников света на основе СД существенно отличаются от спектров классических источников света. Для уменьшения неопределённости измерений новых изделий с СД, измерительное оборудование (фотометры) следует калибровать с использованием не только источников света, реализующих спектр стандартного источника A МКО, но и источников света, генерирующих излучение со спектром, очень близким к спектру измеряемого изделия. Поэтому НМИС окажется очень полезным для фотометрических лабораторий, а так как он служит для имитации любого выбранного спектра, то его можно использовать для калибровки оборудования с непостоянным спектром излучения, тем самым уменьшая количество используемых в лаборатории различных эталонных источников света. Но так как он будет использоваться для калибровки, то важно, чтобы подобный лабораторный НМИС мог воспроизводить различные СРЭИ с заданными и стабильными фотометрическими или колориметрическими характеристиками, такими как яркость, коррелированная цветовая температура, координаты цветности (x , y) или индекс цветопередачи.

Для того, чтобы иметь возможность использовать описанный в [1] НМИС для калибровки и проведения исследований, в нём был установлен новый набор СД, и была написана новая управляющая программа. Основным предназначением НМИС будет калибровка измерительных приборов применительно к совокупности различных спектров, так что НМИС должен обеспечить возможность быстрой и точной реализации желательного спектра.

Основным элементом управляющей программы является процесс синтезирования спектра излучения НМИС. Этот процесс должен обеспечить наилучшее возможное решение, в рассматриваемом случае – в приемлемо короткое время реализовать спектр излучения, который должен быть наиболее близок к желательному. Т.к. спектр излучения НМИС должен быть очень близок к желательному, то в основу процесса синтезирования был положен метод оптимизации, в рамках которого различие между синтезируемым и желательным спектрами использовалось в качестве критерия оптимизации. Разработка и апробация процесса синтезирования описаны ниже.

2. Синтезирование спектра

В основу СД НМИС была положена идея создания устройства, способного сформировать любой желательный спектр в спектральном диапазоне, охватываемом СД. Первый вариант НМИС был реализован при помощи интегрирующей сферы, снабжённой 24-мя разными так называемыми монохроматическими СД, формирующими окружность вокруг выходного отверстия сферы, так чтобы освещать её заднюю часть. Хотя эти СД и называют монохроматическими, они на самом деле излучают в пределах узкого диапазона длин волн с полной шириной на уровне половины максимума 15–35 нм (см. рис. 3).

СД расположены таким образом, что их нельзя увидеть непосредственно из выходного отверстия. Как показано на рис. 1, выходное отверстие НМИС снабжено экранирующей трубкой, содержащей 4 апертуры для минимизации попадания в сферу рассеянного света окружающей среды. Внутри сферы спектры используемых СД смешиваются в результате многократ-

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

ных диффузных отражений, и выходное отверстие обеспечивает доступ к равномерно светящейся области, аппроксимирующей синтезированный спектр. Многоканальный источник постоянного тока используется для индивидуального управления каждым из СД посредством изменения значения силы тока. Источник постоянного тока соединён с персональным компьютером при помощи универсальной интерфейсной шины, позволяющей управлять светодиодами при помощи компьютерной программы. Кроме того, в сфере имеется отверстие для оптоволоконного кабеля спектрометра, который подключён к этому же персональному компьютеру. Измеренные спектральные данные обрабатываются управляющей программой, написанной в среде *LabVIEW*, и могут использоваться не только для контроля, но и для управления излучением НМИС.

Было опубликовано много статей, посвящённых как СД НМИС, так и тому, как обеспечить максимально возможное совпадение синтезированного спектра с желательным. Многие исследования были посвящены попыткам найти наилучший способ имитации спектров различных стандартных излучений МКО и других излучений. В [2] был предложен настраиваемый многоцветный источник света, в котором использовались СД, излучающие в диапазоне длин волн 380–780 нм, и простой, но медленный итерационный алгоритм оптимизации. В [3] для минимизации различий между оптимизированным и желательным спектрами было предложено использовать отсекку, удаляющую ненужные СД и, тем самым, позволяющую получить оптимальный набор СД. Приведённые в этой статье результаты представляются очень многообещающими, однако нам не удалось воссоздать эту методику, т.к. в упомянутой статье не все стадии были описаны полностью. В [4] было предложено использовать для нелинейной оптимизации спектра изучения системы СД основанный на радиальных базисных функциях стохастический алгоритм, который включал в себя минимизацию цветовых различий.

Все использовавшиеся в упомянутых статьях алгоритмы были основаны на методе оптимизации Гаусса, базирующемся на минимизации суммы квадратов разностей между

Рис. 1. Реализация НМИС при помощи интегрирующей сферы и 24 СД, расположенных вокруг выходного отверстия

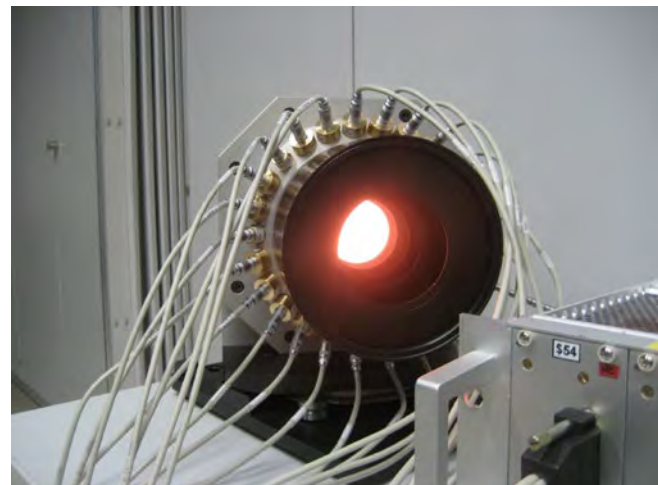
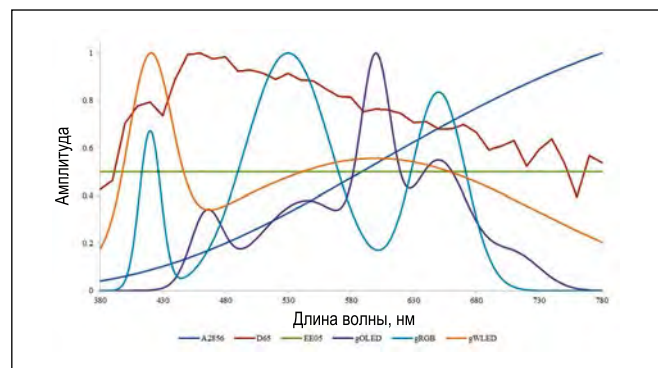


Рис. 2. Шесть различных желательных спектров, использованных для проверки методов оптимизации НМИС



синтезированным спектром НМИС и желательным спектрами. На самом деле, хотя метод наименьших квадратов и обеспечивает оптимальный результат, он, в то же время, содержит ряд отрицательных коэффициентов, которые нельзя реализовать в случае НМИС, т.к. в этом случае коэффициенты соответствуют излучению СД, и отрицательные значения этих коэффициентов означали бы «отрицательное» излучение, которое следовало бы вычесть из синтезированного света, что физически невозможно. Так что требовалось найти усовершенствованный или иной метод оптимизации, который обеспечил бы наилучший результат с учётом того, что рассчитанные коэффициенты должны быть положительными или равными нулю.

С другой стороны, метод оптимизации Гаусса, который является основным математическим методом определения коэффициентов уравнения наилучшего приближения (или, по меньшей мере, их начальных значений), очень прост. Согласно [5], метод оптимизации Гаусса можно использовать и для получения решения при наличии ограничений, но только в случае, если удастся правильно и должным образом задать эти ограничения.

Возможность использовать метод оптимизации Гаусса для решения задач методом наименьших квадратов с ограничениями типа линейных неравенств позволила нам заложить этот метод в основу нашего алгоритма синтеза.

3. Методы оптимизации с ограничениями

В литературе описано много различных методов оптимизации, включающих в себя те или иные ограничения. В [6] описаны основные проблемы, связанные с уменьшением размерности в области словарного обучения (*dictionary learning*). В этой работе основное внимание было уделено разработке новых алгоритмов составления словарей подпространств (*dictionaries of subspaces*), обеспечивающих эффективное представление разных классов сигналов. Так как ключевыми моментами решения связанных со словарным обучением задач являются разреженные ограничения (*sparsity constraints*), то все они основаны на разреженных аппроксимациях (*sparse approximation*). В [7] было проведено исследование метода оптимизации, целью которого была ми-

минимизация ошибки реконструкции и количества СД источников света при помощи изложенных в [6] методов разреженного кодирования. В [5] был описан алгоритм решения неотрицательной задачи наименьших квадратов (НЗНК), который оказался оптимальным для неотрицательных задач с определёнными ограничениями типа неравенств. В [8] был предложен быстрый алгоритм решения задачи методом наименьших квадратов с ограничениями в части неотрицательных коэффициентов, в основу которого был положен стандартный алгоритм решения НЗНК [5]. В ряде случаев, он сходится быстрее, однако в своей основе он остался почти таким же. В то же время, в [9] была описана выложенная в свободный доступ написанная на языке СИ реализация решения задачи методом наименьших квадратов с ограничениями типа неравенств. Точность расчётов по этой программе соответствует точности функции *lsqnonneg* в Матлаб [10], которая, опять же, основана на описанном в [5] методе. Описанная в [9] программа работает намного быстрее, чем функция *lsqnonneg*, и лучше подходит для очень обширных задач.

Так как метод НЗНК использовался во многих работах для решения самых разных задач, то можно считать, что этот метод обеспечивает оптимальное решение неотрицательной задачи наименьших квадратов с определёнными ограничениями типа неравенств. Так что мы воспользовались им для оптимизации спектров излучения НМИС. Ниже приведены краткое описание алгоритма решения задачи наименьших квадратов методом Гаусса и обзор основных алгоритмов, в которых используется метод НЗНК.

3.1. Метод оптимизации Гаусса

Алгоритм Гаусса используется для решения нелинейных задач методом наименьших квадратов. Этот метод называют «методом наименьших квадратов», потому что при этом минимизируется сумма квадратов отклонений. В случае НМИС отклонения представляют собой соответствующие разным длинам волн разности между полученным спектром излучения НМИС и желательным спектром излучения. Спектр излучения НМИС, который обозначается как $S_o(\lambda)$, синтезируют

при помощи спектров M СД, так что его можно записать в виде:

$$S_o(\lambda) = \sum_{i=1}^M k_i \cdot S_i(\lambda), \quad (1)$$

где $S_i(\lambda)$ – СРЭИ i -го СД, k_i – соответствующие весовые коэффициенты, а M – количество СД в наборе. СРЭИ используемых СД следует указать для выбранных длин волн, например, с шагом 1 нм в диапазоне от 380 до 780 нм, если мы хотим использовать НМИС только в видимой области спектра. Если обозначить желательный спектр, как $S_t(\lambda)$, то функцию невязки R , которая представляет собой сумму квадратов разностей между желательным и синтезированным спектрами, можно записать в виде:

$$R = \sum_{\lambda=380}^{780} (S_t(\lambda) - S_o(\lambda))^2, \quad (2)$$

Воспользовавшись уравнением (1), можно записать R , как:

$$R = \sum_{\lambda=380}^{780} \left[S_t(\lambda) - \sum_{i=1}^M k_i \cdot S_i(\lambda) \right]^2, \quad (3)$$

или в виде матрицы:

$$R = \| \mathbf{S}_t - \mathbf{S}_{LED} \mathbf{K} \|^2, \quad (4)$$

где \mathbf{S}_t – желательный спектр, представленный в виде вектора с составляющими, соответствующими выбранным длинам волн, \mathbf{K} – вектор весовых коэффициентов, а \mathbf{S}_{LED} – матрица, сформированная из спектров используемых СД для тех же длин волн, что и \mathbf{S}_t . В случае диапазона длин волн от 380 до 780 нм и шага, равного 1 нм, векторы \mathbf{K} и \mathbf{S}_t являются 401-мерными, а матрица \mathbf{S}_{LED} состоит из 401 x M элементов:

$$\mathbf{S}_{LED} = \begin{bmatrix} d_1(1) & d_2(1) & \dots & d_M(1) \\ d_1(2) & d_2(2) & \dots & d_M(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_1(401) & d_2(401) & \dots & d_M(401) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где $d_n(i)$ – энергия излучения n -го СД на i -ой длине волны.

Выражение (4) описывает переопределённую систему 401 линейных уравнений с M неизвестными. Согласно Гауссу и Лежандру, вектор \mathbf{K} , минимизирующий уравнение (4), можно записать в виде:

$$\mathbf{K} = (\mathbf{S}_{LED}^T \cdot \mathbf{S}_{LED})^{-1} \cdot \mathbf{S}_{LED} \cdot \mathbf{S}_t, \quad (6)$$

где

$$(\mathbf{S}_{LED}^T \cdot \mathbf{S}_{LED})^{-1} \cdot \mathbf{S}_{LED} = \mathbf{S}_{LED}^+, \quad (7)$$

– псевдообратная матрица Мура-Пенроза [11–13], полученная из матрицы спектров \mathbf{S}_{LED} .

К сожалению, при синтезировании спектра излучения НМИС полученный вектор \mathbf{K} может как оказаться, так и не оказаться оптимальным решением, т.к. в общем случае \mathbf{K} может содержать некоторое количество отрицательных коэффициентов, а это означает, что соответствующие СД должны излучать отрицательное количество света. А т.к. это невозможно, то такой оптимальный спектр излучения нельзя реализовать на практике. Поэтому следует ввести в расчёты дополнительные ограничения: оптимальным будет тот спектр излучения, которому соответствуют наименьшее значение R и только положительные значения весовых коэффициентов.

3.2. Алгоритм решения НЗНК

В результате мы имеем так называемую неотрицательную задачу наименьших квадратов, которую в общем случае можно сформулировать следующим образом:

$$\text{минимизировать } \|\mathbf{Ax} - \mathbf{b}\| \quad (8) \\ \text{при условии } \mathbf{x} \geq 0,$$

где \mathbf{A} – матрица размером $m \times n$ ($m \geq n$), \mathbf{b} – m -мерный вектор исходных данных, а \mathbf{x} – n -мерный вектор решения. Оптимальное решение системы линейных уравнений $\mathbf{Ax} \approx \mathbf{b}$ требуется найти при условии $\mathbf{x} \geq 0$. В нашем случае матрица \mathbf{A} представляет собой матрицу спектров использовавшихся (и измеренных) СД (\mathbf{S}_{LED}), n – количество СД, а $m = 401$ – размерность векторов СРЭИ, измеренных с шагом 1 нм в диапазоне длин волн от 380 до 780 нм. Вектор \mathbf{b} соответствует желательному спектру \mathbf{S}_t и имеет ту же

размерность $m = 401$, а \mathbf{x} представляет собой оптимальное решение, в нашем случае – оптимальные весовые коэффициенты \mathbf{K} .

НЗНК может быть решена при помощи разных алгоритмов. Первый широко применяемый алгоритм, который был описан в [5], состоял из девяти шагов. Процесс начинается с приравнивания всех составляющих \mathbf{x} к нулю, формирования набора \mathbf{Z} , содержащего все индексы, и пустого набора \mathbf{P} . В основном цикле с использованием текущего значения \mathbf{x} производится расчёт градиентного вектора \mathbf{w} :

$$\mathbf{w} = \mathbf{A}^T (\mathbf{b} - \mathbf{A}\mathbf{x}). \quad (9)$$

Если набор \mathbf{Z} пуст или если все составляющие \mathbf{w} , индексы которых присутствуют в \mathbf{Z} , имеют значения ≤ 0 , то у нас уже есть решение, так что процесс завершается. В ином случае, на следующем шаге максимальную составляющую \mathbf{w} перемещают из \mathbf{Z} в \mathbf{P} . Если хотя бы одна из составляющих имеет отрицательную величину, то в качестве пробного решения можно рассматривать только часть \mathbf{Z} . Так что нужно найти индекс q , такой, чтобы

$$\alpha = \frac{x_q}{(x_q - z_q)}. \quad (10)$$

оказалось минимальным из всех подобных выражений для отрицательных составляющих \mathbf{Z} . При помощи соответствующего этому q значения α можно записать линейную сумму

$$\mathbf{x} = \mathbf{x} + \alpha (\mathbf{z} - \mathbf{x}). \quad (11)$$

На последнем шаге все индексы, соответствующие которым составляющие x равны нулю, перемещают из \mathbf{P} в \mathbf{Z} . Это относится к x_q , но может охватывать и другие составляющие. По окончании процесса получаем вектор весовых коэффициентов \mathbf{P} .

В конце не все составляющие x оказываются положительными и содержатся в \mathbf{P} . Часть из них остаются в \mathbf{Z} , имея значение нуль. В случае НМИС это означает, что не все СРЭИ будут участвовать в формировании синтезированного спектра излучения. Нужные СД будут запитаны требуемыми токами, определёнными на основе

содержащихся в \mathbf{P} (или, в нашем случае, в \mathbf{K}) значений весовых коэффициентов, а остальные будут выключены, т.к. соответствующие им весовые коэффициенты равны нулю.

3.3. Другой, более простой метод получения оптимального решения

Хотя описанный математический метод и не очень сложен, он может вызвать некоторые затруднения при реализации его применительно к некоторым простым НМИС, например, управляемым микроконтроллерами. Даже в случае его реализации в среде *LabVIEW* для управления НМИС, у нас возникли некоторые затруднения, и управляющая программа работала довольно медленно. Поэтому мы проверили ряд более простых методов оптимизации.

Эти дополнительные методы были разработаны для облегчения расчётов в *LabVIEW* или даже в среде микроконтроллера. Для уменьшения времени расчётов метод оптимизации Гаусса использовался только вначале. Как описано в 3.1, основной проблемой метода оптимизации Гаусса является то, что вектор оптимальных коэффициентов, который описывается уравнением (6), может содержать отрицательные составляющие, которые нельзя реализовать на практике. Поэтому в качестве первого приближения из используемого набора СД нужно исключить те СД, которым соответствуют отрицательные коэффициенты, и синтезировать спектр излучения при помощи только тех СД, которым соответствуют положительные коэффициенты. Это очень простой и быстрый метод, однако в большинстве случаев он приводит к не очень хорошим результатам: так как при этом для синтеза желательного спектра используется лишь небольшое количество СД, то невязка R , которая описывается уравнением (4), в большинстве случаев оказывается довольно большой.

Помимо базового метода, в рамках которого все СД с отрицательными значениями коэффициентов исключаются сразу, мы также проверили четыре других метода, в рамках которых подобные СД исключаются шаг за шагом, до тех пор, пока в наборе останутся только СД с положительными коэффициентами, а ме-

тод оптимизации Гаусса будет давать только положительные весовые коэффициенты. Первые три метода пошагового исключения СД с отрицательными значениями весовых коэффициентов отличаются друг от друга только способом исключения первых таких СД. В случае первого метода сначала исключали СД с самым отрицательным значением весового коэффициента. В случае второго метода первым исключали СД с наименьшим по абсолютному значению отрицательным весовым коэффициентом. В случаях третьего и четвёртого методов просто исключали первый или, соответственно, последний из списка СД с отрицательными значениями весовых коэффициентов. В конце итерационного процесса, когда все коэффициенты, полученные методом оптимизации Гаусса, оказываются положительными, можно при помощи уравнения (1) получить синтезированный спектр излучения, в формировании которого примут участие только СД с положительными значениями весовых коэффициентов.

3.4. Сравнение методов оптимизации

Все описанные методы были опробованы на лабораторном НМИС с использованием двух разных наборов СД. Так как размер сферы ограничен, то количество СД в наборе не может быть больше, чем 24. Все СД из первого набора были монохроматическими, и их выбирали таким образом, чтобы их СРЭИ были, по возможности, равномерно распределены по всей видимой области спектра (380–780 нм). Такое распределение позволяет получать непрерывные синтезированные спектры, способные, по меньшей мере, в принципе, оказаться близкими к различным желательным спектрам. Если при синтезировании спектра соответствующие определённым СД весовые коэффициенты оказывались равными нулю, то и токи этих СД были равны нулю. Поэтому такие СД не горели, хотя и продолжали входить в состав НМИС. Это полезно, если предполагается использовать НМИС для синтеза более чем одного желательного спектра. Так что какой-то СД может быть выключен при формировании одного синтезированного спектра и включён при формировании другого синтезированного спектра. Если

Пиковые длины волн и относительные мощности пиков излучения 24-х отобранных СД

СД	Пиковая длина волн, нм	Относительная мощность пика	СД	Пиковая длина волн, нм	Относительная мощность пика
1	380	0,042	13	590	0,390
2	388	0,361	14	599	0,116
3	405	0,463	15	628	0,648
4	424	0,900	16	654	0,069
5	431	0,943	17	666	0,099
6	456	0,645	18	692	0,086
7	466	1	19	707	0,071
8	492	0,500	20	721	0,058
9	498	0,341	21	739	0,044
10	513	0,213	22	762	0,023
11	531	0,131	23	774	0,018
12	520	0,550	24	780	0,003

Таблица 2

Пиковые длины волн и относительные мощности пиков излучения белых СД

СД	Коррелированная цветовая температура, К	Пиковая длина волны, нм	Относительная мощность пика
Тёпло-белый	3500	572	0,0339
Холодно-белый	8700	451	0,1516

расчёты показывают, что один из весовых коэффициентов равен нулю для всех желательных спектров, то этот СД может быть исключён из набора, так как он не влияет ни на один из желательных спектров. В этом случае в НМИС может быть установлен другой СД. Один такой СД был выявлен при первой реализации нашего НМИС, и впоследствии его заменили на белый СД.

Для проведения первых испытаний НМИС был снабжён 24-мя мо-

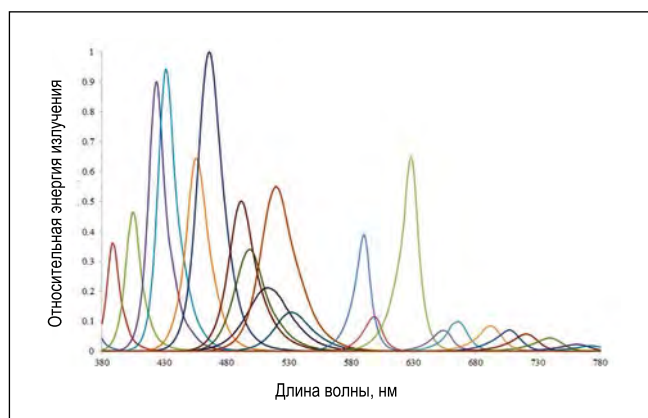
нохроматическими СД. Его испытали применительно к шести желательным спектрам источников света разных типов: стандартным источникам света *A (A2856)* и *D65 (A2856)* МКО, равноэнергетическому источнику излучения (*EE 05*), типичному источнику света с органическими светодиодами (*gOLED*), типичному *RGB* источнику света (*gRGB*) и типичному СД источнику холодно-белого света (*gWLED*). Соответствующие желательные относительные спектральные распределе-

ния излучения приведены на рис. 2. Спектры 24-х отобранных монохроматических СД из первого набора приведены на рис. 3.

Как можно заметить на рис. 3, имеется нехватка подходящих СД с пиковыми длинами волн, лежащими в «зелёной» области спектра в интервале 520–590 нм. Как и ожидалось, это привело к тому, что в этой конкретной области синтезированный спектр довольно значительно отличался от желательного.

В третьем и шестом столбцах табл. 1 для демонстрации различий между отдельными СД из набора 1 приведены относительные мощности их пиков излучения. Спектры масштабировали применительно к максимальной для всех них спектральной мощности излучения. Т.к. СД с пиками в интервале длин волн 650–780 нм имеют небольшие по сравнению с прочими СД мощности излучения, то максимальные полные световые потоки НМИС в случае некоторых синтезированных спектров также могут оказаться очень небольшими. Первые

Рис. 3. Относительные спектральные распределения излучения 24 СД, использовавшихся для создания НМИС, измеренные при номинальном токе СД. Спектры масштабированы таким образом, чтобы величина наибольшего пика была равна 1



Сравнение результатов, полученных использовавшими методами применительно к двум наборам СД
(в таблице представлены рассчитанные значения функции невязки R)

Синтезированный спектр	$A2856$	$D65$	$EE05$	$gOLED$	$gRGB$	$gWLED$
Набор из 23 монохроматических СД (№ 24 не использовался)						
НЗНК	5,6745	15,725	5,847	3,9593	5,805	7,23419
Все отрицательные коэффициенты приравнены 0	132,94	868,42	262,0	92,380	278,2	252,666
Сначала удаляется СД с наиболее отрицательным коэффициентом	5,6745	15,725	5,847	3,9593	5,805	7,23419
Сначала удаляется СД с наименее отрицательным коэффициентом	5,6824	15,839	5,888	4,1399	5,993	7,26875
Сначала удаляется первый СД с отрицательным коэффициентом	5,6824	15,839	5,888	3,7566	5,206	7,26875
Сначала удаляется последний СД с отрицательным коэффициентом	5,6745	15,725	5,847	3,9593	5,805	7,23419
Набор из 22 монохроматических и двух белых СД						
НЗНК	1,6819	2,6235	1,118	1,3999	2,916	1,71788
Все отрицательные коэффициенты приравнены 0	2,8366	9,5895	3,235	3,9093	6,052	4,28758
Сначала удаляется СД с наиболее отрицательным коэффициентом	1,6819	2,6499	1,124	1,3999	2,916	1,72942
Сначала удаляется СД с наименее отрицательным коэффициентом	1,6837	2,8188	1,227	1,4000	2,926	1,85828
Сначала удаляется первый СД с отрицательным коэффициентом	1,6819	2,6235	1,118	1,3999	2,916	1,71788
Сначала удаляется последний СД с отрицательным коэффициентом	1,6837	2,6499	1,124	1,3999	2,916	1,72942

измерения показали, что пик излучения 24-го СД был очень мал, а его пиковая длина волны 780 нм оказалась практически за пределами видимого диапазона. Так как полный световой поток НМИС зависит не только от выбранного желательного спектра, но и от пиковых мощностей излучения использовавшихся СД, то упомянутый 24-ый СД всегда вносил довольно небольшой вклад в полный световой поток. Поэтому этот СД не использовался в большинстве испытаний и был впоследствии заменён.

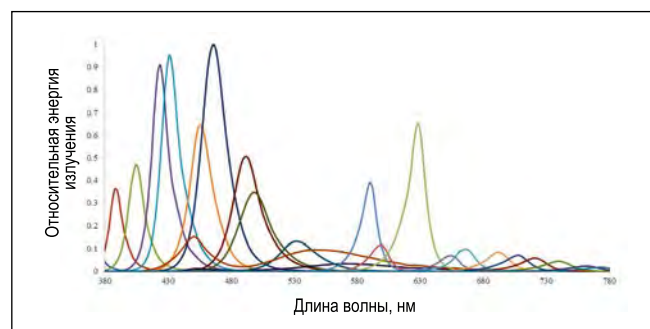
В процессе проведения первоначальных испытаний было установлено, что минимизацию отклонений от желательного спектра в диапазоне между 520 и 590 нм можно обеспечить при помощи двух белых СД (тёпло-белого и холодно-белого света). Поэтому на втором этапе в набор были включены два СД с люминофором, один тёпло-белого света и один холодно-белого света (табл. 2). Однако из-за ограниченности количества мест для СД

в сфере, для этого потребовалось удалить из первоначального набора два СД. Мы удалили СД № 12, весовой коэффициент которого был равен нулю для всех синтезированных в процессе испытаний спектров, и СД № 24, который не вошёл в большинство синтезированных спектров по причине своего очень низкого светового потока. Как показано на рис. 4, выбранные белые СД действительно захватывают спектральный диапазон 520–590 нм.

Все описанные методы оптимизации были испытаны применительно

но к обоим наборам СД. В качестве желательных использовались спектры, показанные на рис. 2. Сравнение полученных результатов проведено в табл. 3. Метод НЗНК использовался для выявления самых малых различий (самых малых значений функции невязки R) между синтезированными с помощью обоих наборов СД и желательными спектрами, и, тем самым, ему соответствовали наилучшие результаты. Для обоих наборов СД результаты, полученные при использовании по меньшей мере одного другого

Рис. 4. Относительные спектральные распределения излучения 24 СД из набора 2, в котором два монохроматических СД были заменены на СД тёпло-белого и холодно-белого света



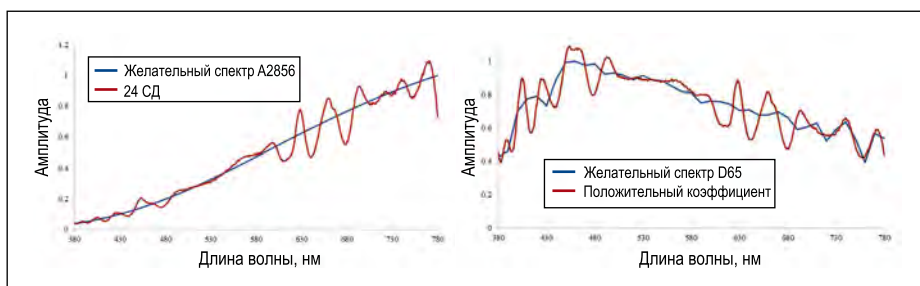


Рис. 5. Результаты синтеза спектров источников A (слева) и D65 (справа) МКО

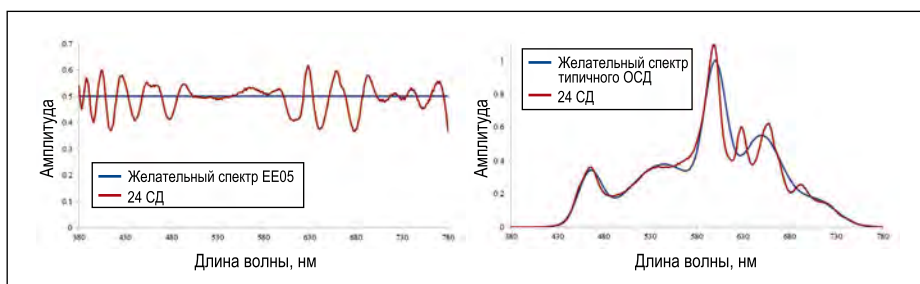


Рис. 6. Результаты синтеза равноэнергетического спектра (слева) и спектра типичного ОСД (справа)

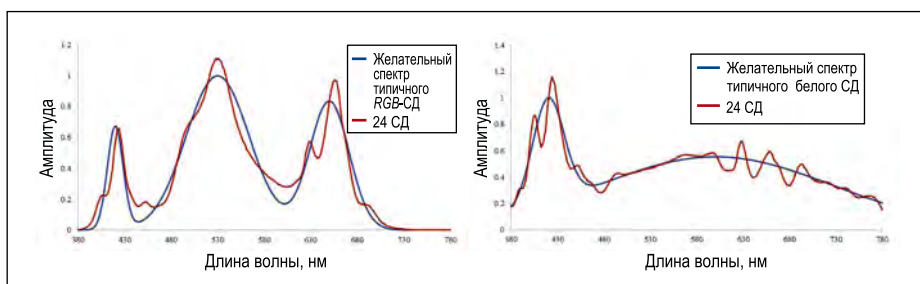


Рис. 7. Результаты синтеза спектров типичных RGB-СД (слева) и белого СД (справа)

(с улучшенной продолжительностью расчётов) метода расчётов (с использованием различных вариантов исключения СД), равноценны результатам, полученным при использовании метода НЗНК. Применительно к первому набору СД, наилучшие результаты были также получены при использовании двух уменьшающих продолжительность расчётов методов, а именно, метода, предусматривающего исключение в первую очередь СД с наиболее отрицательным значением весового коэффициента, и метода, предусматривающего исключение в первую очередь последнего СД из списка с отрицательными значениями весового коэффициента. Применительно ко второму набору СД, наилучшие результаты были получены ещё и при использовании метода, предусматривающего исключение в первую очередь первого СД из списка с отрицательными значениями весовых коэффициентов. Другие методы не приводят к получению сопоставимых результатов.

4. Результаты

В табл. 3 фоном выделены наилучшие результаты, которым соответствуют наименьшие значения функции невязки. Согласно результатам, полученным в ходе проведения испытаний, описанный выше метод НЗНК обеспечил наилучшие результаты и, соответственно, наименьшие отклонения от желательного спектра при использовании обоих наборов СД. Сравнимые результаты не были получены только при использовании метода, предусматривающего одномоментное исключение всех СД с отрицательными значениями весовых коэффициентов после первого же расчёта значений этих коэффициентов, так как в этом случае значения функций невязки оказались намного большими для всех синтезированных спектров. Наряду с методом НЗНК могут с равным успехом использоваться и сберегающие время расчётов методы оптимизации, так

как в большинстве случаев результаты, полученные при использовании этих методов, совпадают с результатами, полученными методом НЗНК, или близки к ним. В частности, очень многообещающим представляется метод, предусматривающий исключение в первую очередь СД с наиболее отрицательным значением весового коэффициента. Он намного быстрее и даёт хорошие результаты, почти все из которых соответствуют результатам, полученным методом НЗНК.

Полученные в результате оптимизированные спектры показаны на рис. 5–7. Все они получены при помощи метода оптимизации НЗНК, применённого ко второму набору СД, состоящему из 22 монохроматических и 2 белых СД.

5. Заключение

Целью описанных в данной статье исследований было выявление оптимального математического метода, позволяющего по возможности максимально приблизить совокупный спектр излучения многочисленных СД источников света к желательному. В результате проведённого анализа литературных данных, был выбран метод поиска оптимального решения неотрицательной задачи наименьших квадратов с определёнными ограничениями типа неравенств, который был опробован применительно к формированию шести желательных спектров. Описанный метод оптимизации, основанный на алгоритме решения НЗНК, представляется очень полезным, тем более что он позволил получить наилучшие результаты применительно к обоим исследовавшимся наборам СД. Как ни странно, результаты, полученные при помощи гораздо более простых методов, которые описаны в разделе 3.3, в большинстве случаев приводят к таким же результатам, как и полученные при помощи очень сложного метода НЗНК, или к очень похожему на них результатам. Как и ожидалось, единственным методом, приведшим к получению намного худших результатов, был метод, в рамках которого уже на первом шаге процесса оптимизации из действующего набора СД исключались все СД, которым соответствовали отрицательные значения весовых коэффициентов.

Несмотря на сложность метода НЗНК, его проще всего адаптировать к потребностям лабораторного НМИС, основанного на интегрирующей сфере и управляемого в среде *LabVIEW*. Однако из-за нелинейной зависимости от тока выходных характеристик СД, которые, к тому же, зависят от временных изменений температуры p - n -перехода СД, реализовать управляемый НМИС, который можно было бы использовать для калибровки, оказалось не так просто, как может показаться, так что к устойчивости метода НЗНК предъявляются определённые требования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bizjak, G., Lindemann, M., Sperling, A., et al. Tunable LED colour source // *CIE Symp.*, 2010.
2. Fryc, I., Brown, S.W., Eppeldauer, G.P., et al. LED-based spectrally tunable source for radiometric, photometric and colorimetric applications // *Opt. Eng.* – 2005. – Vol. 44, No. 11. – P. 111309–111309–8.
3. Wu, C. C., Hu, N. C., Fong, Y. C., et al. Optimal pruning for selecting LEDs to synthesize tunable illumination spectra // *Light. Res. Technol.* – 2012. – Vol. 44, No. 4. – P. 484–497.
4. Luo, M.R., Xu, L., Wang, H. An LED based spectrum design for surgical lighting // *Proc. 28th CIE Sess.*, 2015.
5. Lawson, C.L., Hanson, R.J. 23. Linear least squares with linear inequality constraints. Solving least squares problems // *Society for industrial and applied mathematics*, 1995. P. 158–173.
6. Tosic, I., Frossard, P. Dictionary learning // *IEEE Signal Process. Mag.* – 2011. – Vol. 28, No. 2. – P. 27–38.
7. Chun, S., Kim, J.C., Lee, C.S. Optimization for spectrally tunable lighting control // *Proc. 28th CIE Sess.*, 2015. P. 2046–2055.
8. Bro, R., Jong, S.D. A fast non-negativity-constrained least squares algorithm, // *J. Chemom.* – 1997. – Vol. 11, No. 5. – P. 393–401.
9. Cantarella, J., Piatek, M. Tsnnls: A solver for large sparse least squares problems with non-negative variables // *Comput. Res- Repos: CoRR*, 2004.
10. Solve nonnegative least-squares constraints problem – *lsqnonneg*. MATLAB – Maths Works Deutschland, [Online]. Accessible: <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/lsqnonneg.html?requestedDomain=www.mathworks.com>. [Accessed: 2-nov-2015].

11. Moore, E.H. On the reciprocal of the general algebraic matrix // *Bulletin of the American Mathematical Society.* – 1920. – Vol. 26, No. 9. – P. 394–395.

12. Bjerhammar, A. Application of calculus of matrices to method of least squares; with special references to geodetic calculations // *Trans. Roy. Inst. Tech. Stockholm*. 49. – 1951.

13. Penrose, R. A generalized inverse for matrices // *Proc. of the Cambridge Philosophical Society.* – 1955. – Vol. 51. – P. 406–413.



Нина Карли (Nina Carli). Окончила Люблянский университет, после чего стажировалась в Национальном физико-техническом институте, Германия, и в лаборатории освещения и фотометрии электротехнического факультета Люблянского университета

ратории освещения и фотометрии электротехнического факультета Люблянского университета



Армин Сперлинг (Armin Sperling), Ph.D. (1994 г.). Руководитель отделения фотометрии и спектрометрии Национального физико-технического института, Германия. Заместитель руководителя отделения 2 МКО, председатель Немецкого национального комитета МКО и член экспертного совета

комитета по стандартизации в области света Немецкого института стандартов



Грега Бизяк (Grega Bizjak), Ph.D. Профессор и руководитель

лаборатории освещения и фотометрии электротехнического факультета Люблянского университета. Вице-президент МКО, президент

Словенского национального комитета МКО и представитель Словении в отделении 2 МКО. Область научных интересов: фотометрия, энергоэффективное внутреннее и наружное освещение, использование естественного света и использование СД для освещения

В Международный день света СПб ГУП «Ленсвет» запустило карту с пешеходными маршрутами

На официальном сайте СПб ГУП «Ленсвет» заработала карта с вечерними пешеходными маршрутами, разработанная с учётом объектов, находящихся в обслуживании этого городского предприятия. Внедрение карты (lensvet.spb.ru/marshruty_progulok_po_vechernemu_pe) приурочено к Международному дню света, отмечаемому второй год подряд 16 мая.



Гостям и жителям города предложено 10 променадов продолжительностью от 30 минут до полутора часов. Пешие прогулки по Центральному, Адмиралтейскому, Петроградскому, Московскому районам знакомят экскурсантов с историческими вехами объектов, концепцией наружного освещения рассматриваемых улиц, скверов и архитектурно-художественного освещения зданий и монументов.

Для того, чтобы отдохнуть, узнать новое и насладиться прекрасными видами, необязательно уезжать далеко. Санкт-Петербург завораживает своей красотой, а особенно великолепной и неотразимой становится северная столица с наступлением ночи. Городское предприятие приглашает жителей и гостей города насладиться достопримечательностями города, совершив вечерние пешеходные прогулки по Петербургу. В каждом из предложенных маршрутов участники смогут найти для себя что-то интересное и познавательное. Ознакомиться с графиком работы наружного и архитектурно-художественного освещения можно по ссылке http://www.lensvet.spb.ru/grafik_2018.

Напомним, что дата 16 мая была провозглашена Международным днём света в 2017 году в Париже в рамках 39-й сессии ЮНЕСКО. Этот день призван подчеркнуть мировое признание той роли, которую свет и освещение играют в жизни человека.

lensvet.spb.ru
16.05.2018

Комфортная световая среда при естественном и совмещённом освещении. Определение её характеристик методом субъективных экспертных оценок

А.К. СОЛОВЬЁВ¹, С.В. СТЕЦКИЙ¹, Н.А. МУРАВЬЁВА²

¹ НИУ «МГСУ», ² X5 Retail Group, Москва
E-mail: agpz@mgsu.ru, melamory740@gmail.com

Аннотация

Световой комфорт в помещении характеризуется условиями зрительной работы, которые определяются уровнями освещения рабочего места и насыщенности светом всего помещения. Связанные с этим задачи решались в основном для искусственного освещения. В статье рассматриваются результаты исследований в нашей стране и за рубежом по определению критерия комфортности освещения помещений искусственным и естественным светом. Указывается, что таких исследований явно недостаточно, и даются предложения по их развитию.

Ключевые слова: экспертная оценка, комфорт, световая среда, психофизические методы, освещение помещений, зрительная работа, насыщенность светом помещения, субъективная оценка, наблюдатели.

Введение

Требования к световой среде в зданиях характеризуются уровнями освещённости, достаточной для выполнения зрительной работы, и насыщенности светом, обеспечивающей световой комфорт. Кроме того, световой комфорт обеспечивается равномерностью распределения излучения по помещению и отсутствием резких контрастов в поле зрения. Эти характеристики – статические, но многочисленные исследования показывают, что постоянство световой среды в помещении отрицательно влияет на самочувствие людей [1]. Человек привык к динамике освещения. Смена дня и ночи влияет на выработку гормонов в его организме, влияющих на состояния бодрствования и усталости [2]. Эти исследования показали преимущества естественного освещения. Однако даже при высоких уровнях наружного естественного освещения без учёта искус-

ственного реально не обойтись. В современных производственных зданиях большую часть светового дня естественный и искусственный свет действуют совместно.

Концепции освещения

• *Концепция постоянного дополнительного искусственного освещения (PSALI, Permanent Supplementary Artificial Lighting)*

Это – первая концепция совместного действия искусственного и естественного света, разработанная Р. Гопкинсоном ещё в 1959 г. [3, 4]. Её предпосылками стали противоречия, возникшие при нормировании искусственного освещения того времени для школьных классов и офисов в Великобритании. Нормы освещённости в 160–200 лк вызывали резкий контраст между тёмными поверхностями интерьера в глубине помещения и ярким небом, видимым в окнах. Во избежание столь неприятного явления необходимо усиливать дополнительное искусственное освещение сообразно росту наружной естественной освещённости.

