

СВЕТО ТЕХНИКА

5·2017



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.

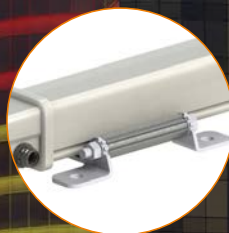
Инновационный профиль с интегрированной оптической системой выполнен из светостабилизированного поликарбоната с УФ защитой, который обеспечивает отличную световую отдачу и высокое качество цвета.



Светопронускающие боковые крышки позволяют создавать непрерывные световые линии



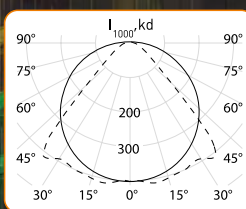
Разъемы с высокой степенью защиты IP 67 обеспечивают быстрое и надежное соединение



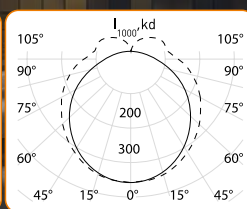
Кронштейн перемещается вдоль горизонтальных пазов на задней поверхности корпуса светильника



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



Clear



Opal

Два типа корпусов

НАСТРАИВАЕМЫЕ БЛОКИ ПИТАНИЯ «COMFORTLINE»



НОВЫЕ КОМПАКТНЫЕ БЛОКИ ПИТАНИЯ

Невероятно компактный корпус (97x43x30 мм) новых блоков питания от Vossloh-Schwabe позволит создать универсальный светильник местного освещения (Downlight) или акцентирующего освещения (трековый) для офисного или торгового помещения.

Благодаря низкой пульсации выходного тока (<1%), которая была определена по стандарту 1789-2015 Института инженеров электротехники и электроники (IEEE), блоки питания обеспечат высокое качество света. Возможность настройки выходного тока через соответствующий контактный зажим или интерфейс LEDSet делает эти устройства чрезвычайно эффективными.

- Выходные характеристики: макс. 3,79–45 Вт, 150–1050 мА
- Высокий КПД: > 90% при полной нагрузке
- Срок службы: до 100000 часов
- Гарантия: 5 лет

Более подробно на www.vossloh-schwabe.com или свяжитесь с представителем VS в вашем регионе.



**Значительная эффективность
при незначительном размере!**

LED set 1

Lighting Manufacturer : Vossloh-Schwabe

Photos: Vossloh-Schwabe



LED
FORUM

XI Международный LED Forum

8–9 ноября 2017

ЦВК «Экспоцентр»

Москва

www.ledforum-moscow.ru

interlight

MOSCOW

powered by light + building

В рамках международной выставки
декоративного и технического освещения,
электротехники и автоматизации зданий



messe frankfurt



В.П. Будак

д.т.н., профессор
BudakVP@gmail.com

Уважаемые читатели!

Вы держите обновленный номер нашего журнала. В январе этого года журналу исполнилось 85 лет. Журнал «Светотехника» был основан в 1932 году, одновременно с началом эпохи индустриализации в нашей стране. На протяжении всех этих лет становление и развитие светотехники в стране формировалось под идейным влиянием публикаций в журнале. Успех журнала и заключается в том, что поставленные перед ним задачи успешно решались. Поэтому неизбежным мы видим дальнейшее расширение и изменение тематики журнала.

Сегодня свет используется не только в целях освещения, но и в технологиях резки и сварки, дистанционного контроля за состоянием вещества, в медицине – для диагностики, терапии и хирургии, в освоении Мирового океана и космоса, во многих других областях. Все эти применения объединяет единая фотометрическая терминология, теория светового поля. Развитие волновой оптики и создание квантовой электродинамики не отменили фотометрическую по своей природе теорию светового поля, а только строго обосновали точность и область её применимости. Светотехника сегодня – область знаний с одной из самых чётких систем понятий и соответствующих величин. Публикации же по различным направлениям и приложениям теории светового поля приводят к дублированию исследований, созданию зачастую «новых» терминов, которые идейно уступают уже существующим. Развитие этих направлений исследований на страницах одного журнала позволит избежать подобных проблем. Отметим, что развитие науки сейчас часто происходит на стыке различных научных направлений.

Нам хочется соответствовать определению светотехники как области науки о генерации, распространении и преобразовании света, которое дается в классических учебнике В.В. Мешкова и справочной книге по светотехнике под редакцией Ю.Б. Айзенберга.

В номерах этого года вы уже читали о значении компьютерной графики в светотехнике, о свете в океане. В этом номере вас ждут статьи об использовании УФ излучения для обеззараживания воды, о совсем недавно казавшемся фантастическим проекте перенаправления части солнечного света на землю с помощью космических отражателей. Мы планируем существенно увеличить количество публикаций по солнечной энергетике, использованию света в медицине, по оптическим методам дистанционного зондирования и другим направлениям применения света.

Однако с учетом нашей славной 85-летней истории мы хотим делать это осторожно и постепенно, придерживаясь принципа «не навреди!» Рукопись любой предлагаемой в журнал публикации должна быть в рамках фотометрической теории светового поля. Квантовый и волновые аспекты света остаются вне нашей тематики.

Для явного определения позиции редколлегии журнала по всем вопросам тематики публикаций, а также для обратной связи с нашим читателем, которая всегда была, и которой мы очень дорожим, мы вводим постоянную колонку главного редактора, первую из которых мы публикуем в этом номере.

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

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

В.Е. Бугров, д.ф.-м.н., проф., Университет ИТМО, С.-Петербург**Н.В. Быстрянцева**, к. арх., Университет ИТМО, С.-Петербург**Л.П. Варфоломеев**, к.т.н., Москва**Н. Василев** (*Nicolay Vasilev*), *Sofia Technical University*, Болгария**Д. Вейтч** (*Jennifer Veitch*), *National Research Council of Canada*,

Канада

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**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**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**М. Фонтоннон** (*Marc Fontoynton*), *Ecole Nationale des Travaux
Publics de l'Etat (ENTPE)*, Франция**Ф. Хенгстбергер** (*Franz Hengstberger*), *National Metrology
Institute*, ЮАР**А.Г. Шахпаруянц**, к.т.н., генеральный директор ВНИСИ
им. С.И. Вавилова, Москва**Н.И. Щепетков**, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:**

Генеральный директор

Н.С. Шерри; sherri@bl-g.ru

Старший научный редактор

Е.И. Розовский; lamptech@mail.ru

Научный редактор

С.Г. Ашурков; svetlo-nr@yandex.ru

Выпускающий редактор

П.А. Федорищев; fedorishchev@gmail.com

Зав. редакцией

Л.В. Шелатуркина; zav.red@list.ru

Менеджер-референт

М.И. Титаренко; zav.red@list.ru

Администратор сайта

Е.М. Новикова

Стилист английской версии

М.Д. Виноградова

Секретарь редакции

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

Дизайнер-верстальщик

А.М. Богданов

Контент-менеджер

Е.С. Серый**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 06.09.17. Подписано в печать 02.10.17

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

Отпечатано в типографии ООО «Агентство Море»

101898, Москва, Хохловский пер., д. 9

СОДЕРЖАНИЕ 5·2017

В НОМЕРЕ

СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ

Бизнес и инновации 18, 23, 33, 43, 49, 76	ДИСКУССИИ
Васильев А.И., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Собур Д.А., Соколов Д.В. Технологии УФ обеззараживания для обработки воды, воздуха и поверхностей 6	Пашковский Р.И. О ненужной светотехнической информации 72
Старовойтов Е.И. Возможности использования космической техники для управления освещением земной поверхности 12	Пашковский Р.И. И вновь о нормировании искусственного освещения: нормативные материалы по проектированию искусственного освещения 73
Столяревская Р.И., Розовский Е.И. Современное состояние и перспективы развития фотометрии осветительных приборов. Часть 2 19	Скорик Ю. Обсуждение письма Р.И. Пашковского «О нормировании искусственного освещения» 74
Мукхерджи А., Банзал Т.С., Сони А. Анализ качества энергии выпускаемых устройств управления для светодиодов 24	Лесман Е.А. По письму в редакцию «О нормировании искусственного освещения» 74
Лапина В.А., Першукевич П.П., Трофимов А.В., Трофимова Н.Н., Цаплев Ю.Б. Люминофоры и люминесцентные конвертеры в источниках света на основе синих светодиодных кристаллов 28	Пашковский Р.И. По проекту стандарта АПСС «Требования к техническим и эксплуатационным параметрам светодиодных светильников» 76
Вагин Г.Я., Солнцев Е.Б., Малафеев О.Ю. Анализ критериев выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников 34	Ответ АПСС – По первой редакции стандарта организации СТО. 69159079–01–2017 «Светильники светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам» 76
Глуховец Д.И., Шебурстов С.В., Копелевич О.В., Зайцев А.Ф., Погосян С.И. Измерения показателя поглощения морской воды с помощью интегрирующей сферы 39	Айзенберг Ю.Б., Будаков В.П. О важности строгой терминологии и о жаргоне в светотехнической науке и практике 77
Жагань В., Скаржинский К. Об освещении исторических архитектурных объектов заливающим светом 44	ХРОНИКА
Алтайн М., Чакир Б., Шехирли Е., Юстун Ё. Сравнение основных типов преобразователей для питания светодиодов в сети переменного тока 50	Серый Е.С. Свет как искусство 79
ВОПРОСЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ
Айзенберг Ю.Б. О важности и перспективности работ в области солнечной энергетики 57	Лесман Е.А., Спиридонов А.В. О творческом отчёте Ю.Б. Айзенберга 11
Содержание регионального выпуска журнала «Light & Engineering», посвящённого солнечной энергетике Китая 57	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ОБРАЩЕНИЕ В МИНИСТЕРСТВА И ВЕДОМСТВА	Пашковский Р.И. Область применения в электроустановках устройств защитного отключения 68
Письмо в Министерство труда и социальной защиты РФ и ответ Министерства 60	ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ОБМЕН ОПЫТОМ	Правила оформления рукописей 55
Галимова А.А. Повышение надёжности работы и защиты при коротких замыканиях линий наружного освещения автомобильных дорог 65	Новые компактные блоки питания компании Vossloh-Schwabe 1
	XI Международный LED Forum (Анонс) 2
	Освещение территорий перерабатывающих, промышленных и добывающих предприятий 80
	Станция УФ обеззараживания сточной воды в Пекине, платформа с УФ лампами, навешиваемая на тракторы, УФ облучение вагонов метрополитена, производство амальгамных ламп 1 с. обл.
	Линейный светильник «GALAD КОНТУР LED» производства АО «КЭТЗ» 2 с. обл.
	Светильник «GALAD Юниор LED» 3 с. обл.
	Встраиваемые СД модули от компании Vossloh-Schwabe для торгового промышленного освещения 4 с. обл.