• *Концепция автоматически регулируемого дополнительного искусственного освещения (АРДИО)*

Современные средства регулирования искусственного освещения позволили выдвинуть вторую концепцию совмещённого освещения – автоматически регулируемое совмещённое освещение. Суть этой концепции – дополнение уровня естественного освещения до нормируемого для искусственного освещения в зонах с недостаточным естественным светом. При этом помещение разделяется на зоны по значению КЕО, площадь и расположение которых зависят от наружной освещённости. В этих зонах на специально определённых местах размещаются фотодатчики,

фиксирующие освещённость в этих зонах и посылающие сигналы автоматам, включающим и выключающим светильники или регулирующим световой поток этих светильников так, чтобы суммарная освещённость от естественного и искусственного света была бы в пределах нормы. Фотодатчики можно размещать и на светопроёме, защищая их от прямых лучей солнца. При этом необходимо строить программу изменения зоны с достаточной естественной освещённостью в зависимости от наружной освещённости и в соответствии с этой программой включать и выключать ряды светильников. А для оценки экономии электроэнергии на искусственное освещение в таких системах допустимо считать, что ряды светильников тянутся параллельно окнам. Считается, что уровни внутренней естественной освещённости, при которых следует включать или выключать ряды светильников, должны соответствовать норме для искусственного освещения. Если в помещении имеет место равномерное распределение естественного света, например, в больших залах с зенитными фонарями, равномерно распределёнными в покрытии, то регулирование дополнительного искусственного освещения осуществляется с помощью включения или выключения групп светильников, создающих одинаковые уровни искусственной освещённости в зависимости от наружной освещённости (дискретное регулирование). Современная техника позволяет также обеспечивать плавное (непрерывное) регулирование светового потока светильников.

Вторая концепция во многом механистична, несовременна и тоже не отвечает потребностям человека. На современном уровне развития светотехнической науки мы можем рассчитывать освещённости и другие параметры освещения в любых помещениях, но почти ничего не знаем о потребностях человека в части внутренней световой среды. Так, мы не знаем, что лучше для человека – дискретное или непрерывное регулирование. Непрерывное поддерживает при слабом наружном освещении постоянство уровней освещённости, а дискретное – в какой-то мере природную динамику естественного света.

Проектирование совмещённого освещения должно решать две задачи: создание необходимых условий

зрительной работы на рабочем месте и создание такой световой среды в помещении, которая характеризовалась бы находящимися в нём людьми как комфортная. Считается, что это может достигаться воссозданием психологического и эстетического ощущения того, что помещение залито естественным светом [5]. Обеспечение требуемых условий зрительной работы является необходимым, но не достаточным требованием. Необходимо и достаточное требование, представляющее результат увязки решения обеих задач между собой. Первая задача решается (для совмещённого освещения) в НИИСФ РААСН [6] и НИУ «МГСУ» [7], а по решению второй задачи ведутся работы в лаборатории строительной физики НИУ «МГСУ», методика проведения которых в общих чертах представлена в данной статье.

Исследования по естественному и совмещённому освещению в плане комфортности световой среды в рабочих помещениях

Комфорт световой среды – понятие субъективное, и потому не случайно во второй половине XX века наметился и постепенно оформился новый подход к проектированию естественного освещения помещений с использованием метода субъективных экспертных оценок [8–14], базирующегося на субъективной оценке наблюдателями качества световой среды. При этом акцент делается на более высоких качественных характеристиках естественного света по сравнению с искусственным. Эти характеристики – спектральный состав естественного света и динамика его изменения. Кроме того, значительную роль в субъективном восприятии естественного освещения играет информационная связь с окружающей средой, которая может осуществляться только при наличии боковых или, в меньшей степени, верхних светопроемов. При этом большинство качественных характеристик могут отходить на второй план по сравнению с видом из окон. Через фонари верхнего естественного освещения поступает информация лишь о погоде и времени суток. У некоторых типов фонарей к ней добавляется информация о времени года – по состоянию снежного покрова кровли и наличию снега на остеклении. Это является минимальным требованием

к связи с окружающей средой. Авторами это выявлено при устройстве зенитных фонарей в цехе железопроволочного производства Череповецкого сталепрокатного завода и в ткацком цехе Херсонского текстильного комбината путём анкетных опросов, которые проводились в 70-х гг.

В отечественной практике вопросы субъективной оценки световой среды рассматривались и рассматриваются недостаточно активно. Эпизодические исследования, которые проводились в нашей стране с середины прошлого века (в НИИСФ РААСН и МИСИ-МГСУ), к сожалению, не смогли заложить основы этого нового научного направления [15–19], и данная статья, по сути, обращает внимание отечественных специалистов в области архитектурно-строительной светотехники на актуальность данного научного направления, которое может эффективно сочетать инженерные разработки с разработками в области психологии, гигиены и т.д. Метод субъективных экспертных оценок должен перейти из вспомогательного и проверочного в основной, оперирующий не столько объективными данными о работоспособности людей, сколько данными об их субъективных предпочтениях. Такой подход полностью соответствует современной мировой тенденции по приоритету индивидуальных интересов, оценок и запросов.

Исследования по субъективной оценке световой среды в помещениях, проводившиеся на кафедре «Архитектура гражданских и промышленных зданий» МИСИ (ныне НИУ «МГСУ») в конце 90-х, базировались на трудах ведущих учёных, психологов, гигиенистов и светотехников. При этом, в частности, большое влияние на ход исследований оказали основные положения теории адаптации, разработанной Х. Хелсоном (США) [20]. Предложенная им формула определяет зависимость уровня адаптации системы A , при достижении которого происходит наиболее полное принятие раздражителей и достигается их наибольшее соответствие реакциям человека – на фокусный (X), фоновый (B) и остаточный (P) раздражители с весовыми коэффициентами p , q и r , учитывающими интенсивность влияния этих раздражителей соответственно:

$$A = X^p \cdot B^q \cdot P^r.$$

При этом в некоторых исследованиях по естественному и искусственному освещению можно пользоваться упрощённым вариантом этой формулы:

$$A = X^p \cdot B^q. \quad (1)$$

Здесь остаточный раздражитель учтён в фоновом раздражителе. Условия освещения и задачи исследования определяют уровни фокусного и фонового раздражителей. Например, при поиске требуемых условий для выполнения зрительной работы фокусным раздражителем служит уровень освещённости, соответствующий наивысшей работоспособности и наименьшей утомляемости, а фоновым раздражителем – уровень «общей» освещённости в помещении, к которому адаптируется испытуемый. Для искусственного освещения X – это уровень местного освещения и B – уровень общего освещения, а для естественного освещения X – это уровень естественной освещённости, при которой наблюдается максимальная работоспособность и минимальная утомляемость, и B – средний уровень естественной освещённости в помещении. Однако при естественном освещении эти характеристики всё время меняются, и требуется включение и выключение искусственного света. Поэтому при совмещённом освещении X – это уровень естественной освещённости в данный момент времени с добавлением необходимого количества естественного света для обеспечения максимальной работоспособности и минимальной утомляемости при данной зрительной работе, а B – уровень дополнительной искусственной освещённости.

p , q и r в формулах могут изменяться по значимости в зависимости от оцениваемых ситуаций. Раздражитель фокусный в одном случае может быть фоновым и остаточным в другом. Так, при оценке условий освещения на рабочем месте освещённости на нём считают фокусным раздражителем, общую световую среду – фоновым, а остаточный стимул характеризуется прошлым опытом и привычками наблюдателя. При оценке световой среды помещения в целом фоновый раздражитель переходит в разряд фокусного.

При этом, например, в административных помещениях фокусный и фо-

Рис. 1. Схематическая зависимость субъективной оценки световой среды от фотометрической величины



Рис. 2. U-образная функциональная зависимость



Рис. 3. Зависимость уровня брака (из-за утомляемости) от искусственной освещённости

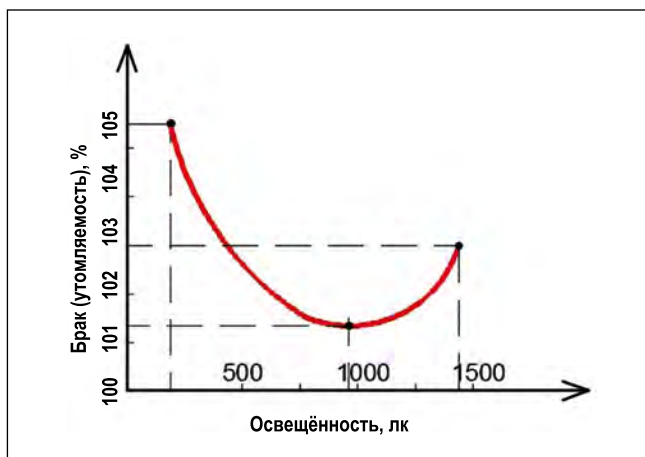
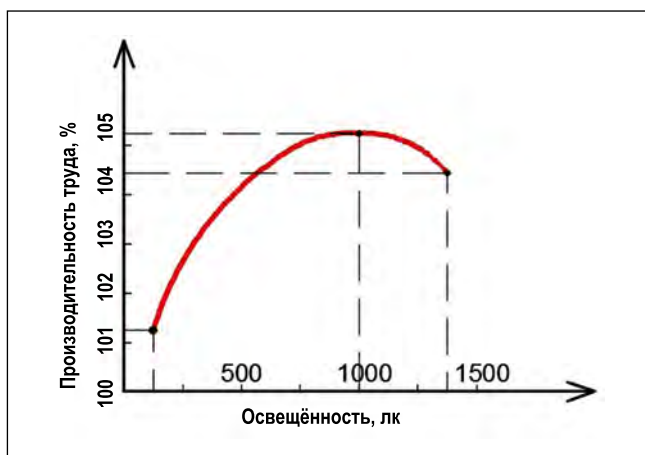


Рис. 4. Зависимость производительности труда от искусственной освещённости



новый раздражители могут оцениваться при p и q , равных 0,5. Это определено анализом рабочего времени работников офиса. Полная адаптация наступает, по анкетным опросам, при $A = 600$ лк, а нормируемая искусственная освещённость (будем считать её фоновым раздражителем) $B = 300$ лк. Считая насыщенность светом помещения фокусным раздражителем X , по формуле (1) последовательно имеем: $600 = X^{0,5} \cdot 300^{0,5}$, $X = 1200$ лк. Это показывает, что для полной адаптации, т.е. ощущения комфортности световой среды, надо, чтобы уровни освещённости на рабочих местах и общий уровень освещённости в помещении суммировались.

В проводившихся исследованиях субъективная оценка световой среды в помещениях осуществлялась самым распространённым образом – балльной оценкой по заданной шкале. Присвоение баллов тому или иному признаку являлось кодированием зрительных ощущений. Так, оценка какого-либо исследуемого признака максимальным баллом свидетельствует о достижении «зоны комфортности». При уменьшении или увеличении параметров оцениваемого признака оценка снижается, свидетельствуя о дискомфорте ощущений (табл. 1 и рис. 1) [20].

Существует оптимальное значение стимула, которое в психофизике выражается так называемой «U-гипотезой», согласно которой характер изменения процесса описывается графиком функции частоты раздражения в виде латинской буквы «U». Оптимальное значение стимула – это диапазон минимальных ошибочных решений, где минимум приходится на точку, являющуюся уровнем адаптации рассматриваемой системы (рис. 2) [21–22].

Конкретное использование основных положений теории адаптации, подтверждающее наличие U-образной функциональной зависимости между раздражителями и реакциями, прослеживается в базовых работах зарубежных и отечественных исследователей уже с конца прошлого века. Так, на рис. 3 представлен график, показывающий изменение количества брака в работе вследствие утомляемости работающих при изменении уровней освещённости, аналогичный графику на рис. 2, а график на рис. 4, аналогичный графику на рис. 1, показывает, что с ростом освещённости растёт

Значения, присваиваемые шкале оценок

№№ п/п	Характеристика	Оценка в баллах				
		1	2	3	4	5
1	Общая оценка световой среды	Очень плохое	Плохое	Удовлетворительное	Хорошее	Очень хорошее
2	Преобладание естественного или искусственного света	Искусственный	Более искусственное, чем естественное	Поровну	Более естественное, чем искусственное	Естественный
3	Сочетание естественного и искусственного света	Очень плохое	Плохое	Удовлетворительное	Хорошее	Очень хорошее
4	Ощущение сумеречности	Нет	Незначительное	Среднее	Есть	Большое
5	Контраст между окнами и простенками	Очень малый	Малый	Средний	Большой	Очень большой
6	Распределение яркости по помещению	Монотонное	Почти монотонное	Приятное	Почти контрастное	Контрастное

до некоторого предела производительность труда.

Объективные данные по зависимости утомляемости и производительности труда от освещённости на рабочем месте соответствуют субъективной оценке световой среды в целом по помещению, полученной в ряда дальнейших исследований, проводимых по методике экспертных оценок, основой которой являются: 1) подбор группы наблюдателей по количеству; 2) подбор группы наблюдателей по качеству; 3) определение целей эксперимента и постановка соответствующих задач; 4) корректная обработка результатов эксперимента.

Необходимое количество наблюдателей n должно определяться согласно выбранным значениям показателя точности эксперимента по формуле Г.Ф. Лакина [23]

$$n = (t_z^2/z^2) + 3,$$

где t_z – нормированное отклонение от заданного уровня значимости; z – вспомогательная величина для оценки значений коэффициента корреляции, табулированная в [23]. Для получения более достоверной статистики группа наблюдателей должна состоять из лиц разного пола, возраста, профессиональной подготовки, степени усталости, состояния зрительного анализатора и т.д. Следует разработать специальное руководство (так называемое «введение в эксперимент»), с которым наблюдатели знакомятся перед началом наблюдений. Цель и задачи

эксперимента во многом определяют методику его проведения. Поэтому этот пункт должен быть проработан с большой тщательностью. Наконец, корректная обработка результатов наблюдений должна обеспечиваться с помощью современных электронных методов математической статистики [24, 25]. В качестве примера приведём состав экспертной группы, с которой проводился эксперимент по субъективной оценке световой среды на макетах помещений, в котором определялись уровни и зоны дополнительного искусственного освещения в помещениях с боковыми светопроёмами (табл. 2). При общем количестве наблюдателей 99, мужчин было 66, а женщин – 33. Такое соотношение соответствовало конкретной задаче эксперимента по определению уровня дополнительного искусственного освещения в помещениях проектных организаций. Нормальным зрением обладали 47 человек. Количество наблюдателей по возрастным группам варьировалось следующим образом: до 30 лет – 46, от 30 до 50 лет – 42 и свыше 50 лет – 11.

Дальнейшее развитие методика проведения психофизических экспериментов методом анкетных опросов и интерактивным методом (когда испытуемые сами устанавливают желательные для них параметры све-

товой среды) получила в ходе натуральных экспериментов, проводившихся группой молодых исследователей на кафедре «Архитектура гражданских и промышленных зданий» (ныне кафедра «Проектирование зданий и сооружений») НИУ «МГСУ». Примером может служить недавнее исследование аспиранта кафедры Н.А. Муравьёвой [26]. Ею установлена зависимость субъективной оценки качества естественной световой среды от коэффициента естественной цилиндрической освещённости (КЕЦО)¹ и показано, что, определив значение этой величины, при котором наблюдатели расценивают световую среду как комфортную, можно переходить к нормированию КЕО или пространственных характеристик светового поля в помещении.

Заключение

- Развитие современной строительной физики ставит перед исследователями новые задачи, которые могут успешно решаться только на основе использования основных положений и методов, характерных для других областей науки. В частности, в светотехнике в последние годы всё шире и активнее используются методы субъективных экспертных оценок как внутренней световой среды в по-

¹ Этот коэффициент, представляющий собой отношение естественной цилиндрической освещённости в центре помещения к одновременной наружной освещённости под открытым небом на горизонтальной площадке, характеризует световое поле вокруг наблюдателя.

Состав экспертной группы

№№ п/п	Кол-во наблюдений	Классификация	Деление на подгруппы							
			Мужчины			Женщины				
1	99	Пол	66			33				
2	То же	Профессионализм	Эксперты		Специалисты		Любители			
			22		33		44			
3	"-	Состояние зрительн. анализат.	Нормальное		Близорукость		Дальнозоркость		Астигматизм	
			47		26		18		8	
4	"-	Возраст	<20	20–30	30–40	40–50	50–60	>60		
			9	37	31	11	7	4		
5	"-	Степень усталости	Минимальная		Средняя		Максимальная			
			33		48		18			
6	"-	Время проведения эксперимента	от 9 до 12 ч		от 12 до 15 ч		от 15 до 18 ч		от 18 до 21 ч	
			16		41		30		12	

мещении в целом, так и её отдельных характеристик, что является прерогативой психофизики.

- Современное состояние светотехнической науки позволяет определять и точно рассчитывать любые характеристики световой среды. Однако при создании световой среды в помещении мы практически не знаем, что же в ней требуется человеку. Исследования световой среды на рабочем месте позволили нормировать уровни искусственной освещённости для выполнения тех или иных зрительных работ. Зрительные работы исследовались и при естественном освещении. Работ по исследованию комфортной световой среды во всём помещении проводилось очень мало. Сейчас назрела необходимость в исследованиях, которые позволят получить данные для нормирования естественного освещения в помещениях, где зрительная работа не является определяющей, а определяющей является комфортность естественной световой среды.

- Методика исследований методом экспертных оценок во многом зависит от целей и задач конкретной работы. Поэтому общую методику исследования вопросов освещения методом экспертных оценок представлять не имеет смысла. Здесь были предложены только основы методики, а её конкретизация должна проводиться для каждой отдельной задачи, что будет продемонстрировано нами в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров Н.Н., Куреев Н.Н. Зрительная работоспособность при естественном и искусственном освещении // Светотехника. – 1977. – № 9. – С. 5–8.
2. Ван ден Бёльд Г. Свет и здоровье // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 4–8.
3. Hopkinson R.G., Longmore J. The permanent supplementary artificial lighting of interiors // Trans. Illum. Engng Soc. (London). – 1959. – Vol. 24, No. 3. – P. 121.
4. Hopkinson R.G. Architectural physics: Lighting. – London: HMSO, 1963. – 360 p.
5. Гусев Н.М., Куреев Н.Н. Освещение промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 161 с.
6. Семенухин Н.И. Субъективная оценка качества осветительных установок отражённого света // Труды НИИСФ. – 1975. – Вып. 13 («Строительная светотехника»).
7. Стецкий С.В., Лобатовкина Е.Г. Совершенствование метода субъективной экспертной оценки факторов внутреннего микроклимата // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 8. – С. 69–72.
8. Юров С.Г. Некоторые вопросы метрики и методики экспертных субъективных оценок психоэстетических параметров световой среды // Светотехника. – 1974. – № 9. – С. 2–4.
9. Irens A.N. Light and Productivity // Trans. Illum. Engng Soc. (London). – 1960. – Vol. 25, No. 2. – P. 53–68.
10. Manning P. Lighting in Relation to other Components of the total Environment // Trans. Illum. Engng Soc. (London). – 1968. – Vol. 33, No. 4. – P. 159–168.

11. Bodmann H.V. Light and total Energy Input to a Building // Light and Lighting. – 1970. – September. – P. 240–245.

12. Ne'eman E., Hopkinson R.G. Critical minimum acceptable Window Size: A Study of Window Design and Provision of a View // Lighting Research and Technology. – 1970. – Vol. 2, No.1. – P. 17–27.

13. Lay S.D. Appraisal of the visual Environment // IES Lighting Review. – 1970. – October. – P. 129–138.

14. Cockram A.H., Collins J.B. A study of User Preferences for fluorescent Lamp Colours for Daytime and Nighttime Lighting // Lighting Research and Technology. 1970. – Vol. 2, No. 4. – P. 249–256.

15. Соловьёв А.К., Стецкий С.В. Создание комфортной световой среды в учебных аудиториях / Собрание специальных и научных сочинений Политехнического института г. Брно (ЧССР), 1979. – С. 113–124.

16. Стецкий С.В. Субъективная оценка качественных параметров совмещённого освещения / Архитектурное образование. Межвузовский сборник. – М.: МАРХИ, 1979. – С. 206.

17. Соловьёв А.К., Стецкий С.В. Определение параметров совмещённого освещения по субъективным оценкам световой среды в помещении // Проектирование и научные изыскания. – 1984. – № 6. – С. 36–38.

18. Стецкий С.В., Порублёв С.Д. Субъективная оценка световой среды в рабочих помещениях малых авторемонтных предприятий для климатических условий Северного Кавказа // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 1. – С. 46–48.

19. Soloviev A.K. Die Anwendung der Lichtfeldtheorie bei der Projektierung der Beleuchtung von Arbeitstaetten // Licht. – 1996. – № 5.

20. *Helson H. Adaptation Level Theory: An experimental and Systematic Approach to Behavior.* – New York: Harper and Row, 1964. – 732 p.

21. Отчёт МКО № 19. «Рекомендуемый метод оценки аспектов освещения, связанных с визуальным восприятием». Вашингтон – Лондон. 1971.

22. Исследование производительности и утомляемости при различных условиях освещения. // Издание общества по изучению света. *Lichttechnik*. 1965. No. 8.

23. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.

24. *Бардин К.В.* Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. – М.: Наука, 1976. – 396 с.

25. *Леонтьев П.Д.* Статистическая обработка результатов измерений. – М. Гослесбумиздат, 1952. – 104 с.

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ В 2018 ГОДУ (III квартал)

Дата	Название мероприятия	Место проведения
11–13.07	InterLumi Panama Международная светотехническая торговая выставка	Панама, Панама lightsearch.com
13–14.08	CIE Expert Tutorial and Workshop on Research Methods for Human Factors in Lighting Консультационное заседание и семинар-практикум, под эгидой МКО, по методам исследования роли человеческих факторов в освещении	Копенгаген, Дания cie.co.at
03–05.09	Shanghai International Lighting Fair Международная светотехническая торговая выставка с конференцией	Шанхай, КНР lightsearch.com
05–08.09	China International Optoelectronic Exposition Китайская международная оптоэлектронная выставка	Шеньжень, КНР lightsearch.com
13–15.09	Central Asia Electricity World – 2018 Международная выставка по электричеству и освещению	Астана, Казахстан lightsearch.com
18–20.09	OLEDs World Summit 2018 Международная торговая выставка по органическим светодиодам с конференцией	Сан-Франциско, США lightsearch.com
25–27.09	8th International Professional Symposium + Expo 2018 Международный симпозиум по широкому кругу вопросов развития светотехники с выставкой	Брегенц, Австрия led-professional-symposium.com



Соловьёв Алексей Кириллович,
доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1965 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Профессор кафедры «Проектирование зданий и сооружений» (б. кафедра

«Архитектура гражданских и промышленных зданий») НИУ «МГСУ». Член Европейской академии наук и искусств и редколлегии журналов «Светотехника» и «Light & Engineering». Имеет звания «Почётный строитель РФ» и «Заслуженный работник высшей школы РФ»



Стецкий Сергей Вячеславович,
кандидат техн. наук, доцент. Окончил в 1970 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Доцент кафедры «Проектирование зданий и сооружений» (б. кафедра

«Архитектура гражданских и промышленных зданий») НИУ «МГСУ»



Муравьёва Нина Антоновна,
кандидат техн. наук. Окончила в 2012 г. МГСУ. Сотрудник компании розничной торговли X5 Retail Group

Объявлены победители 35-й ежегодного Международного конкурса дизайна освещения IALD

Международная ассоциация светодизайнеров IALD объявила победителей 35-й ежегодного Международного конкурса дизайна освещения, выбрав 17 самых выдающихся проектов.

Победителями конкурса стали, завоевав награду «За непревзойдённое мастерство в области дизайна освещения», светодизайнеры Стефани Гросс-Брокхофф и Андреас Шульц (компания *Licht Kunst Licht*), выполнившие проект освещения Немецкого музея слоновой кости в Эрбахе (Германия).

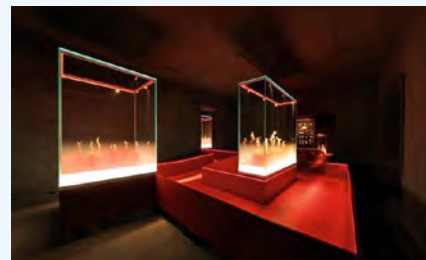
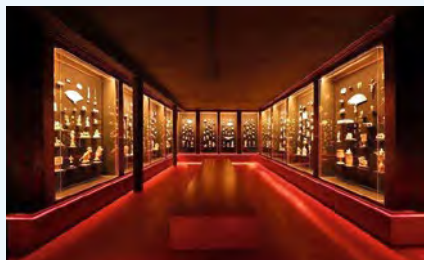
Музей представляет собой небольшую, но изысканную коллекцию предметов из слоновой кости. Дизайн освещения создаёт впечатляющий контраст между экспонатами и их фоном,

акцентируя внимание на форме каждого экспоната. Каждая музейная витрина представляет собой светящийся куб, при этом все находящиеся вне витрин источники света остаются полностью скрытыми от глаз.

В связи с преобладанием в оформлении фона выставки красного цвета, для освещения было выбрано оборудование с цветовой температурой 3000 К. Единственное исключение — освещение нижней трети стеклянных панелей витрин (5000 К), освещаемых светом встроенных в основание СД лент. Благодаря этому приёму, дизайнерам удалось создать эффект появляющихся из тумана экспонатов.

22.05.2018

<http://www.lightnowblog.com>



Измерение цвета бриллиантов

Т.В. ШИРОКИХ, В.Е. ИВАНОВ¹

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск

¹ E-mail: phizika@sbmpei.ru

Аннотация

Как правило, оценка цвета бриллиантов производится визуально из-за сложности создания приборов для проведения объективной оценки, позволяющих исключить влияние дефектов в бриллиантах (неравномерность окраски, трещины, графитовые включения) на измерение цвета. В данной работе проводится анализ методов визуальной оценки цвета бриллиантов и известных приборов для объективной оценки цвета бриллиантов и предлагается установка для измерения цвета бриллиантов, максимально удовлетворяющая условиям визуальной оценки

Ключевые слова: бриллиант, цвет, оценка цвета, колориметрия, приборы для измерения цвета бриллиантов

1. Введение

Визуальная оценка цвета бриллианта производится на закладке из белой бумаги, на которую бриллиант укладывается площадкой вниз, а наблюдение осуществляется перпендикулярно поверхности шипа (рис. 1). Традиционно цвет оценивается при освещении светом северной части неба, не содержащим прямые солнечные лучи, поэтому помещение для оценки цвета бриллиантов располагается в северной части здания. Спектр такого естественного света характеризуется цвето-

вой температурой и может быть отнесён к источникам типа *D*. МКО [1] рекомендует в большинстве случаев использовать источник *D*₆₅.

Существует несколько систем оценки цвета бриллиантов, из которых наиболее распространена предложенная Геммологическим институтом Америки система *GIA*. В этой системе каждый цвет бриллианта обозначается буквой латинского алфавита от *D* (полностью бесцветные бриллианты) до *Z* (бриллианты с бледным жёлтым или коричневым оттенком). Каждая буква сопровождается описанием цвета.

В России цвет бриллианта обозначается цифрой от 1 (бесцветные высшие бриллианты) до 9 (тёмно-коричневые и чёрные бриллианты). Каждая цифра сопровождается описанием цвета [2].

Мелкие бриллианты подразделяются по группам цвета в соответствии с табл. 1, а средние и крупные бриллианты – в соответствии с табл. 2. Сравнительный анализ групп цвета бриллиантов представлен в табл. 3.

В настоящее время цвет бриллиантов оценивается при искусственном освещении с применением стандартных источников света *D*₆₅ на фоне белой бумаги (фотооснова-подложка по ГОСТ 30113) [2]. Для этого рабочее помещение должно иметь общее освещение, создающее освещённость 200 лк, и местное освещение, повыша-

ющее освещённость до 1000–1200 лк [3]. Чтобы исключить влияние на результаты оценки посторонних цветных бликов, помещение должно быть окрашено ахроматической светлой краской, а оценщики должны работать в белых халатах.

2. Приборы для измерения цвета бриллиантов

Для объективной оценки цвета бриллиантов применяются, в основном, приборы, измеряющие не колориметрические параметры (координаты цвета, чистоту цвета и т.п.), а коррелированную (статистические связанную с цветом) величину. Большинство таких приборов измеряют отношение коэффициентов направленного пропускания в синей и жёлто-зелёной частях спектра, которое статистически связывается с цветовыми градациями, характеризующими насыщенность цвета жёлтой тональности. Коэффициенты пропускания обычно измеряют при освещении через площадку с последующим интегрированием лучей, выходящих через грани верха, в фотометрическом шаре. Иногда при освещении через площадку фотометрический шар не применяют – в этом случае измеряют рассеянное излучение, выходящее через грани низа. Основанием для такого метода измерений –

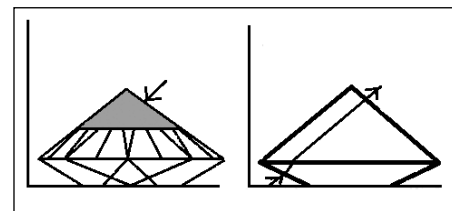


Рис. 1. Схема прохождения излучения через бриллиант при визуальной оценке цвета

Таблица 1

Группы цвета мелких бриллиантов (до 0,29 карат)

Характеристика	Группа цвета
Бесцветные высшие, бесцветные	1
С незначительным оттенком	2
С небольшим желтоватым, сиреневым, серым или едва уловимым коричневым оттенком	3
С явно видимым жёлтым, лимонным, серым или слабо уловимым коричневым оттенком	4
Жёлтые с жёлтым или лимонным цветом во всём бриллианте, а также жёлтые с незначительным коричневым оттенком	5
С видимым коричневым оттенком и серые	6
Коричневые и жёлто-коричневые, чёрные	7

Таблица 2

Группы цвета средних и крупных бриллиантов (от 0,30 карат)

Характеристика	Группа цвета
Бесцветные высшие, а также с голубоватым оттенком	1
Бесцветные	2
С едва уловимым оттенком	3
С незначительным оттенком	4
С небольшим желтоватым, сиреневым или серым оттенком, а также с незначительным коричневым оттенком	5
С видимым жёлтым или серым оттенком	6
С видимым коричневым оттенком	6-1
С ясно видимым жёлтым, лимонным или серым оттенком	7
Очень слабо окрашенные жёлтые	8-1
Слабо окрашенные жёлтые	8-2
Легко окрашенные жёлтые	8-3
Светло-жёлтые	8-4
Жёлтые	8-5
Слабо окрашенные коричневые	9-1
Легко окрашенные коричневые	9-2
Коричневые	9-3
Тёмно-коричневые, чёрные	9-4

по отношению коэффициентов пропускания – служит специфический характер спектрального распределения коэффициента пропускания алмазов.

Среди зарубежных приборов, работающих по принципу измерения

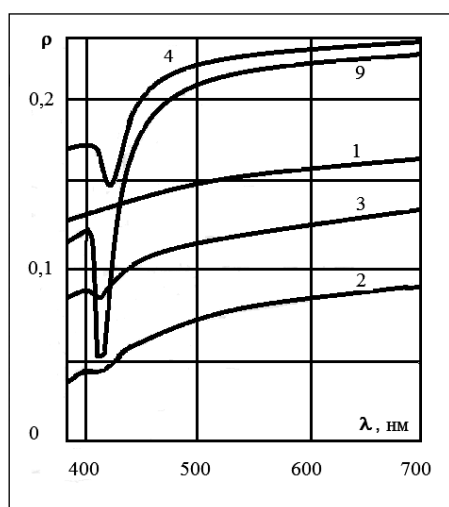


Рис. 2. Спектральные коэффициенты отражения бриллиантов (цифры у кривых обозначают цветовую группу бриллианта по российской классификации)

коррелированной с цветом величины, можно указать *Electronic Colorimeter* [5], в котором спектральные участки выделяются фильтрами, а отношения вычисляются встроенной в прибор вычислительной машиной. Другой прибор, использующий интерференционные фильтры, который получил название *Diamond Photometer*, имеет индикатор, по показаниям которого вычисляются коэффициенты пропускания («показатели трансмиссии»), а по их отношению – «коэффициент трансмиссии».

В России на основании такого метода был разработан прибор «Бриллиант-1», схема которого приведена на рис. 3 [6]. Основу прибора составляет фотометрический шар 6, в котором на подставку 10 устанавливается бриллиант 8 площадкой вверх. На площадку направляется световой пучок, фокусируемый микрообъективом 7. Микрообъектив закреплён в тубусе и работает в схеме осветителя с лампой накаливания 1, расположенной в фокусе конденсора 2, диафрагмой 4 и зеркалом 5. Излучение, вышедшее

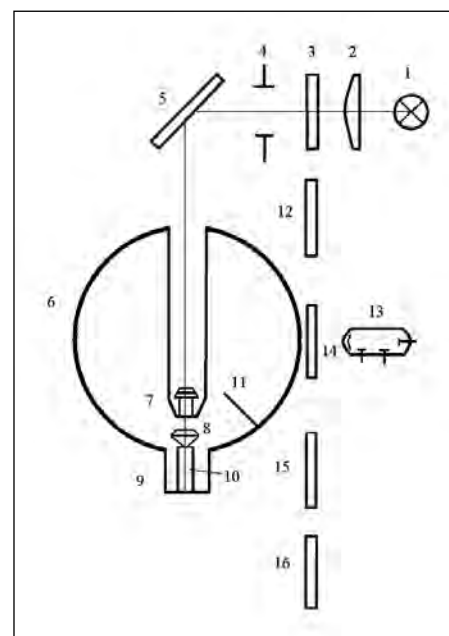


Рис. 3. Оптическая схема прибора «Бриллиант-1»

через грани верха, интегрируется шаром и частично проходит к приёмнику излучения (фотоумножителю) 13, а излучение, вышедшее вниз, попадает в чёрную светоловушку 9. Две пары интерференционных фильтров 3 и 14 или 12 и 15 выделяют излучение с длинами волн 550 или 390 нм, обеспечивая двойную монохроматизацию и исключая влияние возможной люминесценции на результат измерений; заслонка 16 используется для перекрытия света при проверке «нуля» прибора. В шаре имеется экран 11, исключая попадание на приёмник прямых лучей от образца.

При такой схеме освещения и измерения, излучение проходит в бриллианте путь, примерно равный $1,5 D$ (где D – диаметр бриллианта по рундисту¹) (рис. 4). Это превосходит путь излучения при визуальной оценке почти в два раза. В результате цвет измеряемого камня будет более насыщенным, более жёлтым, чем при визуальной оценке. Кроме того, данная установка предназначена для измерения бездефектных бриллиантов. Отражение излучения на трещинах, графитовых точках и дымчатых включениях существенно повлияет на измеряемый цвет бриллиантов.

В другом корреляционном методе окраска бриллиантов жёлтой тональ-

¹ Рундист – узкий поясик, определяющий форму бриллианта, плоскость которого отделяет верх камня от низа

Сравнительный анализ групп цвета бриллиантов

Российская классификация		GIA	Характеристика
До 0,29 карат	От 0,30 карат		
1	1 2	D E	Голубовато-белый
2	3	F	С едва уловимым оттенком
3	4 5	G H	Серовато-белый, желтовато-белый. С незначительным оттенком желтизны
4	6 7	I J	Белый с едва уловимым цветным оттенком
5	8 (1–5)	K-L	Бледно-желтоватый оттенок
6	6 (1)	M-N	Желтоватый оттенок
7	9 (1–4)	O-R S-Z	Желтоватый оттенок. Жёлтые

ности, вызываемая общим для всех бриллиантов уменьшением коэффициента отражения в синей части спектра, связывается с наблюдающимся местным провалом вблизи длины волны 415 нм (см. рис. 2). Глубина этого провала количественно характеризуется так называемым F - числом («фарб-числом»)

$$F = \frac{\rho_{412}\rho_{420}}{\rho_{415}^2}, \quad (1)$$

где ρ_{412} , ρ_{415} , ρ_{420} – коэффициенты отражения на соответствующих длинах волн.

Из объективных колориметров, приспособленных для измерения цвета бриллиантов классической огранки, можно указать электронный компаратор ЭКЦ-1 [7], модернизированный в НИИ интроскопии (НИИИН) (рис. 5).

Исходный прибор предназначен для измерения координат цвета рассеянно отражающих образцов методом сравнения, при этом измеряется разность

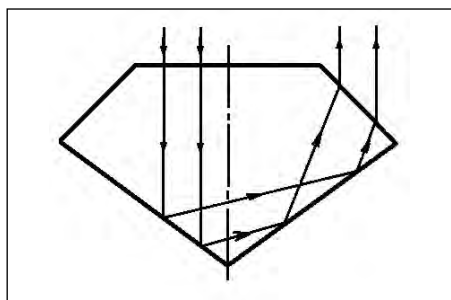


Рис. 4. Ход световых лучей в круглом бриллианте

координат цвета измеряемого образца и образца сравнения, координаты цвета которого должны быть известны. Компаратор работает в системе XYZ.

Модернизированный прибор построен по двухлучевой схеме, позволяющей с помощью модуляторного диска 4 одной лампой накаливания 1 попеременно освещать два сравниваемых образца 8 и 10. Свет от лампы, представляющей собой источник A , направляется на образцы (площадки бриллиантов) с помощью симметричной системы, содержащей объективы 2 и 6, призмы 3 и гибкие многоволоконные световоды 7. Выходные торцы световодов перекрыты пластинками из молочного стекла, что обеспечивает освещение части площадок бриллиантов рассеянным светом (при этом размеры пластинок не превышают размеры площадок). Излучение, прошедшее через образцы, интегрируется фотометрическим шаром. Часть интегрированного излучения проходит к приёмнику излучения, не показанному на рисунке, через выходной световод из полированного органического стекла, входной торец 9 которого находится в центре шара, что исключает прямое попадание интегрированного излучения на приёмник. Между выходным световодом и приёмником излучения располагаются сменные фильтры, корректирующие приёмник под кривые сложения.

Измерения сводятся к выравниванию потоков излучения, попадающих на приёмник излучения по обоим каналам, с помощью чёрных сетчатых фильтров 5, позволяющих регулиро-

вать поток излучения без изменения его спектрального состава. Электронная схема выделяет сигналы обоих каналов, и после выравнивания световых потоков при введённом корректирующем фильтре аналоговая схема позволяет найти отношение координат цвета.

В [7] указывается, что этот прибор обеспечивает удовлетворительную воспроизводимость измерений бриллиантов, но имеет невысокую чувствительность. В соответствии с принятым методом сравнения, этот прибор используется для измерения различия цветов измеряемого и опорного («эталонного») образцов, что обеспечивает максимальную точность измерений. Однако это требует предварительного подбора подходящего образца сравнения, снижает производительность измерений и позволяет сравнивать с образцами жёлтой тональности только бриллианты жёлтых оттенков.

В этой установке устранён недостаток измерения цвета бриллиантов, связанный с увеличением длины пути излучения (которая в данном случае одинакова для эталонного и измеряемого излучения), но дефектность бриллиантов, по-прежнему, будет оказывать влияние на цвет камня, и в результате его группа цветности будет определена неправильно (завышена, если присутствует белое дымчатое включение или отражение от трещины, и занижена, если присутствуют графитовые включения).

Большие возможности для измерения цвета бриллиантов обеспечивают приборы на основе спектрофото-

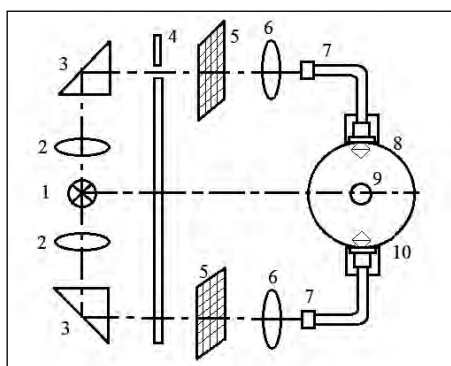


Рис. 5. Оптическая схема прибора ЭКЦ-1

метров. Из таких приборов следует упомянуть спектрофотометр, измеряющий спектральное распределение коэффициента направленного пропускания бриллианта при освещении его через площадку [5]. В [5] отмечается, что по этой зависимости можно однозначно и объективно определить цвета всех драгоценных камней.

В НИИИИН был разработан спектрофотометр на базе спектрометра СИП-1, ранее сконструированного там же [8]. Оптическая схема спектрофотометра (рис. 6) содержит осветитель (1 – лампа накаливания, 2 – конденсор), монохроматор (3 – входная щель, 4 – коллимирующее зеркало, 5 – дифракционная решётка, 6 – выходная щель) и приставку для измерения бриллиантов. Приставка содержит микрообъектив 7, с помощью которого вышедшее через щель монохроматора излучение направляется в фотометрический блок. В свою очередь, фотометрический блок содержит фотометрический шар 10, фокон (конический световод) 8, к которому площадкой прижимается бриллиант 9, и приёмник излучения 11 со схемой измерения фототока. При этом диаметр выходного торца фоконна значительно меньше диаметра площадки бриллианта. В шаре располагается белый экран 12, исключающий попадание на приёмник излучения непосредственно от образца.

Данному прибору присущи те же недостатки измерения цвета бриллиантов, что и «Бриллианту-1»: излучение в бриллианте проходит путь, в два раза превышающий путь при визуальной оценке, и прибор предназначен для измерения цвета бездефектных бриллиантов.

Для измерения цвета бриллиантов компания *Adamas Gemological Laboratory*, США, выпускает специализированный лабораторный спектрофотометрический комплекс SAS2000

Рис. 6. Спектрофотометр, разработанный НИИИИН

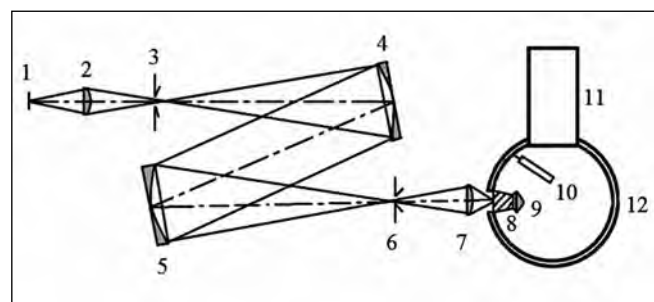
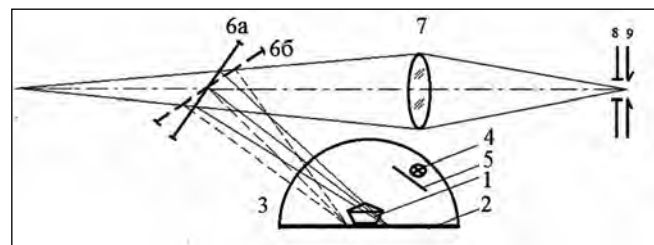


Рис. 7. Оптическая схема рекомендуемой установки



(*Spectrometer Analysis System*) [9]. Это двухканальный оптико-волоконный спектрофотометр, опорный канал которого позволяет отслеживать изменения в спектре источника излучения. Прибор предназначен для измерения спектральных коэффициентов пропускания бриллиантов с последующим расчётом на ЭВМ, вмонтированной в прибор, колориметрических параметров в системах *XYZ* и *CIELAB*. Предварительно прибор калибруется по эталонам *GIA* или другим по желанию заказчика.

В [9] не приводится подробное описание оптической схемы прибора для измерения спектрального коэффициента пропускания. Следует предположить, что она подобна компаратору (см. рис. 5). Бриллиант располагается на световоде площадкой вниз, а ход лучей в бриллианте аналогичен приведённому на рис. 4. Следовательно, доля излучения, вышедшего из бриллианта, зависит от формы и качества огранки, размеров бриллианта, дефектов в виде различных включений и трещин, потому результаты измерений отличаются от результатов визуальной оценки. Полученный в такой схеме цвет бриллианта является коррелированным, так как длина пути излучения в бриллианте приблизительно в два раза превосходит длину пути при визуальной оценке цвета бриллианта.

Следует отметить несколько общих недостатков, присущих всем рассмотренным методам и приборам, использующим освещение бриллианта через площадку:

1. Излучение, направленное на площадку бриллианта, возвращается на-

зад и в большей степени попадает в осветитель, что приводит к неполному использованию излучения.

2. Доля излучения, вышедшего из бриллианта и попавшего в осветитель, не постоянна и зависит от формы и качества огранки, а также от наличия рассеянного света, дефектов и неравномерности окраски бриллианта, что может влиять на результаты измерений.

3. Все приборы, использующие такую схему освещения, нормально работают с бриллиантами классической огранки; трактовка результатов проведённых с их помощью измерений бриллиантов фантазийной огранки, тем более неограниченных алмазов, не очевидна. Не вполне ясно также, что измеряют такие приборы в случае бриллиантов, имеющих внутренние дефекты.

4. Приборы измеряют коррелированный цвет, т.к. в каждой фотометрической схеме своя длина пути излучения в бриллианте, отличающаяся от длины пути при визуальной оценке.

С этой точки зрения перспективной представляется схема измерения, в наибольшей степени соответствующая условиям зрительной оценки, в которой бриллиант располагается площадкой вниз на белой подложке. При этом на приёмник попадает излучение от освещённой рассеянным светом закладки, прошедшее путь, равный $0,65 D$, что соответствует ходу световых лучей при визуальной оценке цвета бриллиантов. Приёмник располагается под углом 45° по отношению к подложке [5].

Такая схема может быть реализована в установке (рис. 7), в которой исследуемый бриллиант 1 помещается на основание 2 полусферы 3. В этом случае обеспечивается диффузное освещение бриллианта и фона источником излучения 4 с защитным экраном 5, исключающим прямое попадание излучения на бриллиант. Такая система освещения исключает влияние посторонних предметов (стены помещения, одежда оценщика и т.д.), излучение которых может рассеиваться на бриллиантах и менять их цвет.

В такой схеме можно определить спектральный коэффициент яркости бриллианта как отношение спектральной плотности яркости излучения, прошедшего бриллиант, к спектральной плотности яркости фона, например, закладки. При этом спектр излучения безразличен.

В фотометрии этот метод называется методом замещения, а его реализация в данной установке осуществляется поворотом зеркала 6, позволяющего с помощью объектива 7 проецировать изображение либо бриллианта (положение зеркала ба), либо подложки (положение зеркала бб) на входную щель 9 монохроматора.

Диафрагма Гартмана 8 перед входной щелью монохроматора предназначена для выделения по высоте необходимого для измерения участка в изображении бриллианта, например, шипа круглого бриллианта, что соответствует условиям визуальной оценки цвета бриллианта.

В отличие от известных, в данной схеме:

1. Можно измерять образцы любой формы, в том числе, алмазы, бриллианты, стразы. Известные установки предназначены, как правило, для измерения плоских образцов.

2. В процессе измерений образец остаётся неподвижным, что обеспечивает фотометрирование одного и того же участка (известных устройствах бриллиант вводится в световой луч и выводится из него при каждой смене длины волны спектрального прибора). А т.к. в бриллиантах могут присутствовать различные цветные, дымчатые, графитовые включения, трещины, то незначительное смещение бриллианта приведёт к искажению результатов измерений.

3. Используется устройство, позволяющее фотометрировать любой (при необходимости) участок бриллианта,

то есть можно измерять те участки, которые не содержат дефекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
2. ГОСТ Р 52913–2008. Бриллианты. Классификация. Технические требования.
3. СНИП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение.
4. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978. – 592 с.
5. Pagel-Theisen V. Diamond Grading ABC. 12-th Edition. – Antwerpen, Belgium, 2000. – 290 p.
6. Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. – М.: Высшая школа, 1976. – 319 с.
7. Рымов А.К., Шкловер Д.А. Электронный компаратор цвета ЭКЦ-1 // Светотехника. – 1961. – № 10. – С. 24–28.
8. Шелкова О.П. и др. Исследование возможности создания установок объективной оценки бриллиантов и алмазного сырья по цветности и порочности. – М.: НИИИ, 1971. – 70 с.
9. SAS2000 Spectrophotometer Analysis System // Adamas Gemological Laboratory. – 2000. – № 4.



Широких Татьяна Васильевна,

канд. техн. наук, доцент. Окончила в 1978 году МЭИ (Смоленский филиал) (1978 г.). Доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Область научных интересов: фотометрия, колориметрия



Иванов Валерий Евгеньевич,

канд. техн. наук, доцент. Окончил Смоленский государственный педагогический институт (1974 г.). Доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Область научных интересов: фотометрия, полупроводниковые фотопреобразователи

Освещение парка им. Анны Ахматовой в Севастополе

В Севастополе состоялось долгожданное событие – после долговременной реконструкции, открылся парк им. Анны Ахматовой и прилегающий к нему пляж «Солнечный». Реконструкция парка проходила в рамках федеральной целевой программы развития Крыма и Севастополя до 2020 года.



Освещение парка было отдельным проектом в рамках реконструкции парка, где МСК «БЛ ГРУПП» установила светильники со светодиодами компании GALAD серий «Шар LED-40» и «Капля LED-40» на опорах компании OPORA ENGINEERING.

Впечатления посетителей от посещения парка остались приятными, так как для них появилось ещё одно прекрасное место отдыха. Губернатор Севастополя Дмитрий Овсянников также подчеркнул, что такой модернизированный парк, точно станет любимым местом для отдыха горожан.

Кроме того, в обновлённом парке появилась система полива зелёной зоны, наружное освещение и архитектурная подсветка, видеонаблюдение и wi-fi зоны, сейчас там проводятся работы по озеленению.



svetozone.ru
25.05.2018

Матричные преобразования для эффективной реализации алгоритма излучательности на графических процессорах

А.С. ЩЕРБАКОВ¹, В.А. ФРОЛОВ^{1, 2}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва
E-mail: alex.shcherbakov@graphics.cs.msu.ru, vladimir.frolov@graphics.cs.msu.ru

Аннотация

Предложен метод преобразования матрицы форм-факторов, позволяющий ускорить расчёт вторичного освещения методом излучательности. Рассмотрена адаптация этого метода для графических процессоров (*graphics processing unit, GPU*). В частности, предложено использовать *DXT*-текстуры для хранения матрицы форм-факторов и переупорядочивать столбцы и строки матрицы для уменьшения потерь при сжатии. Предложенные оптимизации повышают скорость работы алгоритма излучательности до 10 раз и уменьшают до 3 раз объём занимаемой памяти *GPU*.

Ключевые слова: излучательность, глобальное освещение, *GPU*.

1. Введение

Глобальное освещение 3D-сцен складывается из первичного освещения источниками света (ИС) и вторично-многократно отражённым от поверхностей сцены светом. Наибольшую сложность представляет расчёт вторичного освещения, так как размерность интеграла освещённости увеличивается с каждым отражением. Поэтому в приложениях реального времени используют ряд методов приближённого расчёта.

2. Обзор существующих методов

• **Метод «Instant Radiosity»** [1, 2]. Является одним из самых популярных благодаря своей простоте. Для расчёта вторичного освещения используются «вторичные» ИС, создаваемые путём трассировки лучей из первичных ИС. Вторичное освещение, таким образом, может рассматриваться как первичное от вторичных ИС. Развитием метода «Instant Radiosity» для *GPU* служит алгоритм «Reflective Shadow Maps» («RSM») [3]. Вместо трассировки лу-

чей в «RSM» для создания вторичных ИС используются карты теней (*shadow maps*). Основным недостатком данного метода – низкая точность.

• **Метод «Light Propagation Volumes»** [4]. Создаёт вторичные ИС так же, как это делает «Instance Radiosity», но расчёт вторичного освещения производится посредством распространения света по трёхмерной сетке. Основным недостатком данного метода – высокий расход памяти и низкая эффективность при расчётах по распространению света через пустые пространства.

• **Метод «Voxel Cone Tracing»** [5]. Производит «сбор освещения» для каждого пикселя путём трассировки нескольких конусов из заданной точки на поверхности, имитируя Монте-Карло-трассировку лучей по полусфере. В этот метод (так же как в предыдущем) используется воксельная сетка для представления упрощённой геометрии, а сама трассировка конусов аналогична шаганию по лучу (*ray marching*). Отличие в том, что с увеличением расстояния выборка производится из более грубых мип-уровней воксельной сетки, за счёт чего и получается геометрическая аппроксимация конуса. Недостатком алгоритма является высокая вычислительная сложность и зависимость скорости вычисления от разрешения.

• **Метод сферических гармоник** [6]. Основывается на разложении сложных функций освещённости в сумму более простых для вычисления величин. Для некоторых точек поверхности (как правило, вершин) вычисляются коэффициенты разложения их функций освещения по базису. Функции освещения из ИС также раскладываются по базису. В итоге вычисление освещения в точке с разложенной в ней функцией освещённости сводится к скалярному произведению векторов, состоящих из коэффициентов функции освещённости в данной

точке и функции освещения из ИС. Данный метод широко используется при визуализации открытых пространств, но уступает в точности для закрытых помещений методу излучательности.

• **Метод излучательности** [7]. Позволяет получать качественные изображения для закрытых помещений с диффузными поверхностями, во многом не уступая более современным методам. Однако, время выполнения и требуемые ресурсы очень сильно зависят от сцены. Для сцен, содержащих сотни тысяч треугольников, прямое применение излучательности затруднено из-за квадратичной сложности и затрат памяти в зависимости от количества примитивов. Поэтому на практике алгоритм излучательности выполняется для упрощённой сцены (содержащей меньшее количество площадок) и результат расчёта переносится на исходную сцену [8]. Следует подчеркнуть, что наряду со сферическими гармониками алгоритм излучательности переносит основную вычислительную сложность на этап предрасчёта, за счёт чего и достигается хороший баланс точности и скорости по сравнению с остальными методами.

3. Ключевые термины и определения.

В классическом алгоритме излучательности используется матрица форм-факторов F размера $n \times n$, где n – число площадок сцены. Для вычисления освещённости m_i , после отражения данная матрица умножается на n -компонентный вектор начальной светимости $m_e^{(0)}$, содержащий светимость площадок:

$$\bar{m}_i^{(1)} = F \cdot \bar{m}_e^{(0)}$$

Умножая полученный вектор на коэффициент отражения площадок ρ , на которые пришёл свет, вычисляют светимость площадок после отражения:

$$\bar{m}_e^{(1)} = \bar{m}_i^{(1)} \cdot \rho. \quad (1)$$

Элементами векторов в данных формулах являются 3-компонентные векторы, содержащие информацию по каждому цветовому каналу, а элементами матрицы форм-факторов – вещественные числа от 0 до 1. Приведённые вычисления можно повто-

рять, используя векторы $m_e^{(n)}$ вместо изначальной светимости площадок, для получения света, пришедшего на поверхности сцены, после произвольного отражения:

$$\bar{m}_i^{(n)} = F \cdot \bar{m}_e^{(n-1)}. \quad (2)$$

Полное освещение сцены после k отражений получается путём суммирования векторов $m_i^{(n)}$:

$$\bar{I} = \sum_{n=1}^k \bar{m}_i^{(n)}. \quad (3)$$

4. Предлагаемый метод

4.1. Предрасчёт нескольких отражений сцены

Предлагаемая модификация заключается в использовании преобразованной матрицы форм-факторов. В начале введём «цветную» матрицу форм-факторов:

$$F_{ij}^C = F_{ij} \cdot \rho_j,$$

где ρ_j – цвет j -ой площадки. Эта матрица содержит информацию о переносе света между площадками сцены по каждому каналу в отдельности. Таким образом, для её хранения требуется втрое больше памяти. В данной работе рассматривается использование алгоритма излучательности для вторичного освещения сцены. Поэтому вычисление излучательности начинается не с получения вектора $m_i^{(1)}$, а с вычисления светимости после первого отражения $m_e^{(1)}$. Можно считать, что вектор $m_e^{(1)}$ уже посчитан. Мы можем преобразовать выражение (2), используя формулу (1) для произвольного индекса.

$$\begin{aligned} m_i^{(n)} &= F \cdot (\rho \cdot m_i^{(n-1)}) = \\ &= F^C \cdot m_i^{(n-1)} = (F^C)^{-1} \cdot m_i^{(n)}. \end{aligned} \quad (4)$$

Преобразуем (3) с использованием (4):

$$\bar{I} = \left(\sum_{n=1}^k (F^C)^{n-1} \right) \cdot m_i^{(n)}.$$

Матричный полином в скобках не зависит от первичного освещения сцены,

Рис. 1. Распределение значений в матрице форм-факторов (логарифмическая и линейная шкалы)

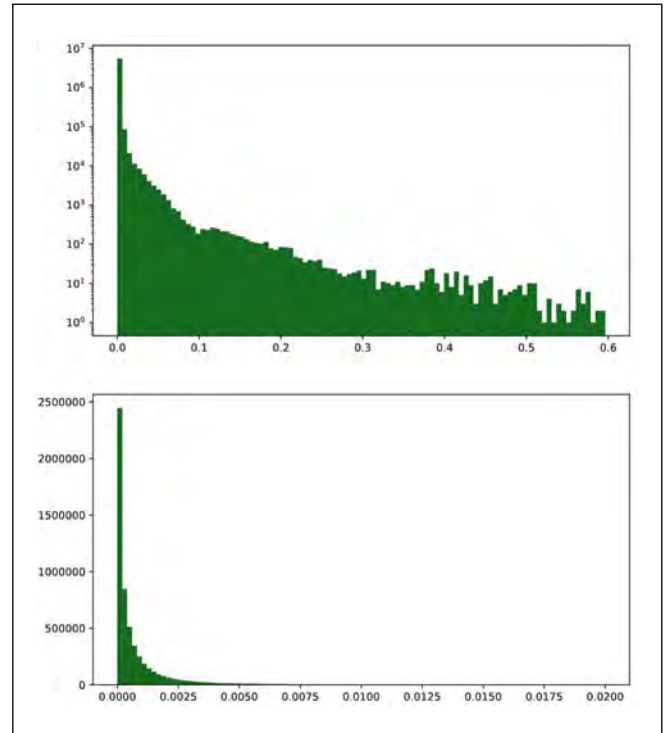


Рис. 2. Фрагмент матрицы форм-факторов до (слева) и после (справа) сортировки строк и столбцов. Увеличенный фрагмент матрицы форм-факторов

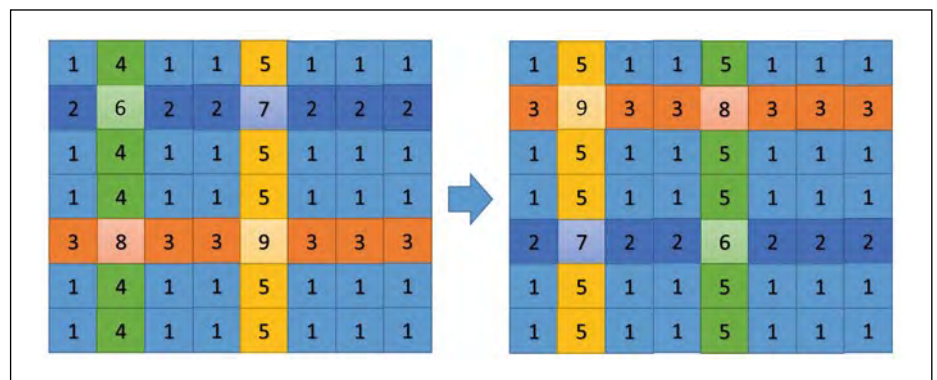
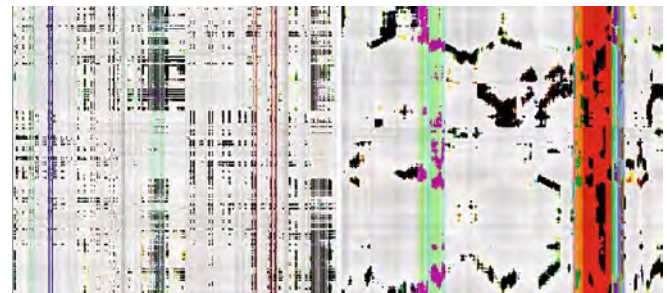


Рис. 3. Схема перестановки строк и столбцов, используемая авторами при сортировке

ности, а зависит лишь от геометрии сцены и материалов поверхности. Поэтому он может быть вычислен на этапе предрасчёта:

$$S = \left(\sum_{i=1}^k (F^C)^{i-1} \right).$$

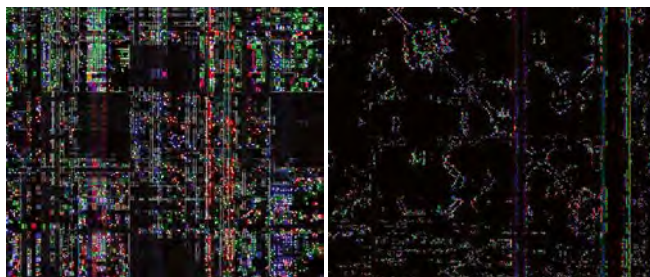
Таким образом, вычисление вторичного освещения методом излуча-

тельности после k отражений сводится к одному умножению вектора на матрицу:

$$m_i^{(n)} = S \cdot m_i^{(1)}.$$

Использование матрицы такого вида позволяет ускорять вычисления в k раз (где k – число переотражений), однако это требует втрое большей памяти.

Рис. 4. Визуализированная разница между сжатой и несжатой текстурами (увеличенный фрагмент) до (слева) и после (справа) переупорядочивания строк и столбцов



ния в матрице необходимо приводить к диапазону 0–255. На рис. 1 показано распределение значений в матрице форм-факторов. При масштабировании этих чисел в диапазоне 0–255 большая часть чисел обнуляется. Поэтому большие числа, которые вносят основной вклад в вычисление излучательности сохраняются отдельно от остальной матрицы, а к остальным применяется следующее преобразование:

$$value'_i = \frac{\max \left(\log \left(\frac{value_i}{\max_j value_j} \right) + shift, 0 \right)}{shift} \cdot 255.$$

Текстура, которая получается в результате такого преобразования, показана на рис. 2, слева.

Однако *DXT*-сжатие допускает потери. Чтобы минимизировать их при сжатии строки и столбцы матрицы сортируются так, чтобы уменьшить разницу между соседними значениями (рис. 2, справа). Так как матрица является отношением для пар площадок сцены, то строки и столбцы должны меняться местами одновременно (рис. 3). В результате среднеквадратичная ошибка при сжатии уменьшается до 5 раз (рис. 4).

4.3. Детали реализации

Так как современные *3D*-сцены содержат сотни тысяч треугольников и время выполнения алгоритма излучательности является неприемлемым при таком количестве площадок в сцене, для вычисления вторичного освещения была выбрана упрощённая версия той же самой сцены, используя метод упрощения на основе воксельной сетки из работы [9].

Таким образом, предобработка сцены осуществляется по следующей схеме:

1. Строится упрощённый аналог сцены на основе вокселизации.
2. Вычисляются форм-факторы для площадок упрощённой сцены.
3. Вычисляется матрица форм-факторов, учитывающая несколько отражений света.
4. Числа матрицы больше порогового значения сохраняются в отдельном файле, а на их место ставится 0.

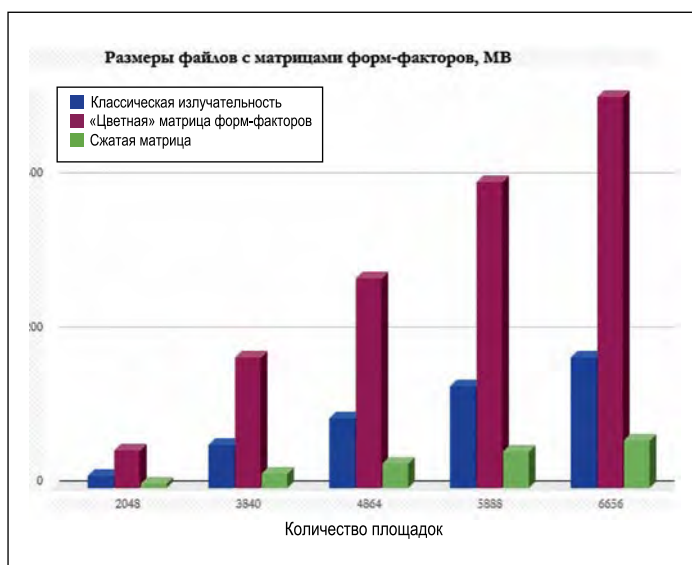


Рис. 5. Сравнение размеров файлов с матрицами форм-факторов, MB

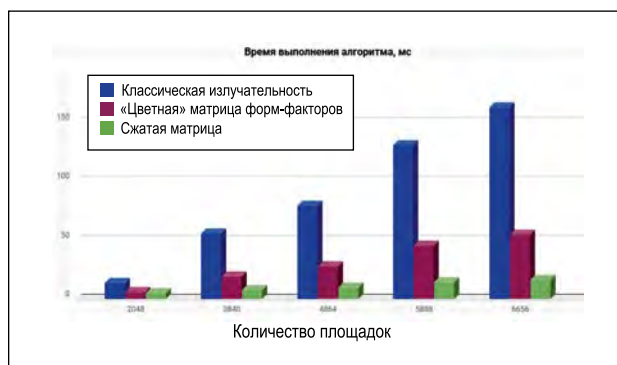


Рис. 6. Сравнение скоростей вычисления излучательности. (Сжатие увеличивает скорость, т.к. алгоритм ограничен доступом к памяти, а не вычислениями.)

Для учёта всех возможных отражений света на сцене необходимо вычислять бесконечный ряд

$$S = \left(\sum_{i=0}^{\infty} (F^C)^i \right).$$

Переход к пределу. Так как исходная матрица положительно определена, все числа в ней меньше 1 и, более того, сумма чисел в одной строке меньше 1, то к этому ряду применима формула для вычисления суммы геометрической прогрессии

$$S = F^C \cdot (I - F^C)^{-1}.$$

Однако вычисление обратной матрицы возможно не всегда из-за неустойчивости решения, в то время как вычисление частичной суммы ряда не обладает подобным недостатком и позволяет учитывать большое количество отражений на этапе прерасчёта.

4.2. *DXT*-сжатие

Так как предлагаемая модификация алгоритма требует большего объёма памяти, был разработан метод хранения матрицы форм-факторов в сжатом виде. В качестве формата хранения был выбран формат *DXT*-текстур, поддерживаемый многими *GPU* (имеется ввиду аппаратная декомпрессия при чтении). Для этого формата все значе-

Рис. 7. Изображения, полученные методами «Light Propagation Volumes» (а) и предлагаемым (б), а также – трассировкой путей /эталон/ (в). «Light Propagation Volumes» и предлагаемый метод работают с частотой 40 кадров/с (период 25 мс), а эталон получен за 5 мин

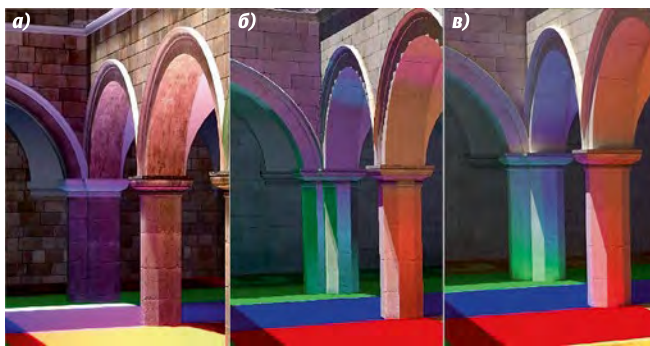


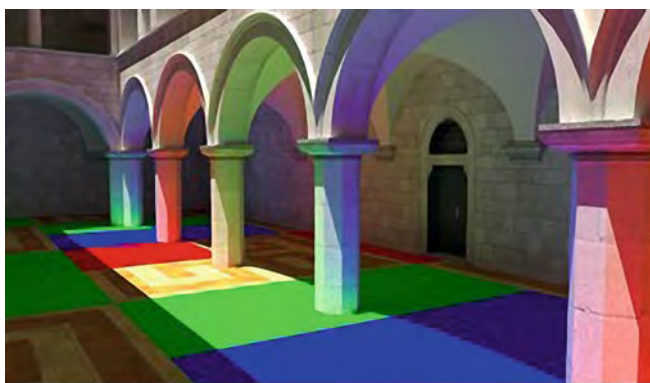
Рис. 8. Изображение, полученное методом «Light Propagation Volumes» («Unreal Engine 4»)



Рис. 9. Изображение, полученное предлагаемым методом



Рис. 10. Изображение, полученное трассировкой путей (в качестве эталона)



5. Значения в матрице приводятся к диапазону 0–255.

6. Осуществляется перестановка строк и столбцов.

7. Полученная матрица сохраняется в виде DXT-текстуры.

Визуализация происходит по следующему алгоритму:

1. Создаётся карта теней.
2. Рассчитывается освещение площадок упрощённой сцены, производимое ИС.
3. Рассчитывается вторичное освещение методом излучательности с помощью матрицы форм-факторов, сохранённой в виде текстуры.

4. Вторичное освещение переносится с упрощённой сцены на исходную.

4.4. Сравнение результатов

Предложенные модификации алгоритма позволяют ускорять алгоритм излучательности в сумме до 10 раз (рис. 5–7). Использование матрицы форм-факторов, учитывающей несколько отражений, увеличивает размер файла с матрицей в 3 раза, однако использование DXT-сжатия позволяет уменьшать требуемую память до 3 раз по сравнению с изначальной матрицей форм-факторов (и классическим алгоритмом излучательности (рис. 5)). Мы провели сравнение с изображениями, полученными методами «Light Propagation Volumes» из «Unreal Engine 4», классической излучательности и трассировки путей (эталон). Предложенный метод демонстрирует результат, сравнимый по точности с методом классической излучательности. При этом он ближе к эталону, чем изображение, получаемое методом «Light Propagation Volumes» при одинаковой частоте кадров (рис. 7–10).

5. Заключение

В отличие от других распространённых методов решения уравнения излучательности предложенный метод позволяет вычислять глобальное освещение за $n^2 + O(n)$ арифметических операций и чтений из памяти (где, напомним, n – число площадок сцены), так как сводится к единственному умножению матрицы на вектор.

Аналогичного результата можно было бы добиться, решая систему линейных алгебраических уравнений с помощью LU-разложения. Однако, эффективная реализация LU-разложения на GPU нетривиальна, а при использовании сторонних библиотек (например, «CUBLAS») отсутствует возможность использования сжатия. Последнее, как отмечено выше, критично для алгоритма излучательности (рис. 6 и 7).

Работа поддержана грантом РФФИ 16–31–60048 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Keller A. Instant radiosity / Proc. 24th annual conf. on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH'97). – New York, NY, USA: ACM Press/Addison-Wesley

Publishing Co. – P. 49–56. DOI=http://dx.doi.org/10.1145/258734.258769

2. Будак В.П., Желтов В.С., Калакуцкий Т.К. Локальные оценки метода Монте-Карло в решении уравнения глобального освещения с учётом спектрального представления объектов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2012. – Т. 4, № 1. – С. 75–84.

3. Dachsbacher C., Stamminger M. Reflective shadow maps / Proc. 2005 symp. on Interactive 3D graphics and games (I3D '05). – New York, NY, USA: ACM – P. 203–231.

4. Kaplanyan A., Dachsbacher C. Cascaded light propagation volumes for real time indirect illumination / Proc. 2010 ACM SIGGRAPH symp. on Interactive 3D Graphics and Games (I3D'10). – New York, NY, USA: ACM. – P. 99–107. DOI=http://dx.doi.org/10.1145/1730804.1730821

5. Crassin C., Neyret F., Sainz M., Green S., Eiseman E. Interactive indirect illumination using voxel-based cone tracing: an insight / ACM SIGGRAPH 2011 Talks (SIGGRAPH '11). – New York, NY, USA:

ACM. – Article 20, 1 pages. DOI=http://dx.doi.org/10.1145/2037826.2037853.

6. Lisle I.G., Tracy Huang S.-L. Algorithms for spherical harmonic lighting / Proc. 5th int. conf. on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia (GRAPHITE '07). – New York, NY, USA: ACM. – P. 235–238.

7. Goral C.M., Torrance K.E., Greenberg D.P., Battaile B. Radiosity on graphics hardware modeling the interaction of light between diffuse surfaces / Proc. 11th annual conf. on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH'84), Hank Christiansen (Ed.).

8. Martin S., Einarsson P. A Real Time Radiosity Architecture for Video Games / Siggraph 2010. URL: http://www.geomerics.com/wpcontent/uploads/2014/03/radiosity_architecture.pdf (дата обращения: 01.2018).

9. Щербаков А., Фролов В. Автоматическое упрощение геометрии для расчёта вторичной освещённости методом излучательности / Тр. 26 Межд. конф. по компьют. графике и зрению. 19–23 сентября 2016, Нижний Новгород, с. 34–38.



Щербаков Александр Станиславович, студент-магистр факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова



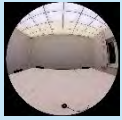
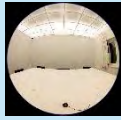
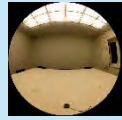
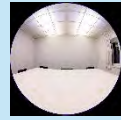
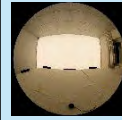


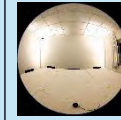







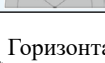
Фролов Владимир Александрович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил факультет ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова. Научный сотрудник МГУ им. М.В. Ломоносова и ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

От редакции

В статье К. Брожио, С. Вёлкера, М. Кнооп и М. Нидлинга «О влиянии различных зон поля зрения на не связанное с формированием изображения воздействие света», опубликованной в № 2 журнала за 2018 г. (стр. 28-32), допущена ошибка: в таблице отсутствует последняя строка. Опубликованную таблицу следует заменить на:

Таблица

Значения освещённости

Зоны		Освещаемая сцена							
									
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
Освещённость	E_v , лк	506	511	504	500	497	500	507	496
	E_h^* , лк	657	694	619	640	263	276	329	338
	E_v^{**} , %	2,8	3,2	2,0	2,8	9,5	10,6	7,5	8,5
	E_v^{**} , %	15,1	19,2	5,6	17,3	24,3	29,2	28,6	19,1
	E_v^{**} , %	2,8	3,1	1,9	2,6	9,9	11,1	7,7	7,3
	E_v^{**} , %	20,7	25,5	9,5	22,6	43,7	50,8	43,8	34,9
	E_v^{**} , %	1,5	1,7	1,0	1,3	1,2	1,3	1,5	2,1
	E_v^{**} , %	14,0	11,0	18,6	18,4	4,2	4,2	9,0	10,5
	E_v^{**} , %	1,5	1,7	0,8	1,2	1,6	1,6	1,8	5,4
	E_v^{**} , %	37,7	39,9	30,0	43,6	50,7	58,0	56,1	52,9

* Горизонтальная освещённость на высоте 0,85 м.

** Вертикальная освещённость в процентах от измеренного люксметром значения.

Редакция приносит свои извинения авторам статьи и читателям журнала.



Москва, пр. Мира, д.106, тел.: +7 (495) 785-37-40, 785-10-61, 788-65-93
1-й Рижский пер., д.6, тел.: +7 (495) 785-20-95

www.bl-g.ru

ЖИВИ СВЕТЛО!

Проектирование
Производство
Монтаж
Системы управления
Эксплуатация

Более 8500 успешно реализованных российских и зарубежных проектов



Международная
светотехническая
корпорация «БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП»

Освещение операционного поля в стоматологии

А.Ю. ТУРКИНА¹, И.А. НОВИКОВА¹, А.Н. ТУРКИН², Г.Н. ШЕЛЕМЕТЬЕВА³

¹ Первый государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

³ Частная организация, Благовещенск

E-mail: andrey@turkin.su

Аннотация

Проведены экспериментальные оценки уровней освещения рабочего места врача-стоматолога и операционного поля. При этом освещённость зоны подготовки составила 500 лк при использовании потолочных светильников с люминесцентными лампами и 1000 лк при дополнительном использовании потолочного бестеневого светильника. Освещённость операционного поля при использовании стандартного стоматологического светильника составляет от 4 до 14 клк в зависимости от участка зубного ряда и положения пациента. Максимальный уровень освещения достигается в области фронтальных зубов верхней челюсти при положении пациента лёжа, а минимальный – в области моляров верхней челюсти при положении пациента сидя. Использование налобных ОП со светодиодами повышает освещённость в среднем на 2 клк. Использование внутриротовых ОП обеспечивает адекватную освещённость операционного поля (7–18 клк) в тех участках зубного ряда, где использования стандартного светильника недостаточно. Результаты проведённого исследования позволяют рекомендовать в качестве дополнительных ОП бестеневые потолочные светильники и внутриротовые ОП.

Ключевые слова: освещённость, операционное поле, стоматологический кабинет, люксметр.

1. Введение

В современной стоматологии широко используются высокотехнологичные методы лечения, обеспечивающие широкий спектр возможностей. При этом большую часть рабочего времени стоматолог имеет дело с объектами различия весьма малого размера (0,1–0,3 мм), что позволяет отнести работу стоматолога к разряду

работ наивысшей точности [1]. Однако выполнение точных манипуляций требует достаточного освещения операционного поля. Рациональное использование стандартных и дополнительных ОП в стоматологии позволяет обеспечивать высокое качество лечения и предотвращать снижение зрения у врачей-стоматологов вследствие излишнего напряжения зрительного анализатора [2, 3].

Все помещения стоматологических медицинских организаций должны иметь общее и местное освещение. Для общего освещения рекомендуются светильники с ЛЛ с высоким качеством цветопередачи. Кроме того, все стоматологические установки оснащены светильниками для освещения непосредственно операционного поля. В большинстве случаев источники света в этих светильниках – сверхъяркие светодиоды (СД) [4].

В последние годы на стоматологическом рынке всё чаще появляются ОП дополнительного освещения рабочего поля, которые можно разделить на 3 группы:

– Дополнительные ОП общего освещения, имеющие широкое светораспределение. К ним относят подвесные бестеневые светильники, в зону действия которых входят стоматоло-

гическая установка и рабочие места врача и ассистента.

– Дополнительные ОП местного освещения, располагаемые вне полости рта. В эту группу входят разнообразные налобные светильники с СД, а также автономный светильник стоматологического операционного микроскопа. С их помощью можно обеспечивать дополнительное освещение в области одного фрагмента зубного ряда (5–6 зубов).

– Дополнительные ОП местного освещения, используемые непосредственно в полости рта, для освещения труднодоступных участков. К ним относятся стоматологические наколечники со встроенными СД, стоматологические зеркала со встроенным источником света, а также комбинированные устройства, сочетающие в себе функции аспиратора, ретрактора и внутриротового светильника («MaxBite», «Isolite» и т.п.).

В России существует норма общей освещённости в стоматологическом кабинете – 500 лк [5]. В действующих санитарных правилах не установлена норма освещённости рабочего поля, но отмечено, что уровень освещения местными ОП не должен быть выше уровня общего освещения более чем в 10 раз. Исходя из этого требования, можно предположить, что рекомендуемый уровень освещённости операционного поля – 5 клк.

Для любого вида деятельности существуют три зоны освещения [6]:

1. Зона рабочего предмета (для стоматологов – полость рта). Стандарт освещённости полости рта – до 20000 лк.

2. Переходная, средняя, зона (подбородок). Освещённость этой зоны должна составлять 6500–10000 лк.

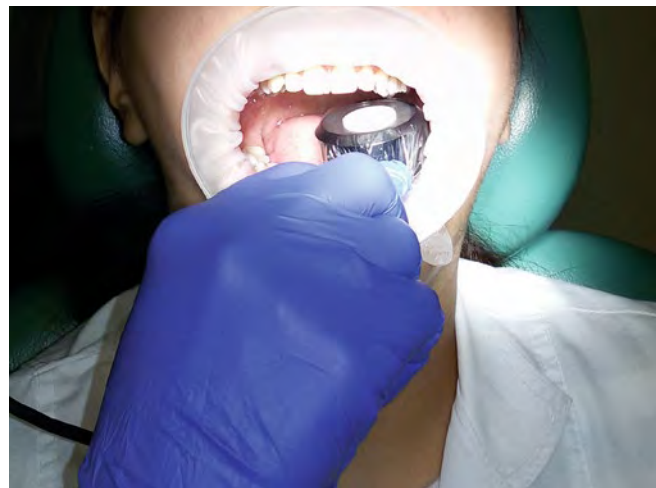


Рис. 1. Измерение освещённости в области моляров нижней челюсти

3. Зона общего освещения (освещение помещения). Освещённость поверхности стола, лотков должна составлять 1500–2000 лк.

По зарубежным стандартам [7, 8], рекомендуемые освещённости операционной зоны, зоны подготовки (рабочий стол) и общей зоны – 5000, 1000 и 500 лк соответственно.

По данным исследования [1], освещённость на рабочем столе врача-стоматолога при общем освещении светильниками с ЛЛ составляет 450 ± 20 лк, что ниже нормы, а освещённость рабочей зоны (полости рта) – 5280–6140 лк, что выше нормы. А по оценкам [9], освещённость рабочего поля у врачей государственных поликлиник – $4930 \pm 8,2$ лк, а у врачей частных организаций – $8850 \pm 7,6$ лк.

Уровни освещения рабочей зоны и операционного поля могут существенно зависеть от мощности стоматологического светильника и ОП дополнительного освещения. По стандарту [10], стоматологические светильники должны обеспечивать регулируемую освещённость рабочего поля 8000–20000 лк, а по ГОСТ [11], в центре рабочего поля максимальная освещённость не должна превышать 28000 лк при рекомендуемом рабочем расстоянии 0,7–1,0 м (на уровне глаз пациента – не более 1000 лк). В проспектах некоторых производителей говорится, что стоматологический светильник может давать освещённость поверхности до 30000 лк с расстояния 70 см. Однако, следует заметить, в полости рта редко удаётся обеспечить прямое попадание света на поверхность зуба, и потому реальный уровень освещения в области жевательных зубов оказывается ниже.

Цель настоящей работы – определение уровней освещения рабочего места врача-стоматолога и операционного поля при использовании ряда ОП, применяемых в стоматологии.

2. Методика и результаты работы

Работа проводилась на базе кафедры «Терапевтическая стоматология» и отделения терапевтической стоматологии ПГМУ им. И.М. Сеченова.

Освещённость рабочего места измерялась люксметром ТКА-ПКМ (08), состоящим из фотометрической головки и блока обработки сигналов, свя-

занных между собой многожильным гибким кабелем. При оценке освещённости зоны подготовки фотометрическую головку размещали на рабочем столе врача-стоматолога, а оценивая освещённость операционного поля, фотометрическую головку размещали непосредственно в полости рта, предварительно изолировав её с помощью одноразового полиэтиленового чехла для визиографических датчиков (рис. 1).

Оценку уровня общего освещения проводили при естественном освещении, а также при включённых по-

тольных светильниках с ЛЛ и бестеневом светильнике.

Освещённость операционного поля оценивали при использовании следующих ОП:

- потолочные светильники с ЛЛ;
- дополнительный подвесной светильник «D-TEC» (по данным производителя, обеспечивается освещённость 5800 лк с расстояния до объекта 1,2 м) (рис. 2);
- стандартные стоматологические светильники с СД в составе стоматологических установок «A-DEC200» производства компании A-Dec Int., США (заявленная освещённость –



Рис. 2. Бестеневой подвесной светильник



Рис. 3. Стандартный светильник универсальной стоматологической установки



Рис. 4. Налобный светильник со светодиодами

Освещённость зоны подготовки

Таблица 1

Средство освещения	Освещённость, лк
Естественный свет (у окна)	805 ± 15*
Естественный свет (зона подготовки)	232 ± 20*
Стандартные потолочные светильники	470 ± 25
Бестеновой светильник	1000 ± 15

* Измерения проводились в 11.00, в пасмурную осеннюю погоду.