Технологии УФ обеззараживания для обработки воды, воздуха и поверхностей

А.И. ВАСИЛЬЕВ¹, С.В. КОСТЮЧЕНКО¹, Н.Н. КУДРЯВЦЕВ², Д.А. СОБУР¹,
Д.В. СОКОЛОВ¹

¹ НПО «ЛИТ», Москва; ² МФТИ, Московская обл., г. Долгопрудный
E-mail: lit@npo.lit.ru

Аннотация

Приведён обзор основных современных достижений в разработке, производстве и применении УФ бактерицидных ламп и облучательных установок с ними для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей. Показано, что НПО «ЛИТ» занимает достойное место среди крупнейших мировых производителей таких ламп и установок.

Ключевые слова: УФ излучение, УФ облучение, ртутная лампа, амальгамная лампа, УФ излучающий диод, УФ установка, УФ станция, НПО «ЛИТ».

История применения искусственного УФ излучения насчитывает уже более 100 лет. Например, то, что оно обеззараживает воду и воздух, узнали и начали использовать в конце XIX – начале XX вв, но осознание того факта, что УФ излучение – уникальный инструмент для инициирования или проведения многих физико-химических процессов на поверхности и в объёме разных сред, появилось лишь в 1970–90-х гг., когда, с одной стороны, обозначился спектр задач

в химии, биологии, медицине, материаловедении, экологии и т.д., где химические методы оказались либо бессильны, либо дороги, либо неэкологичны, а с другой стороны, стала понятна природа многих химических, физических и биологических процессов на атомно-молекулярном уровне.

В настоящее время технологии на основе УФ облучения динамично развиваются в промышленности, медицине, коммунальном хозяйстве, энергетике, сельском хозяйстве и т.д. благодаря серьёзным инвестициям в разработки и промышленное производство современных мощных высокоэффективных источников УФ излучения и облучательных приборов с ними, что, в свою очередь, диктуется масштабами применения этих технологий в той или иной из вышеназванных областей [1].

При этом «мотором» развития применений УФ облучения в последние 25 лет являлась задача обеззараживания природных и сточных вод. Именно её масштабность побудила ведущие мировые институты и светотехнические компании поднять на новый качественный уровень разработку и производство УФ источников излучения:

фактически были созданы новые типы этих источников, которые обеспечили и новые возможности применения УФ излучения в других областях.

Необходимость обеззараживания воды в промышленных масштабах нехимическими методами возникла на рубеже 1980–90-х гг., когда был выявлен тотальный вред, наносимый человеку и природе хлором и его производными при традиционном хлорировании природных и сточных вод. Жёсткие нормативные ограничения на содержание в воде хлорпроизводных, с одной стороны, и существенно возросшие в те же 1990-е гг. общие гигиенические требования, в том числе по микробиологии (вирусы и т.д.), с другой, вынудили менять как общие технологические подходы к очистке природных и сточных вод, так и подходы к обеззараживанию [2–5].

В коммунальном хозяйстве и индустрии начали опробоваться и осваиваться в промышленных масштабах озонирование, микро-, ультра- и нанофильтрация, УФ обработка, замена жидкого хлора более безопасными хлорагентами, сочетания этих технологий, обеспечивающих повышение качества очистки воды, её санитарной и экологической безопасности [6].

Именно этот опыт и практика из технологии малых расходов и особых условий применения превратили УФ технологию за эти годы в экономически эффективную базовую технологию глубокого обеззараживания воды, широко применяемую как самостоятельно, так и в сочетании с другими вышеназванными технологиями. Для этого понадобилось разработать



Рис 1. УФ система обеззараживания на Северной водопроводной станции (г. Санкт-Петербург) производительностью 1 584 000 м³/сут. (Всего 3888 ламп типа ДБ350, суммарная потребляемая мощность 1,36 МВт)



Рис 2. Станция УФ обеззараживания поверхностной воды (г. Будапешт, Венгрия). (Всего 600 ламп типа ДБ350, суммарная потребляемая мощность 210 кВт)

и освоить выпуск крупных промышленных устройств на основе мощных источников УФ излучения для создания станций приготовления питьевой воды и очистки сточных вод практически любой производительности.

Примером соответствующих решений являются водопроводные станции Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Будапешта, Нью-Йорка и многих других городов. В 2003–2008 гг. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» реализовало комплексную модернизацию системы обеззараживания воды. Итогом модернизации стало создание крупнейшего в мире комплекса УФ станций, который охватывает водоснабжение Санкт-Петербурга и его пригородов [7]. На рис. 1¹ представлена одна из девяти УФ систем для подготовки питьевой воды в Санкт-Петербурге – Северная водопроводная станция (крупнейшая в Европе).

Крупнейший в ЕС проект станции УФ обеззараживания в системе подготовки хозпитьевой воды реализован в Будапеште (Венгрия). Производительность станции 600 тыс. м³/сут. (рис. 2) [8].

В индустриально развитом мире намечился и идёт тотальный переход от хлорирования сточных вод на УФ обеззараживание. Так, в США уже более 65% объёма сточных вод обрабатывается УФ облучением, а в России – примерно 30%.

Крупнейший в мире УФ комплекс обеззараживания сточных вод в составе четырёх УФ станций обеззараживает все коммунальные сточные воды Москвы с проектной производительностью 3 млн м³/сут (рис. 3).

Столь же интенсивно внедряется технология УФ обеззараживания сточных вод в передовых странах Азии (Республика Корея, Малайзия, КНР). На рис. 4 представлена запущенная в Пекине 2016 г. УФ-станция производительностью 780000 м³/сут. [9].

В последние годы можно наблюдать аналогичную, с опозданием на несколько лет, динамику применения УФ излучения в задачах обеззараживания и очистки воздуха [10–13]. Человек в урбанизированном мире

Рис. 3. УФ станция обеззараживания на Курьяновских очистных сооружениях (г. Москва). (Всего 6120 ламп типа ДБ600В, суммарная потребляемая мощность 3,7 МВт)



Рис. 4. Станция УФ обеззараживания сточной воды (г. Пекин). (Всего 864 лампы типа ДБ900НО, суммарная потребляемая мощность 700 кВт)



всё чаще проводит время в замкнутом пространстве: дома, на работе, в школе, в вузе, в транспорте, даже на отдыхе. И если раньше здания и сооружения проектировались с учётом высокого качества наружного воздуха и значительной доли естественной вентиляции, то сейчас для достижения комфортных условий масштабно применяются кондиционирование и воздушное отопление, в том числе на основе частичной рециркуляции в целях энергосбережения и т.п., что ставит принципиально новые требования к качеству воздушной среды.

Глобальные миграции и коммуникации населения по всей планете, с их концентрацией в урбанизированном пространстве с большим временем пребывания в местах массового скопления людей кардинально обострили ситуацию с распространением инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путём. Те же эпидемии гриппа в последние 20–30 лет уже перестали быть локальным территориальным явлением.

Если раньше приоритет всегда отдавался химическим показателям качества воздушной среды, то теперь,

с учётом вышеизложенного, микробиологический фактор начинает играть всё большую роль. Обеспечение безопасности воздушной среды не только по химическим, но и по микробиологическим показателям заставило решать задачи экономичного и эффективного обеззараживания больших объёмов воздуха отдельно или в общих схемах его очистки, кондиционирования и т.п.