Освещённость различных участков полости рта при использовании стандартного стоматологического светильника (расстояние – 70 см)

Таблица 2

Участок полости рта	Положение пациента сидя	Положение пациента лёжа
Вестибулярная поверхность резцов верхней челюсти	12,3 ± 2,0 клк	13,2 ± 1,2 клк
Окклюзионная поверхность моляров верхней челюсти	2,5 ± 0,3 клк	3,9 ± 0,5 клк
Окклюзионная поверхность моляров нижней челюсти	5,4 ± 0,5 клк	10 ± 1 клк (75 см)
Окклюзионная поверхность моляров нижней челюсти (поверхность затеняется стоматологическим наконечником)	250 ± 5,0 лк	300 ± 10,0 лк

Таблица 3

Освещённость рабочего поля при использовании дополнительных ОП, расположенных вне полости рта

ОП	При выключенном стоматологическом светильнике	При включённом стоматологическом светильнике
Налобный светильник с СД	2,3 ± 0,3 клк	12,1 ± 0,3 клк
Налобный светильник с СД и жёлтым светофильтром	101 ± 4 лк	Не используется
Светильник стоматологического операционного микроскопа	6,8 ± 0,5 клк (расстояние – 40 см)	12,5 ± 0,3 клк

8000–17000 лк) и «Darta 1605 M», Россия (заявленная освещённость – 3000–35000 лк) (рис. 3);

– налобные светильники с СД «Crystal LED Light» и «NOW. CLIP» (NOW, КНР), обеспечивающие максимальную освещённость 35000 лк (рис. 4), с цветокорректирующим светофильтром для налобных светильников «DK – Cap» (DKH Dr. Kim, Республика Корея) (рис. 5);

– ОП с СД в составе операционного стоматологического микроскопа «Leica M 320 Hi-End (KaVo)» (рис. 6);

– стоматологическое зеркало с СД «ЛюмиЭст» (Geosoft, Россия – Израиль) (рис. 7);

– стоматологические турбинные наконечники с СД и оптическим волокном «SYNEA TG – 98 L» (W&H Dental Werk, Австрия) (рис. 8) и НТКсд – 300», ВХ-Тайфун (Россия);

– комбинированное устройство интраорального (внутриротового) освещения с СД «MaxBite» (Coho, КНР) (даёт освещённость 5000 лк) (рис. 9).

Исследования проводили в положениях пациента сидя и лёжа, фотометрическую головку располагали на

вестибулярной поверхности фронтальных зубов верхней челюсти, на окклюзионной поверхности моляров нижней челюсти и на окклюзионной поверхности моляров верхней челюсти. В каждом участке при разных источниках света проводилось по 2 серии измерений. В каждой серии – по 5 измерений. В общей сложности проведено 50 серий по 5 измерений. Затем рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение освещённости.

Данные, полученные при оценке общего освещения, представлены в табл. 1.

Естественного света недостаточно для обеспечения нормальной освещённости зоны подготовки и проведения внешнего осмотра пациента (освещённость зоны подготовки – 232 ± 20 лк). Однако некоторые авторы рекомендуют определять цвет зубов при планировании цвета реставраций и ортопедических конструкций именно при естественном освещении. В таком случае цвет зубов рекомендуется определять у окна при достаточном естественном освещении. При включённых потолочных светильниках с ЛЛ освещённость зоны подготовки составила 470 ± 25 лк, что несколько ниже рекомендуемых показателей. В данном случае уровень освещения зависит от места расположения рабочего стола. При использовании бестенового светильника освещённость зоны подготовки составила 1000 ± 15 лк, что соответствует европейским стандартам.

Как видно из табл. 2, при использовании стандартного стоматологического светильника лучше всего бывает освещена вестибулярная поверхность резцов верхней челюсти (12,3 ± 2,5 клк). При этом врач-стоматолог не нуждается в дополнительных ОП. Освещённость моляров нижней челюсти зависит от положения пациента. При положении лёжа светильник можно располагать так, чтобы свет падал на поверхность зубов перпендикулярно, обеспечивая освещённость до 10 ± 1 клк, а при положении сидя свет падает на рабочее поле под острым углом, и потому освещённость его снижается до 5,4 ± 0,5 клк. Однако и такой уровень местного освещения выше уровня общего освещения в 10 раз. В области окклюзионной поверхности верхних моляров отмечен минимальный уровень освещения особенно в положении пациента сидя (2,5 ± 0,3 клк).

Во время работы в полости рта находится рука врача, стоматологический наконечник или другие инструменты, затеняющие рабочее поле. При этом освещённость поверхности зуба может снижаться до 250–300 лк.

Результаты оценки уровня освещения операционного поля при использовании дополнительных ОП отражены в табл. 3.

Налобный светильник с СД даёт освещённость зоны моляров нижней челюсти $2,3 \pm 0,3$ клк. При включённом стандартном стоматологическом светильнике и налобном светильнике с СД освещённость рабочего поля составляет $12,1 \pm 0,3$ клк, что более, чем в 20 раз выше освещённости зоны подготовки. При этом проблема затенения рабочего поля рукой или наконечником сохраняется, и, надо сказать, что при работе с фотоотверждаемыми композитами столь высокая освещённость может приводить к преждевременному отверждению композита за счёт интенсивной синей составляющей спектра излучения СД [4]. Поэтому для работы с такими композитами на налобный светильник с СД устанавливают съёмный жёлтый светофильтр. Освещённость рабочего поля при этом – всего 101 лк.

В настоящее время для выполнения ряда сложных вмешательств используется стоматологический операционный микроскоп. Встроенный в него ОП даёт освещённость рабочего поля $6,8 \pm 0,5$ клк. При совместном использовании этого светильника и стандартного стоматологического светильника достигается освещённость $12,5 \pm 0,3$ клк (операционный микроскоп частично затеняет стандартный светильник).

Особый интерес представляют данные об освещённости операционного поля при использовании внутриротовых источников освещения (табл. 4).

Зеркало с СД даже при выключенном стандартном стоматологическом светильнике обеспечивает освещённость 950 ± 12 лк. Уровень освещения при одновременном использовании стоматологического светильника и зеркала с СД составляет $11,2 \pm 0,2$ клк, что достаточно для проведения лечебных манипуляций в полости рта.

При использовании стоматологических наконечников со встроенным СД его направляют точно на зону препарирования, но при этом наконечник может экранировать свет от стандарт-

Рис. 5. Цветокорректирующий светофильтр для налобных светильников



Рис. 6. Операционный стоматологический микроскоп

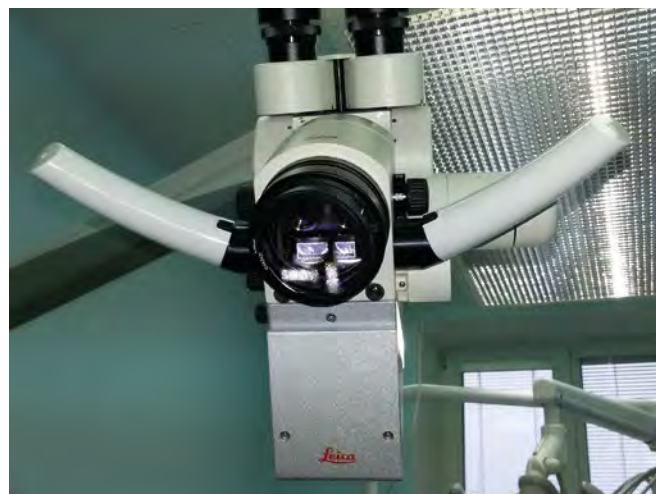


Рис. 7. Стоматологическое зеркало со светодиодами



ного стоматологического светильника. При этом освещённость составляет в среднем $6,8 \pm 0,3$ клк, что намного выше освещённости рабочего поля при использовании наконечника без СД (300 лк).

Комбинированное устройство «MaxBite» содержит аспиратор, ретрактор, прикусной блок и ОП с СД. При его использовании освещённость рабочего поля составляет 3–8 клк без стоматологического светильника и 13–

Таблица 4

**Освещённость рабочего поля при использовании дополнительных ОП,
расположенных в полости рта**

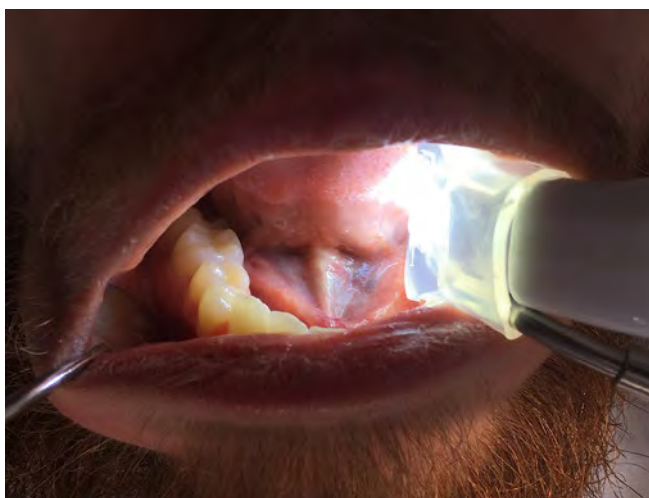
ОП	При выключенном стоматологическом светильнике	При включённом стоматологическом светильнике
Зеркало со встроенным СД	950 ± 12 лк	11,2 ± 0,2 клк
Турбинный наконечник со встроенным СД	5,2 ± 0,5 клк	6,8 ± 0,3 клк
Комбинированное устройство «MaxBite» *	3 ± 0,5 клк (min) 8 ± 0,5 клк (max)	13 ± 1,5 клк (min) 18 ± 2,1 клк (max)

* Светорегулируемое.

Рис. 8.
Стоматологический турбинный наконечник с оптическим волокном



Рис. 9. Устройство интраорального (внутриротового) освещения «MaxBite»



18 клк вместе со стандартным стоматологическим светильником.

Полученные данные говорят о том, что стандартного общего освещения недостаточно даже для адекватного освещения зоны подготовки. Освещённость в 1000 лк, рекомендуемая современными стандартами, достигается лишь при использовании допол-

нительного ОП, а именно бестеневого потолочного светильника.

Что касается непосредственно рабочего поля, то при правильном расположении стоматологического светильника уровень освещённости может достигать 12–14 клк в зоне фронтальных зубов и 4–10 клк в зоне жевательных зубов. Таким обра-

зом, рабочее поле может освещаться сильнее зоны подготовки в 10–12 раз. В ходе работы стоматолог многократно переводит взгляд с рабочей зоны на зону подготовки. Значительный перепад освещённости приводит к интенсивной работе глазных мышц и затратам энергии на переадаптацию зрительного нерва [2]. Всё это может неблагоприятно сказываться на зрении врача и ассистента [12]. По данным анкетирования, 86,7 % стоматологов отмечают усталость глаз в конце рабочей смены [13], 60 % стоматологов отмечают нечёткость зрения после трудового дня, а 20 % – покраснение глаз [14]. Также на уровень освещения влияет положение пациента: оптимальные показатели были получены при положении пациента лёжа.

Налобные светильники при совместном использовании со стандартными стоматологическими светильниками повышают уровень освещённости, в среднем, на 2 клк. Однако, как отмечено выше, при правильной установке стоматологического светильника освещённость рабочего поля может превышать 10 клк. Поэтому при выполнении стандартных стоматологических манипуляций не возникает необходимости использования дополнительных налобных светильников, особенно в тех случаях, когда обзор осуществляется через зеркало. Налобные светильники имеют узкий световой пучок, и поэтому, если врач во время работы поворачивает голову к рабочему столу и обратно, светильник надо перенаправлять. Наиболее целесообразно использование налобных светильников при выполнении длительных вмешательств, требующих максимального внимания врача и интенсивного освещения (например, при эндодонтическом лечении зубов). Важно также учитывать, что при использовании СД холодного белого света интенсивность синей полосы в их спектре существенно выше, чем – жёлто-зелёной, что создаёт дополнительную нагрузку на зрительный аппарат врача [15].

Важно отметить, что максимальный уровень освещения достигается лишь в зоне зубов фронтальной группы. В дистальных отделах зубного ряда освещённость значительно меньше. Во-первых, нельзя обеспечить прямое попадание света на поверхность нижних и, тем более,

верхних моляров, а, во-вторых, при работе в этом отделе полости рта инструменты затеняют рабочее поле. В таких случаях наиболее эффективны внутриротовые ОП, которые позволяют адекватно освещать рабочее поле даже в труднодоступных участках полости рта.

Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать в качестве дополнительных ОП бестеневые потолочные светильники и внутриротовые ОП (стоматологические зеркала с СД, стоматологические наконечники с СД и оптическим волокном и устройство интраорального (внутриротового) освещения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нехорошев А.С., Данилова Н.Б. Характеристика условий труда врачей – стоматологов терапевтических стоматологических кабинетов // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 11. – С. 42–43.

2. Демченко Т.В. Профессиональные нарушения зрения у врача-стоматолога. Синдром «сухого глаза». Причины, методы профилактики // Пародонтология. – 2012. – № 3. – С. 62–67.

3. Iacomussi P., Carcieri P., Rossi G., Migliario M. The factors affecting visual discomfort of dental hygienist // Measurement. – 2017. – Vol. 98. – P. 92–102.

4. Walsh L. LED operating lights in dental practice // Australasian Dental Practice. – 2009. – May/June. – P. 48–54.

5. СанПиН 2.1.3.2630–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

6. Дьяченко В.Г., Галёса С.А., Петров М.Т., Павленко И.В. Введение в общую врачебную практику в стоматологии. – Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2009. – 312 с.

7. DIN EN12464–1:2011 «Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen».

8. DIN5035–3:2006–07 «Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 3: Beleuchtung im Gesundheitswesen».

9. Хамидова Т.М., Шамсиддинов А.Т., Дабуров К.Н. Санитарно-гигиеническая оценка условий труда в стоматологических учреждениях различных форм собственности // Научно-практический журнал ТИППМК. – 2013. – № 2. – С. 202–203.

10. ISO 9680:2014 «Dentistry – Operating lights».

11. ГОСТ 26368–90 «Светильники медицинские».

12. Garbin A.J.I., Garbin C.A.S., Ferreira N.F., Ferreria N.L., Saliba Jr. O.A. Illumination in the dental office // Acta Cientifica Venezolana. – 2007. – Vol. 58, No. 1. – P. 29–32.

13. Данилина Т.Ф., Сливина Л.Н., Даллакян Л.А., Колесова Т.В. Влияние гигиенических и эргономических аспектов труда на здоровье врача-стоматолога // Журнал научных статей. Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – № 1. – С. 252–254.

14. Немаева А.В., Алпатов В.Г., Бухтияров И.В., Грицай И.Г., Селягина А.С., Батюков Н.М. Анализ эргономических аспектов применения системы увеличения при эндодонтическом лечении зубов // Институт стоматологии. – 2017. – № 74 (1). – С. 16–17.

15. Stamatacos C, Harrison J.L. The possible ocular hazards of LED dental illumination applications // J. Tenn Dent Assoc. – 2013, Fall-Winter; 93(2): 25–9.



Туркина Анна Юрьевна, кандидат мед. наук. Окончила в 2001 г. Московский государственный медико-стоматологический университет. Доцент кафедры «Терапевтическая стоматология» ПМГМУ им.

И.М. Сеченова



Туркин Андрей Николаевич, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 1995 г. физический факультет МГУ им.

М.В. Ломоносова. Доцент кафедры «Оптика, спектроскопия и физика наносистем» физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

М.В. Ломоносова



Новикова Ирина Анатольевна, кандидат мед. наук, доцент. Окончила в 1989 году Московский медицинский стоматологический институт. Доцент кафедры «Терапевтическая стоматология» ПМГМУ им.

И.М. Сеченова



Шелеметьева Галина Николаевна, кандидат мед. наук. Окончила в 1984 г. стоматологический факультет Иркутского государственного медицинского института.

Врач-стоматолог, частная практика, г. Благовещенск

Подписывайтесь на журнал

**СВЕТО
ТЕХНИКА | LIGHT &
ENGINEERING**

На 2-е полугодие
2018 года

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

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

Импульсные зажигающие устройства с новыми схемотехническими решениями

А.М. МАЙОРОВ, М.И. МАЙОРОВ

НИ МГУ им. Н.П. Огарёва, Саранск

E-mail: allexx1383@mail.ru, mayorovmi@mail.ru

Аннотация

Большинство трёхвыводных отечественных импульсных зажигающих устройств (ИЗУ) не обеспечивают параметры высоковольтного импульса, определяемые руководством по эксплуатации ламп. Представлены новые схемотехнические решения, удовлетворяющие требованиям для натриевых ламп ВД, используемых в уличном освещении и тепличном облучении. Предложено разделять две функции импульсного трансформатора трёхвыводных ИЗУ – генерирование высоковольтного импульса и пропускание полного тока лампы, применив для генерирования высоковольтного импульса трансформатор с большим числом витков тонкого провода, а для пропускания полного тока лампы – высокочастотный дроссель с малым сопротивлением. Приведены вариант расчёта параметров высокочастотного дросселя и осциллограммы импульсов, генерируемых ИЗУ.

Ключевые слова: разрядная лампа, импульсное зажигающее устройство, высоковольтный импульс.

Известно, что выпуски пускорегулирующих аппаратов (ПРА), особенно для НЛВД и МГЛ, по-прежнему высоки и такая ситуация сохранится ещё надолго [1].

Для зажигания разрядных ламп ВД в схемах с электромагнитным ПРА необходимо, чтобы ИЗУ генерировало импульсы с определёнными амплитудой напряжения и длительностью. Так, для некоторых типов таких ламп необходимы параметры импульса, приведённые в *таблице*.

Параметры генерируемого ИЗУ импульса определяются как особенностями электронной схемы ИЗУ, так и – импульсного трансформатора, такими как коэффициент трансформации, индуктивность первичной и вторичной обмоток, ток насыщения.

Отечественными предприятиями ИЗУ, обеспечивающие параметры высоковольтного импульса, соответствующие приведённым в *таблице*, выпускаются только со схемой параллельного поджига (осциллограмма импульса приведена на рис. 1, кривая 1).

Такие ИЗУ имеют 2 вывода и подключаются параллельно лампе, включаемой в сеть последовательно с балластным дросселем, являющимся элементом ПРА и ограничивающим ток лампы. В этой схеме ток лампы не идёт через ИЗУ, что обуславливает их простоту, дешевизну и универсальность, а недостатки таких ИЗУ – в том, что высоковольтные импульсы напряжения воздействуют не только на лампу, но и на балластный дроссель, и на соединительные провода между дросселем и лампой. Это снижает надёжность ПРА, вызывает необходимость усиления изоляции балластного дросселя, вызывает зависимость параметров выходного импульса ИЗУ от длины подводящих проводов и от конструкции балластного дросселя [2].

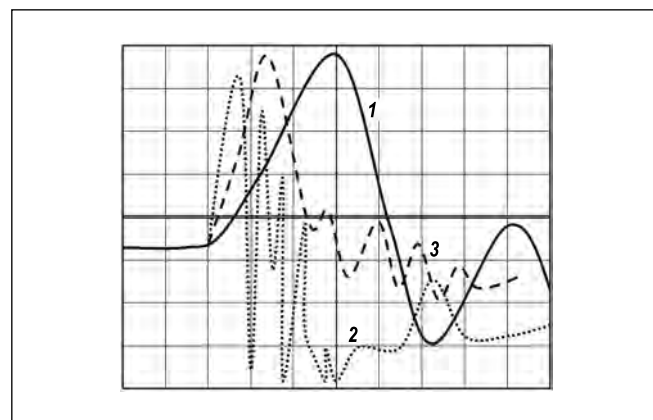
На рис. 1 приведены также осциллограммы импульсов, генерируемых ИЗУ последовательного поджига (кривые 2 и 3), из которых видно, что такие ИЗУ не обеспечивают параметры высоковольтного импульса согласно *таблице*. Так, длительность импульса на уровне 3 кВ, генериру-

емого ИЗУ 400/220В-012, составляет 0,5 мкс, а – ИЗУ Z 1000 S – 1 мкс. Применение этих ИЗУ вызывает необходимость досрочной замены ещё исправных ламп, которые не зажигаются из-за недостаточной длительности импульса. ИЗУ последовательного поджига имеют три вывода, два из которых соединяются последовательно с лампой [2]. ИЗУ последовательного поджига имеют определённые потери мощности, значительные размеры и массу (так как вторичная обмотка импульсного трансформатора должна быть рассчитана на проходящий через неё ток лампы). Однако такие ИЗУ наиболее распространены, так как не требуют усиления изоляции балластных дросселей.

Известна схема ИЗУ без импульсного трансформатора, поскольку функции последнего выполняет балластный дроссель с отводом [2]. Это позволяет получать широкий импульс напряжения большой амплитуды и уменьшать габариты, массу и стоимость ИЗУ. Такие схемы ИЗУ широко используются за рубежом, например в ИЗУ ZRM 2300C201 и ZRM 4000B101 (см. ещё статью [3]), но требуют наличия специальных балластных дросселей с отводом и усиленной изоляцией.

Известна также схема последовательно-параллельного трёхвыводного ИЗУ [4], который массово выпускался с 80-х гг., например ИЗУ 250–400ДНаТ/220. Напряжение на дросселе при генерировании зажигающего импульса этим ИЗУ не превышало 2000 В, что не требовало наличия специальных балластных дросселей с усиленной изоляцией, но по массогабаритным показателям эти устройств не многим отличались от ИЗУ последовательного поджига. Поэтому задача создания эффективно-

Рис. 1. Осциллограмма импульсов, генерируемых разными типами ИЗУ: 1 – ИЗУ-Т 70–1000 (двухвыводное); 2 – ИЗУ 400/220В-012; 3 – Z 1000 S (1000 В/дел; 1 мкс/дел; «0» – 1 клетка ниже середины экрана)



го, дешёвого трёхвыводного ИЗУ для разрядных ламп ВД большой мощности является актуальной. Она решается так, что небольшое дополнение «превращает» двухвыводное ИЗУ в трёхвыводное, устраняя недостатки двухвыводных ИЗУ [5]. Предложено разделять две функции импульсного трансформатора трёхвыводного ИЗУ – генерирование высоковольтного импульса и пропускание полного тока лампы, доверив их двум отдельным индуктивностям. Кажущееся усложнение конструкции позволяет генерировать импульсы с заранее выбранными характеристиками, используя импульсный трансформатор с большим числом витков тонкого провода, а для пропускания полного тока лампы применяя высокочастотный дроссель с малым сопротивлением, защищающий дроссель ПРА от пробоя. Это разделение оказалось особенно эффективным для ИЗУ, рассчитанного на большие токи и большие длительности импульса.

На рис. 2, а изображена схема ПРА с ИЗУ, содержащая двухвыводное ИЗУ 1, подключённое параллельно разрядной лампе 2, включённой в сеть последовательно с балластным дросселем 3 и дополнительно введённым высокочастотным дросселем 4, защищающим балластный дроссель 3 от пробоя высоковольтными импульсами ИЗУ. При этом ИЗУ 1 и высокочастотный дроссель 4 могут быть размещены в одном корпусе с тремя выводами (рис. 2, б).

ПРА с ИЗУ работает следующим образом. При включении в сеть ИЗУ 1 начинает генерировать высоковольтные импульсы преимущественно с амплитудой в 3–5 кВ, которые создают проводящий канал в межэлектродном промежутке лампы 2. В этом канале затем формируется плазма сильного разряда, питаемого через балластный дроссель 3 и высокочастотный дроссель 4 от сети. Последний ограничивает импульсное напряжение, воздействующее на балластный дроссель 3 во время генерации импульса, до предельно допустимого для данного балластного дросселя (обычно 2 кВ). После зажигания лампы 2 она шунтирует зарядную цепь ИЗУ 1, вследствие чего оно автоматически отключается. В случае незажигания или просто отсутствия лампы 2 ИЗУ 1 продолжает генерировать импульсы. В ряде случаев это ИЗУ

Рис. 2. Варианты схемы ИЗУ [5]

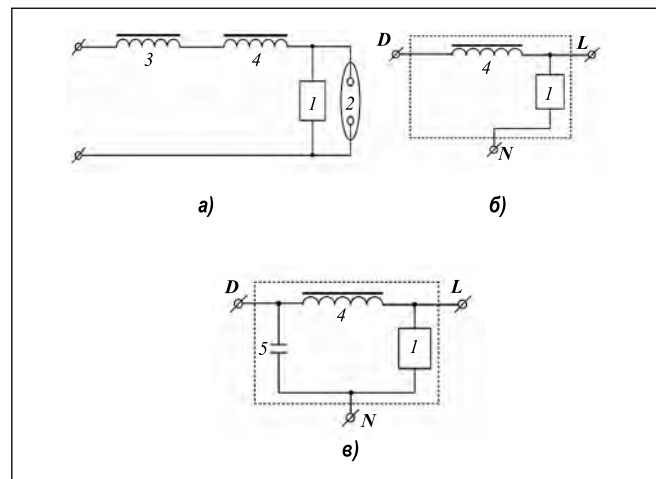
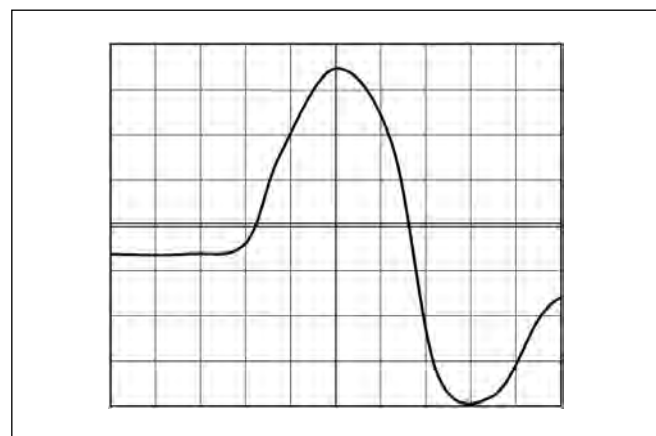


Рис. 3. Осциллограмма импульса, генерируемого ИЗУ № 1 с высокочастотным дросселем на основе сердечника ETD44. (1000 В/дел; 1 мкс/дел; «0» – 1 клетка ниже середины экрана)



снабжается блоком отключения, прекращающим генерацию импульсов при незажигании лампы 2 в течение нескольких минут (это время зависит от типа и мощности лампы, составляя 1–2 мин для НЛВД и 10–15 мин для МГЛ [2]).

В ограничении импульсного напряжения, воздействующего на балластный дроссель во время генерации импульса, предельно допустимым значением для данного дросселя, участвует не только высокочастотный дроссель, но и собственная ёмкость балластного дросселя. Однако, в ряде случаев для ограничения импульсного напряжения, воздействующего на балластный дроссель, следует вводить варистор или дополнительную ёмкость 5 (преимущественно до 2000 пФ), как показано на рис. 2, в.

Для высоковольтного импульса прямоугольной формы, генерируемого с помощью импульсного трансформатора с замкнутым магнитопроводом, произведение длительности импульса на амплитуду ограничивается размерами и максимально достижимой магнитной индукцией сердечника импульсного трансформатора B_{max} .

В соответствии с этим параметры высокочастотного дросселя выбирают в основном с помощью выражения

$$\Delta B \cdot S \cdot w \geq 0,5 \cdot \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon(t) dt, \quad (1)$$

где ΔB – максимально возможное, в данной схеме, изменение магнитной индукции в высокочастотном дросселе во время действия импульса ИЗУ; $\varepsilon(t)$ – функция, описывающая зависимость напряжения от времени в импульсе, генерируемом ИЗУ; интеграл – «площадь» импульса (например, в размерности В · с); $(t_2 - t_1)$ – длительность импульса; S – площадь поперечного сечения магнитопровода высокочастотного дросселя; w – число витков обмотки высокочастотного дросселя;

Коэффициент 0,5 перед интегралом говорит о том, что лишь часть высоковольтного импульса, генерируемого двухвыводным ИЗУ (рис. 2, а) «падает» на высокочастотном дросселе, а остальная часть оказывается приложенной к балластному дросселю. При расчётах необходимо следить за тем, чтобы эта часть не превышала пре-

Мощность НЛВД («ДНАТ»), Вт	Амплитуда импульса, В		Длительность импульса на уровне 0,5, мкс, не менее	Энергия импульса, Дж, не менее
	не менее	не более		
600	4000	5000	2,0	0,002
1000				

дельно допустимого напряжения для данного балластного дросселя.

В одном из вариантов ИЗУ (ИЗУ № 1), согласно схеме по рис. 2, б, высокочастотный дроссель был изготовлен на основе ферритового сердечника *ETD44* ($S = 173 \text{ мм}^2$) без зазора из материала № 87, характеризуемого относительной магнитной проницаемостью $\mu = 1650$. При «площади» зажигающего импульса $4000 \text{ В} \cdot 2 \text{ мкс}$ и $\Delta B = 0,4 \text{ Тл}$ имеем, согласно (1), $w > 58$. На рис. 3 приведена осциллограмма импульса, генерируемого этим вариантом ИЗУ. При этом в качестве двухвыводного ИЗУ *1* (рис. 2, б) применено ИЗУ типа ИЗУ-Т 70–1000, осциллограмма импульса которого показана на рис. 1.

Из приведённых данных следует, что параметры импульса удовлетворяют требованиям руководства по эксплуатации, приведённым в таблице. При этом амплитуда импульса на балластном дросселе не превышает 2000 В.

По сравнению с высоковольтным импульсом, генерируемым ИЗУ *Z1000S* (рис. 1), в котором также использован ферритовый сердечник *ETD44* без зазора из материала № 87, длительность импульса в предложенном нами варианте ИЗУ в 2 раза больше и на уровне 3 кВ превышает 2 мкс.

Согласно (1), «площадь» импульса зависит от ΔB . Для минимизации размеров и массы высокочастотного дросселя целесообразно исполь-

зовать магнитопровод из материала с высокой максимально достижимой магнитной индукцией B_{max} [6]. Для ферритов B_{max} не превышает 0,5 Тл, а для аморфного металлического сплава на основе железа она достигает 1,5 Тл. Это значит, что размеры магнитопровода, изготовленного из аморфного металлического сплава на основе железа, можно уменьшить до 3 раз по сравнению магнитопроводом, изготовленным из феррита, при достижении одинаковых параметров высоковольтного импульса. Уменьшение размеров магнитопровода позволяет уменьшить сопротивление обмотки импульсного трансформатора за счёт уменьшения длины обмоточного провода, что приводит к снижению потерь на обмотке импульсного трансформатора и экономии медного провода.

В другом варианте ИЗУ (ИЗУ № 2), согласно схеме по рис. 2, б, высокочастотный дроссель был изготовлен на основе кольцевого магнитопровода АМЕТ 5В 32·20·10 с $S = 90 \text{ мм}^2$, материал которого имеет $B > 1,2 \text{ Тл}$ при магнитной напряжённости 5 А/м и $\mu > 50000$ при 0,1 А/м. При $w = 45$ и применении в качестве двухвыводного ИЗУ *1* (рис. 2, б) ИЗУ типа ИЗУ-Т 70–1000 осциллограмма импульса, генерируемого этим вариантом ИЗУ, совпадает с представленной на рис. 3. При этом масса высокочастотного дросселя не превышала 50 г,

а его активное сопротивление равнялось 0,03 Ом.

Уменьшение размеров магнитопровода высокочастотного дросселя при тех же параметрах высоковольтного импульса достижимо, используя его перемагничивание не от нуля до B_{max} (как это реализовано в ИЗУ № 1 и ИЗУ № 2), а от $-B_{max}$ до B_{max} (или от B_{max} до $-B_{max}$), вдвое увеличивая тем самым ΔB [7]. Согласно (1), это позволит вдвое уменьшить S , сохранив прежнюю «площадь» импульса.

Соответственно, эти решения были реализованы в ИЗУ № 3, в котором двухвыводное ИЗУ *1* (рис. 2, б) выполнено согласно схеме по рис. 4. В нём заряжаемый через токоограничительный элемент $R1-C2$ рабочий конденсатор $C1$ присоединялся через коммутирующий элемент параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора T .

Коммутирующий элемент состоял из двух последовательно соединённых между собой ключей $K1$ и $K2$, общая точка соединения которых подключена через токоограничитель $R2$ к концу дополнительной первичной обмотки, начало которой соединено с концом первичной, ключ $K1$ соединён с началом первичной обмотки, а ключ $K2$ – с рабочим конденсатором и токоограничительным элементом. Ключ $K1$ включается через 0,1–10 мкс (в случае ИЗУ № 3 – через 2 мкс (рис. 5)) после включения ключа

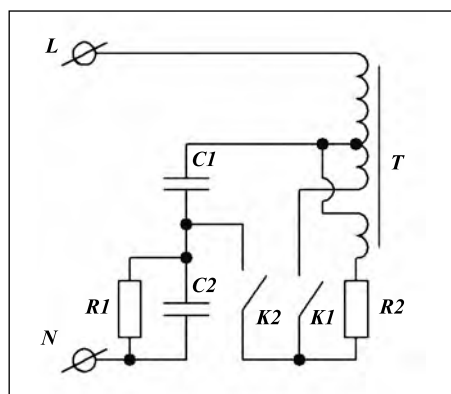
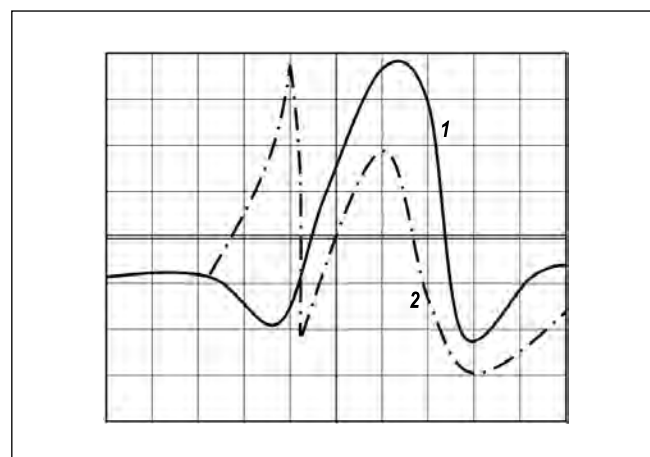


Рис. 4. Электрическая схема двухвыводного ИЗУ, применённого в ИЗУ № 3

Рис. 5. Осциллограмма импульса, генерируемого ИЗУ № 3 с высокочастотным дросселем на основе сердечника *ETD29* при включённой (1) и отключённой (2) дополнительной первичной обмотке. (1000 В/дел; 1 мкс/дел; «0» – 1 клетка ниже середины экрана)



$K2$ [7]. Ключ $K2$ включается при заряженном до необходимого уровня рабочем конденсаторе. Силовая часть ключей $K1$ и $K2$ изготовлена на основе симисторов, подключённых к соответствующим схемам управления. В патенте [7] предлагается в качестве ключа $K1$ использовать дроссель с насыщением. Благодаря схемному решению по рис. 4 двухвыводное ИЗУ 1 (рис. 2) генерирует двухполярный импульс, который сначала намагничивает высокочастотный дроссель 4 (рис. 2) в одну полярность (например, до $-V_{max}$), а затем при смене полярности генерируется основной высоковольтный импульс. Высокочастотный дроссель при этом перемагничивается от $-V_{max}$ до V_{max} и надёжно защищает балластный дроссель от пробоя, обеспечивая напряжение на нём менее 2000 В, при генерировании зажигающего импульса амплитудой до 5кВ.

На рис. 5 (кривая 1) приведена осциллограмма импульса, генерируемого ИЗУ № 3, рассчитанного на зажигание НЛВД (по таблице), в котором использованы схемотехнические решения [5, 7], изложенные выше. Видно, что параметры импульса удовлетворяют требованиям по таблице – длительность импульса на уровне 0,5 больше 2 мкс. При этом высокочастотный дроссель 4 (рис. 2) состоял из двух параллельно включённых дросселей, в качестве сердечника в которых был использован ферритовый сердечник ETD29 без зазора из материала № 87, а импульсный трансформатор T (рис. 4) имел массу 20 г. Благодаря малой материалоемкости это дало высокую экономическую эффективность данного ИЗУ. Зарубежные ИЗУ с такими параметрами, например ZRM 12ES/B, имеют вдвое большую массу, и стоимость их существенно выше.

На рис. 5 также приведена осциллограмма импульса, генерируемого ИЗУ № 3, (кривая 2) при отключённой дополнительной первичной обмотке двухвыводного ИЗУ (рис. 4). Видно, что длительность импульса на уровне 0,5 в этом случае – менее 1 мкс.

ИЗУ с параметрами импульса, удовлетворяющими требованиям по таблице, разрабатывалось для внедрения в производство совместно с АО «Кадошкинский электротехнический завод», входящим в ООО МСК «БЛ ГРУПП».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонова Т.А., Клыков М.Е. Современное состояние и перспективы развития пускорегулирующих и управляющих устройств для разрядных и светодиодных источников света // Светотехника – 2017. – № 3 – С. 10–16.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
3. Бхаумик С., Мазумдар С., Мандал Р., Санкхиа М., Сур А.К., Упадхий С. О зажигающих устройствах для разрядных ламп ВД // Светотехника. – 2012. – № 5. – С. 65–75.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
5. Майоров М.И., Майоров А.М. Пускорегулирующий аппарат с импульсным зажигающим устройством / ПМ № 167448 РФ, 2017.
6. Майоров М.И., Майоров А.М., Горюнов В.А. Устройство для зажигания газоразрядной лампы / ПМ № 103436 РФ, 2011.
7. Майоров М.И., Майоров А.М., Горюнов В.А. Устройство для зажигания газоразрядных ламп / ПМ № 2567739 РФ, 2015.

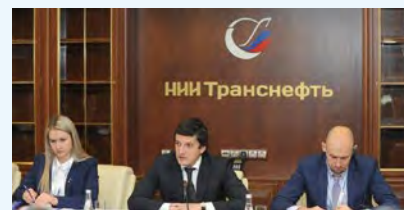


Майоров Александр Михайлович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 2005 г. физический факультет МГУ им. Н.П. Огарёва. Доцент кафедры «Конструкторско-технологическая информатика» НИ МГУ им. Н.П. Огарёва



Майоров Михаил Иванович, доктор техн. наук, доцент. Окончил в 1970 г. физический факультет МГУ им. Н.П. Огарёва. Профессор кафедры «Конструкторско-технологическая информатика» НИ МГУ им. Н.П. Огарёва

Россия и Китай поднимают уровень сотрудничества в сфере энергоэффективности



25 апреля в Москве состоялось первое заседание Российско-Китайской Рабочей группы по энергоэффективности. Провёл заседание Заместитель Министра энергетики РФ Антон Инюцын. Китайскую делегацию возглавил заместитель руководителя Государственного комитета по развитию и реформам КНР Чжан Юн, а в её состав вошли представители крупнейших энергетических компаний Китая, таких как Китайская национальная нефтегазовая корпорация, Государственная электросетевая корпорация Китая, Государственная корпорация энергетических инвестиций и другие.

Российская делегация была представлена регионами, включая Москву и Московскую область, ключевыми энергокомпаниями, банками и институтами развития.

В рамках заседания стороны определили приоритетные направления сотрудничества, включая продвижение лучших энергоэффективных технологий и оборудования, реализацию демонстрационных проектов в сфере энергоэффективного освещения, изучение инженерных решений по сокращению потребления энергии в ключевых отраслях энергетики, финансирование мер по повышению энергоэффективности, развитие технологий smart-грид.

«Россия и Китай имеют большой потенциал снижения энергоёмкости экономики и проводят последовательную политику в этом направлении. Сотрудничество по вопросам развития энергоэффективных технологий и обмена опытом в сфере госполитики будет, безусловно, способствовать повышению энергоэффективности в наших странах», — отметил в своём выступлении сопредседатель Рабочей группы с российской стороны Антон Инюцын.

Также стороны обсудили координацию действий на энергетическом треке в рамках БРИКС, Фестиваль энергосбережения #ВместеЯрче, участие китайской делегации в Международном форуме «Российская энергетическая неделя» и российской делегации в Национальной неделе энергосбережения КНР.

По итогам заседания стороны подписали протокол и договорились провести очередную встречу в 2019 году в Китае.

25.04.2018
www.minenergo.gov.ru

Энергоэффективное проектирование установок дорожного освещения на основе классификации индийских дорог по освещению¹

С. ЧАКРАБОРТИ*, П. БАРУА, С. БХАТТАЧАРДЖИ, С. МАЗУМДАР

Университет Джадавпур, Колката, Индия

* E-mail: suddhasatwachakraborty@gmail.com

Аннотация

На дорожное освещение приходится значительная часть мирового потребления энергии. Хорошо спроектированное дорожное освещение обеспечивает удовлетворение всех связанных со зрительным восприятием требований. Первым шагом на пути создания хорошего проекта дорожного освещения является точная идентификация класса соответствующей дороги. Действующий индийский стандарт на дорожное освещение *IS:1944–1970* не удовлетворяет потребностям современных индийских дорог. Данная работа направлена на проверку применимости предлагаемой методики для точной классификации освещения индийских дорог, которая представляет собой модификацию методики, предложенной в *CIE:115–2010*. Кроме того, в данной работе большое внимание уделено вопросам сбережения энергии за счёт изменения уровня освещения в соответствии с изменениями классов освещения при изменении интенсивности движения в ночные часы. Представлен инновационный проект освещения новой дороги, в основу которого положена предлагаемая классификация дорог.

Ключевые слова: освещение дорог, классификация дорог, энергосбережение, интенсивность движения.

1. Введение

Дорогу можно определить как связующий элемент, используемый людьми для реализации своих деловых целей. Освещение дороги способствует людям на всём протяжении пути к намеченной цели, оказывая

при этом большое влияние на их настроение и поведение. Так что комфортное дорожное освещение является предметом первой необходимости. Установки дорожного освещения очень специфичны. Помимо прочего, дорожное освещение должно обеспечивать безопасность всех участников дорожного движения, позволять пешеходам видеть угрозу, узнавать других пешеходов и чувствовать себя в безопасности, и кроме того, дорожное освещение должно улучшать внешний вид окружающей среды в ночное время. Для удовлетворения требований к дорожному освещению, его нужно должным образом проектировать. Наиболее важным входным параметром при проектировании дорожного освещения является класс дороги по освещению. Этому параметру следует уделять повышенное внимание, так как он лежит в основе всех прочих требований, направленных как на обеспечение безопасности участников дорожного движения, так и на минимизацию энергопотребления [1, 2].

В настоящее время имеются два международных нормативных документа, связанных с освещением дорог: *CIE:115–2010* (Технический отчёт «Освещение дорог для моторизованного транспорта и пешеходов») и *IESNA RP-8–00* (Освещение дорог). В *CIE:115–2010* была предложена основанная на яркости методика выбора класса дороги по освещению, в которой учитывались различные параметры, имеющие значение для рассматриваемой зрительной задачи [3].

В Индии нет полноценного стандарта на дорожное освещение. Подобный стандарт должен содержать более конкретные указания, направленные на получение оптимального решения в характерных для индийских дорог условиях смешанного дорожного движения. В соответствии

с *IS:1944–1970*, дороги разделены на шесть групп: *A, B, C, D, E* и *F*. Группы *A* и *B*, в свою очередь, разделены на подгруппы *A1, A2* и *B1, B2* соответственно. В этом стандарте к группе *A1* отнесены «очень важные дороги с быстрым и интенсивным движением транспорта», а к группе *A2* – «главные дороги других типов со значительным движением смешанного транспорта». К группе *B* относятся «второстепенные дороги, к которым предъявляются менее высокие требования, чем к дорогам группы *A*». Применительно к группе *A*, термин «важный» является относительным, и его трактовка зависит от пользователя. Индийский стандарт на дорожное освещение *IS:1944–1970* основан на освещённости, тогда как международный подход состоит в том, что выбор критериев оценки качества освещения дорог должен быть основан не на освещённости, а на яркости. Обычно зрение автомобилистов направлено на дорогу. Поверхность дороги формирует фон для находящихся на дороге объектов. Эта поверхность видна благодаря тому, что отражённый от неё свет попадает на глаза наблюдателей, и чем больше количество отражённого света, тем выше зрительное ощущение, величина которого определяется яркостью. Освещённость представляет собой количество света, падающего на поверхность, и она неспособна вызывать какие бы то ни было зрительные ощущения, так что в качестве фотометрической характеристики дорожного освещения должна выступать яркость. Так что соответствующие указания требуются и применительно к освещению индийских дорог. Рекомендации, содержащиеся в *CIE:115–2010*, составлены таким образом, чтобы их можно было легко приспособить к условиям разных стран и использовать при разработке национальных стандартов на освещение [5]. В частности, в разрабатываемом в настоящее время индийском стандарте на дорожное освещение предлагается новая методика, основанная на упомянутом техническом отчёте МКО по дорожному освещению.

Целью данной работы является подтверждение правильности предлагаемой новой системы классификации индийских дорог и демонстрация нескольких примеров использования этой новой классификации [6].

¹ Сокращённый перевод с англ. Е.И. Розовского. Полный текст перевода находится в редакции.

2. Описание подтверждаемой методики

Технический отчёт *CIE:115–2010* «Освещение дорог для моторизованного транспорта и пешеходов» является базой для создания методики, основанной на новых связанных с транспортом и окружающей средой параметрах, учитываемых в соответствии с их весовыми коэффициентами [3]. Эта новая методика представляет собой модификацию существующей методики, которая содержится в *CIE:115–2010*. Так как в Индии реализуются, главным образом, смешанные варианты дорожного движения, то в содержащуюся в *CIE:115–2010* методику были внесены изменения с учётом критичных для индийских дорог моментов. Освещение дорог для автотранспорта разделено на разные классы категории М, от М1 до М6, и для разных классов рекомендуются разные значения параметров освещения, таких как средняя яркость, общая и продольная равномерности яркости, пороговое приращение и коэффициент периферийного освещения. Подходящий класс дороги по освещению следует выбирать, исходя из интенсивности, скорости движения и класса транспорта, наличия разделительных полос и перекрёстков, яркости окружения, наличия припаркованных автомобилей и визуальных указателей.

В новой методике пределы/области значений различных параметров (интенсивность и скорость движения транспорта и яркость окружающей среды) заданы для разделения индийских дорог для автотранспорта на классы М1, М2, ..., М6. Например, трём различным категориям скорости – очень высокая (> 60 км/ч), высокая (40–60 км/ч) и умеренная (< 40 км/ч) – приписаны, соответственно, весовые коэффициенты 1, 0,5 и 0. Аналогичным образом, интенсивность движения транспорта разделена на очень высокую (> 60 авт./мин), высокую (50–60 авт./мин), умеренную (30–50 авт./мин), низкую (10–30 авт./мин) и очень низкую (< 10 авт./мин) с весовыми коэффициентами 1, 0,5, 0, –0,5 и –1 соответственно. В Индии в большинстве мест преобладает смешанное движение транспорта, так что для определения типа интенсивности или скорости движения транспорта требуется проводить очень тщательные

наблюдения. В *CIE:115–2010* класс дороги по освещению определяется по формуле:

$$M = 6 - V_{ws}, \quad (1)$$

где V_{ws} – сумма всех весовых коэффициентов. Если рассчитанное значение M не является целым числом, то в качестве M рекомендуется использовать ближайшее меньшее целое число. Эта формула справедлива только для $V_{ws} \leq 5$. Как показывают результаты анализа, в индийских условиях возможны ситуации, при которых $V_{ws} > 5$. Так что для преодоления приведённого выше ограничения при выборе класса освещения формула (1) была преобразована в:

$$M = 6 - V_{ws}, \text{ если } V_{ws} \leq 5, \quad (2)$$

$$M = 1, \text{ если } V_{ws} > 5. \quad (3)$$

3. Проверка применимости предлагаемой методики к освещению индийских дорог

Проверка применимости представляет собой процесс, в ходе которого подтверждается, что точность модели соответствует поставленной задаче. Никакая модель никогда не является абсолютно точной, и всегда есть причины, оправдывающие создание не абсолютно точной модели. Кроме того, точность любой модели определяется стоящими перед ней задачами. В данной работе единственная задача состоит в подтверждении того, что точность предлагаемой методики, представляющей собой модифицированную версию методики, приведённой в *CIE:115–2010*, достаточна для определения классов индийских дорог по освещению.

Для подтверждения правильности методики были выбраны несколько автомобильных дорог в г. Колкате. Уникальность Колкаты состоит в том, что это один из самых населённых мегаполисов Индии со смешанным движением транспорта. Рассматриваемые автомобильные дороги были обследованы, в результате чего были выделены их отличительные особенности. Исходя из этих отличительных особенностей, рассмотренные дороги были отнесены к разным классам по освещению в соответствии с модифицированной методикой МКО (табл. 1). Чрезвычайно оживлённая дорога с высокой скоро-

стью движения транспорта, очевидно, попадает в более высокий класс по освещению, чем сравнительно менее важная дорога. Однако в ином случае справедливость методики определения классов дорог по освещению становится сомнительной.

Что касается табл. 1, то для дороги *Grand Trunk Road (G.T. Road)* сумма весовых коэффициентов V_{ws} оказалась равной 5,5. Это очень важная главная дорога, и для неё класс по освещению равен М1. Дорога *Ballygunge Circular Road* относится к более высокому классу, чем дорога *Mayfair Road*. Результаты анализа реальных условий подтверждают, что *Mayfair Road* должна относиться к более низкому классу, чем *Ballygunge Circular Road*, так как у последней интенсивность движения транспорта гораздо выше, чем у первой. Опять же, *Dover Lane*, представляющая собой очень пустынную дорогу, относится к более низкому классу по освещению, чем *Mayfair Road*, что также оправдано. Так что анализ показывает, что предлагаемая система классификации индийских дорог вполне применима, так как она обеспечивает достаточную точность определения классов дорог по освещению.

4. Некоторые примеры проектов дорожного освещения, основанных на предлагаемой классификации

В соответствии с предложенной методикой были определены классы по освещению нескольких дорог г. Колкаты, и для каждой из этих дорог были спроектированы соответствующие осветительные установки (ОУ).

Дорога VIP ROAD

1. Исходные данные

VIP ROAD, имеющая официальное название *Kazi Nazrul Islam Sarani*, – это главная магистраль, соединяющая г. Колкату с Международным аэропортом *Netaji Subhas Chandra Bose*. Она расположена на северо-восточной окраине города и имеет ширину, равную в среднем 15 м. На всём протяжении дороги она имеет разделительную полосу шириной 1 м.²

² Местоположение дороги и её фотография приведены в полном тексте перевода. – Прим. ред.

Сравнение значений фотометрических параметров ОУ (дорога класса M1)

	Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	Существующая ОУ дороги VIP (светильники с НЛВД мощностью 400 Вт)	Модернизированная ОУ дороги VIP (светильники с СД мощностью 250 Вт)
L_{av}	2,0	2,14	2,32
U_0	0,4	0,36	0,5
U_1	0,7	0,35	0,47
$S.R.$	0,5	0,92	0,96

Таблица 3

Значения фотометрических параметров ОУ при работе светильников с СД в режиме пониженной мощности (дорога класса M2)

	Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	Модернизированная ОУ дороги VIP (светильники с СД мощностью 250 Вт, работающие в режиме пониженной мощности 172 Вт)
L_{av}	1,5	1,49
U_0	0,4	0,5
U_1	0,7	0,47
$S.R.$	0,5	0,96

Таблица 4

Сравнение значений фотометрических параметров ОУ (дорога класса M1)

	Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	ОУ новой дороги (светильники с НЛВД мощностью 250 Вт)	ОУ новой дороги (светильники с МГЛ мощностью 250 Вт)	ОУ новой дороги (светильники с СД мощностью 240 Вт)
L_{av}	2	2,08	3,03	2,16
U_0	0,4	0,69	0,3	0,8
U_1	0,7	0,72	0,85	0,74
$S.R.$	0,5	0,97	0,49	0,5

Эта дорога предназначена только для автотранспорта, средняя скорость движения которого превышает 60 км/ч. Так как она ведёт к единственному аэропорту города, то интенсивность движения на ней очень высока, почти 50–60 авт./мин. Так как эта дорога является одной из самых важных дорог г. Колкаты, то она обеспечена хорошей системой визуальных указателей.

В результате проведённого анализа эта дорога была отнесена к классу по освещению M1, и в настоящее время она освещена светильниками с натриевыми лампами высокого давления (НЛВД) мощностью 400 Вт (рис. 1), смонтированными на высоте 8 м на опорах, которые установлены на разделительной полосе с шагом 18 м.

2. Проект модернизированной ОУ

Контрольными параметрами при проектировании освещения дорог для автотранспорта являются средняя яркость (L_{av}), полная (U_0) и продольная (U_1) равномерности яркости и коэффициент периферийного освещения ($S.R.$). Рекомендованные значения этих параметров для различных типов автодорог приведены в CIE:115–2010. Эти нормы должны выполняться для всех дорог в соответствии с их классами по освещению. Однако в случае дороги VIP ROAD видно, что её существующее освещение не удовлетворяет этим значениям (см. табл. 2), так что для этой дороги была спроектирована модернизированная ОУ, в которой были использованы другие светильники и изменена высота опор, позволив-

шая обеспечить требуемые значения параметров. Проектирование производилось применительно к светильникам со светодиодами (СД) мощностью 250 Вт (рис. 2), смонтированных на высоте 10 м на опорах, которые установлены на разделительной полосе с шагом 18 м.

Требуемые, существующие и соответствующие модернизированной ОУ значения параметров приведены в табл. 2. Хотя модернизированная ОУ и не обеспечивает выполнение всех предъявляемых требований, полученные в её случае значения параметров всё же лучше, чем имеющие место в случае существующей ОУ. Мощность светильника, использованного в модернизированной ОУ, значительно меньше мощности использу-

Рис. 1. Кривые силы света (а) и коэффициенты использования светового потока (б) светильника с НЛВД мощностью 400 Вт

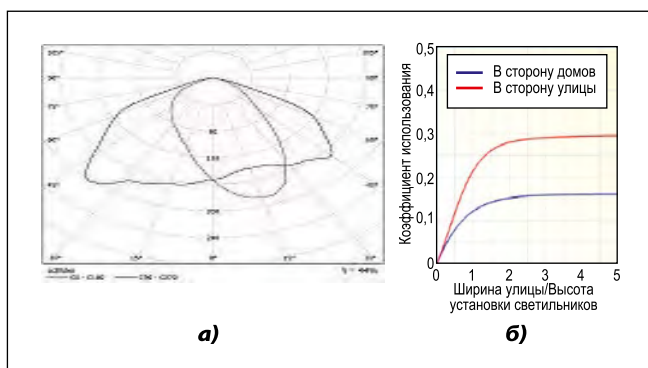
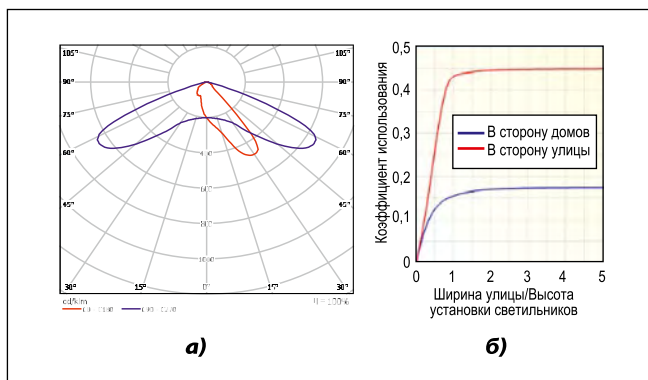


Рис. 2. Кривые силы света (а) и коэффициенты использования светового потока (б) светильника с СД мощностью 250 Вт



мого в настоящее время светильника, что приводит к значительной экономии энергии.

3. Расчёт экономии энергии

В существующей ОУ используются светильники с НЛВД мощностью 400 Вт, смонтированные на опорах, которые установлены на разделительной полосе с шагом 18 м, так что на 1 км дороги приходится 110 таких светильников. Количество энергии, потребляемой одним светильником с учётом потерь в пускорегулирующем аппарате, составляет $(400 + 58) = 458$ Вт, так что при работе ОУ 12 ч в сутки суточное энергопотребление составляет 604 кВт·ч на 1 км дороги. В новой ОУ используются светильники с СД мощностью 250 Вт смонтированные на опорах, которые установлены на разделительной полосе с шагом 18 м, так что на 1 км дороги также приходится 110 таких светильников. Количество энергии, потребляемой одним светильником с учётом потерь в устройстве управления, составляет $(250 + 12) = 262$ Вт, так что при работе ОУ 12 ч в сутки суточное энергопотребление составляет 346 кВт·ч на 1 км дороги. В результате, экономия энергии при переходе от светильников с НЛВД мощностью 400 Вт на светильники с СД мощностью 250 Вт составляет 258 кВт·ч на 1 км дороги.

4. Классификация дороги в зависимости от времени суток

Ещё одним важным моментом является зависимость требований к освещению от времени суток. Обычно при классификации дороги весовые коэффициенты различных параметров освещения определяются применительно к периоду максимальной нагрузки в вечернее время, и рекомендуемые значения параметров устанавливаются в соответствии с условиями, реализующимися в часы пик. Однако дорога, которая относится к определённому классу по освещению в часы пик, в ночное время может уже относиться к другому классу. Интенсивность и скорость движения автомобилей по конкретной дороге зависят от времени. При этом может меняться и яркость окружающей среды, и все эти изменения приводят к изменению класса дороги по освещению. Дорога *VIP ROAD* была обследована в периоды с 18:00 до 24:00 и с 0:01 до 6:00. Интенсивность движения в эти два периода была разной. В вечернее время, то есть в непиковые часы движения, *VIP ROAD*, которая относится к классу по освещению *M1*, переходит в класс по освещению *M2*. Использование светильников с СД не только обеспечивает экономию электроэнергии благодаря уменьшению установленной мощности, но и даёт возможность при

необходимости уменьшать мощность ОУ. Светильник с СД, который в вечерние часы пик работает в режиме 250 Вт, после полуночи можно перевести на работу в режиме 172 Вт. Значения фотометрических параметров, обеспечиваемых при работе в режиме пониженной мощности, приведены в табл. 3.

Аналогичные исследования были проведены применительно и к другим дорогам г. Колкаты, относящимся к разным категориям по освещению³.

5. Пример новой ОУ

Проект новой ОУ разрабатывается применительно к дороге шириной 15 м. Это дорога для автотранспорта, по которой автомобили движутся с очень высокой скоростью, и на которой нет припаркованных автомобилей.

Первым шагом на пути создания ОУ является определение класса дороги по освещению. Анализ существующих условий движения транспорта по рассматриваемой дороге показал, что эта дорога относится к классу по освещению *M1*, и проектирование следует производить применительно к именно этому классу. Проект ОУ должен обеспечивать выполнение соответствующих классу *M1* требований к средней яркости, общей и продольной равномерности яркости, пороговому приращению яркости и коэффициенту периферийного освещения. Проектирование производилось применительно к светильникам с тремя источниками света: НЛВД, металлогалогенной лампой (МГЛ) и СД. Результаты расчётов, приведённые в табл. 4, говорят о том, что предпочтительным является вариант со светильником с СД мощностью 240 Вт.

Другим важным обстоятельством является изменение требований к освещению во времени. В течение дня наблюдается изменение как количества автомобилей, движущихся по дороге, так и яркости окружающей среды, что приводит к изменению класса дороги по освещению. В случае рассматриваемой дороги интенсивность движения высока в период между 18:00 и 23:00 (50–60 авт./мин), после чего интенсивность движения непрерывно уменьшается до 30–50 авт./мин в пе-

³ Полученные результаты, аналогичные приведённым в табл. 2 и 3, приведены в полном тексте перевода. – Прим. ред.

Сравнение рекомендуемых значений фотометрических параметров с их значениями, полученными применительно к новой дороге в разные временные интервалы

Класс M1 (18:00–23:00)		Класс M2 (23:00–2:00)		Класс M3 (2:00–6:00)	
Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	ОУ новой дороги (светильники с СД мощностью 240 Вт)	Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	ОУ новой дороги (светильники с СД мощностью 240 Вт, работающие в режиме пониженной мощности 210 Вт)	Рекомендуемые в CIE115:2010 значения для дорог для моторизованного транспорта [3]	ОУ новой дороги (светильники с СД мощностью 240 Вт, работающие в режиме пониженной мощности 125 Вт)
2	2,16	1,5	1,66	1,0	1,12
0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8
0,7	0,74	0,7	0,74	0,6	0,74
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

вания, составляет $157,5 + 83,2 + 68 = 308,7$ кВт·ч. Так что при использовании светорегулирования количество потребляемой энергии может быть уменьшено с 378 до 308,7 кВт·ч, то есть благодаря регулированию энергопотребления светильников с СД можно сэкономить почти 70 кВт·ч в сутки.

В результате для освещения этой дороги шириной 15 м рекомендуется использовать светильники с СД мощностью 240 Вт, установленные по двухрядной прямоугольной схеме с расстоянием между опорами 16 м и высотой опор 9 м. Для получения оптимальной ОУ, в часы пик (18:00–23:00) светильники должны работать в режиме полной мощности, в период с 23:00 до 2:00 их мощности должны быть уменьшены до 210 Вт, а в период с 2:00 до 6:00 – до 125 Вт.

6. Обсуждение

В статье описаны огромные возможности в части внесения изменений в проектирование уличного освещения в индийских условиях. Приведённый в статье пример дороги *VIP ROAD* явственно демонстрирует эти возможности улучшения освещения дорог. *VIP ROAD* представляет собой очень важную дорогу для автотранспорта. Согласно математической модели, представляющей собой модификацию существующей модели МКО, эта дорога относится к классу M1 по освещению. В существующей осветительной установке этой дороги используются светильники с НЛВД мощностью 400 Вт, установленные на

высоте 10 м при равном 18 м расстоянии между опорами. Результаты измерений оказались значительно ниже, чем рекомендуемые значения. Если же заменить существующие светильники на светильники с СД, обеспечив при этом уровень и равномерность освещения, рекомендуемые для данного конкретного класса дороги по освещению, то это приведёт к огромной экономии энергии и прекрасному удовлетворению всех фотометрических и зрительных критериев. Аналогичным образом, дорога *Purno das Road* (смешанное движение, главным образом, автомобильное) в настоящее время освещена светильниками с НЛВД мощностью 400 Вт, установленными на высоте 9 м при равном 20 м расстоянии между опорами. Результаты измерений и в этом случае оказались значительно ниже, чем рекомендуемые значения. Так что точное определение класса дороги по освещению и основанное на полученных результатах проектирование энергосберегающего дорожного освещения привело бы к созданию наиболее оптимальной осветительной установки.

7. Заключение

Полностью оптимизированный проект установки дорожного освещения обеспечивает как выполнение всех возможных фотометрических и зрительных требований, так и экономию энергии. Различные международные и национальные стандарты говорят о необходимости классификации до-

рог по освещению. Такая классификация может обеспечить разделение дорог в соответствии с их значимостью для движения транспорта. В данной статье это вопрос рассматривается применительно к индийским дорогам. Кроме того, в ней предложен метод классификации индийских дорог исходя из характеристик их транспортного потока. По своей природе, индийские дороги относятся к дорогам смешанного типа, и предложенный метод подходит для их классификации по освещению. Проверка правильности метода была проведена на примере нескольких дорог такого мегаполиса, как Колката, освещение которых представляет собой сложную задачу. Кроме того, новизна данной работы состоит в том, что в ней рассмотрено изменение проектных параметров в период низкой транспортной нагрузки. Предложенный метод классификации предусматривает изменение класса рассматриваемой дороги по освещению в ночное время в зависимости от интенсивности движения. Так что проектирование дорожного освещения должно производиться применительно к светильникам, имеющих запрограммированную возможность ступенчатого светорегулирования, с тем чтобы обеспечить требуемые характеристики освещения в разные часы работы осветительной установки в ночное время. А это может обеспечить экономию энергии.

Ещё одним вопросом, рассмотренным в этой работе, было использование предложенной системы классификации для оптимизации дорожного

освещения. Полученные классы дорог по освещению позволяют определить точные требования к фотометрическим характеристикам освещения рассматриваемой дороги, что уменьшит возможность избыточного освещения. Выбор как светильников, так и параметров осветительной установки, является критичным для создания качественного проекта дорожного освещения. И этот момент также подробно рассмотрен в данной статье. Наиболее важным этапом проектирования является выбор светильников для освещения конкретной дороги. К параметрам осветительной установки, которые могут повлиять на весь проект в целом, относятся расположение светильников, высота их установки и т.д. Важное значение имеет и спектр источника света, но этот вопрос в данной статье не рассматривается.

Эту статью можно считать универсальным руководством по проектированию оптимальных установок дорожного освещения. В разных странах действуют разные требования, основанные на специфике транспортных потоков, и предложенная классификация может считаться первым шагом на пути проектирования освещения индийских дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boyce, P.R., Fotios, S., Richards, M. Road lighting and energy saving // Lighting Research and Technology. – 2009. – Vol. 41. – P. 245–260.
2. Kostic, M., Djokic, L. Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting // Energy. – 2009. – Vol. 34. – P. 1565–1572.
3. Commission Internationale de l’Eclairage. Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic. CIE Publication 115–2010, Vienna: CIE, 2010.
4. IS:1944 (Parts I and II) – 1970. Indian Standard CODE OF PRACTICE FOR LIGHTING OF PUBLIC THOROUGHFARES.
5. Strbac-Hadzibegovic, N., Kostic, M. Modification to the CIE115–2010 procedure for selecting lighting classes for roads // Lighting Research and Technology. – 2016. – Vol. 48. – P. 340–351.
6. Morante, P. Mesopic street lighting demonstration and evaluation. Final report for Groton Utilities. Groton, Connecticut.
7. Commission Internationale de l’Eclairage. Road Lighting Calculations. CIE Publication 140–2000, Vienna: CIE, 2000.
8. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) 2000. American National Standard Practice for Road Lighting, PR-08–00. New York: IESNA.

9. van Bommel, W. Road Lighting Fundamentals, Technology and Application. 2015. ISBN978–3–319–11465–1.

10. van Bommel, W. Road Lighting Fundamentals, Technology and Application. 1980. ISBN90201 1259 (Kluwer Edition).



Суддхасатва Чакрабортти (Suddhasatwa Chakraborty),

М.Е. Окончил с отличием Университет Джадавпур (2006 г.). Доцент и руководитель электротехнической лаборатории электротехнического факультета Университета Джадавпур. Область научных интересов: уличное освещение, ориентированное на людей освещение, человеческий фактор в освещении

М.Е. Окончил с отличием Университет Джадавпур (2006 г.). Доцент и руководитель электротехнической лаборатории электротехнического факультета Университета Джадавпур. Область научных интересов: уличное освещение, ориентированное на людей освещение, человеческий фактор в освещении



Прита Баруа (Priya Barua).

Окончила Университет Джадавпур (2015 г.). Обучается в магистратуре Университета Джадавпур



Соуменду Бхаттачарджи (Soumendu Bhattacharjee).

Окончил Западно-бенгальский технический университет (2014 г.). Обучается в магистратуре Университета Джадавпур



Сасвати Мазумдар (Saswati Mazumdar),

Ph.D. Профессор, бывший директор Светотехнической школы Университета Джадавпур. Имеет 29-летний опыт работы в области светотехники и светотехнического образования. Организовала модернизированную светотехническую лабораторию в Университете Джадавпур. Руководила проведением многочисленных научно-исследовательских и консультационных проектов в области светотехники и в смежных областях

светотехники и светотехнического образования. Организовала модернизированную светотехническую лабораторию в Университете Джадавпур. Руководила проведением многочисленных научно-исследовательских и консультационных проектов в области светотехники и в смежных областях

Новое уличное освещение появится более чем на 300 км дорог Подмосковья в 2018 году

В текущем году на территории Московской области в рамках программы «Светлый город» новое уличное освещение появится более чем на 300 километрах дорог, сообщает РИАМО со ссылкой на министра жилищно-коммунального хозяйства Подмосковья Евгения Хромушина.

«Основной упор (в рамках программы «Светлый город» - ред.), конечно, на дороги, в первую очередь, на муниципальные - более 300 километров. 15 километров - это освещении линии связи как раз в создаваемых наших территориях комфорта, благоустроенных территориях. И 17 километров - это освещение дворовых территорий, которые включены в план», - сказал Хромушин.

Согласно справочному материалу, всего в программу «Светлый город» войдут 345,6 километра дорог.

В начале 2017 года губернатор Московской области Андрей Воробьев инициировал в регионе программу «Светлый город», которая призвана решить наиболее актуальные проблемы с наружным освещением. Программа включает создание дополнительного освещения аварийных участков автодорог, освещение «мест притяжения» (парков, скверов, набережных, достопримечательностей), а также улиц и дворов.

04.06.2018

www.mosreg.ru

Светодиоды серии SunLike имеют спектр, максимально приближенный к солнечному излучению

Seoul Semiconductor расширяет продажи своих новых светодиодов серии SunLike, спектр излучения которых практически точно соответствует спектру солнечного света и минимизирует недостатки искусственных источников света. Появившаяся на рынке в июне 2017 года новая серия СД SunLike была совместно разработана Seoul Semiconductor и Toshiba Materials.

«Мировой рынок освещения был сфокусирован на энергосбережении с момента появления светодиода. Светодиоды «естественного света» серии SunLike представляют новый вектор инновационного развития в сторону создания освещения, максимально приближенного к естественному по своим характеристикам», — пояснил Марк Мак Килер, исполнительный вице-президент Seoul Semiconductor по Северной Америке.

30.05.2018

www.edisonreport.com

Светодиодное решение для Хорошевской гимназии

Московская «ХороШкола» – одно из самых современных в России учебных заведений, с углублённым изучением естественных наук и расширенным спортивным функционалом: 3 спортзала и бассейн. Система образования в ней соответствует принципам обучения, принятым в Гарвардской школе (США) [1].

Хорошевская гимназия «ХороШкола» – вторая часть образовательного проекта «ХороШкола». Первая была открыта в 2013 году в 82 квартале Хорошово-Мневников, с детским садом и прогимназией. Проект оказался настолько успешным, что заказчик Сбербанк решил продолжить его проектом средней школой для 5–11 классов.

Новое здание расположено по соседству, в жилом комплексе «Wellton park», между Карамышевской набережной Москвы-реки и проспектом Маршала Жукова. Школа, построенная по проекту архитектурного подразделения компании «Крост» – «А Проект» (рис. 1).

Архитектура здания привлекла к себе внимание ещё на стадии проекта: в 2016 году «ХороШкола» вошла в шорт-лист Всемирного фестиваля архитектуры (WAF) в номинации «Проект образовательного учреждения», а в 2017 году заняла первое место в категории «Концепция общеобразовательных учреждений» на международном конкурсе инновационных проектов «Re-thinking The Future».

Общая площадь здания – 24000 м², средняя высота чистовых потолков – 4 м, число учеников – 336.

При проектировании и монтаже оборудования столь неординарного образовательного заведения для решения вопросов внутреннего освещения была приглашена известная российская компания «Световые Технологии» [2, 3].

Это уже не первый проект компании в области освещения образовательных заведений, при этом, всякий раз «Световые Технологии», наряду с функционалом освещения, предлагают решения по целому комплексу задач архитектурно-художественного, эстетического и технико-экономического характера.

«Световые Технологии» активно поддерживают применение светодиодов в образовательных заведениях с учётом современных тенденций проектирования и реализации освещения на таких объектах. Поэтому вся система освещения «ХороШколы» была полностью выполнена на светильниках собственного производства компании со светодиодными источниками света.



Рис. 1. «ХороШкола». Общий вид

При проектировании освещения, с учётом проработки проекта с архитекторами, «Световыми Технологиями» были решены следующие задачи:

- обеспечение требуемого уровня освещения в помещениях, предназначенных для учебных целей при одновременном снижении потребления электроэнергии;
- обеспечение качественных характеристик ОУ – неотъемлемой составляющей успешности образовательного процесса;
- применение современных технологий управления ОУ, дающих возможность гибкого изменения сценариев освещения, с использованием общего, комбинированного и местного освещения;
- включение управления освещением в игровые формы проведения уроков, создание индивидуальной среды обучения средствами управления светом.

В помещениях «ХороШколы», где проходит учебный процесс, при расчёте освещения были приняты следующие условия:

- габаритная яркость светильников не превышает 5000 кд/м². В связи с тем, что габаритная яркость открытых светодиодов чрезмерно высока, использование светильников с открытыми светодиодами для общего освещения помещений не предполагается. Осветительная арматура содержит эффективные рассеиватели, снижающие габаритную яркость до указанных значений;
- неравномерность распределения яркости выходного отверстия светильников L_{max}/L_{min} составляет не более 5:1;
- особое внимание было уделено равномерности светораспределения за счёт правильного выбора осветительных приборов и способа их размещения;
- удельная установленная мощность для основных помещений не превышает 25 Вт/м².

Сводные технические характеристики

- Общее число установленных светильников – 1500, общее число светодиодов – около 300000.
- Производители светодиодов – компании *NICHIA*, *CREE*, *LG*, *Seoul Semiconductor*.
- Общая установленная мощность освещения – около 52 кВт;

- Коэффициент запаса – 1,4–1,5.
- Коррелированная цветовая температура светильников в разных основных помещениях школы: коридоры, холлы, места общего пользования – 3000 К, учебные классы, функциональные помещения – 4000 К.

- Общий индекс цветопередачи – не менее 80.

- Коэффициент равномерности распределения освещённости в основных помещениях, согласно СП 52.13330.2016 – не менее 0,5 (фактически составляет 0,5–0,7).

- Коэффициент отражения стен в классных комнатах – 0,5, а в остальных помещениях – 0,3–0,4;

- Система управления – «*DEUS DALI*».

Ограничение блёскости явилось одной из важнейших задач при проектировании освещения в «ХороШколе». Нормируемые значения *UGR* для образовательных помещений составляют 14–25 в зависимости от их назначения. Этот диапазон и был выдержан при проектировании системы освещения.

Основные параметры освещения помещений «ХороШколы» приведены в *таблице*.

Важным параметром, влияющим на зрительный комфорт для учеников и преподавателей, является коэффициент пульсаций светового потока. Для его снижения была применена расфазировка питания ОУ в большинстве помещений школы, что дало возможность получить значение этого показателя не выше 0,5 %.

Зональное освещение

Классные комнаты, аудитории, помещения для преподавателей (рис. 2 и 3)

ОУ в этих помещениях выполнены «гибкими», адаптируемыми к конкретной задаче, что дополнительно обеспечивается применением системы управления освещением.

В компьютерных классах исключена возможность прямой засветки экранов, снижающей контрастность и яркость изображения.

В этих помещениях использованы светильники *REFLECT LED15004000K* серии «*REFLECT LED*» в общем количестве 1000 шт.

«*REFLECT LED*» [4] – светодиодная подвесная модульная система отра-

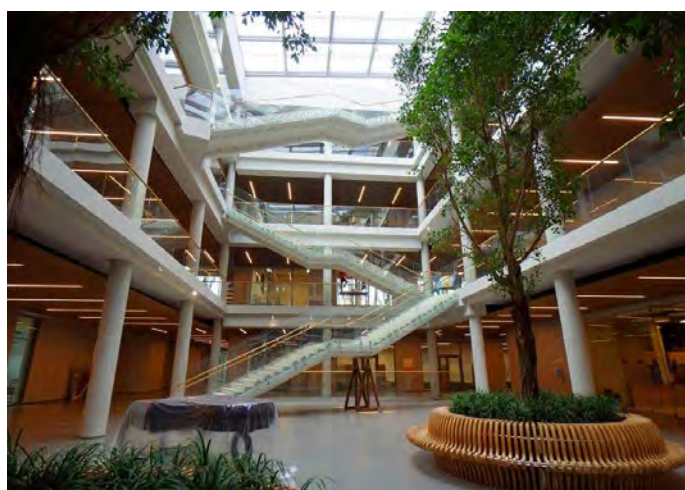
Рис. 2. Учебный класс



Рис. 3. Учебный класс



Рис. 4. Вестибюль



жённого света. Световой поток – 3600 лм, световая отдача – 106 Вт/лм, мощность – 34 Вт, коэффициент мощности – 0,97.

Вестибюли, актовые залы (рис. 4 и 5)

Во входной зоне «ХороШколы» часто организовываются выставки работ, присутствуют информационные стенды и другие средства коммуни-

кации, поэтому применено как общее, так и акцентирующее освещение.

Освещение выполнено на основе светильников серии:

«*PROFILE60*» [5] – это встраиваемая профильная система: корпус изготовлен из экструдированного анодированного алюминиевого профиля, рассеиватель – из экструдированного поликарбонатного профиля. Источник света выбирается индивидуально.

Таблица

Помещение / Параметры освещения	Освещённость (расчётная), лк		Освещённость (фактическая средняя), лк / Равномерность распределения освещённости		Обобщенный показатель дисккомфорта (UGR)	Корректированная цветовая температура (расчётная), К	Основная серия светильников
	На рабочей поверхности	На уровне пола	На рабочей поверхности	На рабочей поверхности			
Входная зона, актовые залы, вестибулы, рекреации	200	-	331/0,51		< 19	3000	«PROFILE60»
Учебные классы и аудитории *	400	-	449/0,73		< 19 < 14(ЭВМ)	4000	«REFLECT LED»
		-	-		< 19 < 14(ЭВМ)		
Спортивные залы **	-	200	268/0,64				«OLYMPIC LED»
	-	-	325/0,84		25		«LED MALL ECO»
Столовые, кафетерии	200	-	225/0,59			3000	«SOL P»
Коридоры, лестницы, санузлы	100	-	195/-		-		«LINER'S TH LED»

Примечания: * вертикальная освещённость – 500 лк на уровне 1,5 м (на середине классной доски);
** вертикальная освещённость – 75 лк на уровне 2 м с обеих сторон на продольной оси помещения.

Спортивные залы

Для спортзалов в «ХороШколе», имеющих большую высоту потолка, было применено светодиодное оборудование, обладающее высокой энергоэффективностью и большим сроком службы.

Залы освещены светильниками «OLYMPIC LED» [7], предназначенными для спортивных помещений с высотой потолка 6–10 м, которые имеют низкую габаритную яркость и высокую энергоэффективность. Монтаж производится на поверхность потолка на кронштейнах/тросовых подвесах или на стену на поворотных кронштейнах.

В зависимости от модели световой поток составляет 7800–16100 лм, а мощность – 45 или 72 Вт.

Зона бассейна (рис. 6)

Она освещена пылевлагозащищёнными светильниками с компактным корпусом из экструдированного алюминия «LED MALL ECO» [8]. Световая отдача – 120 лм/Вт, наличие двух вариантов КСС, высокое значение общего индекса цветопередачи, степень защиты – IP54. В зависимости от модели световой поток составляет 4100–16000 лм, а мощность – 38–148 Вт.

Столовые, кафетерии (рис. 7)

Столовые и кафетерии в «ХороШколе», помимо приготовления, хранения и приёма пищи, предназначены также для неформального общения и релаксации.

Современные системы управления освещением на базе протокола DALI обеспечивают гибкую настройку сценариев освещения.

Решение по освещению основано на подвесных светильниках «SOL P» [9], создающих прямое диффузное освещение. Корпус светильников изготовлен из гнутого алюминиевого профиля, а рассеиватель – из матового сатинированного ПММА. Светодиодный модуль, «расположенный по всей площади светильника, создаёт достаточную засветку и высокий КПД оптической системы». В зависимости от модели световой поток составляет 2150–13500 лм, световая отдача – 102–121 лм/Вт и мощность – 21–112 Вт.

Рис. 5. Актный зал

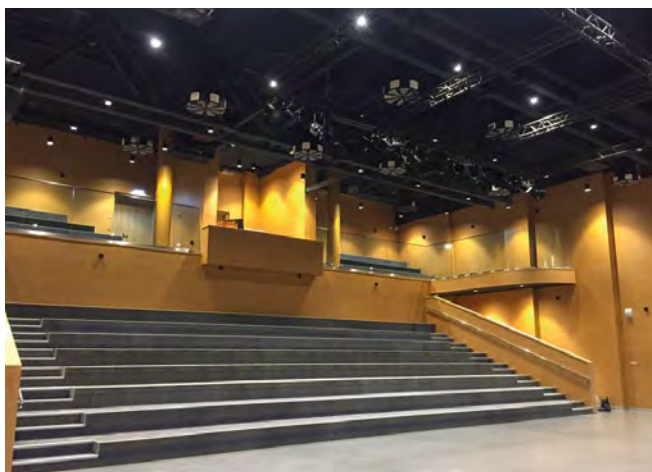


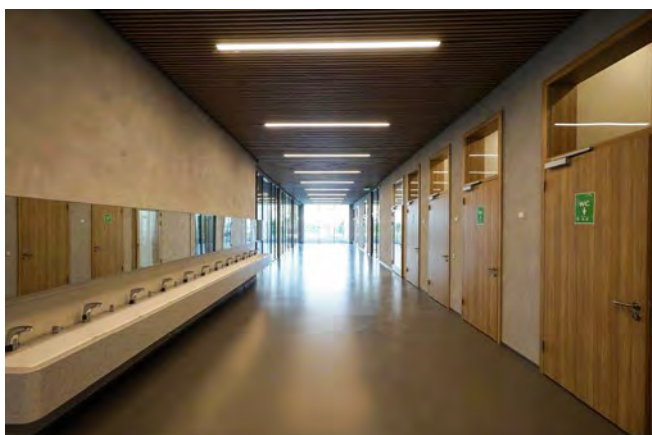
Рис. 6. Бассейн



Рис. 7. Столовая



Рис. 8. Коридор



Вспомогательные помещения (рис. 8)

Ввиду непостоянства пребывания людей в данных зонах (как правило, пик активности наблюдается в перерывах между занятиями, затем происходит спад), применена система управления освещением с датчиками движения, что позволило значительно снизить энергозатраты, благодаря тому, что освещение используется только тогда, когда оно действительно необходимо.

Применены единые непрерывные линии на основе светильников «LINER/S TH LED» [10] – модульная светодиодная система для потолочного или подвесного монтажа. Непрерывность рассеивателя исключает видимые стыки между светильниками, объединёнными в линию шириной 6 см. В зависимости от модели световой поток составляет 1500–3200 лм, световая отдача – 73–100 лм/Вт и мощность – 18–38 Вт.

ССЫЛКИ¹

1. URL: <https://horoshkola.ru/about>.
2. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/projects/594-khoroshkola/>.
3. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/>.
4. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/suspended-luminaires/reflect-led/>.
5. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/recessed-luminaires/profile/profile-60-profile-diffuser-2500mm/>.
6. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/ceiling-luminaires/owp-eco-led/>.
7. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/ceiling-luminaires/olympic-led/>.
8. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/damp-proof-luminaires/led-mall-eco/>.
9. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/suspended-luminaires/sol-p/>.
10. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/indoor-luminaires/linear-luminaires/liner-s-led-th/>.

**Е.С. Серый, Редакция журнала
«Светотехника»**

¹ Дата обращения ко всем ссылкам:
25.04.2018

Современное состояние и перспективы развития светодизайна

С.Н. СИЗЫЙ

Школа и студия светодизайна LiDS

История: причины появления светодизайна

Всё началось со света! Большой взрыв и рождение Вселенной. Существование нашей планеты и формирование жизни на Земле невозможно представить без света. Свет словно кнопка старта: жизнь человека начинается с момента, когда он впервые видит свет, и заканчивается, когда свет больше не имеет для него никакого значения. Каждый день, каждое утро начинаются со света. Естественный свет окружал человека всегда: в лесу и на море, днём и ночью, весной и осенью, на юге и на севере, в солнце и в дождь. Прошло много времени, и человек научился получать свет искусственно. Теперь свет может очень многое: он освещает наши улицы, дома и квартиры, заводы и офисы, магазины и театры, дорогу, по которой мы едем, или парк, в котором мы гуляем, стадион, на котором болеем, и город, в котором живём.