Поэтому из медицины и пищевой промышленности, с традиционно высокими специальными требованиями по микробиологии воздушной среды, технологии УФ обеззараживания шагнули в системы очистки воздуха общего назначения и на транспорт. Как и в случае обеззараживания воды, новые, более общие задачи привели к востребованности создания этих систем. За последние годы в России создана целая серия облучательных приборов для обеззараживания воздуха и поверхности. Они, например, используются для экстренной обработки операционных и других помещений в больницах, в системах вентиляции, а также на пищевых производствах, в офисах, школах, складах и на транспорте (рис. 5 и 6).

¹ Представленные на этом и всех последующих рисунках УФ лампы и (или) комплексное облучательное оборудование с ними разработаны, изготовлены, поставлены и сданы в эксплуатацию НПО «ЛИТ».

Рис. 5. УФ облучение внутренних поверхностей и воздуха вагонов метрополитена в депо



Рис. 6. УФ модуль, встроенный в вентиляционную систему с производительностью до 15000 м³/ч

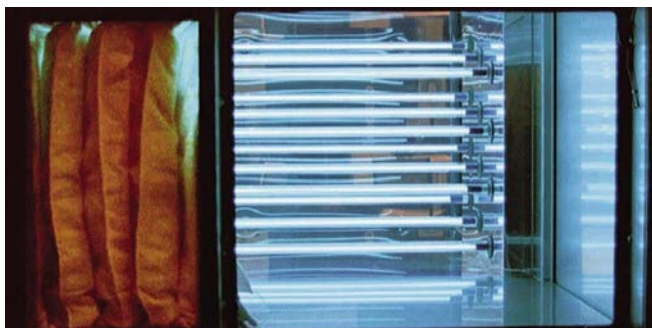


Рис. 7. Платформа с УФ лампами, навешиваемая на тракторы



Фотосинтез, фотокатализ и фотополимеризация на поверхностях, в жидкостях и газах с использованием УФ излучения разного спектрального диапазона нашли применение в микроэлектронике, химической, фармацевтической, полиграфической и других отраслях промышленности, а процессы так называемого «активированного фотоокисления» начинают широко применяться для очистки газов и жидкостей от микропримесей [1, 14].

Существенно расширились исследования в области использования фотобиологического действия УФ излучения (например, для стимулирования роста и повышения стрессоустойчивости растений (рис. 7)), и это далеко не полный перечень современного использования УФ излучения как высокоточного инструмента воздействия на процессы и среды.

Успех технологий УФ обеззараживания, и прежде всего в обеззараживании воды, был бы невозможен без значительного прогресса в области источников УФ излучения. За последние 20 лет, например, разрядные источники УФ излучения совершили огромный научный и технологический скачок в своём развитии, активно развиваются и такие источники УФ излучения, как полупроводниковые УФ излучающие диоды. Как отмечалось выше, главный стимул развития указанных технологий – задача обеззараживания сред, и основными характеристиками соответствующих источников УФ излучения и ПРА для них являются:

- Бактерицидный поток.
- Бактерицидная отдача (эффективность).
- Срок службы источника.

- Спад бактерицидного потока к концу срока службы источника.
- Срок службы, компактность и стоимость ПРА.
- Безопасность, экологичность и технологичность применения источника.

При этом, по нашему мнению, в качестве источников УФ излучения практически могут использоваться только УФ разрядные лампы и, в некоторой перспективе, полупроводниковые УФ излучатели.

О последних мы знаем следующее:

- Полупроводниковые УФ излучающие диоды ближнего УФ диапазона сейчас переживают бурное развитие [15, 16]. На рынке появились диоды с длинами волн 360–395 нм, которые теснят, например, «традиционные» УФ МГЛ, в частности, на рынке УФ источников излучения для фотоотверждения покрытий..

В области полупроводниковых диодов УФ-С диапазона наблюдается активное развитие исследований по их применению в системах для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей как минимум в специальных приложениях [17, 18]. Появились первые коммерчески доступные диоды, излучающие в диапазоне 255–270 нм, и устройства с ними [19]. В настоящее время появляются работы [20], демонстрирующие большие успехи в развитии УФ-С диодов (в частности, заявленные энергетические КПД в диапазоне 268–278 нм доходят до 5% и более). Правда, полупроводниковые УФ-С излучатели прогрессируют медленнее «обычных» светодиодов, что связано с целым рядом нерешённых физических и технологических проблем [15].

Так, лидер в области УФ-С диодов компания *Crystal IS* (США) предлагает, в частности, диод «Optan» типа UVC LED8–250–280, с максимальным потоком излучения в спектральном диапазоне 250–280 нм 10 мВт при потребляемой мощности 3,6 Вт. Соответственно, энергетический КПД диода – около 0,28%. Столь низкая энергоэффективность обусловлена рядом причин, основными из которых являются безизлучательная рекомбинация зарядов на дислокациях, не попавших в активный слой, несовпадение постоянных решёток полупроводника и подложки, дефекты упаковки, повышенное омическое сопротивление *p-n*-перехода.

Основные эксплуатационные характеристики УФ ламп
на основе ртутного разряда

Параметр	Лампы ВД	«Традиционные» лампы НД	Амальгамные лампы НД
Мощность лампы, Вт	2 000–20 000	15–100	100–1000
Энергетический КПД лампы в бактерицидной области, %	≈ 10–12	≈ 35–40	≈ 35–40
Срок службы лампы	4 000–8 000 ч	12 000–16 000 ч	12 000–16 000 ч
Образование побочных продуктов в воде	возможно	отсутствует	

Серьёзная проблема создания УФ излучающих диодов – получение высоколегированных слоёв *AlGaN n-* и *p-* типов с высоким содержанием *AlN* и обеспечение достаточно низкого рабочего напряжения и малой потребляемой мощности. Один из путей решения этой проблемы – в использовании сверхрешёток и создании промежуточного слоя между подложкой и полупроводником для согласования постоянных решёток. Работы в этом направлении активно ведутся [21], а ведущие производители готовятся к стандартизации, в ближайшее время, методов измерений электрических и радиоэлектрических характеристик УФ-С диодов (действуя под эгидой Международной ультрафиолетовой ассоциации (IUVA)) [22].

Срок службы современных УФ-С диодов с длинами волн 255–265 нм, например, тоже достаточно низок – около 1000 ч, при спаде потока излучения до 50%. Тем не менее такие излучатели уже применяются, в частности, в приборах по измерению пропускания воды (тау-метры) и в устройствах экспресс-биотестирования (приборы для измерения кривой бактерицидной чувствительности (ПИКЧ)) [19].

Основными источниками УФ излучения широкого применения являются разрядные УФ лампы. Они позволяют получать энергоэффективно большие удельные потоки излучения, имеют довольно большой срок службы и достаточно просты в эксплуатации. В зависимости от условий разряда и состава наполнения этих ламп они могут иметь непрерывный и (или) линейчатый спектры излучения. Для разных применений сегодня выпускаются ртутные, металлогалогенные, водородные, эксимерные и другие разрядные УФ лампы, колбы которых выполняются из достаточно прозрачных для УФ излучения стёкол, чаще всего кварцевых и увиолевых. По способу подвода энергии лампы разделяются на электродные и безэлектродные, с непрерывным и импульсным режимами работы [1, 23].

Электрический разряд в парах ртути в смеси с благородными газами – основной источник бактерицидного УФ излучения в настоящий момент [1, 23]. Лампы с таким разрядом подразделяют на ртутные лампы НД, амальгамные лампы НД и ртутные лампы ВД (по отечественной классификации,

что соответствует термину «лампы с разрядом среднего давления», распространённому за рубежом). Основные сравнительные эксплуатационные характеристики данных ламп приведены в таблице.

Главным преимуществом источников на основе ртутного разряда НД является высокий энергетический КПД в бактерицидной области спектра, который при оптимальных параметрах разряда современных мощных ламп составляет 35–40% [24].

Лампы ВД имеют характерный «полосатый» спектр излучения, соответствующий значительно меньшему указанному КПД.

Амальгамные же лампы, хоть и являются ртутьсодержащими, но экологически значительно безопасней.

В настоящее время мировые производители амальгамных ламп НД *Philips* (Нидерланды), *LightTech/LSI* (Венгрия/США), *Heraeus Noblelight* (Германия), НПО «ЛИТ» (Россия/Германия) и др. предлагают лампы мощностью от 50 до 1000 Вт с энергетическим КПД в бактерицидной области от 30 до 40% и полезным сроком службы до 16000 ч. В России лидер в области разработки и производства мощных амальгамных ламп – НПО «ЛИТ», которое имеет два ламповых произ-

водства: первое и главное находится в Москве и работает с 1996 г, а второе открылось в Германии в 2010 г. (рис. 8). Компания «ЛИТ» производит широкую гамму УФ ламп для обеззараживания воды и воздуха. Самая мощная из них – 1000-ваттная ДБ1000. В 2014 г. начато производство озонгенирующих ламп с излучением в линии ртути 185 нм для специальных применений.