Более того: человек даёт оценку окружающему миру, опираясь на своё восприятие, важнейшей частью которого является визуальная составляющая. Принимая во внимание, что визуальное восприятие невозможно без света, можно сделать вывод, что освещение играет ключевую роль в жизни любого человека, а люди, которые создают световую среду и управляют ею, несут серьёзную ответственность перед каждым человеком и обществом в целом. Учитывая сказанное, вопросы светодизайна должны решаться на самом глобальном уровне без каких-либо исключений и ограничений. Такое отношение позволит сформулировать наиболее полные и актуальные задачи и подходы светодизайна, а также требования к образованию в этой области. Но что такое светодизайн? Как и откуда он появился?

Говоря о глобальных потребностях человека, стоит прежде всего обратиться к иерархической теории Абрахама Маслоу [1], в соответствии с которой можно выделить несколько

обобщённых групп потребностей: от первичных – физиологических – до наивысших потребностей в эстетическом удовлетворении и самовыражении. Таким образом, если ставить цель решения задач светодизайна на глобальном уровне, то логичным выглядит необходимость построения подобной пирамиды потребностей человека в освещении с последующим анализом их эволюции (рис. 1).

Для физиологических потребностей было достаточно естественного света. По мере того, как развивалась цивилизация, люди сначала начали использовать искусственное освещение для создания чувства безопасности, а потом для выполнения различной работы: начиная от письма и чтения, до овладения сложными производственными процессами. Новые потребности цивилизации и технический прогресс, выразившийся в появлении электрических источников света, послужили зарождению новой науки – светотехники, в рамках которой уже в первые десятилетия XX века была сформирована прочная теоретическая база, по-

служившая основанием для практического применения искусственного освещения в различных областях жизнедеятельности человека. Подтверждением этому может служить создание в 1913 году международной комиссии по освещению (МКО), ставшей преемником международной комиссии по фотометрии, что свидетельствует о переходе светотехники из теоретической в прикладную науку, одной из важней целей которой является создание комфортного, безопасного и эффективного светового пространства.

С того момента, как искусственное освещение обретает сильную теоретическую и практическую базу в лице светотехники, его роль в архитектуре постоянно растёт. Зодчие постепенно приравнивают возможности электрического света к возможностям и влиянию естественного света на восприятие пространства и прочтение архитектурного произведения. Особенно сильно новые возможности света отразилось на архитектуре конструктивизма, движимой советскими авангардистами В. Татлиным, К. Мельниковым, братьями Весниными и другими. С этого момента светотехники становятся обязательными участниками процесса архитектурного проектирования. Задачи, поставленные перед искусственным освещением, стали ещё более разносторонними, и для их решения требовался органичный син-

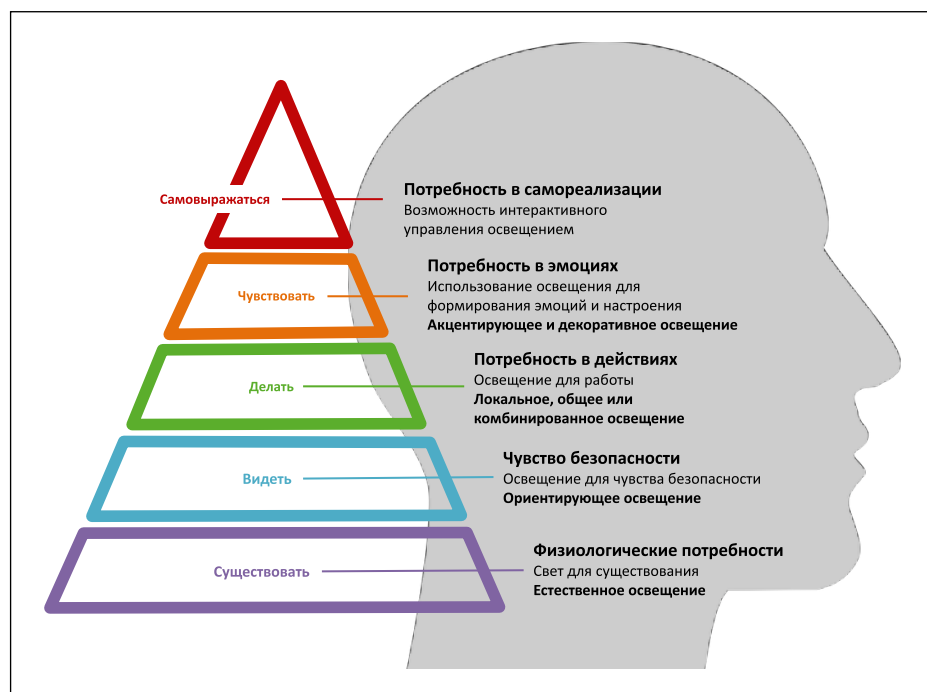


Рис. 1. Пирамида потребностей человека в освещении. Сергей Сизый, 2011 год.

тез света и архитектуры при создании произведений зодчества. Для обозначения такого вида деятельности немецкий светотехник И. Тейхмюллер в 1926 году предложил термин «световая архитектура» [2], который был принят и развит перспективно мыслящими архитекторами того времени. Одним из таких специалистов, несомненно, является советский архитектор Н.М. Гусев, которого можно считать одним из пионеров световой архитектуры, о чём свидетельствует его книга 1937 года «Свет в архитектуре» [3], положившая начало отечественному вкладу в развитие нового направления в архитектуре и светотехнике.

Справедливости ради стоит отметить, что на развитие светотехники повлияли специалисты из самых разных областей. На несколько десятилетий раньше конструктивистов новый смысл свету придали исследования композитора А.Н. Скрябина, разработавшего теорию связи музыки и света (рис. 2). Значительным был вклад в светотехнику промышленных дизайнеров, идеи которых повлияли на критерии «хорошего освещения». Один из них, датский дизайнер П. Хенингсен (рис. 3) довёл до совершенства системы отражённого света, повысив планку комфорта световой среды, тем самым упростив архитекторам решение этой задачи и предоставив им возможность думать о других сферах применения освещения.

Но активное и повсеместное развитие световая архитектура получила во второй половине XX века. В Советском Союзе её «локомотивом» оставался Н.М. Гусев, который несколько сменил вектор нового направления в сторону задач светотехники, о чём свидетельствует название книги, выпущенной в 1949 году, – «Архитектурная светотехника» [4], в которой он говорит о двойственной роли света – не только функциональной, но и художественной – и призывает к развитию светотехники во втором направлении. Его последователи разделяются в своих исследованиях на две области: световую архитектуру интерьера и световую архитектуру города.

К первой группе стоит прежде всего отнести киевского архитектора Л.А. Воронца, который в своей публикации 1964 года [5] говорит о связи освещения и восприятия интерьера. Он объясняет развитие новых подходов массовым внедрением разрядных

Рис. 2. Цветовая теория Скрябина

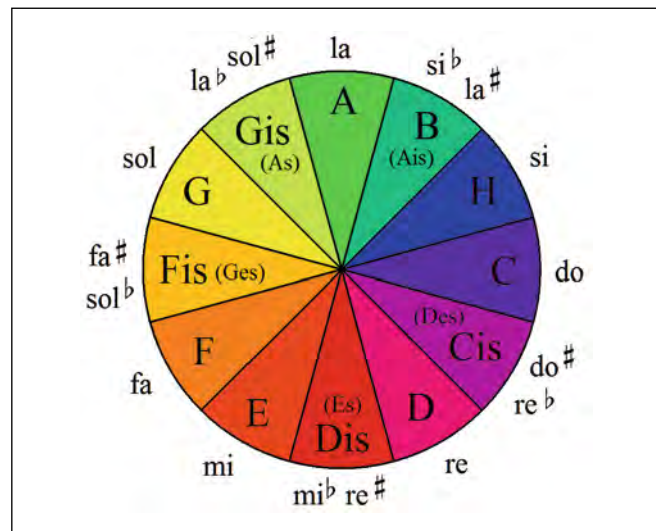


Рис. 3. Поль Хенингсен и его светильники PH и Artishok

источников света, эффективность которых позволила в 2–3 раза повысить общий уровень освещённости интерьеров, тем самым в значительной степени удовлетворив утилитарные потребности пользователей в безопасной световой среде и сместив их внимание на потребности другого рода, в частности, на стремление к эстетическому удовлетворению от освещения пространства. Архитектор разделяет новые задачи освещения интерьера на два направления: пространственные и декоративные, которые в совокупности определяют психологическое воздействие на человека.

Обширность взглядов того времени подтверждают проведённые Л.А. Воронцом исследования световых визуальных иллюзий, в частности воздействия освещения на восприятия размеров пространства, а также анализ соответствия распределения яркостей в объёме распределению нагруз-

зок в его конструктивной схеме – то, что мы сегодня называем «световой архитектурной».

Также он отмечает, что психологическое влияние существует независимо от того, учитывает или не учитывает автор этот фактор при разработке проекта. Поэтому Л.А. Воронец призвал к выработке эмпирических правил архитектурного освещения путём изучения примеров отечественной и мировой практики освещения интерьеров.

Актуальным для середины XX века был вопрос визуализации идей освещения. Л.А. Воронец справедливо обращал внимание на то, что архитекторы часто представляют интерьер только при естественном свете, а светотехники не имеют достаточных навыков для изображения интерьера при искусственном освещении, что сдерживает развитие архитектурного и декоративного освещения и требует из-

менений в образовательном процессе и поиска новых средств реалистичной визуализации искусственного освещения.

Если судить по количеству публикаций на тему световой архитектуры, то наиболее активные дискуссии в этом направлении велись в середине 70-х годов прошлого столетия.

Представитель Моспроект-2, архитектор В.С. Кубасов одним из первых говорит не только о работе света с пространством, но и делает упор на конечный результат такого взаимодействия, выраженный в создании с помощью освещения эмоционального воздействия на пользователя.

В публикации 1974 года «Свет в архитектуре интерьера» [6] Кубасов приводит примеры, когда человек умышленно отказывается от качественного функционального освещения и достаточной освещённости взамен на получение определённого эстетического впечатления от пространства за счёт декоративного освещения (затемнённые залы ресторанов и кафе). Кроме того, архитектор допускает отступление от нормативных рекомендаций по освещённости и её равномерности в пользу эмоционального воздействия света, если этого требует пространство, время и пользователи.

В.С. Кубасов призывает светотехника и архитектора к совместной работе, при этом отмечая тот аспект, что светотехник помимо технических знаний должен владеть пониманием специальных художественных вопросов формирования архитектуры интерьера с помощью света, и в поддержку идей Л.А. Воронца говорит о недопустимости выпуска проектов освещения без визуального подтверждения предлагаемых решений.

Отдельного внимания заслуживают идеи архитектора Ж.М. Вербицкого, высказанные им в публикации 1975 года «Роль света в архитектуре интерьера» [7]. Прежде всего, он возлагает на свет роль посредника между человеком и архитектурной формой, в том числе пространством, объёмом, пластикой и цветом, и отмечает свет, как важнейшее композиционное средство, способствующее превращению строительного объёма в среду обитания.

Также он отмечает четырёхмерность архитектурного пространства, в котором время является четвёртым измерением, вносящим динамизм

в трёхмерную статику интерьера за счёт использования возможностей освещения для мгновенного изменения восприятия пространства за счёт сценариев освещения. На основании этого Ж.М. Вербицкий предлагает внести в архитектурный проект разработку световой партитуры интерьера, включающую работу с динамикой естественного и искусственного света. Сегодня это вылилось в обязательную проработку в рамках концепции освещения различных световых сценариев, однако редко эти сценарии учитывают совместную работу системы совмещённого освещения, о чём говорил Вербицкий.

В более поздних публикациях 80-х годов [8] Ж.М. Вербицкий выделяет три уровня световой среды, обеспечивающих архитектурно-композиционную целостность пространства:

1. организация и обеспечение элементарных функциональных процессов на основе действующих норм освещения – функциональная задача;
2. создание с помощью света тектонико-структурной композиции – архитектурная задача;
3. целенаправленное формирование эмоционально-эстетических переживаний человека и программирование ведущего настроения – эмоциональная задача.

При этом ключевую роль он прежде всего отводит третьему уровню, так как с помощью него можно проектировать эмоциональные переживания человека, создавать своего рода модели эмоциональных реакций и управлять ими.

За развитие световой архитектуры в экстерьер от отдельно взятых зданий до масштабов целого города выступало не меньшее количество специалистов.

Прежде всего, это триада представителей МАрХИ, в котором в 1930-е годы и зародилось это направление: Н.М. Гусев, В.Г. Макаревич, Н.И. Щепетков, которые в публикации 1974 года «Световая архитектура города» [9] обобщили идеи, озвученные в одноимённой книге, выпущенной годом ранее [10].

Авторы отмечают, что на момент написания книги в мире больше внимания уделяется утилитарной или оформительской роли городского освещения. При этом световая среда города должна быть не только утилитарной, но и эстетически выразительной,

а вопросы ночного облика и архитектурного освещения здания должны решаться вместе с его созданием и в масштабах города. Впоследствии эти идеи выльются в подходы к разработке светопланировочной структуры и светового генплана города. О глубокой проработке вопроса свидетельствуют рекомендации по обязательному контролю в городских пространствах цилиндрической освещённости, отвечающей за светонасыщенность пространства, яркости акцентируемых архитектурных объектов и доминирующего спектра освещения в панораме города и отдельно взятых архитектурных ансамблей. Спустя несколько десятков лет некоторые из этих рекомендаций станут неотъемлемой частью нормативных документов в области наружного освещения.

Но не только архитекторы внесли свой вклад в развитие современных подходов к городскому освещению. Представитель МЭИ, светотехник А.Б. Матвеев особое внимание уделял роли цветного света в декоративно-художественном освещении. В публикации 1974 года «О роли цвета в декоративном архитектурном освещении города» [11] он высказывает мысль, что архитектор может разрабатывать не только дневной, но и ночной облик здания, который не обязательно должен повторять дневное восприятие, а может являться его вечерним контробразом. Для достижения этой цели хорошо подходит применение цветного освещения, которое позволяет создавать несколько вариантов вечернего облика здания, т.е. даёт архитектору ещё один фактор динамического воздействия на пользователей. При этом автор освещения должен учитывать законы цветовой гармонии. В своих работах А.Б. Матвеев отмечает, что применение двумерной цветовой модели в виде цветового круга не подходит для целей освещения, и говорит о важности поиска закономерности построения трёхмерных гармоничных сочетаний, в которых существенное значение играет не только цвет, но и яркость цветовых контрастов, а также фактор адаптации и индуктивное воздействие фона.

Аналогичные изменения происходили в архитектуре и светотехнике других стран. Отдельного внимания заслуживают исследования и работы В. Лама, П. Бойса, И. Мотоко и конечно Р. Келли (рис. 4) – американского

архитектора, предложившего классификацию видов освещения, основанную на восприятии наблюдателя: свет, чтобы видеть (общее равномерное или фоновое освещение), свет, чтобы увидеть (акцентирующее освещение), свет, чтобы смотреть (декоративное освещение). Согласно подходам Келли, общее равномерное освещение – не конечная цель, а лишь инструмент для ориентации в пространстве и фон для более широких возможностей света. Акцентирующее освещение выходит за эти рамки. Оно подчёркивает особенности окружающего пространства и создаёт некую иерархию восприятия. С помощью акцентирующего освещения легко выделить важные моменты и оставить «в тени» не столь значимое, растворяя его в фоне общего освещения. Декоративное освещение не решает функциональных или архитектурных задач: оно вызывает нужные эмоции и создаёт подходящее настроение. Главный творческий принцип Р. Келли – умелое балансирование между этими тремя видами освещения в одном архитектурном пространстве и грамотное сочетание их достоинств в одной концепции, где ничего не присутствует случайно. Хорошо продуманная концепция освещения является результатом анализа окружающего пространства, правильной постановки задач и грамотного выбора инструментов её реализации.

Благодаря активной позиции новых специалистов, в 1969 году в Чикаго (США) была создана первая в мире Ассоциация светодизайнеров (*International Association of Lighting Designers, IALD*), существующая по сей день и на данный момент насчитывающая более 1400 светодизайнеров со всего мира, среди которых есть два специалиста из России (один из них – автор статьи).

Обобщая происходящие в архитектуре и светотехнике процессы, д.т.н., профессор Н.М. Гусев в публикации 1975 года «Ещё о роли света в архитектуре интерьера» [12] говорит о необходимости создания языка, на котором могли бы общаться архитекторы и светотехники. Особенность этого языка в том, что он неразрывно связан с художественным образом интерьера, а следовательно, и с его пространством, пропорциями, пластическими и цветовыми решениями. Этот язык должен связывать термин науки и искусства. Всё это свидетельствует

о том, что ныне на стыке архитектурной и светотехнической наук возникла новая гибридная наука – световая архитектура. Гусев сравнивает это зарождение новой науки с тем, как в начале XX века появилась «техническая эстетика» (так приходилось называть промышленный дизайн, так как использование термина «дизайн» было запрещено в советское время). Понимая важность новой профессии, Гусев предложил на базе МАрХИ создать специальность «Световая архитектура городов и зданий» и добавить в образовательный процесс МЭИ дисциплину «Архитектурная светотехника».

Кроме того, благодаря работам и публикациям Гусева были введены в обиход такие термины, как световая среда, архитектурный световой образ интерьера, световой комфорт и другие. Также Гусев предложил идею светового формирования интерьера с учётом ассоциаций, выработанных у нас природой. Спустя более 30 лет эта идея получит практическое развитие и теоретическую базу, положившую начало развитию автором статьи теории эмоционального дизайна.

Проведённый исторический анализ подтверждает, что в определённый момент задачи освещения вышли за рамки типовых знаний и возможностей архитекторов и светотехников, что послужило причиной появления нового направления, называемого различными специалистами «световой архитектурой», «архитектурной светотехникой» и даже «светологией» [13]. Сегодня мы используем для этого направления термин «световой дизайн».

Независимо от автора статьи к подобным выводам приходят в своей ретроспективной публикации «Светодизайн города на рубеже тысячелетий» [14] А.В. Ефимов, Ю.В. Назаров, и Н.И. Щепетков, которые отмечают, что в последние десятилетия XX века в ряде стран родилась новая профессия, заполняющая пустую нишу между архитектурой и светотехникой и переводящая язык световой архитектуры на язык светотехнических параметров.

Что же на самом деле отличает светодизайн от архитектурной светотехники? Прежде всего, это массовость применения и востребованность пользователями и светотехническим рынком.

Приведённая на рис. 1 иерархия, демонстрирует взаимосвязь эволюции потребностей человека и прогрес-



Рис. 4. Ричард Келли

сивного развития архитектуры и светотехники, выраженной в появлении новых задач и возможностей освещения. Данную пирамиду можно считать графическим обобщением потребностей, выраженным в пяти видах освещения: свет, чтобы существовать (естественное освещение для биологических процессов), свет, чтобы видеть (ориентирующее освещение), свет, чтобы делать (рабочее освещение), свет, чтобы чувствовать (акцентирующее и декоративное освещение), свет, чтобы самовыражаться (интерактивное освещение).

Однако для становления такого направления, как светодизайн, одного роста потребностей пользователей мало: важен вклад и других факторов.

Одним из них, несомненно, является технический прогресс в области источников света и световых приборов. Всё началось в конце XX века, когда поиски альтернативных источников света, сопоставимых или даже превышающих по энергоэффективности традиционные источники света, но лишённых многих недостатков разрядных ламп, увенчались успехом. Таким источником стали светодиоды, известные ещё с середины XX века благодаря исследованиям и работам О.В. Лосева, Н. Холоньяка и Ж.И. Алфёрова. Однако пристальное внимание на них обратили после того, как японские инженеры в 1993 году разработали для компании *Nichia Chemical Industries* технологию промышленного выращивания синих светодиодов [15], положившую начало светодиодной революции по всему миру. Прежде всего, изобретение мощных и недорогих синих светодиодов открыло путь к созданию и успешному коммерческому применению белых светодиодов (наиболее перспективных на сегодня источников) на основе частичного

переизлучения синей части спектра в свет с большими длинами волн (зелёный, жёлтый, красный) при помощи люминофоров. С этого момента началась новая гонка технологий за энергоэффективностью, которая буквально за 15 лет прошла путь от нескольких Лм/Вт (меньше эффективности стандартной лампы накаливания), до преодоления «психологической» отметки в 100 лм/Вт (что больше эффективности многих разрядных источников света). На сегодня энергоэффективность некоторых светодиодов в лабораторных условиях превышает 200 лм/Вт, а готовых изделий на их основе достигла 160–170 лм/Вт, что сделало светодиодные светильники самыми эффективными и самыми популярными световыми приборами, которые практически не оставили шансов на выживание разрядным источникам света.

Такие достижения не могли остаться незамеченными, за что группе учёных Исаму Акасаки, Хироси Амано и Сюдзи Накамуре (рис. 5) вручили в 2014 году Нобелевскую премию по физике [15].

В наши дни «гонка за люменами» практически прекращена – светотехнический рынок переполнен доступными эффективными, качественными и долговечными световыми приборами, о которых можно было только мечтать десятилетие назад. Но технический прогресс не остановить. Открытие синего светодиода дало ещё один сильнейший импульс в развитии светотехники – это появление полноцветных световых приборов, основанных на аддитивной модели смешения цветов *RGB*, которая позволяет получать любой из миллиона оттенков цветного света и позволяет реализовать цветодинамику. Именно эта новая возможность позволила отрасли активно раз-

вивать декоративно-художественное освещение, удовлетворяющее эмоционально-эстетические потребности пользователей. С точки зрения света этот момент сопоставим с появлением цветного телевидения, когда вдруг человечество увидело окружающий мир в лучах цветного излучения и ещё раз осознано важность цвета в жизни каждого из нас.

Ещё одним технологическим плюсом светодиодов стала их невероятная компактность, которая полностью перевернула представления о месте и роле световых приборов в интерьере и архитектуре. Благодаря интеграции светодиодов в материалы и поверхности, осуществилась давняя мечта фантастов об использовании света в качестве строительного материала: светящиеся потолки, стены, пол и мебель уже не вызывают недоумения пользователей. Изменился и процесс проектирования световых приборов: инженеру больше стало не нужным оттапливаться от формы и размера лампы, появилась свобода выбора форм-фактора и большое разнообразие световых эффектов, за счёт возможности применения линзовой оптики. Наконец, компактность и надёжность светодиодов стала стимулом к развитию светотехнических «полуфабрикатов», таких как светодиодная лента, которая, не являясь законченным изделием, тем не менее отлично подходит для создания индивидуальных проектных световых решений, а также интегрированных и скрытых систем освещения.

Но не весь технический прогресс в светотехнике является следствием появления светодиодов. Есть ещё одно направление, без которого невозможно представить современный светодизайн – это интеллектуальные сис-

темы управления освещением, которые кардинально изменили подходы к созданию световой среды. Когда мы имеем возможность изменять любые параметры освещения, мы можем создавать различные сценарии, подходящие для выполнения определённых задач, определённого настроения, группы пользователей или для различного времени суток. Новые способы управления освещением – это прорыв в возможностях изменения восприятия пространства, которое может зависеть от потребностей и действий пользователей.

Все эти изменения сделали освещение самым доступным, быстрым и удобным способом изменения пространства, благодаря чему свет стал важнейшим инструментом архитекторов и дизайнеров. Небывалый интерес к свету был спровоцирован множеством исследований, которые подарили нам новые знания о воздействии света на человека. Современные специалисты-светодизайнеры знакомы с тремя видами воздействия света на человека: помимо давно признанного визуального, позволяющего нам видеть окружающее пространство, стало известно физиологическое воздействие света на биоритмы человека и эмоциональное воздействие, которое ещё только предстоит подробно изучить.

В основу действующих нормативных документов положена упрощённая модель зрительного восприятия, по которой человек сравнивается с фотоаппаратом, фиксирующим световые импульсы и превращающим его в «картинку» окружающего пространства. Однако не всё так просто в таком, казалось бы, простом и понятном механизме, как зрение, которое правильнее назвать «видение». Ведь можно иметь зрение, но не видеть (не замечать) или даже видеть, не имея зрения (грезить во сне и наяву).

Действительно, для того чтобы запустить процесс визуального восприятия, необходимо наличие трёх факторов: света, пространства в виде объектов, способных отражать, рассеивать или преломлять свет, и человека. После взаимодействия с поверхностями и материалами свет попадает на сетчатку глаза, содержащую светочувствительные клетки разного характера (колбочки, отвечающие за цветное дневное зрение, и палочки, помогающие видеть ночью). Все они действительно посылают в мозг нужную

Рис. 5. Нобелевские лауреаты по физике 2014 г. (слева направо): Сюдзи Накамуре, Хироси Амано и Исаму Акасаки



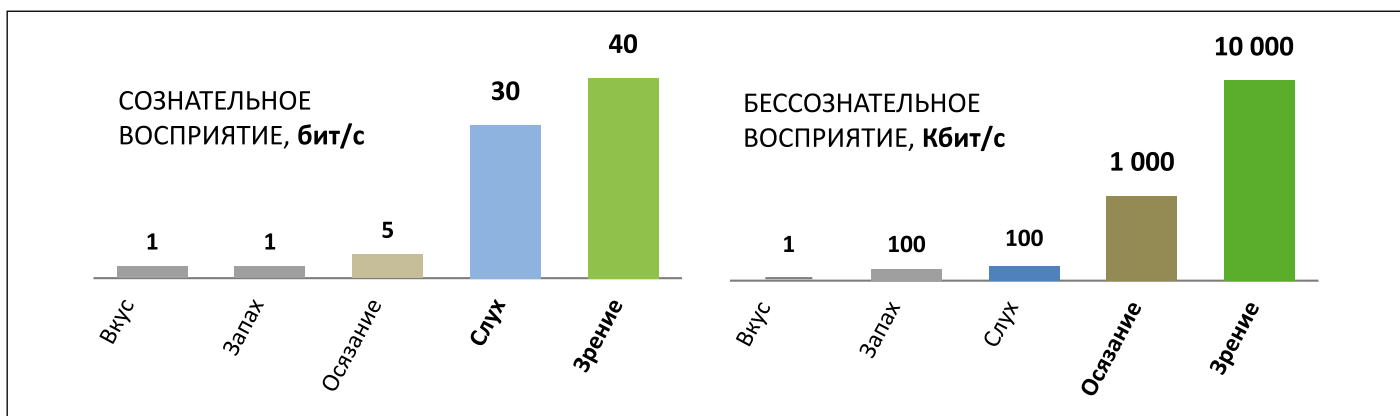


Рис. 6. Результаты измерения пропускной способности органов чувств

информацию в виде электрических импульсов, но далее они не просто складываются в картину, которая и является видимой копией реального мира. Исследования почти столетней давности, лежавшие в основе гештальтпсихологии [16], показали, что конечная картина восприятия является не точной, а приблизительной копией физического мира. Сложенная из импульсов картина подвергается своего рода «цензуре», в рамках которой опытная сторона мышления субъективно интерпретирует исходный визуальный материал и вносит в него необходимые для «правильного» восприятия правки.

Более того, визуальное восприятие рождает определённую эмоциональную реакцию наблюдателя, которая в свою очередь сказывается на состоянии нашего аппарата цензуры и интерпретации визуальных образов – это приводит к более сильной разнице между существующим и видимым. Иногда эта разница достаточна, чтобы полностью изменить вектор восприятия на противоположный. Пример этого эффекта хорошо отражён в поговорке «у страха глаза велики», которая иллюстрирует знакомый многим эффект, когда находясь в состоянии аффекта (сильного эмоционального потрясения), мы видим окружающий мир не так, как обычно. Этот эффект характерен не только для отрицательных, но и для положительных эмоций. В качестве примера можно вспомнить ещё одну поговорку – «любовь слепа». И речь в ней не только о любви к человеку. Например, любовь к Родине, выраженная в патриотизме, заставляет нас видеть родную природу или достижения соотечественников в приукрашенной форме по сравнению

с аналогичными примерами из других стран.

Эмоциональное воздействие света ещё плохо изучено и от того недооценено многими прикладными дисциплинами, а зря. Согласно нейрофизиологическим исследованиям о пропускной способности органов чувств (рис. 6), мы не осознаем большую часть информации, которая поступает в наш мозг, так как пропускная способность бессознательного восприятия приблизительно в 150 тысяч раз выше пропускной способности сознательного восприятия. При этом почти 90 % этой пропускной способности приходится на зрение. Таким образом, почти всё, что мы видим благодаря тому или иному освещению пространства, прежде всего формирует нашу эмоциональную неосознанную реакцию, а только потом позволяет нам делать осознанные, хотя и очень субъективные, выводы об окружающем мире.

Кроме того, свет воздействует на наши биоритмы. С момента открытия (1998–2001 гг.) меланопсиновых фоторецепторов, был проведён ряд экспериментов, которые навсегда изменили подходы к проектированию систем освещения. Было доказано, что уровень в крови гормона торможения и пассивности – мелатонина – зависит только от одного фактора – количества синего света, падающего на сетчатку. Такой подарок природы помог сформировать целое направление биологически активных систем освещения, направленных на управления циркадными суточными и даже сезонными ритмами человека.

Важным фактором для появления светодизайна также является наличие профессиональных инструментов, которыми владели специалисты

XX века. К примеру, расчёт освещения: раньше его делали с помощью ручных методов, которые были очень сложными и трудоёмкими даже для расчёта такого простого показателя, как освещённость, не говоря уже о яркости и показателях дискомфорта. Поэтому специалисты тратили всё своё время и энергию на создание утилитарного освещения. Появление в начале нашего века новых средств проектирования, компьютерного моделирования и расчёта освещения избавило специалистов от большого объёма рутинной работы и дало возможность повсеместного расчёта новых, приближённых к реальным восприятию, показателей освещения, например, яркости. Когда же пользователи получили качественное и доступное утилитарное освещение, они тут же повысили свои требования к эстетике световой среды, и специалисты по свету начали уделять этому больше времени и внимания. Кроме того, глобальные информационные технологии обеспечили лёгкий и доступный обмен информацией между специалистами смежных профессий: архитекторами и дизайнерами, светотехниками и художниками, физиологами и психологами.

Ну и, конечно, развитие любой отрасли невозможно без финансирования, которое светодизайн только начинает получать в наше время. В чём же причина щедрости финансистов? Прежде всего, в тех возможностях, которые даёт освещение. В наше время жители городов ведут ночной образ жизни, который является двигателем развития городского освещения от утилитарного до архитектурно-художественного и ландшафтного. Бизнес тоже обращает внимание на возможности света и новые подходы в светодизайне. Для производителей светиль-

ников светодизайн становится главным инструментом конкуренции на светотехническом рынке, так как наступило время доминирования проектных продаж, в которых ключевое значение играют не только возможности оборудования, но и качество проектного решения.

Многогранное воздействие света на человека делает его уникальным и, пожалуй, главным инструментом формирования пространственной среды, а светодизайн – важнейшим направлением дизайна и архитектуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Motivation and Personality, Dr. Abraham Maslow, 1954. ISBN9780060419875.
2. Келер В., Лукхард В. Свет в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1961. – 182 с.
3. Гусев Н.М. Свет в архитектуре. – М.: ОНТИ, 1937.
4. Гусев Н.М. Архитектурная светотехника. – М. – Л.: Государственное архитектурное изд-во, 1949. – 248 с.
5. Воронец Л.А. Освещение интерьера и его восприятие // Светотехника. – 1964. – № 11. – С. 18–23.
6. Кубасов В.С. Свет в архитектуре интерьера // Светотехника. – 1974. – № 9. – С. – 16–17.
7. Вержбицкий Ж.М. Роль света в архитектуре интерьера // Светотехника. – 1975. – № 1. – С. 21–23
8. Вержбицкий Ж.М. Некоторые проблемы световой архитектуры общественных зданий // Светотехника. – 1981. – № 3. – С. 10–12.
9. Гусев Н.М., Макаревич В.Г., Щенетков Н.И. Световая архитектура города // Светотехника. – 1974. – № 11. – С. 4–6
10. Гусев Н.М., Макаревич В.Г. Световая архитектура города. – М.: Стройиздат, 1973.
11. Матвеев А.Б. О роли цвета в декоративном архитектурном освещении города // Светотехника. – 1974. – № 11. – С. 8–9.
12. Гусев Н.М. Ещё о роли света в архитектуре интерьера // Светотехника. – 1975. – № 4. – С. 17–19
13. Оболенский Н.В. Архитектурная светология // Светотехника. – 1997. – № 6. – С. 2–9.
14. Ефимов А.В., Назаров Ю.В., Щенетков Н.И. Светодизайн города на рубеже тысячелетий // Светотехника. – 2000. – № 5. – С. 6–11.
- 15 https://ru.wikipedia.org/wiki/Синий_светодиод
16. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гештальтпсихология>

Световой дизайн. Современное состояние

Д.Н. МАКАРОВ

Компания «Точка опоры», МАРШ

Термин «*lighting designer*» в дословном переводе с английского означает «проектировщик освещения» или «дизайнер освещения» [1]. В России традиционно с советских времён такие специалисты называются светотехниками. Однако в конце XX века в нашей стране появился и вошёл в обращение термин «светодизайн», «световой дизайн» и «светодизайнер» – по сути «калька» с английского языка. Подразумевается, что такой специалист в области освещения не только глубоко разбирается в технике и технологии освещения, но также уделяет особое внимание творческой и концептуальной стороне вопроса. Направление светодизайна на протяжении многих лет занимает отдельное место в области светотехники и архитектуры как в России, так и за её пределами, и можно с уверенностью сказать, что уже является самостоятельной профессией. Реализованы тысячи проектов, которые относятся к воплощению светодизайна наяву (Рис.1 и 2).

Однако определить грань между функциональным освещением, спроектированным инженером-светотехником, и световым дизайном остаётся сложной и неоднозначной задачей. Параллельно возникают и другие вопросы, связанные с темой светодизайна – «кто такой светодизайнер?», «светодизайнер – это в первую очередь глубокое инженерное образование с добавлением архитектурного и/или дизайнерского или наоборот?», «где готовят светодизайнеров?» и т.п.

В рамках настоящей статьи нам бы хотелось, сделать попытку изложить своё видение на эти и другие вопросы, касающиеся данной профессии и если не ответить на них однозначно, то хотя бы открыть живую дискуссию и обсуждение.

Светодизайнер – кто это?

Светодизайнер – это специалист, который ответственен за проектирование осветительной установки для пространства и среды, в которой дли-

тельное время присутствует человек. В большинстве случаев – но это не обязательно – проектирование осуществляется в рамках архитектурного проекта и проводится в тесном контакте и под руководством архитектора. В процессе работы над проектом освещения светодизайнер должен плотно взаимодействовать со смежными специалистами, в той или иной роли, присутствующими на проекте: к ним, как правило, относятся дизайнеры, конструкторы, проектировщики систем электроснабжения, вентиляции, кондиционирования и прочие, чья зона ответственности пересекается с предполагаемой частью проекта светодизайнера.

Светодизайнер разрабатывает проекты освещения как для интерьеров, так и для экстерьеров. Основными его инструментами являются естественный солнечный свет и электрические источники света – в настоящее время преимущественно светодиодные.

Самыми распространёнными проектами интерьерного освещения можно назвать общественные и офисные помещения, аэропорты, производственные сооружения, медицинские комплексы (больницы, госпитали, клиники и т.д.), развлекательные комплексы (клубы, концертные холлы, театры и т.д.), спортивные сооружения, коммерческая недвижимость (магазины, торговые центры), сооружения общественного питания (рестораны, кафе), образовательные учреждения (университеты, школы, детские сады), музеи и др.

Типичными проектами экстерьерного освещения могут выступать: фасады зданий и конструкции, памятники и монументы, парки, исторические и археологические объекты – музеи под открытым небом, ландшафты, улицы, пешеходные зоны и др.

Учитывая разнообразие проектов, светодизайнер обязан выполнять освещение в соответствии с рядом условий и требований:

- требования действующих норм и правил;
- функциональные требования;

- условия обеспечения комфорта для людей;
- условия выполнения зрительных задач;
- требования дизайна и архитектуры освещаемого пространства;
- требования заказчика;
- требования удобства обслуживания светового оборудования;
- условия энергоэффективности и охраны окружающей среды.

Для успешного выполнения перечисленных требований и условий светодизайнер должен обладать глубокими знаниями о предмете и постоянно их обновлять, изучать и следить за самыми передовыми тенденциями в светотехнике, архитектуре и дизайне. Так, к примеру, в области электрического освещения светодизайнер должен иметь полное представление об основных характеристиках источников света и световых приборов, понимать их преимущества и недостатки, быть в курсе новых разработок и иметь чёткое понимание местных нормативных документов и стандартов, которые, как правило, налагают ограничения на использование того или иного светового прибора и источника света.

Светодизайнер должен обладать всесторонними знаниями о рынке светотехники и быть информирован о том, какие световые приборы и компоненты находятся в настоящее время в продаже и какие только готовятся к выпуску производителями. К примеру, если речь идёт об электронных компонентах (драйверы, трансформаторы, ЭПРА, светодиодные модули и т.п.), то светодизайнер всегда обязан знать их технические характеристики и иметь представление о тенденции их производства на фабриках производителей.

Профессионал в области освещения обязан глубоко разбираться в светотехнических и электрических параметрах используемых им световых приборов: мощность, питающее напряжение, световой поток, цветовую температуру, световую отдачу, кривую силы света, степень защиты, слепящее действие, индекс цветопередачи.

Светодизайнер должен иметь представление о конструктиве световых приборов и их различных оптических приспособлениях, позволяющих перераспределять свет: линзах, решётках, антибликовых блэндах и т.д. Хотя дизайн и конструкция светильников не являются приоритетными областями

работы светодизайнера, он должен иметь об этом представление, в том числе и о материалах исполнения, технологиях, оптических, электрических и конструктивных особенностях и ограничениях, которые может иметь световой прибор. Сюда же входит и информация о компании-производителе и способах установки.

Производители светотехнического оборудования и светодизайнеры работают на одного и того же заказчика. Поэтому особенно важно, чтобы светодизайнер знал, кто является лидером в производстве светового оборудования, и мог отличить хорошую качественную продукцию от некачественной, сделанной «под копиру» и не отвечающей требованиям и стандартам.

Для выполнения и контроля проекта освещения светодизайнер должен иметь собственное переносное измерительное оборудование (люксметр, яркомер) для измерения характеристик света на объекте, знать и понимать световые величины, их абсолютные и относительные значения (световой поток, освещённость, сила света, яркость, и т.д.), а также быть способным понять и проанализировать результаты тестирования в лабораториях.

Современные архитектурные объекты часто имеют много назначений, ввиду этого можно наблюдать увеличение количества исследований и разработок в области систем управления освещением (СУО). Светодизайнер обязан разбираться и понимать

суть работы СУО для осуществления простого или сложного контроля над световой средой. Так же ему важно понимать влияние, которое оказывает управление светом на пространство и людей находящемся в нём. Хотя программирование СУО и не является основным для светодизайнера и может быть переложено на плечи специалиста-электрика, желательно, чтобы светодизайнер знал о технических характеристиках подобных систем. Сейчас на рынке присутствует множество производителей, занимающихся СУО, и компетентный светодизайнер должен быть осведомлён о преимуществах и недостатках использования той или иной системы, а также должен иметь представление, как СУО может быть интегрирована в общую систему управления объектом или зданием.

Всё вышесказанное является базовыми знаниями инженера-светотехника, работающего в области освещения. Очевидно, что самый важный источник света для человека – это солнце, поэтому светодизайнер должен обладать фундаментальными знаниями о дневном свете, включая в себя физические основы движения Земли вокруг Солнца, физические и светотехнические характеристики солнечного света, дневную и сезонную траектории движения Солнца, принципы остекления и величины оконных проёмов зданий и сооружений, светопропускающие материалы, шейдеры, жалюзи и другие способы ограничения и контроля солнечного света – ин-

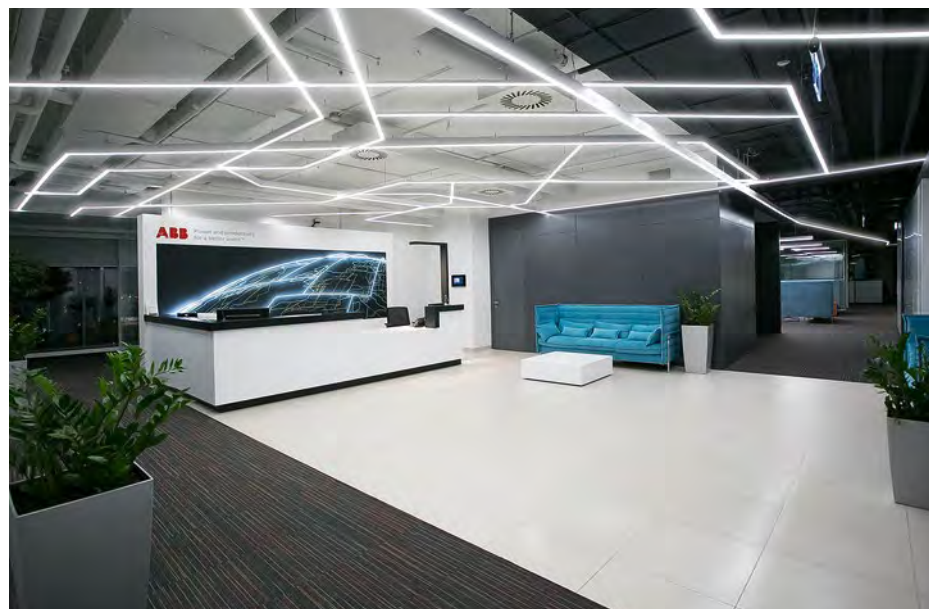


Рис. 1. Лучший проект внутреннего освещения 2017 года по версии конкурса «Российский светодизайн-2017». Освещение нового офиса шведско-швейцарской компании «ABB»

терьерные и наружные. Специалист должен понимать, какое влияние оказывает прямой и отражённый солнечный свет, на атмосферу внутри помещений, должен уметь моделировать солнечный свет, и обязан знать, как объединить солнечный и электрический свет в единую органичную световую систему.