На базе этих УФ ламп НД выпускаются установки для обеззараживания воды с единичной производительностью от 0,5 до 10000 м³/ч. К крупнейшим производителям их можно отнести *Trojan* (Канада), НПО «ЛИТ» (Россия/Германия), *Wedeco Xylem* (Германия/США), *Halma group (Hanovia, Aquionics, Berson)* (Великобритания/США/Нидерланды), *Calgon Carbon* (США) и *NewLand* (КНР).

Традиционно УФ лампы ВД мощностью 0,1–20 кВт производят *Philips* (Нидерланды), *LightTech/LSI* (Венгрия/США) и *Heraeus Noblelight* (Германия), а лидеры по производству УФ установок на этих лампах – *Trojan* (Канада), *Atlantium* (Израиль) и *Berson* (Нидерланды).

Можно отметить и другие разрядные источники УФ излучения, которые по ряду причин не получили ши-



Рис. 8. Производство амальгамных ламп

рокого распространения: например, ксеноновые импульсные и эксимерные лампы:

- Первые нашли применение только в специальных задачах обеззараживания, но и там применяются весьма ограниченно из-за низкого срока службы (100–1000 ч), относительно низкой бактерицидной эффективности (8–10%) и дороговизны комплекта лампы-ЭПРА [25].

- Эксимерные лампы излучают за счёт распада специальных молекул, представляющих собой возбуждённый комплекс атомов. Это могут быть молекулы из разных атомов (например, XeF^*) или из одинаковых (например, Ar_2^*). Излучение эксилламп узкополосное, а максимумы полос излучения в зависимости от используемой молекулы лежат в диапазоне длин волн 120–360 нм. Энергетический КПД ряда в этих лампах зависит от мощности и при малых мощностях (порядка 10–20 Вт) может достигать 25%. Энергетический КПД в УФ области спектра эксимерных ламп почти вдвое ниже, чем у УФ ртутных ламп НД, и с повышением мощности ощутимо падает. Применение таких источников для обеззараживания в промышленных масштабах сдерживается малой бактерицидной эффективностью, высокой стоимостью и сложностью ПРА. В нашей стране лидером в области разработки и производства эксимерных ламп является Институт сильноточной электроники СО РАН (Томск). А в 2006–2009 гг. коммерчески доступное устройство для обеззараживания воды («Instant Trust») разработала компания Philips Lighting.

Заключение

Высокая эффективность УФ облучения делает его незаменимым элементом современной системы подготовки питьевой воды. Внедрение УФ облучательного оборудования для обеззараживания сточных вод позволяет ликвидировать хлорное хозяйство на действующих очистных сооружениях, которое представляет потенциальную опасность для населения и окружающей среды. Системы для обеззараживания воздуха и поверхностей получают не меньшее распространение, чем системы для УФ обработки воды. Для их развития, возможно, потребуется больше времени и усилий, прежде всего в части создания необ-

ходимой нормативной базы и продвижения самой технологии УФ облучения в медицину, пищевую промышленность, на транспорт.

«Сердце» УФ установок любого типа – источник УФ излучения. Наибольшее распространение и развитие в последнее время получили УФ амальгамные лампы НД, их прогресс за последние 20 лет очевиден. Ведущие мировые компании освоили производство таких ламп мощностью до 800–1000 Вт. Активно развиваются и полупроводниковые источники бактерицидного излучения. Компания «ЛИТ», равно как и другие производители УФ установок, с интересом наблюдает и отмечает прогресс в разработке такого рода источников, однако считает их пока не конкурентными с «традиционными» разрядными УФ лампами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф.В. Кармазинов, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцев, С.В. Храменков. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 392 с.
2. Альшин В.М., Безделин С.М., Волков С.В., Гильбух А.Я., Дрожжин В.В., Жуков В.И., Калинин А.В., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.И., Куркин Г.А., Смирнов А.Д., Якименко А.В. Применение технологии УФ-облучения воды взамен первичного хлорирования // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 12. – С. 13–16.
3. СанПиН 2.1.5.980–00. 2.1.5. «Водоотведение населённых мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы».
4. Новиков Ю.В., Цыплакова Г.В., Тулакин А.В., Амлеева Г.П., Трухина Г.М., Королев А.А., Богданов М.В., Жолдакова З.И., Костюченко С.В., Якименко А.В. Гигиенические аспекты обеззараживания сточных вод ультрафиолетовым излучением // Гигиена и санитария. – 2000. – № 1. – С. 12–14.
5. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».
6. Дзиминкас Ч.А., Костюченко С.В. Консолидация современных технологий при подготовке питьевой воды на Слуденской водопроводной станции.г. Нижний Новгород // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2011. – № 3. – С. 52–60.
7. Костюченко С.В., Нефёдов Ю.И., Зайцева С.Г. Опыт водоканала Санкт-Петербурга

при внедрении безопасных технологий обеззараживания питьевой воды // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2008. – № 17. – С. 43–49.

8. Чёрней Г., Кудрявцев Н.Н., Костюченко С.В., Волков С.В., Хан А.С., Левченко Д.А. Многобарьерная схема обеззараживания. Внедрение современных методов дезинфекции при подготовке питьевой воды в системе централизованного водоснабжения г. Будапешта // ВодаMagazine. – 2012. – № 1.

9. Костюченко С.В., Волков С.В., Кузьмин А.В., Лысый Е.О., Ортель В., Давыдов Д.В., Ткачёв А.А., Баранов В.Л. Опыт внедрения современных систем обеззараживания ультрафиолетовым излучением в Пекине (КНР) // Вода magazine. – 2017. – № 5. – С. 16–19.

10. Kowalsky W.J. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook. – Berlin: Springer, 2009.

11. Вильк М.Ф., Полякова В.А., Лебедева Н.С., Гунн Е.К., Большаков Б.В., Карев А.В., Костюченко С.В., Дубровская Т.А., Ершов А.В., Кудрявцев Н.Н. Применение ультрафиолетового облучения воздуха в Московском метрополитене // Гигиена и санитария. – 2007. – № 2. – С. 17–23.

12. Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбашиев В.Г. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний. – М.: Медицина, 2003. – 208с.

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

14. Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment / Ed. by S. Parson, 2004., IWA Publishing, ISBN: 1 843390175.

15. UV LED market to grow from \$90m to \$520m in 2019 // Semiconductor today. – 2015. – Vol.10, issue 1, Feb. – P. 80–81.

16. Kneissl M., Kolbe T., Würtele M., Hoa E. Development of UV–LED Disinfection: Report within WP2.5: Compact Units for Decentralised Water Supply. – Techneau. – Feb., 2010.

17. Pagan J. UV–C LEDs versus Mercury Vapor – A System Level Comparison / Proc. IUVA Congress, Vancouver, 2016.

18. Beck S.E., Jeanis K.M., Inden K.G., Ryu H., Boczek L., Cashdollar J., Lawal O.R. Optimizing Pathogen Inactivation at Low Energy Cost with a Tailored, Multiple-Wavelength UV LED Unit / Proc. IUVA Congress, Vancouver, 2016.

19. URL: <https://www.aquisense.com/> (дата обращения: 20.06.2017).

20. Moe C. UV–C Light Emitting Diodes // Radtech Report. – 2014. – Issue 1. – P. 45–49.

21. Pagan J., Lawal O. Coming of age – UVC–LED Technology Update // IUVA news. – 2015. – Vol. 17, Issue 1.

22. Pagan J., Lawal O. Proposed Testing Protocol for Measurement of UV–C LED Lamp Output // IUVA news. – 2015. – Vol. 17, Issue 2. – P. 9.

23. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.

24. van der Meer M., van Lierop F., Sokolov D. The analysis of modern low pressure amalgam lamp characteristics. URL: <http://www.dafp.de/wp-content/uploads/2015/10/The-analysis-of-modern-low-pressure-amalgam-characteristics.pdf> (дата обращения: 20.06.2017).

25. Васильяк Л.М., Вассерман А.Л. Обеззараживание воздуха и поверхностей импульсным УФ-излучением // Hi+Med. Высокие технологии в медицине. – 2014. – Т. 5, № 27.

О творческом отчёте Ю.Б. Айзенберга

С огромным интересом прочёл (Светотехника. – 2017. – № 3. – С. 52–63) необычную, но очень интересную, познавательную и актуальную статью о многолетней творческой, научной и разносторонней работе патриарха российской и мировой светотехники Ю.Б. Айзенберга, написанную им (преодолев в данном случае ненужную скромность) просто блестяще со всех точек зрения. Работа (творческий отчёт) выполнена благодаря инициативе нынешнего главного редактора журнала «Светотехника» профессора В.П. Будака.

Вместе с тем в отчёте не упомянут или же недостаточно подчёркнут ряд важных фактов:

- Ю.Б. Айзенберг в содружестве с сотрудниками сохранили «Светотехнику» в тяжёлые, кризисные 90-е гг. Ведь журнал был (да и остаётся) «настольной книгой» и своего рода «маячком» для светотехников.

- В 2006 г. (в год 75-летия журнала «Светотехника») вышел специальный, уникальный выпуск журнала (объёмом в 172 с.) – «Летопись статей (1932–2006)» под общей редакцией доктора техн. наук, профессора Ю.Б. Айзенберга. Этот библиографический справочник содержит около 6000 наименований статей по 14 разделам, давая представление о развитии светотехнической науки и отрасли. В то же время была издана, на английском языке, и библиография журнала «*Light & Engineering*»

за 14 лет (1993–2006). Спонсоры обоих изданий – фирмы «Световые Технологии» (президент Д.О. Налогин) и «Спецэлектромонтаж» (президент М.Ю. Фолин).

- С 1977 г. начали выходить, по инициативе Ю.Б. Айзенберга, выпуски серии «Библиотека светотехника» – небольшие брошюры, предназначенные в основном для инженеров-светотехников и техников, занимающихся проектированием и эксплуатацией осветительных установок разного назначения. Вышло свыше четырёх десятков брошюр. В редакционную коллегию входили Ю.Б. Айзенберг, А.Е. Атаев, С.А. Клюев, А.Б. Матвеев, Р.И. Пашковский, П.В. Пляскин и Г.Р. Шахпаруянц, которых нельзя не упомянуть.

- В 1991 г. в Москве состоялся учредительный съезд Светотехнического общества, и одним из основных его организаторов был Ю.Б. Айзенберг.

В заключение хочу напомнить несколько знаменательных дат 2017 г.:

- 25 лет с основания журнала «*Light & Engineering*»;

- 90 лет с первой Всесоюзной светотехнической конференции и первой Всесоюзной выставки;

- 80 лет с начала участия светотехников СССР, а теперь и России, в работе МКО.

*Е.А. Лесман, инж.-энергетик,
корреспондент журнала
«Светотехника» в Санкт-Петербурге*

Глубокоуважаемый Юлиан Борисович!

С интересом прочёл (и даже, можно сказать, изучил) Ваш творческий отчёт, опубликованный в журнале «Светотехника» № 3 за этот год.

Невероятно, как много Вы смогли сделать! И очень горжусь, что кое в каких из Ваших дел принимал участие. Вспоминаю и обучение английскому, и нашу поездку в США в 1990 г.

Кстати, я продолжаю вместе с моим приятелем Кузьмой Стекловым (на-

сколько помню, я передал Вам первое издание «Оконной истории в лицах») писать о некоторых приключениях, случившихся в моей жизни. Однако не могу даже приблизиться к тому, что успели совершить Вы.

С уважением,

*А.В. Спиридонов,
кандидат техн. наук,
ФГБУ «НИИСФ РААСН», Москва*



Васильев Александр Иванович, кандидат техн. наук. Окончил в 1968 г. МФТИ. Главный научный сотрудник НПО «ЛИТ»



Костюченко Сергей Владимирович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил МФТИ. Председатель совета директоров НПО «ЛИТ»



Кудрявцев Николай Николаевич, доктор физ.-мат. наук, профессор. Окончил в 1973 г. МФТИ. Ректор МФТИ. Член-корреспондент РАН



Собур Денис Анатольевич, кандидат физ.-мат. наук. Окончил МФТИ. Заведующий светотехнической лабораторией НПО «ЛИТ»



Соколов Дмитрий Владимирович, кандидат техн. наук. Окончил МЭИ. Руководитель службы разработки НПО «ЛИТ»

Возможности использования космической техники для управления освещением земной поверхности

Е.И. СТАРОВОЙТОВ

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», Московская обл., г. Королёв
E-mail: post@rsce.ru

Аннотация

Приведён обзор состояния разработки в России и за рубежом космической техники, для управления освещением земной поверхности. Описаны основные технические проблемы, возникающие при выборе конструкции, развёртывании и завершении эксплуатации космических отражателей и экранов. Приведены предварительные оценки избыточного уровня освещения, способного влиять на человека и другие живые организмы. Представлены технико-экономические аспекты создания систем управления освещением земной поверхности. Обоснована необходимость дополнительных исследований условий нахождения людей в освещаемых районах.

Ключевые слова: Солнце, орбитальное освещение, отражатель, экран, солнечно-парусный корабль, световое загрязнение, экология

Введение

Известно, что к числу глобальных экологических проблем относятся большие расходы углеводородного топлива на выработку электрической энергии для наружного освещения в тёмное время суток (ТВС) и, предположительно, связанные с этим изменения климата.

Обе эти проблемы могут решаться с использованием космической техники, позволяющей изменять освещённость земной поверхности. Для этого могут использоваться отражатели и непрозрачные экраны, размещаемые на околоземной орбите и в точках либрации¹ систем Земля-Солнце и Зем-

¹ В точках либрации (точках Лагранжа) третье тело, испытывающее воздействие только гравитационных сил со стороны двух других массивных тел, может оставаться неподвижным относительно этих двух тел

ля-Луна, что предполагает решение нетривиальных инженерных задач. При этом ещё полностью не выполнена разносторонняя оценка последствий изменения световой обстановки на Земле.

Цель данной работы состоит в анализе инженерных проблем использования средств космической техники для управления освещением земной поверхности и его вероятных побочных последствий для экологии и жизнедеятельности человека.

Обзор проектов по управлению освещением земной поверхности из космоса

Для наружного освещения отдельных районов земной поверхности в ночное время может использоваться свет Солнца, направляемый с помощью системы космических аппаратов (КА) – отражателей, расположенных на околоземной орбите (рис. 1). Применение таких космических отражателей предлагалось ещё пионерами космонавтики (Ю.В. Кондратюк, Г. Оберт) в начале XX в.

Особую актуальность орбитальное освещение имеет для регионов за полярным кругом, в которых имеет место явление «полярной ночи», а также в зонах стихийных бедствий и чрезвычайного положения.

В конце 1960-х гг. в США был опубликован проект системы орбитального освещения, предназначенной для военного и гражданского применения [1].

Дальнейшее развитие эти предложения получили в 1970-х гг. в предложенной К.А. Эрике программе «Космический свет» [2], которая подразумевала развёртывание на орбите Земли нескольких систем космических отражателей.

С учётом этих и других аналогичных проектов разрабатывалась система орбитального освещения территории США и сопредельных государств

(густонаселённых индустриальных районов, Аляски, Панамского канала) с отражателями площадью 780 000 м² (научно-исследовательский центр НАСА Лэнгли) [3].

В конце 1980-х гг. становится актуальной проблема изменений климата Земли. Для борьбы с парниковым эффектом предлагалось снизить на 2% поток солнечного излучения, падающего на земную поверхность, с помощью экрана диаметром 2000 км, размещённого в точке либрации L_1 системы Земля-Солнце (рис. 2) [4].

В отечественной работе 1992 г. [5] описана аналогичная конструкция с переменной прозрачностью, состоящая из модулей, в которых может осуществляться наклон плоскости экрана к направлению солнечного излучения.

Для понижения уровня солнечного излучения на 1,8% вместо монолитного экрана также могут использоваться 800 000 автономных малых КА-экранов общим весом 2,0·10⁷ т (США, 2006 г.) [6]. Сложность заключается в управлении таким количеством объектов и их последующей утилизации.

В России проводился большой объём работ по созданию космической техники для управления освещением земной поверхности.

В 1992–1993 гг. совместно с Исследовательским центром им. М.В. Келдыша разрабатывалась система из 100 космических отражателей (т.н. КА-рефлекторов) площадью 30 000 м² для

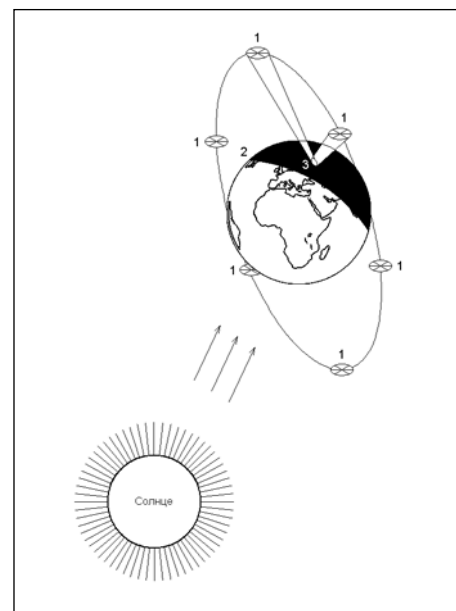


Рис. 1. Система орбитального освещения: 1 – космические отражатели; 2 – терминал (линия светораздела); 3 – освещаемый район

орбитального освещения приполярных городов, расположенных на географической широте $70 \pm 2^\circ$ Северного полушария (Мурманск, Норильск) [7, 8].

В 1994 г. был проведён эксперимент («Знамя-2») по раскрытию в условиях космического полёта плёночного отражателя с алюминиевым покрытием [9].

В 2009–2013 гг. публиковались предложения по созданию космической системы регулирования температурного режима земной атмосферы, предназначенной для решения энергоклиматических проблем [10, 11]. Основой этой системы является солнечно-парусный корабль (СПК), расположенный в точках либрации фотогравитационного поля² систем Земля-Солнце или Земля-Луна. СПК позволяет снижать или увеличивать температуру атмосферы путём изменения освещения земной поверхности Солнцем. Для его изготовления используется алюминиевая фольга, производимая с использованием ресурсов Луны.