Поскольку свет позволяет нам видеть всё вокруг, светодизайнер должен знать психологию и физиологию зрительного процесса человека. Физиология зрительного процесса включает в себя структуру человеческого глаза, процесс преобразования света и получения информации мозгом, преобразование зрительной информации, процессы адаптации и аккомодации, яркостное и цветовое восприятия. Также он должен иметь представления о глазных заболеваниях, изменениях и процессе старения глаза, об их влиянии на процесс восприятия зрительной информации. Под психологией визуального процесса мы понимаем реакцию человека на различные световые эффекты, пространственное ощущение, эффекты контраста и цвета. Важно для светодизайнера иметь представление о влиянии местной культуры и географии на различные уровни яркости света, его цветности и цветовую температуру.

Безусловно, проектирование освещения является технической дисциплиной, но профессиональный светодизайн – далеко не техническая профессия. Светодизайнер создаёт концепции освещения, которые будут благотворно влиять на жилые и рабочие пространства, также он всегда обращается к архитектуре, но в то же время вплотную работает и с невидимым оптическим излучением. В этой связи, одним из важнейших аспектов светодизайна является сохранность: чтобы профессионально осветить экспозицию музея или галереи, светодизайнер должен понимать, какое воздействие на материалы и краски оказывают различные участки спектра оптического излучения. Он должен знать местные и международные нормы и правила, ограничивающие световую экспозицию для разных материалов и красок при их освещении (облучении) в общем и, особенно, при их освещении светом, содержащим определённые участки спектра. Другим ключевым аспектом являет-

ся благотворные и опасные эффекты, возникающие при облучении человека тем или иным электромагнитным излучением, ИК и УФ. Также крайне важно понимание биологических эффектов, возникающих при освещении человека светом различной интенсивности, и влияние, которое оно оказывает на его суточный цикл.

Области знаний светодизайнера

Компетентный светодизайнер должен иметь представление и понимание следующих предметов:

- Основы светотехники;
- Влияние света на архитектуру пространства: понимание, как изменяется визуально пространство, материалы, фактура отделки, при использовании различных световых эффектов;
- «Ощущение» света: понимание, как человек реагирует на различные световые эффекты в архитектурном пространстве, как влияет свет и цвет на «настроение» пространства, на эмоции человека в этом пространстве, как сделать восприятие дизайна максимально эффективным;
- Влияние света на решение зрительных задач: понимание уровней освещённости, яркости, контраста необходимых для эффективного выполнения зрительных задач, понимание и знание местных и международных норм, стандартов и рекомендаций;
- Влияние света на здоровье человека: знание и понимание влияния интенсивностей света на циркадный цикл человека и его физиологических реакций на определённые длины волн;
- Интеграция света в архитектуру: умение читать архитектурные чертежи и анализировать требуемый результат с точки зрения восприятия человеком. Понимание функциональных задач, стоящих перед освещением, интегрирование системы освещения в архитектурное пространство и объекты, понимание требуемых уровней яркости, направления распределения света, расположение светового оборудования, понимание свойств света по цветовой температуре, цвету и цветопередаче;
- Инструменты светодизайна: умение создавать графические 2D и 3D модели световых сцен с ожидаемым результатом, выполнение требуемых

светотехнических расчётов, навык создания чертежей с расстановкой светового оборудования и оформления проектных решений, навык составления спецификаций светового оборудования с расчётом общего количества и уровня цен. Умение проведения испытаний на объекте, проведение авторского надзора и настройки светового оборудования после его монтажа, а также написание инструкций по обслуживанию реализованной системы освещения.

Услуги, представляемые светодизайнером разнообразны: от простейших расчётов освещённости с выдачей общих рекомендаций заказчику, аудита и исследования существующей системы освещения с точки зрения возможности её улучшения до предоставления полных проектных услуг, когда светодизайнер полностью ведёт проектирование освещения объекта от начальной стадии, до момента ввода системы освещения в эксплуатацию.

Под полными услугами светодизайнера подразумеваются: эскизное проектирование освещения, стадия «Проект» и авторский надзор.

Эскизное проектирование освещения

Эскизное проектирование освещения включает в себя:

- Формулирование плана действий с архитектором или с координатором проекта;
- Расчёт потребляемой мощности, выделяемой под проект;
- Разработка концепции освещения (включая презентацию с визуализацией ожидаемого результата);
- Разработка эскизного плана расстановки светового оборудования, с проработкой следующих моментов:
 - уровни освещённости и распределение света согласно задачам, под которые будет использоваться архитектурный объект;
 - количество и цвет (цветность) света согласно архитектуры пространства и отделочным материалам;
 - особенности системы освещения: участки пространства, предназначенные для решения специфических зрительных задач; освещение архитектурных особенностей объекта.

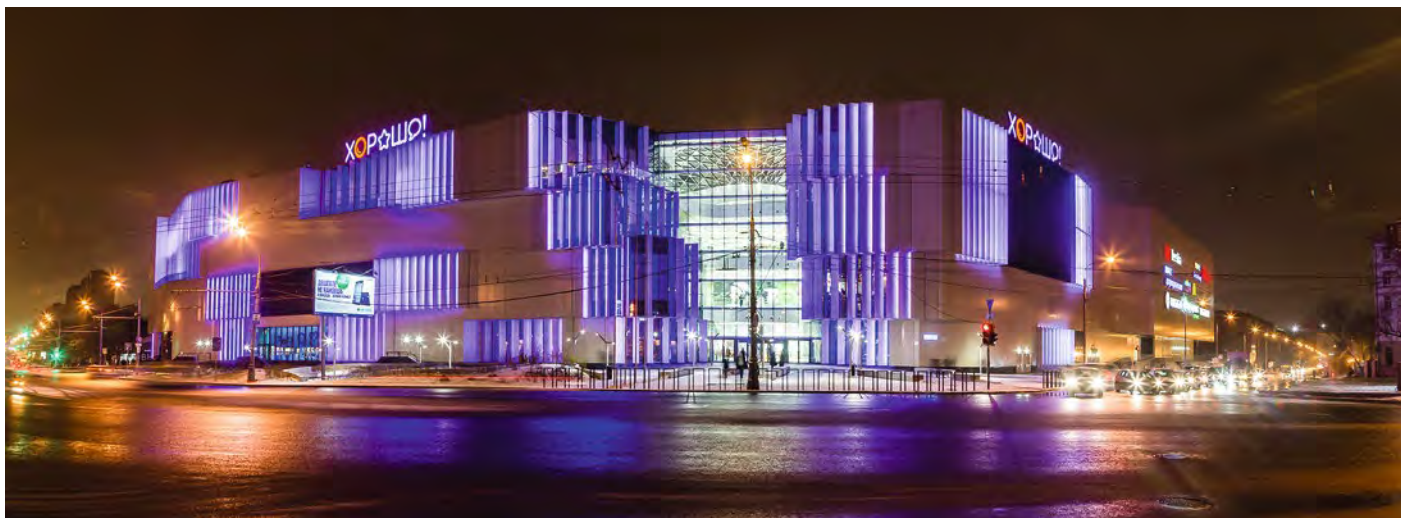


Рис. 2. Лучший проект наружного освещения 2017 года по версии конкурса «Российский светодизайн-2017». Освещение торгово-развлекательного центра «Хорошо!»

Стадия «Проект»

Стадия «Проект» включает в себя следующие этапы:

- Разработка финальной проектной документации по освещению, с обозначением типов осветительного оборудования, его точной расстановки, мест питания и модулей управления;
- В случае проектирования освещения в интерьере: расчёты влияния дневного освещения и прямого солнечного освещения на проектируемое помещение, написание рекомендаций по установке жалюзи или других средств контроля естественного света;
- Интеграция осветительной установки в существующий архитектурный проект, с учётом архитектурных особенностей;
- Разработка узлов, деталей и конструкций установки системы освещения, если это необходимо;
- Поверочные расчёты освещённости по итоговой расстановке оборудования, возможно, с 3D моделированием пространства, если это необходимо;
- Проведение испытаний участков системы освещения, в том числе на объекте, если это необходимо;
- Подготовка финальной спецификации с подсчётом общего количества светового оборудования, предназначенной для проведения его дальнейшей закупки, при этом спецификация должна включать в себя всю необходимую информацию, включая артикулы светильников и комплектующих, их светотехнические и электротехнические данные, фотометрию,

детали (для нестандартных светильников);

- Оценка общей стоимости проектируемой системы освещения.

Авторский надзор

Стадия «Авторский надзор» включает в себя:

- Анализ предложений по оборудованию, анализ всех «за» и «против» по каждому предложению;
- Инспекцию и соглашение или отказ по использованию местного оборудования;
- Инспекцию и решение вопросов по установке светового оборудования;
- Принятие работ;
- Подготовку исполнительной документации;
- Разработку инструкций по обслуживанию системы освещения.

Светодизайн: проектирование и затраты

Зачастую в практике встречаются проекты, где светодизайн не требует тщательной проработки, но профессиональный специалист должен уметь вести и такие проекты квалифицированно. Он должен уметь просчитывать и представлять информацию, доказывающую экономическую эффективность проектируемой системы освещения, что включает в себя расчёт затрат на содержание проектируемой системы освещения и подразумевает наличие у светодизайнера глубоких познаний о стоимости материально-технического обеспечения и стоимости поддержки такой системы.

Заказчик также должен знать точные эксплуатационные расходы проектируемой системы освещения (расчёты прямых и косвенных затрат на электроэнергию, расчёты на общее энергопотребление). Для этого светодизайнер обязан знать стоимость электроэнергии в данном регионе для различных потребителей, местные энергетические нормы, регулирования и ограничения. Затраты на поддержку системы освещения также не должны быть проигнорированы. Калькуляция стоимости содержания системы освещения (расчёт частоты замены ламп: в случае традиционных источников света – в соответствии с их ожидаемым сроком службы сама стоимость ламп; в случае светодиодного светового оборудования – стоимость замены светильников или их ремонта, стоимость электрических компонентов и модулей, стоимость рабочей силы и т.д.) имеет огромное значение для заказчика и даст больше шансов на то, что предложенный проект освещения будет принят без изменений.

Другой технический вопрос в работе светодизайнера – это расчёт освещения, который может быть выполнен вручную или с помощью компьютерных программ. Основными расчётными данными будут являться количество светового оборудования, уровень освещённости и яркости на рабочих поверхностях или в точке, показатель дискомфорта (*UGR*). Компьютерные программы – наиболее удобный инструмент для выполнения светотехнических расчётов, однако от светодизайнера они требуют знаний основ компьютерной графики и умения пра-

вильно анализировать полученные результаты, в целом это прекрасный вариант проверить теоретическую концепцию.

Светодизайнер обязан быть полностью компетентен в предлагаемой им концепции освещения, решениях по светодизайну и расчётам, но он не сможет найти работу и сделать себе имя, если не умеет эффективно и убедительно представлять (визуализировать) свои идеи. Им должны быть освоены техники презентации, включающие в себя эскизирование планов, световых решений в перспективе и визуализации, выполненные от руки или в специализированных программах, что предполагает владение светодизайнером профессиональными CAD (САПР) программами и редакторами 2D и 3D графики.

Подводя итог, хочется заметить, что свет, являющийся четвёртым измерением архитектуры, гораздо сложнее, чем просто освещённость, рассчитанная в соответствии с нормами и правилами. Профессионал, обладающий обширными познаниями о свете, о том, как с ним работать, какое воздействие он оказывает, какими средствами можно добиваться тех или иных результатов, является светодизайнером. Привлечение светодизайнера в проект уже давно стало необходимым условием успешной реализации архитектурного проекта. Успешный проект – это значит, что и днём, и в ночное время, пользователи, а лучше сказать – наблюдатели, чувствуют себя в комфортной обстановке, эффективно выполняют зрительные задачи, а архитектура места или объекта раскрыта в наилучшем виде.

Заключение

В настоящее время на российском светотехническом рынке можно встретить достаточно большое количество специалистов, называющих себя светодизайнерами. Инженер-светотехник, получивший соответствующий диплом о высшем образовании и умеющий на начальном уровне проводить расчёты уровня освещённости – светодизайнер? Архитектор или дизайнер, прослушавший краткий курс по светотехнике и спроектировавший несколько объектов с использованием искусственного или естественного света – светодизайнер? Наше

мнение, что такие «светодизайнеры» не только не в состоянии выполнить качественный проект по освещению, но и наносят весьма ощутимый вред для рынка светотехники. В результате их деятельности происходит:

- подрыв доверия к направлению светодизайна из-за большого количества ошибок и откровенно некачественных проектов;
- использование оборудования низкого качества;
- разрушение рынка светового проектирования из-за откровенного демпинга ввиду низкой профессиональной квалификации;
- увеличение недобросовестной конкуренции, ввиду трудности оценки заказчиком профессиональных качеств специалиста-светодизайнера.

Для изменения сложившейся ситуации на светотехническом рынке, на наш взгляд, необходимо начать обсуждение создания ассоциации российских светодизайнеров. Примером могут послужить международные ассоциации светодизайнеров, такие как *IALD (The International Association of Lighting Design)* [2] и *ALD (The Association of Lighting Designers)* [3]. Одним из основных вопросов, который потребует решения в рамках ассоциации, на наш взгляд будет являться выявление критериев её действующих членов. Такими критериями могут быть:

1. рекомендации видных деятелей светотехники и архитектуры;
2. наличие дипломов инженера-светотехника, архитектора или дизайнера по техническим направлениям;
3. стаж работы не менее семи лет, подтверждённый документально;
4. портфолио с реализованными световыми проектами (не менее двадцати) с участием в конкурсах по световому дизайну.

В рамках выбора светодизайнера на ключевых объектах возможно использование процедуры аккредитации, что позволит «забраковать» тех «спецов», которые не имеют необходимого багажа теоретических знаний и не владеют практическим опытом, нужным для того, чтобы качественно выполнить проект освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Световой_дизайн
2. <http://www.iald.org>
3. <http://www.ald.org.uk>

Обучающий практический семинар МКО по стандарту S025

5–7 ноября 2018 года в Москве состоится первое в России мероприятие Международной комиссии по освещению (МКО) – обучающий семинар, посвящённый стандарту МКО S025.

В 2015 году МКО опубликовала первый международный стандарт S025 по измерениям светодиодных ламп, светильников и модулей со светодиодами. Этот стандарт обеспечивает высокие требования к фотометрическим и колориметрическим измерениям СД ламп, светильникам и модулям с СД. Для правильного применения и использования нового стандарта, МКО разработал обучающие практические семинары, третий из которых состоится в Москве: принимающей стороной будет ВНИСИ им. С.И. Вавилова.

В центре внимания семинара – применение международного стандарта по измерениям CIE S025:2015 в светотехнических испытательных лабораториях и национальных метрологических институтах. Приглашённые эксперты прочитают лекции, в которых расскажут как об основных понятиях, так и о самой современной технике фотометрических и колориметрических измерений.

Семинар рассчитан на инженеров, сотрудников испытательных центров и лабораторий, научных сотрудников, занимающихся освещением СД или занятых в смежных областях.

Практическая часть семинара будет проводиться в Испытательном центре ВНИСИ. Формат семинара будет похож на проводимый в мае 2017 года семинар МКО в лаборатории METAS (Швейцария). Из-за практического характера семинара, участие в нём будет ограничено, поэтому организаторы настоятельно рекомендуют желающим принять участие пройти раннюю регистрацию.

Онлайн-регистрация на семинар будет открыта в начале июня, и закроется 31 июля. Стандартная регистрация будет доступна до 22 октября.

www.vnisi.ru
31.05.18

Заседание НТС светотехнической отрасли в Санкт-Петербурге

19 апреля 2018 года в рамках международной научно-практической конференции «Свет в музее» состоялось расширенное заседание Научно-технического совета «Светотехника».

Заседание открыл председатель НТС Г.В. Боос. В своём выступлении «О приоритетных направлениях работы НТС» он рассказал о главных событиях прошедших 2 общих заседаний совета и 7 заседаний бюро НТС. НТС сегодня это 67 участников из 34 ведущих российских организаций отрасли (из которых 14 – научные и образовательные). За год работы НТС стал важным инструментом формирования и реализации государственной политики по всем направлениям развития светотехнической отрасли. На этом заседании Г.В. Боос объявил об организации новой секции НТС – «Освещение музеев» – под руководством зам. ген. директора Государственного Эрмитажа, к.т.н. А.В. Богданова.

С докладом «Новый индекс точности воспроизведения цвета МКО» выступил П. Блаттнер, который с лета этого года станет президентом МКО. Он отметил, что общий индекс цветопередачи *CRI* на данном этапе развития светотехники не устраивает многих, особенно применительно к светодиодным источникам света. Привёл отчёт технического комитета *TC-90: CIE224*, опубликованный в 2015 г. в качестве важного этапа анализа и исследования цветопередачи. В настоящее время в этой работе участвует и комитет *TC-91*, готовится очередной отчёт. На сегодня предполагается, что для нового индекса будет 99 контрольных тестов, равноконтрастное пространство – *CAM02UCS*. Полнее всего этот подход реализуется в методике *IES TM-30-15*. По оценкам МКО разница между новым индексом и индексом *CRI* может достигать до 20 пунктов. Работа МКО по цветопередаче продолжается.

В ходе доклада на тему «Архитектурное освещение в музеях» зав. кафедрой МАРХИ (ГА) Н.И. Щепетков привёл классификацию систем музейного освещения и продемонстрировал множество слайдов освещения музеев мира, а также фотографии, где свет и цвет сами выступают, как экспонаты. Из публикаций по этой теме он выделил книгу В.И. Ревякина «Музеи мира» и кандидатскую диссертацию Р.А. Насибуллинной (Нижний Новгород).

Президент компании «Точка опоры» С.Н. Коломийцев выступил с темой «Опыт создания осветительной установки (ОУ) в отдельном здании музея». Он отметил проекты своей компании, выбравшей алгоритм работы от идеи, через её реализацию до эксплуатации ОУ. В качестве примеров успешных проектов компании он назвал освещение зала № 9 Эрмитажа и Каретного зала Оружейной палаты. В последнем были удачно использованы световые приборы с галогенными лампами.

Член НТС К.А. Томский сделал доклад «Измерительное оборудование для оценки музейной световой среды», в котором привёл предельные экспозиции для материалов и красок, а также существующие приборы для измерения УФ облучения и освещённости. Среди приборов отметил и зарубежные и отечественные, в том числе компании ТКА, созданные по инициативе отечественных музеев. Докладчик отметил необходимость современных исследований, по результатам которых можно было бы подготовить отраслевой нормативный документ по музейному освещению.

М.П. Белякова (ООО «СветоПроект») рассказала о практических аспектах использования светодиодов в музейном освещении, отметив важность применения систем управления в музейном освещении и представив успешно реализованное «СветоПроектом» освещение зала № 277 Эрмитажа с применением общего и светодиодного освещения приборами *GALAD*.

В докладе А.Л. Закгейма (МТЦ Микроэлектроники) «Светодиодная интеллектуальная система музейного освещения: зрительное восприятие, энергоэффективность и безопасность» было предложено применять полихромные источники света (ИС) с *RGB*-смешением. Для получения качественного белого излучения для заданной коррелированной цветовой температуры (T_c) используется компьютерная многопараметрическая оптимизация по общему, частным индексам цветопередачи и световой отдаче. Выбран вариант, состоящий из *R*, *G*, *B* светодиодов и двух люминофорных с $T_c=2800\text{ K}$ и $T_c=8000\text{ K}$. Докладчик отметил, что для музейного освещения необходимы опытные образцы светодиодных осветителей для индивидуальной подсветки картин с настраиваемыми спектрально-цветовыми характеристиками, имитирующими естественное освещение в различных условиях; целесообразно вместе с экспертами-искусствоведами варьировать светодиодное освещение по заданному алгоритму, чтобы уточнить параметры освещения, отвечающие лучшему восприятию цветов данной картины.

Б. Вермеерш (ЕМЕА) посвятил своё выступление универсальной беспроводной системе акцентирующего освещения музейной среды. Он представил фирму *Sylvania*, работающую в области производства светотехнических изделий, используемых в т.ч. и в музейном освещении. Система работает с разными ОУ и позволяет постепенно изменять многие параметры освещения с постоянным контролем и управлением *DALI*.

Доклад «Измерения параметров освещения залов и экспонатов Эрмитажа и Третьяковской галереи» был представлен А.Б. Кузнецовой (ВНИСИ). В 2018 году специалистами ВНИСИ проведены измерения параметров освещения ряда залов и экспонатов Эрмитажа и Третьяковской галереи.

Окончание см. с. 91 →

Создание комплексов электросветосигнального оборудования для гражданских и специальных аэродромов в 1972–1989 годах

С.И. МАЙЗЕНБЕРГ

E-mail: p.maizenberg@gmail.com

Аннотация

Вкратце освещена отечественная история создания и развития комплексов электросветосигнального оборудования для стационарных аэродромов различного назначения. Излагаются причины и проблемы, связанные с постановкой задачи проектирования первых в СССР комплексов, отвечающих требованиям международных стандартов. Приведены основные характеристики оборудования аэродромных комплексов и их основных светосигнальных средств – прожекторных огней.

Ключевые слова: светосигнальное оборудование, критерии видимости, требования ИКАО, системы посадки, комплекс «Свеча-3».

1. Введение

Создание первых отечественных комплексов электросветосигнального оборудования для аэродромов гражданской авиации и ВВС имеет свою непростую и длительную историю и заслуживает занять своё достойное место в ряду важных технических разработок 70–80-х гг. XX века.

Необходимость в создании такого оборудования была вызвана бурным развитием пассажирских и грузовых авиаперевозок и введением в эксплуатацию многоместных реактивных самолётов второго и третьего поколений типа ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76 и ИЛ-86.

Для расширения объёма международных авиаперевозок и возможности осуществления полётов в любых погодных условиях возникла необходимость в установлении унифицированных технических характеристик и параметров бортового и наземного оборудования, для чего была создана Международная организация гражданской авиации (ИКАО, ICAO), которая разработала соответствующие нормативы и правила (далее – Нормы). В 1971 г. СССР присоединился

к ИКАО и принял на себя обязательства обеспечивать соответствие Нормам характеристик и параметров оборудования отечественных самолётов и аэродромов, что позволяло бы сертифицировать аэропорты (а/п) страны для возможности полётов в плохих и сложных метеоусловиях.

В то время оборудование а/п в СССР не отвечало требованиям ИКАО, что существенно тормозило развитие международных авиаперевозок. Только несколько крупных а/п были оснащены зарубежным оборудованием: чехословацкого или финского производства, но оно не было сертифицировано; кроме того, это ставило гражданскую авиацию, аэродромы которой в отдельных случаях являлись аэродромами совместного базирования с ВВС, в опасную зависимость от зарубежных поставщиков, что стало очевидным после событий 1968 г. в Чехословакии.

Организации Министерства гражданской авиации (МГА) неоднократно пытались самостоятельно заказывать разработки отдельных видов оборудования на предприятиях Минэлектротехпрома и Минприбора, однако должной заинтересованности и поддержки не встречали. Было лишь несколько изделий, разработанных, но не внедрённых в производство.

В конце 1971 г. на заводе «Электросвет» (впоследствии ПО «Электротрулуч») было создано небольшое специальное КБ световых и светосигнальных приборов – СКТБ ССП, которое возглавил И.Е. Коцин. В начале 1972 г. СКТБ ССП стало набирать сотрудников, в число которых 3 мая попал и автор, ранее работавший в КБ Минавиапрома. Через неделю, 10 мая 1972 г., на техническом совещании у начальника СКТБ с участием специалистов ГосНИИ ГА обсуждался вопрос о заказе на разработку комплекса электросветосигнального оборудования (КЭСО) для аэродрома, по результа-

там которого автор был определён на разработку аэродромной тематики и в течение последующих 17 лет занимался в СКТБ ССП её становлением и развитием в качестве технического руководителя-разработчика всех КЭСО для стационарных аэродромов различного назначения, созданных за этот период.

По мнению автора, наряду с техническими характеристиками КЭСО, определённый интерес представляет информация об отдельных фактах, моментах и обстоятельствах, сопутствовавших их разработке.

2. Основная часть

Для понимания действительного объёма и сложности работы, предстоявшей СКТБ ССП, следует кратко изложить требования Норм ИКАО к светосигнальному оборудованию категоризованных а/п, технические характеристики КЭСО и его светосигнальных средств (СС), а также номенклатуру комплектующих изделий систем электропитания и дистанционного управления КЭСО.

ИКАО классифицировала системы светосигнального оборудования по двум критериям: дальность видимости на взлётно-посадочной полосе (ВПП) и высота принятия решения (высота нижней кромки облачности). Дальность видимости – основной критерий выбора необходимой «интенсивности» СС, а высота принятия решения характеризует видимость наземных ориентиров или СС из кабины пилота. В целом светосигнальная система должна обеспечивать должные условия визуальной ориентировки пилота при определённой прозрачности атмосферы. Установлены три категории минимумов, характеризующих степень сложности посадки с использованием визуальных ориентиров (табл. 1).

В соответствии с категориями сложности, ИКАО регламентировала светотехнические характеристики СС, их состав и размещение на аэродроме. Кроме того, установлены нормы и рекомендации по режиму питания СС, системам их подключения и резервирования и времени допустимого перерыва питания для различных функциональных групп СС.

По своему назначению и месту расположения на аэродроме светосигнальные средства подразделяются на отдельные функциональные группы:

огни приближения и световых горизонтов, огни концевой полосы безопасности, входные и ограничительные огни, боковые огни, огни зоны приземления, осевые огни ВПП, рулёжные огни и светосигнальные знаки управления движением по рулёжным дорожкам. Все огни КЭСО включаются в электрические цепи последовательного питания (кабельные кольца), каждое из которых представляет собой высоковольтную электрическую цепь последовательно соединённых высоковольтным кабелем первичных обмоток изолирующих трансформаторов, питаемых от регулятора яркости стабилизированным переменным током силой 4,3, 5,1, 5,8, 7,1 или 8,3 А. Огни подключаются ко вторичным обмоткам токовых трансформаторов. Такое включение обеспечивает постоянство тока питания каждого огня независимо от количества огней в цепи и их расположения относительно регулятора яркости (светорегулятора), а, следовательно, и одинаковые световые характеристики всех огней, что способствует лучшему восприятию пилотом общей световой картины. Ступенчатое регулирование силы тока позволяет регулировать световые характеристики огней в диапазоне 5–100 %. Для светодиффузоров и стрелочных указателей предусмотрено индивидуальное или групповое включение, поэтому они подключаются параллельно через понижающие трансформаторы к шлиту управления.

Управление КЭСО выполняется на командно-диспетчерском пункте (КДП) диспетчерами посадки, руления и старта с панелей оперативного управления (ПОУ), расположенных на пульте диспетчера. ПОУ диспетчера посадки позволяет оперативно выбирать направление посадки, режим работы (взлёт-посадка), включать на необходимую ступень световых характеристик группы светосигнального оборудования, а также индивидуально управлять отдельными группами огней. ПОУ диспетчера руления обеспечивает выбор и включение маршрутов руления, движения самолётов на старт и с ВВП на стоянку.

2.1. Разработка комплекса «Свеча-3»

Начальный период разработки КЭСО, получившего в дальнейшем индекс «Свеча-3», пришёлся на

май–ноябрь 1972 г., когда шло изучение КЭСО «D2» производства ЧССР, смонтированного в а/п Шереметьево. Проводились: поездки на аэродром; беседы со специалистами ГосНИИ ГА о КЭСО, его основных характеристиках, конкретных местах размещения и установки на аэродроме; изучение схем расположения функциональных групп СС в зоне подхода, на ВПП и рулёжных дорожках, ознакомление с содержанием Приложения 14 к материалам Монреальской конвенции ИКАО, где изложены требования к различным видам оборудования.

Предполагалось, что на уровне министерств в установленном порядке будет заключён договор на разработку КЭСО и всех его комплектующих изделий силами предприятий Минэлектротехпрома с привлечением для отдельных систем телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС) разработчиков из Минприбора; финансирование оставалось за МГА. Однако внешние обстоятельства резко изменили эти планы: поздней осенью 1972 г. при подлёте к а/п Шереметьево потерпел аварию самолёт ИЛ-62, осуществлявший рейс Париж–Ленинград–Москва, погибло около 200 человек.

Для расследования обстоятельств и причин катастрофы была создана Правительственная комиссия во главе с членом ЦК КПСС Д.Ф. Устиновым. В состав комиссии вошли руководители МГА и ряда других министерств, в том числе, Минэлектротехпрома. Д.Ф. Устинов вывез комиссию на место аварии, а позже, на совещании, представители МГА заявили, что причиной аварии явилась ошибка пилота, который в условиях плохой видимости не увидел огней аэродрома, характеристики которых не соответствовали посадочному метеоминимуму, и принял решение о снижении высоты, после чего самолёт зацепил верхушки деревьев и рухнул вниз. Также было сообщено, что промышленность не обеспечивает МГА светосигнальным оборудованием для полётов в условиях плохой видимости. Решением председателя комиссии представителю Минэлектротехпрома первому заместителю Министра Н.А. Оболенскому было дано поручение в течение двух лет обеспечить силами его министерства с привлечением организаций ряда других министерств разработку и изготовление по тактико-техническим требованиям (ТТТ) МГА аэро-

дромного КЭСО, отвечающего требованиям ИКАО.

Во исполнение этого поручения Н.А. Оболенский в середине ноября собрал совещание руководителей главных управлений Минэлектротехпрома и директоров отдельных предприятий, на которое прибыли и представители МГА. СКТБ ССП представлял главный инженер А.И. Водолазко, который взял автора с собой. Н.А. Оболенский вёл совещание очень экспрессивно. Он описал свои впечатления от увиденного на месте катастрофы, был удивлён, что не ведутся работы для нужд гражданской авиации и объявил, что в соответствии с указанием Д.Ф. Устинова Минэлектротехпром берёт на себя разработку и изготовление по ТТТ Заказчика КЭСО для аэродромов ГА, которые должны быть выполнены до конца 1974 г.; при этом головным предприятием-разработчиком назначается СКТБ ССП Главэлектросвета, а предприятия других управлений обязаны выполнить разработку и изготовление необходимых комплектующих изделий по техническим требованиям головного разработчика. На выполнение работ СКТБ ССП было выделено 2 млн руб. из фонда Минэлектротехпрома.

В январе 1973 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР за подписями Л.И. Брежнева и А.Н. Косыгина о создании СКТБ ССП для разработки по ТТТ МГА электросветосигнального оборудования, что стало отправной точкой всей дальнейшей работы по КЭСО «Свеча-3».

Решение задачи по обеспечению в сжатые сроки разработки и внедрения в производство впервые в стране аэродромного КЭСО потребовало максимальной концентрации сил, чёткой организации работ и широкой кооперации между предприятиями-соисполнителями. Большая номенклатура комплектующих изделий КЭСО вызвала необходимость привлечения к этой работе многих КБ, НИИ и предприятий отрасли, а также Минприбора, Миноборонпрома, Минпромстройматериалов, Минхимпрома, Миннефтехимпрома и Главрезинпрома. Только в системе Минэлектротехпрома к участию в разработке и выпуску изделий КЭСО в качестве соисполнителей были привлечены 13 предприятий и 6 научно-исследовательских институтов шести главных управлений министерства. Головным предприятием-изготовите-

Рис. 1



лем был определён Гусевский завод светотехнической арматуры (ГЗСТА) ПО «Электроруч».

Начиная с января 1973 г., когда в СКТБ ССП было создано подразделение по разработке комплекса и руководству всеми комплексными работами, были разработаны схемы электропитания и управления СС, выданы технические требования к разработке всех комплектующих изделий «Свечи-3». При этом одним из важных требований ГА была унификация посадочных и стыковочных мест отдельных изделий «Свечи-3» с изделиями КЭСО «D2» для взаимозаменяемости изделий на действующих аэродромах.

В течение года были выполнены разработки практически всех изделий КЭСО, а в СКТБ ССП, кроме того, была выполнена разработка основных светосигнальных приборов и знаков руления для него. (Подробно о комплектующих изделиях «Свечи-3» см. в статье [1].) В 1973 г. был разработан и защищён эскизный проект «Свечи-3», а в начале 1974 г. был принят Заказчиком технический проект этого КЭСО. По указанию руководства СКТБ ССП, был изготовлен большой плакат со схемой размещения КЭСО «Свеча-3» непосредственно на аэродроме и с изображением всех типов его комплектующих изделий (рис. 1), а также создан сквозной сетевой график работ по КЭСО и работам всех контрагентов по каждому изделию, который был утверждён первым заместителем Министра Н.А. Оболенским. С этими материалами в конце 1973 г. Н.А. Оболенский докладывал Д.Ф. Устинову о ходе работ по КЭСО «Свеча-3». Когда Н.А. Оболенский возвращал плакат и сетевой график в СКТБ ССП, он отметил, что

Д.Ф. Устинов состоянием дел остался доволен.

Всего для «Свечи-3» было разработано более 70 типов разных комплектующих изделий, таких как прожекторные огни, огни кругового обзора, углублённые огни, светофоры, стрелочные указатели, световые указатели, прожекторные ЛН серии «ПЖ», ГЛН серии «КГМ», щиты распределительные, щиты управления, регуляторы яркости (светорегуляторы), шкафы с высоковольтными контакторами, трансформаторы изолирующие, трансформаторы понижающие, кабели высоковольтные армированные «КВОРН», кабели низковольтные армированные, панели оперативного управления (ПОУ), блоки группового исполнения команд, мнемосхемы, блоки аварийной сигнализации, оптический визир, стенд для наладки регуляторов яркости, элементы крепления огней и знаков, компаунды эпоксидные.

Соответственно, было выполнено более 15 ОКР по созданию новых типов светотехнических приборов, высокоинтенсивных источников света, армированных высоковольтных и низковольтных кабелей, обрезиненных трансформаторов, тиристорных регуляторов яркости, щитов управления светофорами и стрелочными указателями [2], блоков группового исполнения команд, панелей оперативного управления и др. При этом были успешно решены многие технические проблемы по созданию отдельных изделий:

- разработана новая методика расчёта высокоинтенсивных прожекторных огней с широким пучком;
- решены вопросы по тепловым режимам работы прожекторных и углуб-

лённых огней, которые осложнялись применением источников света мощностью 200–300 Вт в замкнутых герметизированных объёмах малогабаритных огней;

- разработана технология вытяжки отражателей с последующей завальцовкой в них стеклянных рассеивателей;

- разработаны новые припой и мастики для цоколевания ламп, обеспечившие возможность эксплуатации ламп при температурах на цоколе до 260° (ЛН «ПЖ») и 400–450° (ГЛН «КГМ»);

- разработаны малогабаритные ГЛН «КГМ» для углублённых огней с высокими механическими и вибрационными характеристиками;

- разработана специальная изоляция повышенной прочности на основе неопренового каучука для высоковольтных кабелей;

- разработана специальная технология по эпоксидированию магнитопровода и обмоток малогабаритных трансформаторов и отработана последующая запрессовка их в резиновую оболочку.

В июне 1974 г. на площадке ГЗСТА междуведомственная комиссия провела соответствующие испытания (МВИ) КЭСО, к которым были привлечены соисполнители по отдельным комплектующим изделиям. Блоки КЭСО были собраны в технологические кольца и электрические цепи и проходили проверку работоспособности во всех эксплуатационных режимах. В июле 1974 г. акт приёмки ОКР «Свеча-3» был подписан первым заместителем Министра ГА А.П. Катричем, а в конце 1974 г. после заводских испытаний и приёмки Представителем Заказчика (ПЗ) первый отечественный КЭСО «Свеча-3» был отгружен в а/п Донецк для проведения государственных лётных испытаний и последующей эксплуатации.

В течение 1975 г. при участии специалистов СКТБ ССП был осуществлён монтаж «Свечи-3» в а/п Донецк и успешно проведены государственные лётные испытания на соответствие а/п требованиям эксплуатации в условиях метеоминимумов по I категории ИКАО. (Сегодня а/п Донецк полностью разрушен в результате событий на Украине.)

В 1976 г. для проведения государственных лётных испытаний в а/п Ульяновск был отгружен КЭСО «Свеча-3»

в комплектации по II категории, где в течение 1976–1977 гг. был проведён его монтаж, а в 1978 г. – лётные испытания на соответствие КЭСО условиям метеоминимумов по II категории ИКАО.

Параллельно около 1,5 лет велась работа по подготовке сертификации КЭСО, в ходе которой были разработаны нормы годности оборудования, на соответствие которым Госавиарегистр СССР должен был сертифицировать «Свечу-3». В 1978 г., после подачи в Госавиарегистр заявки на сертификацию, КЭСО «Свеча-3» получил сертификат (№ 02) на соответствие требованиям Норм по I категории ИКАО.

Третий КЭСО «Свеча-3» в 1977 г. был отгружен в а/п Минеральные Воды и затем смонтирован по II категории, а в 1979 г. успешно прошёл эксплуатационные испытания (рис. 2).

По результатам испытаний в а/п Ульяновск и Минеральные Воды Госавиарегистр СССР в 1979 г. выдал дополнение к вышеуказанному сертификату о соответствии «Свечи-3» требованиям по II категории ИКАО.

В 1980 г. на ГЗСТА, а затем в а/п Рига прошли испытания аппаратуры ТУ-ТС, которую для «Свечи-3» разработал Минприбор.

В 1976–1977 гг. на ГЗСТА был начат серийный выпуск КЭСО в нескольких вариантах комплектации для аэропортов с разной длиной ВПП и конфигурацией рулѐжных дорожек, что экономически было выгодно Заказчику. К концу 1980-х для аэропортов ГА и ВВС было изготовлено около 50-ти КЭСО, многие из которых были поставлены, смонтированы и находились в эксплуатации. География этих а/п очень обширна – Донецк, Ульяновск, Рига, Вильнюс, Сыктывкар, Минеральные Воды, Норильск, Ашхабад, Кемерово, Алма-Ата, Архангельск и др. (В 2010 г. автору в роли туриста довелось побывать в Дудинке и разговаривать там по телефону с начальником наземной службы эксплуатации а/п Норильск, расположенного рядом. При этом было приятно узнать, что КЭСО «Свеча-3», состояние кабельных сетей которого автор проверял в декабре 1983 г., был заменён на новый только в 2008–2009 гг.).

Интересно отметить два аэродрома, где «Свечу-3» использовали по необычным обстоятельствам: в Кабуле и на Байконуре. В Кабул «Свеча-3»

Рис. 2



попала по трагическому поводу, подобному возникшему и самом начале её разработки. В начале 1980 г., когда лишь разворачивалась операция в Афганистане, при посадке в неблагоприятных погодных условиях разбился тяжѐлый военно-транспортный самолёт ИЛ-76 с военнослужащими на борту. А/п Кабула был оснащён устаревшим КЭСО «Свеча-2», разработкой 1950-х гг., что не позволило пилоту увидеть начало ВВП. По результатам работы специальной комиссии был снят с должности высокопоставленный начальник военно-транспортной авиации ВВС, а в а/п была срочно отгружена и смонтирована «Свеча-3», ранее предназначенная для ГА, после чего проблема со «светом» была решена. А на Байконур «Свеча-3» попала по иной причине. В 1980 г. в СКТБ ССП обратились разработчики много-разового космического корабля «Буран» с предложением изготовить на базе «Свечи-3» КЭСО для оснащения аэродрома с ВПП длиной 5,5–6,0 км, на которую «Буран» должен был садиться. На деле, требовалась новая разработка только углублённых огней, но начальник СКТБ ССП убеждал Заказчика в нужности и других доработок, что увеличивало стоимость работ. Автору довелось дважды обсуждать в НПО «Молния» проект ТЗ, но предлагаемая стоимость разработчиков «Бурана» не устроила. Спустя несколько лет, после полёта «Бурана», старший ПЗ в СКТБ ССП рассказал, как была решена эта проблема: на ГЗСТА были закуплены два КЭСО «Свеча-3» в варианте для ВПП длиной 3000 м, которые затем смонтировали на аэродроме Байконура. Так СКТБ ССП своей разработкой обеспечило необходимое светосигнальное оснащение аэродрома, но при этом оста-

лось в стороне от знаменательного события.

Далее стоит кратко остановиться на отдельных сложностях и проблемах, которые возникали в процессе разработки и в первые годы эксплуатации «Свечи-3»:

– ГЗСТА на начальном этапе работ пытался уклониться от роли головного предприятия-изготовителя КЭСО. Завод имел устоявшуюся номенклатуру выпускаемых изделий, постоянных заказчиков, и его не прельщала перспектива собирать у себя огромный КЭСО, взаимодействовать со многими поставщиками. При этом, одним из доводов выдвигалось расположение завода у самой границы с Польшей (впоследствии это соображение было учтено и планировалось производство КЭСО постепенно переместить в Гагаринский филиал СКТБ ССП). Эта позиция ГЗСТА сказывалась в 1974 г., когда СКТБ ССП сдавало разработку и на площадке завода проводились МВИ. Поскольку возникали разные технические нестыковки и приходилось налаживать взаимодействие с представителями разработчиков всех комплектующих изделий КЭСО, ответственному сдатчику – разработчику «Свечи-3» – стоило немалых усилий убедить представителей УНС и ЦУЭРТОС МГА, ГосНИИ ГА и ГПИИНИИ ГА «Аэропроект» «перетерпеть» первоначальные сложности и не думать об отъезде в Москву. В итоге испытания прошли успешно и ОКР «Свеча-3» была сдана в срок. Позже, когда выпуск КЭСО был налажен и кооперация с контрагентами устоялась, завод по-другому оценил своё положение фактического монополиста-поставщика КЭСО для аэродромов страны.

– Много проблем возникало с СКБ ТАСУ (Нальчик) Минприбора, которое пыталось построить создание системы ТУ-ТС для «Свечи-3» на ранее разработанных устройствах, не обеспечивавших всех требований к оперативному управлению, а также без приёмки системы ПЗ.