В настоящее время промышленность не имеет опыта изготовления космической техники с массой и размерами вышеописанных конструкций. Поэтому при их создании необходимо решить ряд принципиальных технических проблем.

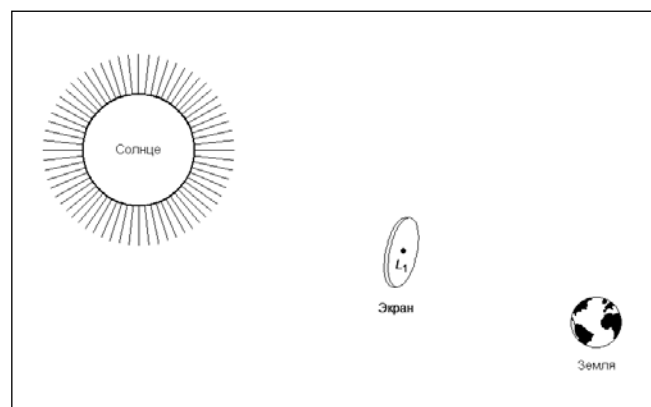
Основные технические проблемы при создании крупногабаритных космических отражателей и экранов

Основные требования к конструкции КА-рефлектора – стабильность геометрии отражателя, недопустимость образования складок и провисания плёнки. Не менее важны проблемы снижения массы конструкции, а также эффективного и надёжного развёртывания отражателя в условиях космического полёта.

Выглядит перспективным использование бескаркасной конструкции отражателя, формируемой центробежными силами. Но, несмотря на малую удельную массу отражателя, в настоящее время бескаркасные конструкции не обеспечивают точность поддержания требуемой формы поверхности, подвержены влиянию сил Кориолиса

² В фотогравитационном поле учитывается действие гравитационных сил и давления солнечного света.

Рис. 2. Экран в точке либрации системы Земля-Солнце, используемый для уменьшения инсоляции земной поверхности



при переориентации и требуют демпфирования колебаний от гироскопических сил [8].

Вибрации КА-рефлектора могут приводить к колебаниям его отражателя, которые, в свою очередь, приводят к смещению светового пучка относительно освещаемого района (отклонение на $2'$ соответствует смещению светового пятна на 1 км). Поэтому к стабилизации КА-рефлекторов предъявляются жёсткие требования.

Управление поворотом КА-рефлекторов относительно собственного центра масс может выполняться за счёт гироскопического эффекта. При этом в проекте [7] предпочтение отдавалось тросовому кольцевому маховику, позволяющему снижать массу конструкции.

Однако, как показывают исследования [12], пока ещё не решены проблемы, связанные с активным демпфированием нутационных колебаний вращающегося паруса и тросового маховика. Поэтому практически может использоваться только гиромаховик ферменной конструкции.

Для поддержания работоспособности отражателя КА-рефлектора в условиях космического полёта было предложено выполнять напыление металлического покрытия с помощью соответствующего агрегата и запаса напыляемого материала на борту [7]. Но в настоящее время ещё не отработано автоматическое нанесение металлического покрытия на борту. Поэтому, исходя из фактического уровня развития космической технологии, необходимы исследования по сохранности оптических свойств отражателей КА-рефлекторов при их продолжительном наземном хранении.

Принципиально значима сохранность плёнки и покрытия отражателя под влиянием внешних воздействую-

щих факторов космического полёта, что проверяется лишь длительными лётными испытаниями.

СПК будет самой крупной космической конструкцией, созданной людьми (диаметр экрана – 1500–1960 км, а масса – около $5,6 \cdot 10^7$ т [10, 11]). Поэтому, кроме общих проблем, возникающих при создании отражателя КА-рефлектора, необходима разработка методов управления конструкцией с такими массой и размерами.

Для обоснования характеристик конструкции СПК при светотехнических расчётах должны учитываться все факторы, способные влиять на окончательный результат. При этом исследовано влияние эффекта потемнения диска Солнца к краю на ослабление его потока излучения с помощью СПК и показано, что для уменьшения солнечной постоянной на 0,50% достаточно размещённого по центру диска Солнца СПК диаметром 1500 км (вместо 1690 км) [13].

К настоящему времени, по сравнению с технической стороной создания космических экранов и отражателей, в меньшей степени разработаны вопросы побочного воздействия изменений световой обстановки на экологию Земли и жизнедеятельность человека.

Предварительная оценка экологических последствий изменения освещения земной поверхности

Оценка влияния на экологию избыточного освещения, создаваемого КА-рефлекторами и СПК, тесно связана с проблемой светового загрязнения, создаваемого искусственными источниками света в городах и промышленных зонах.

Из работ по исследованию светового загрязнения [14–17] следует, что использование искусственного освеще-

Характеристики отражённого излучения Солнца для разных металлических покрытий

	Металлическое покрытие				
	алюминий	серебро	титан	медь	золото
Коррелированная цветовая температура, К	5200	5180	5130	3655	3650
Суммарная освещённость в спектральном диапазоне 0,36–0,83 мкм, лк*	7,2	7,6	4,7	5,2	6,1
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,28–0,38 мкм, мВт/м ² *	1,8	1,4	1,1	0,7	0,7
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,44–0,48 мкм, мВт/м ² *	4,3	4,4	2,7	2,1	2,0

* На земной поверхности в условиях чистой атмосферы

щения в ТВС может нарушать фото-биологические реакции у разных живых организмов, в том числе у людей. В работах [14,18,19] рекомендуется с осторожностью применять в ночное время источники излучения с высоким содержанием синей доли света (0,44–0,48 мкм).

Некоторые организмы используют небесные тела для ориентации в пространстве [20, 21]. Этот биологический механизм пока мало исследован, поэтому влияние на него изменений внешнего освещения оценивать трудно.

Слабое УФ излучение в УФ-В диапазоне (0,28–0,32 мкм) жизненно важно для многих организмов. Годовой цикл этого излучения в средних и высоких широтах можно рассматривать как побудителя к сезонным миграциям и спячке животных [22].

Ещё один важный аспект изменения естественной световой обстановки связан с поляризацией света небесных тел в атмосфере. Световое загрязнение создаётся неполяризованным излучением наземных источников света, что дополнительно затрудняет ориентацию некоторых живых организмов [23]. Таким образом, освещение с помощью КА-рефлекторов ближе к естественному.

В работе [24] анализировались характеристики отражателей и безопасность эксплуатации КА-рефлекторов системы орбитального освещения. Рассматривались отражатели с алюминиевым, серебряным, титановым, золотым и медным покрытиями.

Расчёт коррелированной цветовой температуры показал, что наилучшее восприятие зрительной обстановки оператором в ночное время обеспечивается при использовании на КА-реф-

лекторах отражателей с золотым или медным покрытиями.

В статье [25] выполнен анализ спектральных характеристик отражённого излучения Солнца для вышеуказанных пяти покрытий отражателей КА-рефлекторов. Для снижения уровня отражаемого УФ-В излучения подходят отражатели с серебряным покрытием, а для одновременного снижения этого уровня и синей доли света (0,44–0,48 мкм) могут использоваться отражатели с медным или золотым покрытиями.

Спектральные характеристики отражённого излучения Солнца для разных металлических покрытий отражателей КА-рефлекторов приведены в табл. 1.

По результатам оценок [24, 25], для уменьшения нагрузки на органы зрения оператора и нежелательного экологического воздействия рекомендуется применять разные металлические покрытия отражателя КА-рефлектора в зависимости от местного времени суток в освещаемом районе земной поверхности.

Принципиальным вопросом для безопасности эксплуатации систем орбитального освещения является постоянный контроль за уровнем освещения земной поверхности. Поэтому должна быть принципиально предусмотрена возможность быстрого отворота отражателей от земной поверхности для восстановления естественного уровня освещённости.

По степени воздействия на окружающую среду СПК значительно превосходит систему орбитального освещения. Функционирование одного из вариантов СПК предполагает снижение освещённости земной поверхности на 0,5% [10,11], что достаточ-

но для регулирования температурного режима атмосферы. Для обеспечения безопасности также необходимо предусматривать возможность быстрого возвращения к естественному уровню освещения.

Конструкция с регулировкой ослабления, предложенная в [5], сложна из-за большого количества подвижных частей и исполнительных механизмов. Поэтому, с большей вероятностью, гарантированное и оперативное восстановление естественного освещения выполнимо лишь путём экстренного демонтажа конструкции СПК.

В научном сообществе нет единства мнений по тенденциям и причинам изменений климата Земли, а также – антропогенному вкладу в этот процесс. Кроме широко известной и много обсуждаемой гипотезы глобального потепления существует контргипотеза глобального похолодания. Количественные оценки вклада каждого из факторов, определяющих климат, являются приблизительными [26]. Поэтому любое искусственное воздействие на климат должно приводить к непредсказуемым и необратимым его изменениям.

По этой причине был проработан вариант СПК для усиления освещения земной поверхности [11]. Он имеет двустороннюю отражающую поверхность диаметром 1960 км и размещается в точках либрации L_4 или L_5 системы Земля-Луна (рис. 3).

Оценка энергетической освещённости на земной поверхности от этого СПК [27] показывает, что:

1. Отражённое УФ излучение не представляет прямой опасности для людей, и специальных мер для защиты от него не требуется.

Освещённость и энергетическая освещённость от СПК с диаметром отражателя 1960 км, расположенного в точках либрации L_4 или L_5 системы Земля-Луна (в условиях чистой атмосферы)

Показатель	Значение
Коррелированная цветовая температура, К	5200
Суммарная освещённость в спектральном диапазоне 0,36–0,83 мкм, лк: зеркальная составляющая диффузная составляющая	1,7·10 ⁴ 0,1
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,28–0,38 мкм, Вт/м ² *	4,2
Энергетическая освещённость в спектральном диапазоне 0,44–0,48 мкм, Вт/м ² *	10,1

* Зеркальная составляющая

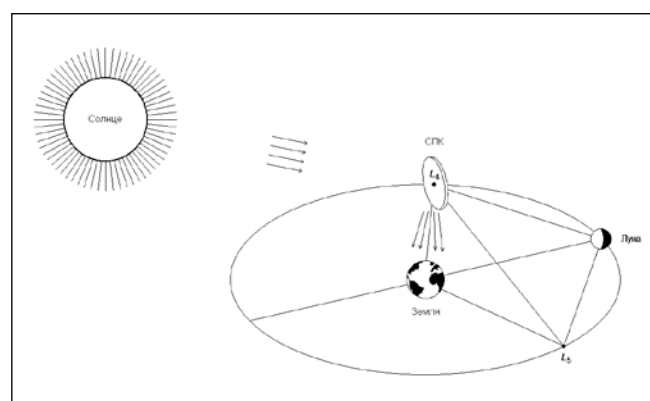


Рис. 3. Размещение СПК в точке либрации L_4 системы Земля-Луна

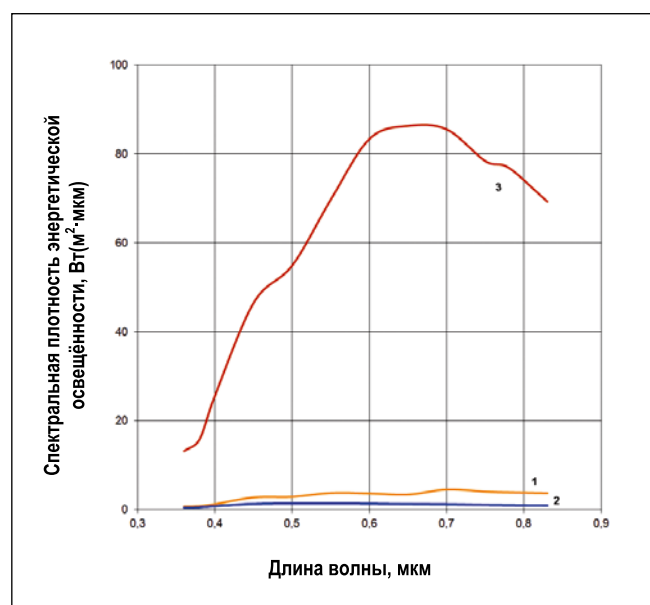


Рис. 4. Спектры излучения для полной Луны (1), СПК (диффузная составляющая) (2) и КА-рефлектора с медным покрытием отражателя (3)

2. Энергетическая освещённость в УФ- и видимом диапазонах спектра избыточна в ТВС (т.к. превышает естественную на 5–8 порядков при зеркальном отражении), а по энергетической яркости СПК, наблюдаемый с Земли, будет соизмерим с Солнцем и Луной.

3. Спектр отражённого излучения может создавать дискомфорт при работе операторов в ТВС.

Результаты расчётов освещённости от СПК приведены в табл. 2.

С помощью рис. 4 можно судить о спектре видимого излучения для полной Луны, КА-рефлектора с медным покрытием отражателя и СПК (диффузная составляющая) в условиях чистой атмосферы. А на рис. 5 представлены спектры видимого излучения для Солнца и СПК (зеркальная составляющая) в тех же условиях.

При развёртывании систем орбитального освещения и СПК также должно быть исследовано влияние изменений освещения на процессы образования озона в атмосфере и связанные с ними изменения погоды [13].

Окончательное обоснование режимов светового воздействия может быть сделано только по результатам реальных испытаний. Необходимо отметить, что по известным данным для негативного воздействия на природу и человека необходимо воздействие за долгий период времени, как это происходит при световом загрязнении в больших городах и промышленных зонах.

Таким образом, космические эксперименты по кратковременному облучению земной поверхности маломощными потоками отражённого излучения Солнца опасности для человека и природы не представляют.

После определения безопасных границ изменения освещения земной поверхности должен быть проведён технико-экономический анализ разработки используемой для этих задач космической техники.

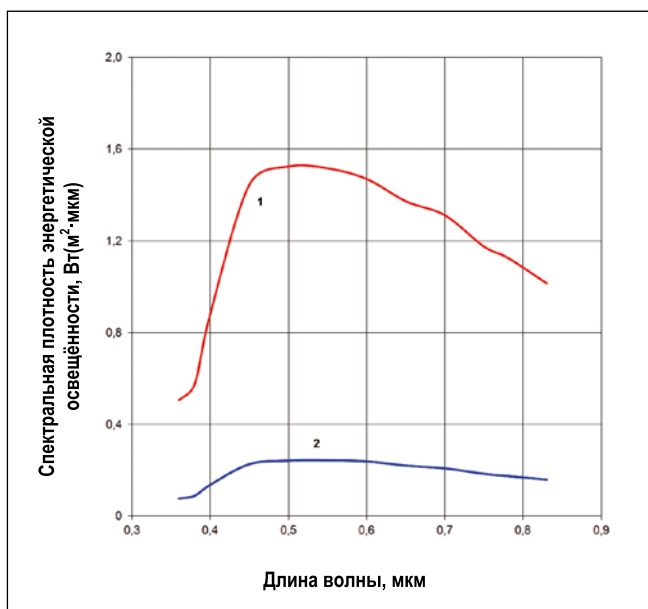
Технико-экономические аспекты развёртывания систем орбитального освещения и СПК

Развёртывание систем орбитального освещения в ближайшем будущем будет связано с применением перспективных ракет-носителей сверхтяжёлого класса, способных за один пуск выводить большое количество КА-рефлекторов.

Результаты проведённых в Пенсильванском университете исследований (2013 г.) показывают, что созданные системы орбитального освещения экономически целесообразно, если затраты на выведение будут лежать в пределах нескольких сотен долларов за 1 кг полезного груза [28].

Для изготовления отражателей по комплексу физико-механических характеристик и технологичности лучше всего подходят два вида полимерных плёнок, выпускаемых промышленностью: полиэтилентерефталатная (ПЭТФ, лавсан, майлар) и полиимидная (ПИ-1ЭУ, каптон) [7, 8, 28].

Рис. 5. Спектры излучения для Солнца (1) и СПК (зеркальная составляющая) (2)



Алюминий, титан и медь широко используются в космической технике, поэтому при производстве на их основе покрытий отражателей КА-рефлекторов трудностей быть не должно. Ограничения могут возникать из-за высокой стоимости покрытий на основе золота и серебра, но, согласно предложенной концепции [24, 25], в системе орбитального освещения должны использоваться отражатели разного типа. Таким образом, золотое и серебряное покрытия могут наноситься только на часть отражателей.

Развёртывание систем орбитального освещения приведёт к изменению условий жизни и труда большого количества людей, поэтому кроме воздействия на экологию также должны быть тщательно изучены социальные, психологические и медицинские стороны проблемы.

Необходима оценка воздействия изменений освещения на повседневный быт людей, режим их труда и отдыха, устройство жилых и производственных помещений, время и продолжительность нахождения на улице. Так как наблюдается связь некоторых социальных явлений с продолжительностью светового дня и фазами Луны, то необходимо исследовать теоретически возможное влияние изменений освещённости на поведение отдельных социальных групп, количество правонарушений, частоту психических заболеваний и т.д. среди населения освещаемых районов Земли.

Глубокое исследование механизмов влияния наружного освещения на фотобиологические реакции разных жи-

вых организмов открывает широкие возможности для целенаправленного воздействия на природу в интересах хозяйственной деятельности человека. Создаются основы для разработки технологии светового управления экосистемами, а также – создания благоприятных условий для проживания и трудовой деятельности человека.

С помощью данной технологии можно повышать продуктивность морских и сухопутных организмов, управлять их миграцией, создавать неблагоприятные условия для вредных и опасных организмов в зоне освещаемого района. Одновременно может создаваться световая обстановка, способствующая высокой производительности труда, улучшению быта, профилактике заболеваний и психических расстройств у людей.

В статье [2] описана система орбитального освещения для управления климатом и повышения продуктивности сельского хозяйства на больших площадях земной поверхности (т.н. «Биосолетта»). Система орбитального освещения [7, 8] обслуживает круговой район диаметром 15–17 км, что обеспечивает большую экологическую безопасность по сравнению с «Биосолеттой».

В таком ограниченном районе можно применять разные световые воздействия на живые организмы, не опасаясь глобальных экологических последствий.