– Имела большой резонанс проблема, возникшая в 1981 г., когда из а/п ГА стали поступать сообщения об отказах в кабельных сетях КЭСО. При сильном обводнении кабельных траншей происходили явления вздутия наружной оболочки высоковольтных кабелей «КВОРН», что приводило к выходу кабеля из строя. При прокалывании оболочки в местах вздутия обнаруживалась вода, которая была струей под давлением, вследствие её разогрева от жилы в замкнутом объёме, что приводило к КЗ и выгоранию кабеля.

Такие явления наблюдались в различных а/п и климатических зонах (например, в Минеральных Водах и Ашхабаде). Скандал проник даже в СМИ и негативно влиял на репутацию недавно сертифицированного отечественного КЭСО.

Была создана комиссия из представителей Минэлектротехпрома, МГА и ВВС, посетившая несколько аэродромов различного назначения и предприятий, задействованных в изготовлении кабеля. Причину удалось установить на Пермском кабельном заводе, когда тщательно были изучены и проанализированы заводские документы на все партии кабелей, поставлявшихся в аварийные а/п, сроки их изготовления, соблюдение технологии при изготовлении и качество поставляемого сырья. Оказалось, что оболочка части кабелей выполнялась с применением неопрена, поставляемого ереванским заводом «Наирит», имевшего заниженное содержание дорогостоящего натурального каучука, обеспечивавшего высокую антикоррозионную стойкость оболочки кабеля в условиях агрессивной среды кабельных траншей аэродрома.

В соответствии с заключением комиссии и планом мероприятий ВНИИКИП и Пермский кабельный завод усилили контроль на всех этапах изготовления и сдачи кабеля, а ГЗСТА обеспечивал допоставку необходимого количества кабеля «КВОРН» по заявкам а/п.

Одновременно с работами по «Свечи-3» в 1975 г. начались работы по другим аэродромным КЭСО, которые до конца 1980-х велись, практически, параллельно: «Охтинка-1», «Свеча МВЛ» и «Свеча-4».

2.2. Разработка комплекса «Охтинка-1»

КЭСО «Охтинка-1» предназначался для аэродромов военно-транспортной авиации ВВС и разрабатывался в 1975–1979 гг. Основные комплектующие для КЭСО были заимствованы из «Свечи-3», но прожекторные огни и часть оборудования трансформаторной подстанции разрабатывались заново. Необходимость разработки была вызвана различием схем посадки и взлёта на аэродромах ВВС и ГА. «Охтинка-1» заказывалась специально под схему ВВС, хотя «Свеча-3», смонтированная на аэродромах совместного базирования, также использовалась ВВС или могла ими заказываться для размещения на своих аэродромах по схемам ВВС. Важно было то, что все комплектующие изделия «Свечи-3» проходили приёмку ПЗ и в целом отвечали предъявляемым требованиям.

Вообще вопрос различия и совместимости схем ГА и ВВС пытались решить ещё в 1970-х; автору доводилось участвовать в некоторых совещаниях по этой теме, которые, к сожалению, результатов не дали, хотя преимущества возможной унификации были очевидны. При этом, естественно, на категорированных аэродромах ГА отклонений от Норм ИКАО быть не могло. В свете требований ИКАО параметры СС КЭСО «Охтинка-1» ориентировочно соответствовали категории I+. Предпринималась разработ-

ка «Охтинки-2», но она была остановлена на проекте ТЗ и эскизном проектировании.

Разработка КЭСО была выполнена в период 1975–1979 гг., а в 1980 г. его СС были поставлены Заказчику для проведения лабораторных испытаний в Феодосии. В 1989–1981 гг. сотрудники комплексного сектора осуществляли авторский надзор за монтажом и решали технические вопросы с научными и проектными организациями в Ахтубинске, Киеве, Москве. После проведения испытаний проводились работы по глассадным огням. В начале 1980-х гг. проверялось состояние кабельных сетей на аэродроме в Узине. В 1986 г. был произведён монтаж опытного комплекса в Феодосии, где в 1987 г. «Охтинка-1» прошла государственные испытания.

2.3. Разработка комплекса «Свеча МВЛ»

В 1975 г. в СКТБ ССП началась разработка КЭСО «Свеча МВЛ» – для оснащения гражданских аэродромов местных воздушных линий, которые составляли большую часть всех аэродромов страны общим числом около 3000. По «интенсивности» светосигнальной системы посадки КЭСО был разработан в трёх модификациях: малой («Свеча МВЛ-М»), средней («Свеча МВЛ-С») и высокой («Свеча МВЛ-В»). Характеристики аэродромов для возможности установки КЭСО конкретной модификации приведены в табл. 2.

В состав КЭСО входят следующие группы изделий: светотехнические изделия, средства электропитания и подключения к источникам, аппаратура дистанционного управления, монтажные элементы и контрольно-измерительная аппаратура. Электропитание КЭСО производится от трёхфазной сети переменного тока 380 В (50 Гц) от двух источников: ЛЭП и дизель-генератор – для «Свечи МВЛ-М» – или две ЛЭП и резервный дизель-генератор – для «Свечи МВЛ-С» и «Свечи МВЛ-В».

Управление работой КЭСО осуществляется с КДП или непосредственно с трансформаторной подстанции. Подробно схемы размещения светосигнального оборудования КЭСО различных модификаций и светотехнические характеристики отдельных изделий приведены в статье [3].

Таблица 1

Категории	Дальность видимости на ВПП, м	Высота принятия решения, м
I	800	60
II	от 800 до 400	от 30 до 60
III	меньше 400	без ограничения

Параметр, м	Аэродром, оснащённый КЭСО типа		
	«Свеча МВЛ-М»	«Свеча МВЛ-С»	«Свеча МВЛ-В»
Длина ВПП	1200	2000	2500
Дальность видимости на ВПП (не менее)	2500	800	600
Высота принятия решения (не менее)	150	60	45

ТЗ на разработку КЭСО было утверждено в 1981 г. Разработка была выполнена в 1981–1983 гг., после чего началось изготовление КЭСО в двух модификациях: «Свеча МВЛ-М» (для поставки в а/п Вытегра в 1984 г.) и «Свеча МВЛ-В» (для поставки в а/п Ленинакан в 1985 г.). В 1985–1986 гг. был осуществлён монтаж КЭСО в а/п после чего они успешно прошли государственные лётные испытания в а/п Вытегра (1986 г.) и Ленинакан (1987–1988 гг.).

По своим светотехническим характеристикам КЭСО «Свеча МВЛ-В» в Ленинакане обеспечивал возможность посадки в условиях метеоминимумов по I категории. По итогам лётных испытаний он был передан в опытную эксплуатацию.

КЭСО «Свеча МВЛ-В» выдержал ещё одно испытание – землетрясение в Ленинакане в декабре 1988 г. По вызову НТУ МГА руководитель разработки 11 января 1989 г. вылетел в Ленинакан для участия в работе комиссии по оценке фактического состояния КЭСО на аэродроме. В акте комиссии от 13.01.89 было отмечено, что функциональные группы огней работают и включены практически круглосуточно, состояние крепления огней и их заземления удовлетворительное. В основном последствия землетрясения сводились к тому, что были повреждены светофильтры отдельных огней и отмечались случаи разрегулирования наводки огней. В те дни нормальная работа оборудования аэродрома позволила Ленинакану стать основным аэропортом, куда прилетали самолёты со спасателями, с разными материалами и оборудованием, в том числе из-за рубежа.

В выводах акта комиссии записано: «1. Оборудование комплекса «Свеча МВЛ» показало устойчивую работу и надёжность в экстремальных условиях стихийного бедствия. 2. Светосигнальное оборудование комплекса обеспечивает достаточную механическую прочность в условиях массово-

го приёма в аэропорту тяжёлых самолётов (до 150 в сутки)».

2.4. Разработка комплекса «Свеча-4»

Начиная с 1975 г., основной работой в СКТБ ССП было создание КЭСО всепогодной посадки в условиях I, II и III категории (по Нормам ИКАО) «Свеча-4». Естественно, конструктивной базой для него была «Свеча-3», но светооптическая часть прожекторных и углублённых огней и схема размещения СС на аэродроме были иные и более «насыщенные». Специально разрабатывались глиссадные огни, импульсная линия, входные импульсные огни. Требовалось разработать также новые типы углублённых огней рулёжных дорожек, световых маяков и аппаратуры ТУ-ТС.

Собственно разработка КЭСО длилась почти 6 лет. Столь длительный срок, когда уже выпускалась «Свеча-3», объясним разными причинами, из которых, по мнению автора, нужно выделить следующие:

- длительные колебания Заказчика – НЭЦ АУВД ГА, поскольку 5 млн руб. за разработку и опытный КЭСО уже должно было платить МГА, а не Минэлектротехпром, а, кроме того,

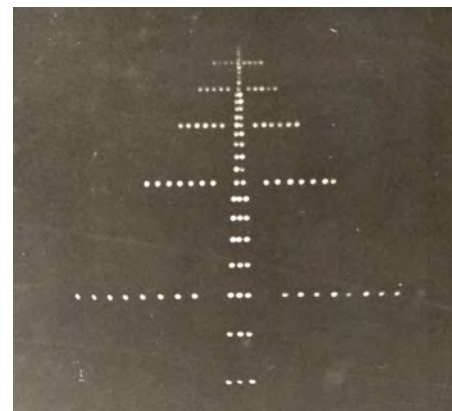


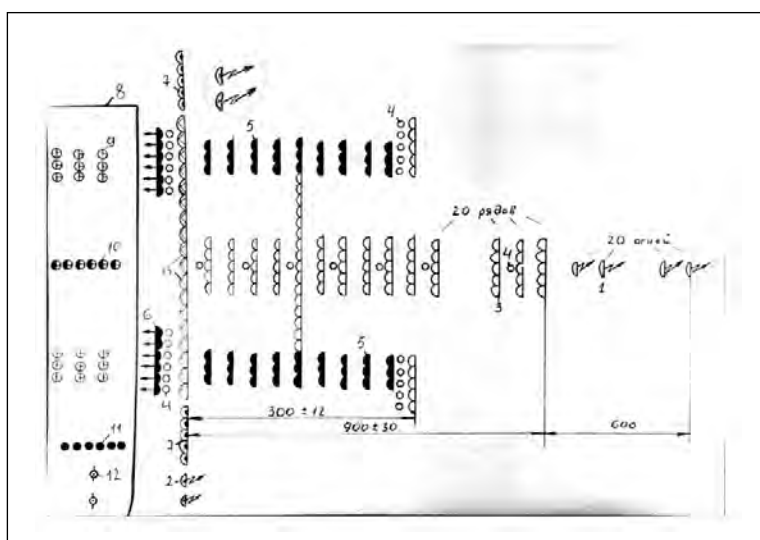
Рис. 3

чувствовалась тенденция продолжения сотрудничества с инофирмами, которые проявляли большую активность, что в то время имело свои привлекательные стороны;

- в СКТБ ССП изменилось отношение к комплексным работам: считалось, что главное уже сделано, и, кроме того, наступила пора изменения внутреннего климата, в руководстве появилось много новых людей, заинтересованных в продвижении другой тематики;

- Минэлектротехпром уже не был под «прессом» Постановления ЦК и Совмина, и в нём уже не было Н.А. Оболенского, организующая роль

Рис. 4



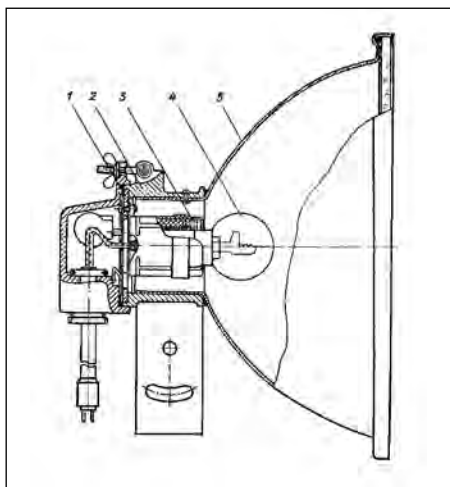


Рис. 5

которого в создании «Свечи-3» была очень важна.

КЭСО «Свеча-4» был предназначен обеспечивать посадку самолётов в любых погодных условиях и должен был заменить «Свечу-3» для аэропортов, сертифицируемых по I и II категориям. Важным отличием «Свечи-4» от «Свечи-3», кроме большей насыщенности СС, являлось размещение огней зоны подхода по схеме Алпа-Ата для аэропортов III категории вместо схемы Калверта для аэропортов I и II категорий, по которой размещались огни «Свечи-3». Схема Калверта (рис. 3) экономически была выгодней, но не обеспечивала, в отличие от схемы Алпа-Ата (рис. 4), возможность посадки при видимости огней ВПП в 200 м и менее.

При разработке «Свечи-4» вся номенклатура СС, характеристики которых приведены в статье [4], реализовывалась в СКТБ ССП. Впервые разрабатывались углублённые огни многих модификаций со сложными светооптическими характеристиками. Разработка КЭСО окончательно была завершена в 1986 г. после проведения его МВИ в Гагаринском филиале СКТБ ССП с использованием новой аппаратуры ТУ-ТС (ТМА-4), разработанной в СПКБ «Промавтоматика» Минприбора (Житомир).

Изготовление КЭСО и его комплектация в Гагаринском филиале велись с 1986 по 1989 г. с заметными трудностями: 1) были проблемы с литьём корпусов и крышек углублённых огней, заказанным на предприятии Атоммаша; 2) филиалу пришлось освоить, по технологии ВНИИКП, выпуск кабелей с обрезиненными штепсельными разъёмами; 3) в течение это-

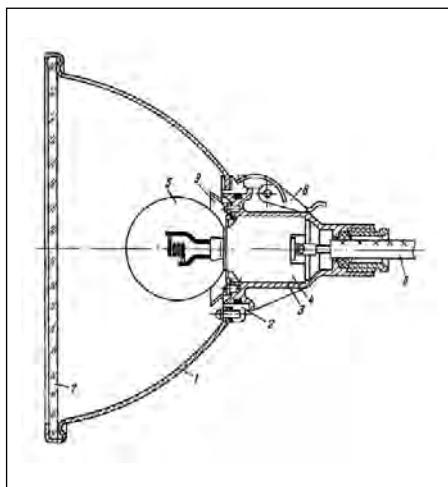


Рис. 6

го времени в а/п Омск, где должна была монтироваться «Свеча-4», отгружались большие партии кабеля, а разработчику КЭСО приходилось согласовывать вопросы размещения аппаратуры ТМА-4 в этом а/п с институтом ГА «Ленаэропроект»; 4) осуществлялся авторский надзор за условиями хранения на складах аэропорта ранее отгруженного кабеля и его прокладкой в покрытии ВПП для углублённых огней.

Для полной отгрузки первого опытного КЭСО «Свеча-4» Гагаринским филиалом было задействовано более 20 товарных вагонов. Акт о завершении поставки КЭСО в а/п Омск был подписан руководителем ОКР в конце июня 1989 г. (Дальнейшая судьба КЭСО «Свеча-4» оказалась незавидной: он не был полностью смонтирован, заделанные в покрытие ВВП часть кабеля и углублённые огни были закатаны бетоном, а его комплектующие изделия были распределены для эксплуатационных потребностей в другие а/п ГА.)

2.5. Тенденции технического проектирования прожекторных огней комплексов

Поскольку разработка СС для всех вышеописанных КЭСО была осуществлена силами СКТБ ССП (кроме углублённых огней для «Свечи-3»), коснёмся тенденции последовательного усовершенствования конструкции прожекторных огней – основных светосигнальных приборов КЭСО [5] – при активном участии разработчиков КЭСО.

В «Свече-3» из-за сжатых сроков всей работы прожектор «ПО» в 1973–

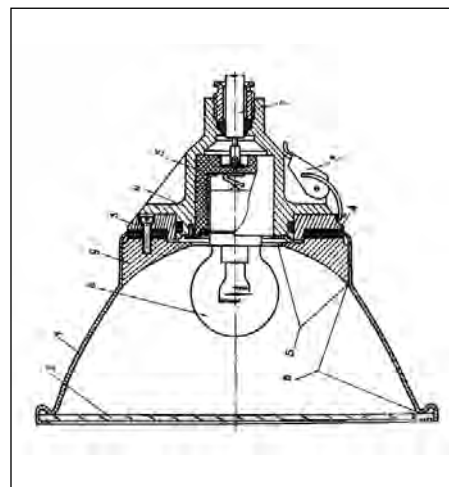


Рис. 7

1974 г. был разработан аналогичным прожектору КЭСО «D2» (ЧССР). К его недостаткам следует отнести тяжёлый температурный режим, причиной которого было размещение ЛН (200–300 Вт) и патрона в общем замкнутом пространстве корпуса, приводившее к перегреву и последующему разрушению патрона, из-за чего его приходилось изготавливать из дорогостоящего пресс-материала ДВПМ-2 (рис. 5).

В прожекторе «ОП» для «Охтинки-1» (рис. 6), разработанном в 1975–1978 гг., этот недостаток был устранён путём выноса патрона из полости отражателя и размещения его снаружи без зазора в стакане-втулке корпуса, что позволило обеспечить дополнительную теплоотдачу в окружающее пространство [6].

Развитием этой конструкции явился прожектор «ОПР» (рис. 7), созданный в 1978–1980 гг. для «Свечи МВЛ», в котором часть отражающей поверхности была выполнена на узле крепления (прижимном кольце), что позволило сократить «слепое отверстие» и увеличить площадь отражающей поверхности [7]. В дальнейшем эта конструкция была использована при проектировании, в 1983–1985 гг., малогабаритного прожектора «ОПРК», с лампы КГМ 6,6–200(300), для КЭСО «Свеча-4», крепление которой в изолированном патроне осуществлялось посредством пружинных губок (рис. 8). Возможность использования высокоинтенсивной малогабаритной ГЛН позволила снизить вес прожектора до 3 кг. [8, 9]. Механическая прочность и ветроустойчивость прожекторов были подтверждены продувками в аэродинамической трубе ЦАГИ.

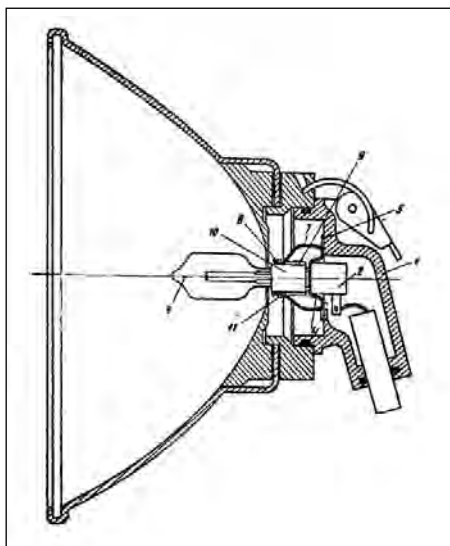


Рис. 8

3. Заключение

КЭСО «Свеча-3» явился первым отечественным комплексом визуальных средств взлёта, посадки и руления самолётов, предназначенным для оснащения категорированных аэропортов, оборудованных по I и II категориям Норм ИКАО. Последующие КЭСО, даже такие сложные и объёмные как «Свеча-4», создавались уже в других условиях с учётом опыта, знаний, ошибок и кооперации, которые дала разработка «Свечи-3».

Эта огромная, по масштабам СКТБ ССП, работа все эти годы выполнялась усилиями специалистов многих организаций, предприятий и институтов МГА, Минэлектротехпрома, Миноборонпрома, Минприбора, Минхимпрома, Минпромстройматериалов, Миннефтехимпрома, ВВС и эксплуатационных наземных служб многих а/п.

Особо хочется отметить подразделения СКТБ ССП, внёсшие свой вклад в самый трудный и ответственный период создания «Свечи-3», в 1972–1974 гг.: сектор комплексных работ, сектор конструкторских работ, сектор светотехнических расчётов, группа расчётов надёжности, технологический отдел, ПЗ 1326, а также ГЗСА.

КЭСО «Свеча-3» награждён Дипломом ВДНХ СССР, отдельные светотехнические приборы выставлялись на ВДНХ СССР и отмечены медалями этой выставки, ряд разработок по КЭСО защищены авторскими свидетельствами на изобретение, о «Свече-3» и «Свече-4» были публикации в печати: в газетах «Красная Звезда»,

«Неделя» (приложение к газете «Известия»), «Воздушный транспорт», «Гудок» и в журнале «Светотехника».

В 1989 г. КЭСО «Свеча-4» был представлен на международной выставке «Авиатехника-89», в Москве.

Разработка КЭСО для оснащения гражданских и специальных стационарных аэродромов явилась важной вехой в создании нового отечественного светосигнального оборудования в период 1970–1980-х гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коцин И.Е., Латышева Л.Н., Майзенберг С.И. Комплекс светосигнального оборудования «Свеча-3» // Светотехника. – 1980. – № 3. – С. 11–13.
2. Коцин И.Е., Денисов В.П., Майзенберг С.И., Юцевич А.К. Система управления рулением на аэродроме / Авт. свид. СССР № 888728, 1981.
3. Басов Ю.Г., Майзенберг С.И. Комплекс светосигнального оборудования «Свеча МВЛ» для гражданских аэродромов // Светотехника. – 1988. – № 5. – С. 3–8.
4. Басов Ю.Г., Майзенберг С.И. Всепогодный комплекс «Свеча-4» для аэродромов // Светотехника. – 1991. – № 1. – С. 4–8.
5. Берестов В.П., Латышева Л.Н., Майзенберг С.И. Проектирование прожекторных огней для аэродромных светосигнальных комплексов // Светотехника. – 1987. – № 8. – С. 12–15.
6. Майзенберг С.И., Поляков А.Г. Аэродромный прожектор / Авт. свид. СССР № 739307, 1980.
7. Латышева Л.Н., Майзенберг С.И. Аэродромный прожектор / Авт. свид. СССР № 1353970, 1987.
8. Денисов В.П., Коцин И.Е., Майзенберг С.И., Князева Е.И. Устройство для крепления галогенной лампы с патроном в прожекторе / Авт. свид. СССР № 885697, 1981.
9. Берестов В.П., Майзенберг С.И. Световой прибор / Авт. свид. СССР № 1675620, 1991.



Майзенберг Сергей Иосифович,
инженер. Окончил в 1960 г. Московский торфяной институт. Разработчик аэродромных электросветосигнальных комплексов в СКТБ световых

и светосигнальных приборов (Москва) в 1970–1980-х гг.

Заседание НТС... (окончание)

Руководитель «СТП-Сарос» Ю.А. Карпенко выступил с докладом «Экспозиционное освещение залов и экспонатов Эрмитажа и Третьяковской галереи» и рассказал об участии в реконструкции Главного штаба, освещении Каретного проезда и домашнего храма, а также в создании экспозиционного освещения; работах над созданием системы освещения рассеянным светом в мастерской Трофимовых Фондохранилища Эрмитажа.

Директор музея «Огни Москвы» Н.В. Потапова рассказала о своём музее и о семинарах, которые там проводятся, а также об участии в его работе и измерении характеристик световых приборов студентов кафедры светотехники МЭИ. Цель проекта музея «Копилка светлых идей» – создать на площадке музея «Огни Москвы» ресурсного центра световых технологий, обеспечивающего повышение качества экспозиций других музеев.

С.А. Стахарный (АО ЦНИИ «Циклон»), посвятил своё выступление органическим светодиодам – инновационным источникам света, требующим высокотехнологичного производства. По словам докладчика, в музеях США, Великобритании и Канады вместе с естественным освещением успешно применяют органические светодиоды. Нам же необходимы стандарты по светодиодам и по музейному освещению.

Важной вехой в работе НТС «Светотехника» стало и подписание 20 апреля 2019 года Меморандума о научно-техническом сотрудничестве в сфере музейного освещения между НТС «Светотехника» и Государственным Эрмитажем. Главными целями этого сотрудничества названы проведение исследований влияния искусственного света на музейные объекты, разработка современной правовой базы, обеспечение контроля качества и безопасности освещения в музеях и внедрение энергоэффективных источников света для освещения музейных экспозиций.

**Учёный секретарь НТС
Снетков В.Ю.**

Свет в музее: осветить и сохранить!

С 18 по 20 апреля 2018 года в Санкт-Петербурге в Государственном Эрмитаже состоялась Первая научно-практическая конференция по вопросам музейного освещения «Свет в музее». Организаторами конференции выступили Государственный Эрмитаж, ВНИСИ им. С.И. Вавилова и Научно-технический совет светотехнической отрасли «Светотехника» при поддержке Российского комитета Международного совета музеев (ИКОМ России)

В рамках работы конференции прозвучали доклады по актуальным вопросам музейной световой среды, влиянию света и освещения на музейные предметы, применения современных источников света, в первую очередь светодиодов, контролю качества и безопасности работы осветительной техники в музеях, актуализации отраслевых документов, с которыми выступили представители музейного и светотехнического сообщества, приглашённые российские и иностранные специалисты в области музейного освещения: светотехники, светодизайнеры и музейные хранители.

Открытие конференции

На торжественной церемонии открытия конференции выступили почётные гости и ведущие специалисты отрасли. Влияние новых технологий подсветки на музейные экспонаты необходимо изучить, отметил первый **заместитель министра культуры РФ Владимир Аристархов**. Он также сообщил, что Министерство культуры создаст рекомендации и нормативные

документы, в которых коснётся темы освещения музейных залов. Необходимость создания таких норм вызвана появлением новых технологий подсветки, совершивших революцию в освещении, но требующих исследований с точки зрения влияния на музейные предметы, отметил чиновник.

Особо подчеркнула важность сохранения баланса между стремлением к улучшению качества оформления выставок и технической безопасностью экспонатов **генеральный директор Светотехнического института имени Вавилова Анна Шахпарунияц**: «Учитывая требования посетителей, необходимо сохранить шедевры искусства прошлого, для многих из которых опасным является даже слишком долгое нахождение в зале при дневном свете. Развитие измерительной техники и телекоммуникаций позволяет оснастить ею самые драгоценные экспонаты, а потом и все экспонаты специальными датчиками которые будут контролировать и уровень освещённости, и время экспозиции».

«Вопрос музейного освещения только на первый взгляд является узкой те-

мой, касающейся лишь специалистов в этой области. Сейчас представление экспонатов, в том числе оформление витрин и подсветки, существенно влияет на впечатление посетителей от экспозиции и желание посетителей вернуться в музей вновь, – подчеркнул **вице-президент ИКОМ России Василий Панкратов**, – давно ушли в прошлое те времена, когда любое музейное пространство оценивалось исключительно по качеству экспонатов. Сейчас обращают внимание и на то, как материал представлен, какое оборудование использовано и, конечно, на свет».

По словам **заместителя директора Государственного Эрмитажа Георгия Вилинбахова**, отношение посетителей музея к свету существенно изменилось за прошедшие годы: «Тридцать лет назад жаловались на то, что не очень чисто в санузлах, что иногда не очень вежливые сотрудники, но не было жалоб на то, что плохой свет. Сейчас практически каждая вторая жалоба о том, что в музее темно».

Как подчеркнул в своём выступлении на открытии конференции **председатель научно-технического совета «Светотехника», президент корпорации МСК «БЛ ГРУПП» Георгий Боос**, сейчас в России развёрнуто производство российского оборудования, которое поможет музеям не только качественно осветить экспонаты и сэкономить на оплате электроэнергии: «Светильники для экспозиционного освещения в Советском Союзе закупались за рубежом. Сейчас впервые в России начато производство отечественных экспозиционных светильников на заводе в Лихославле, входящем в состав МСК «БЛ ГРУПП», со-





сложными диафрагмами, с переменными линзами, в том числе с дистанционно управляемыми».

Георгий Боос считает, что освещение – одно из главных условий восприятия произведений искусства. Но не менее важным является и обеспечение сохранности экспонатов, особенно если речь идёт о живописных работах, насчитывающих не одну сотню лет, поэтому в сфере ответственности светотехнической отрасли – предложить комплексное решение, при котором будет обеспечен как зрительный комфорт для посетителей, так и бережное отношение к историческим ценностям: «Сочетание самых современных научных разработок и технологий с привлечением широкого круга мировых учёных, академических институтов, лабораторий, экспертного сообщества и музейных работников для решения сложных и многопрофильных задач – основная философия нашей работы. И не только в рамках этой конференции».

Пленарные заседания и круглые столы

Главная инновация в деле музейного света последних лет – широкое распространение светодиодов. Они позволяют экономить энергию и деньги, при этом не редко святят ярче ламп накаливания. Однако до сих пор не обобщён опыт использования светодиодного освещения в музеях и того, как он влияет на сохранность картин. Использование новейших технологий, которые уже широко применяются в театрах, концертных залах или современных выставочных центрах, но не всегда просто осуществляется в исторических помещениях музеев, что отмечало большинство докладчиков. Отметим кратко не-

которые доклады, вызвавшие наибольший интерес и оживлённую дискуссию участников конференции.

«Мы всегда ограничены охранными обязательствами по зданию. Это очень сложная проблема, поскольку, с точки зрения расчётов, хорошо сделать одним образом, а охранные обязательства не позволяют сделать крепления или это требует длительных согласований», – отметил **заместитель генерального директора Государственного Эрмитажа Алексей Богданов** в докладе «Проблемы музейного освещения», – музейное освещение сильно поменялось за последнее время, и в первую очередь причиной тому стала смена ламп накаливания и галогеновых ламп на LED-освещение. Мы экспериментируем со светом, ищем новые пути».

Николай Воробьёв, заместитель генерального директора компании «Нео ЭКСПО-Арт» в своём выступлении «Новые технологии – новые возможности – новые ограничения?», считает, что необходимо обсудить вопросы, связанные со спецификой освещения музеев (цветовая температура, спектр, интенсивность, коэффициент пульсаций, совмещение с естественным светом и т.д.), провести соответствующие исследования и разработать нормативную базу для музейного светодиодного освещения. А также составить рекомендации, необходимые для разработки и производства отечественных осветительных приборов для различных задач музейного освещения.

Об использовании светодиодов в музеях, их новых возможностях и проблемах, связанных с ними, сообщила **Анна Шахпарунянц, генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова**.

В докладе «Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы», она особо отметила, что важнейшей задачей является предотвращение вредного воздействия оптического излучения на экспонаты, для чего проводятся исследования по оценке воздействия всех видов оптического излучения на музейные экспонаты. Затем последует разработка стандарта, содержащего требования к освещению и методы контроля выполнения этих требований.

Леонид Новаковский, директор компании «Фарос-Алеф», в своём докладе «Реконструкция естественного освещения: верхнее и боковое освещение», предложил использовать для музейного освещения светодиоды разного спектра с управляемой интенсивностью светового потока и с последующим перемешиванием в волоконно-оптическом преобразователе изображения.

Константин Томский, заведующий кафедрой СПбГУКиТ, представил исследование «Измерительное оборудование для оценки музейной световой среды», в результате которого были получены рекомендации для установления норм освещённости, установлены зависимости между спектром излучения и разрушением материалов с учётом светостойкости. А также исследована светостойкость музейных материалов к УФ-облучённости и разработаны рекомендации по предельно допустимым уровням воздействия на экспонаты.

Габриеле Перрини, директор представительства компании *iGuzzini illuminazione* по Восточной Европе, рассказал о реконструкции освещения монументальной росписи Леонардо да Винчи «Тайная вечеря».

Светодизайнер из ФРГ Андреас Шульц поведал о **сегодняшнем применении сочетания естественного и искусственного освещения в музеях Германии**.

В работе «Опыт создания ОУ в отдельном зале музея», Сергей Коломийцев, президент компании «Точка опоры», рассказал о проекте освещения одного из экспозиционных залов Оружейной палаты. Он подчеркнул, что в такой работе самый сложный этап исследований и поиска решений, а залогом успеха является выстраивание коммуникаций с сотрудниками музея. Компания, создающая освещение в музее должна быть готова инвестировать с рисками, поскольку этап исследований, как правило, не оплачивается, а проекты в музеях, зачастую,

длительные, и не редко экономически не выгодны.

В докладе **«Светодиодная интеллектуальная система музейного освещения: зрительное восприятие, энергоэффективность и безопасность»**, Александра Закгейма, заместителя директора по научной работе НТЦ Микроэлектроники РАН была поставлена задача: возможна ли полная имитация естественного света искусственным? Ответ: да, в полихромных светодиодных источниках на принципах RGB-смешения, современные RGB светодиоды возвращают искусственный свет к естественному. Созданная система дистанционного управления СДУСО объединяет до 30 отдельных источников, управление параметрами излучения которой происходит по радиоканалу.

Сергей Стахарный, заместитель главного конструктора по изделиям на основе органических светодиодов АО «ЦНИИ «Циклон», выступивший с докладом **«Органические светодиоды (OLED) – инновационный источник света»**, рассказал, что органические светодиоды обладают рядом преимуществ: высокой эффективностью, малым весом и толщиной, гладким спектром излучения, высоким индексом цветопередачи, отсутствием синего пика, УФ и ИК излучения.

Третий день конференции был посвящён открытым дискуссиям по актуальным проблемам освещения музеев – в рамках двух круглых столов участники конференции обсудили современное оборудование для освещения и подходы к созданию осветитель-

ных установок в музейных пространствах. Модераторами круглого стола **«Принципы экспозиционного освещения в современных музеях»** выступили главный редактор журнала «Светотехника» профессор Владимир Будак и генеральный директор компании «Фарос-Алеф» Леонид Новаковский, а круглый стол **«Осветительное оборудование для освещения музеев»** модерировали вице-президент Светотехнической торговой Ассоциации Сергей Койнов и президент Лайтинг Бизнес Консалтинг Владимир Габриелян. Оба стола вызвали самый живой интерес и активное участие всех участников.

Гости и участники и конференции познакомились с особенностями освещения экспозиций Государственного Эрмитажа, а также совершили экскурсию по его фондохранилищу.

На площадке конференции также прошло расширенное заседание Научно-технического совета светотехнической отрасли, участники и гости которого обсудили наиболее перспективные на сегодня научно-исследовательские работы в области светотехники, рассмотрели дальнейшие направления работы отрасли и решили создать новую секцию в совете по музейному освещению.

Специально к конференции МСК «БЛ ГРУПП» в дар Государственному Эрмитажу произвела реконструкцию освещения одного из залов Зимнего Дворца экспозиционными и архитектурными светильниками собственного производства.

Обновлённое освещение зала 277 позволило выделить форму свода, акцентировать внимание посетителей на картины и на выразительность интерьера в целом. Освещение выполнено светодиодными светильниками GALAD Афродита LED и GALAD Vega LED, произведёнными на одном из заводов корпорации – ООО Лихославльском заводе «Светотехника». Установленное светотехническое оборудование учитывает аспекты влияния искусственного света и освещения на музейные ценности.

В рамках работы конференции 20 апреля председатель Научно-технического Совета светотехнической отрасли Г. Боос и директор Государственного Эрмитажа М. Пиотровский подписали «Меморандум о научно-техническом сотрудничестве в сфере музейного освещения» в зале Совета Государственного Эрмитажа.

Главными целями сотрудничества станут привлечение внимания профессиональных сообществ к роли освещения музейных ресурсов и сохранения культурных ценностей, исследования влияния искусственного света на музейные объекты, разработка правовой базы, контроль качества и безопасности работы осветительной техники в музеях, а также внедрение энергоэффективных источников света для освещения музейных экспозиций.

Г. Боос и М. Пиотровский пришли к единому мнению, что Научно-практическая конференция «Свет в музее» станет традиционной и будет проводиться раз в два года. Следующая конференция «Свет в музее» намечена на 2020-й год.

Перечень докладов конференции

- «Световая драматургия как элемент комплексного подхода при создании музейных экспозиций и выставочных проектов» Николай Воробьёв, ведущий эксперт по экспозиционному освещению объектов культуры, заместитель генерального директора компании «Нео ЭКСПО-Арт»;
- «Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы» Анна Шапарунянц, генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова;
- «Музейное освещение – основные проблемы и возможные способы их разрешения» Леонид Новаковский, директор компании «Фарос-Алеф»;

- «Реконструкция освещения монументальной росписи Леонардо да Винчи «Тайная вечеря» Габриеле Перрини, директор представительства iGuzzini illuminazione по Восточной Европе;
- «Реконструкция естественного освещения: верхнее и боковое освещение» Жан Хильгерсон, президент международного комитета архитектуры и музейных технологий ИКОМ, Toornend Partners, Хаарлем, Нидерланды;
- «Особенности освещения экспозиций Государственного Эрмитажа» Борис Кузякин, начальник экспозици-

онно-оформительского отдела Государственного Эрмитажа;

- «О приоритетных направлениях работы НТС «Светотехника» Георгий Боос, председатель НТС «Светотехника»;
- «Я должен видеть всё» Карстен Винкельс, арт-директор ООО «СветоПроект»;
- «Новый индекс точности воспроизведения цвета МКО» Питер Блаттнер, президент Международной комиссии по освещению;
- «Архитектурное освещение в музее» Николай Щепетков, заведующий кафедрой МАРХИ (ГА);

- «Измерительное оборудование для оценки музейной световой среды»; Константин Томский, заведующий кафедрой СПбГУКИТ
- «Освещение в музее – взгляд с разных сторон: от аудита и анализа до концепции и реализации» Сергей Сизый, Руководитель школы светодизайна LiDS;
- «Опыт создания ОУ в отдельном зале музея» Сергей Коломийцев, президент компании «Точка опоры»;
- «Практические аспекты использования светодиодов в музейном освещении» Маргарита Белякова, главный специалист по световым решениям ООО «СветоПроект»;

- «Светодиодная интеллектуальная система музейного освещения: зрительное восприятие, энергоэффективность и безопасность» Александр Закейм, МТЦ Микроэлектроники РАН;
- «Универсальная беспроводная система акцентирующего освещения музейной среды» Барт Вермерш, ведущий менеджер по продуктам EMEA – Downlights;
- «Результаты измерения параметров освещения залов и экспонатов Эрмитажа» Анатолий Черняк, зав. лабораторией и Алёна Кузнецова, старший инженер ВНИСИ им. С.И. Вавилова;
- «Экспозиционное освещение с использованием современных све-

тодиодных технологий» Юрий Карпенко, руководитель «СТП-Сарос»;

- «Проект музея «Огни Москвы»: «Копилка светлых идей» Наталия Потапова, директор музея «Огни Москвы»;
- «Органические светодиоды (OLED) – инновационный источник света» Сергей Стахарный, заместитель главного конструктора по изделиям на основе органических светодиодов АО «ЦНИИ «Циклон» (ХК АО «Росэлектроника», ГК «Ростех»);

Ирина Сибрикова, редактор газеты «СВЕТская жизнь»

Евгений Серый, спецкорреспондент журнал «Светотехника»

Программа круглого стола по освещению для учебных заведений 17 апреля 2018 г. 12.30–15.00

Вступительное слово: Долин Евгений Владимирович, генеральный директор ассоциации АПСС

Современная ситуация с освещением школ. Меры необходимые для его совершенствования и развития, Айзенберг Юлиан Борисович, журнал Светотехника, шеф-редактор, профессор

Принцип организации системы электроосвещения в современном образовательном учреждении, Котренко Виктор, ГК Световые технологии, Руководитель отдела по работе с проектными институтами

Модернизация освещения общеобразовательных учреждений, Ходырев Дмитрий Михайлович, начальник отдела технического продвижения БЛ ГРУПП

Современные концепции искусственного освещения на примере реализованных проектов в школах г. Павловский Посад, Смолин Дмитрий Александрович, генеральный директор ГК ВИЛЕД

Ученье – свет. Как подобрать светильники для школы и университета, Медведев Иван, технический специалист СДСВЕТ

Биодинамическое освещение, Мельников Владислав Эдуардович, зам.директора ассоциации Коннэкс Руководитель проектного отдела ESYLUX RU

Отражённый светодиодный свет для качественного освещения, Стёркина Наталья Олеговна, директор ПЛАСТ-4000

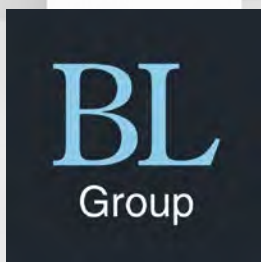
Хорошее освещение в школах – залог здоровья, успеваемости и эстетического воспитания детей, Сизый Сергей, директор Школы светодизайна LiDS

*Константин Морозов
Инновационный салон «Промышленная
Светотехника»*

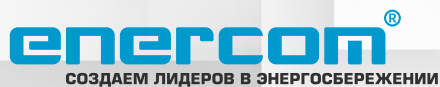


ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

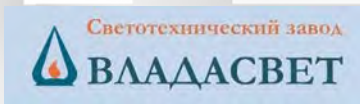
Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества



Холдинг BL GROUP



FAGERHULT





OPORA ENGINEERING – современное предприятие полного цикла по выпуску опор наружного освещения, кронштейнов и металлоконструкций



Россия, г. Москва,
проспект Мира, д. 106



opora-e.com



(495) 785-37-40



«ComfortLine Industry» – блоки питания для производственного освещения

Новые блоки питания серии «ComfortLine Industry» со стабилизацией тока от компании Vossloh - Schwabe рассчитаны на установку в линейные светодиодные светильники для освещения производственных помещений.

Предлагаются два типа блоков питания: ECXe 800.262, с максимальной выходной мощностью 120 Вт, и ECXe 800.263, с максимальной выходной мощностью 165 Вт.

Выбор значения выходного тока осуществляется в диапазоне 400...800 мА посредством протокола LEDset.

Технические характеристики:

- степень защиты: IP 20;
- класс защиты: I;
- защита от пиковых перенапряжений: до 2 кВ (между L и N) до 4 кВ (между L,N и PE) ;
- электронная защита от короткого замыкания;
- защита от перегрева;
- защита от режима холостого хода;
- эффективность при полной нагрузке: 96%.

Более подробная информация - на www.vossloh-schwabe.com

БОЛЬШОЙ СРОК СЛУЖБЫ:

до 100000 ч

ОЧЕНЬ НИЗКАЯ ПУЛЬСАЦИЯ ТОКА

ПРИГОДНЫ ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

ГАРАНТИЯ: 5 ЛЕТ