Световой канал воздействия на экосистему имеет следующие преимущества перед другими средствами воздействия (химическими, радиа-

ционными и т.д.): безынерционность управления, универсальность, относительная безопасность (нежелательные эффекты возникают только при продолжительном воздействии).

Переходя к СПК, необходимо заметить, что для его развёртывания в точках либрации систем Земля-Луна или Земля-Солнце в первую очередь должны быть решены проблемы, связанные с освоением Луны, построением там постоянной базы с соответствующей инфраструктурой и созданием в окололунном пространстве сборочного производства. При этом мощностей последнего должно быть достаточно для производства элементов конструкции СПК из непрозрачного стекла [4] или алюминиевой фольги [10, 11], полученных на основе лунного грунта.

Постройка СПК из никелистого железа с использованием ресурсов астероидов [5] сегодня выглядит более сложной задачей.

С инженерной точки зрения необходима детальная проработка используемых в СПК конструктивных решений и способов его развёртывания на орбите.

Заключительный вопрос – утилизация космической техники, выработавшей свой ресурс.

Завершение эксплуатации КА-рефлекторов и СПК

КА-рефлекторы системы орбитального освещения [7, 8] по окончании ресурса планировалось уводить на более высокую орбиту захоронения с помощью отражателя, частично сохранившего свойства солнечного паруса.

Говоря об СПК, следует отметить, что практически ещё не решена проблема утилизации крупногабаритных космических конструкций, размещаемых выше низкой околоземной орбиты.

Большая масса СПК создаёт риски от потери управления такой огромной конструкцией. Таким образом, целесообразно постоянное или периодическое присутствие экипажа на борту СПК для контроля и поддержания его работоспособности.

По окончании ресурса СПК планировалось его возвращение на сборочное производство [10], однако большие резервы массы позволяют иметь необходимые для периодического ремонта запасы материалов, а постепенный расход массы можно компенсировать постепенной доставкой

«балласта» разными космическими транспортными системами. Таким образом, можно, в принципе, говорить о большом ресурсе такой конструкции.

С точки зрения безопасности эксплуатации выигрывает конструкция СПК, состоящая из отдельных секций. С учётом большой массы СПК меры безопасности могут заключаться в технических решениях, обеспечивающих быстрый демонтаж и ропуск элементов конструкции (например, с использованием пиротехники).

Для оперативной утилизации отражателей большой площади представляет интерес методика, изначально предложенная для захоронения в космосе радиоактивных отходов [29]. Дальнейшее развитие эти предложения получили в концепции двигательной установки КА, использующей в качестве топлива утилизируемый материал (космический мусор) [30]. Использование этой технологии позволит «сворачивать» отражатель и при этом управлять движением СПК (например, направлять его траекторию на сборочное производство).

Заключение

Приведённый обзор показывает современный мировой уровень разработки космической техники для управления освещением земной поверхности. Представлены оценки избыточного освещения, способного влиять на человека и другие живые организмы, описана технико-экономическая сторона разработки систем управления освещением земной поверхности и обоснована необходимость дальнейших исследований возможных побочных последствий изменений световой обстановки на Земле.

Дальнейшие исследования должны определить целесообразность использования орбитального освещения и регулирования инсоляции земной поверхности с помощью СПК с учётом рисков изменений климата и его возможных последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Buckingham A.G., Watson H.M.* Basic concepts of orbiting reflectors // *Journal of Spacecraft*. – 1968. – Vol. 5, No 7. – P. 852–853.
2. *Ehricke K.A.* Space Light: Space Industrial Enhancement of the Solar Option // *Acta Astronautica*. – 1979. – Vol. 6, Dec. – P. 1515–1633.
3. *Canady J.E., Allen J.L.* Illumination from Space with orbiting Solar-reflector Spacecraft. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19820025545.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).
4. *Early J.T.* Space-Based solar Shield to offset Greenhouse effect // *Journals of The British Interplanetary Society*. – 1989. – Vol. 42. – P. 567–569.
5. *Лукьянов А.В.* Экранирующий диск в точке светогравитационного равновесия против перегрева Земли и планет // *Космические исследования*. – 1992. – Т. 30. Вып. 1. – С. 127–135.
6. *Angel R.* Feasibility of cooling the Earth with a cloud of small spacecraft near the inner Lagrange point (L1) // *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103, no. 46 17184–17189; doi: 10.1073/pnas.0608163103. URL: <http://www.pnas.org/content/103/46/17184.full> (дата обращения: 11.07.17)
7. *Семёнов В.Ф., Сизенцев Г.А., Сотников Б.И., Сытин О.Г.* Система орбитального освещения приполярных городов // *Известия РАН. Энергетика*. – 2006. – № 1. – С. 21–30.
8. *Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М., Харлов Б.Н.* Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции. – М.: Физматлит, 2009. – 448 с.
9. *Семёнов Ю.П., Бранец В.Н., Григорьев Ю.И., Зеленицков Н.И., Кошелев В.А., Мельников В.М., Платонов В.Н., Севастьянов Н.Н., Сыромятников В.С.* Космический эксперимент по развёртыванию плёночного бескаркасного отражателя D = 20 м («Знамя-2») // *Космические исследования*. – 1994. – Т. 32, Вып. 4–5. – С. 186–193.
10. *Сизенцев Г.А., Сотников Б.И.* Концепция космической системы регулирования термического режима земной атмосферы // *Известия РАН. Энергетика*. – 2009. – № 2. – С. 91–100.
11. *Сизенцев Г.А.* Космический комплекс для решения энергоклиматических проблем на Земле // *Космическая техника и технологии*. – 2013. – № 3. – С. 82–95.
12. *Богданов К.А.* Задачи управления движением космического аппарата с вращающимся солнечным парусом: монография / Под ред. С.Н. Тимакова. – Королёв: РКК Энергия, 2016. – 116 с.
13. *Старовойтов Е.И.* Оценка ослабления излучения Солнца космической системой регулирования температурного режима земной атмосферы // *Наука и образование (МГТУ им. Н.Э. Баумана)*. 2014. № 7. Электронное научно-техническое издание. DOI: 10.7463/0714.0719558. URL: <http://technomag.edu.ru/jour/article/view/651/653> (дата обращения 11.07.2017).
14. *Бармасов А.В., Бармасова А.М., Яковлева Т.Ю.* Биосфера и физические факторы. Световое загрязнение окружающей среды // *Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. – 2014. – № 33. – С. 84–101.
15. *Meyer L.A., Sullivan S.M.P.* Bright lights, big city: influences of ecological light pollution on reciprocal stream–riparian invertebrate fluxes // *Ecological Applications*. – 2013. – 23(6). – P. 1322–1330.
16. *Yorzinski J.L., Chisholm S., Byerley S.D., Coy J.R., Aziz A., Wolf J.A., Gnerlich A.C.* Artificial light pollution increases nocturnal vigilance in peahens // *Yorzinski et al.* (2015), PeerJ, DOI 10.7717/peerj.1174.
17. *ffrench-Constant R.H., Somers-Yeates R., Bennie J., Economou T., Hodgson D., Spalding A., McGregor P.K.* 2016. Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proc. R. Soc. B* 283: 20160813. URL: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0813> (дата обращения: 11.07.2017).
18. *Аладов А.В., Закгейм А.Л., Музеров М.Н., Черняков А.Е.* О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К // *Светотехника*. 2012. № 3. С. 7–10.
19. *Капцов В.А., Сосунов Н.Н., Шищенко И.И., Викторов В.С., Тулушев В.Н., Дейнего В.Н., Бухарева Е.А., Мурашова М.А., Шищенко А.А.* Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света // *Гигиена и санитария*. – 2014. – № 4. – С. 120–123.
20. *Animal Spatial Cognition: Comparative, Neural & Computational Approaches*. Edited and Published by *Michael F. Brown and Robert G. Cook* In cooperation with Comparative Cognition Press of the Comparative Cognition Society. November, 2006 / *Bingman V., Jechura T., Kahn M.C.* Behavioral and Neural Mechanisms of Homing and Migration in Birds. URL: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/asc/Bingman/Default.htm> (дата обращения: 11.07.2017).
21. *Dacke M., Baird E., Byrne M., Scholtz C.H., Warrant E.J.* Dung Beetles Use the Milky Way for Orientation // *Current Biology*. 2013. DOI: 10.1016/j.cub.2012.12.034.
22. *Панюшин С.К.* Ультрафиолет как оператор гормональных биоритмов // *Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке*. – 2012. – Т. 14, № 10. – С. 289–291. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21484245_44344308.pdf (дата обращения: 11.07.2017).
23. *Cuba C.C.M., Ruhtz T., Fischer J., Hölkner F.* Lunar Skylight Polarization Signal Polluted by Urban Lighting // *Journal of Geophysical*

24. Старовойтов Е.И., Поклад М.Н. Проблемы реализации систем орбитального освещения земной поверхности // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание. – 2017. – № 5(65). DOI: 10.18698/2308–6033–2017–5–1622. URL: <http://engjournal.ru/articles/1622/1622.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).

25. Старовойтов Е.И. Выбор металлизации для отражателей космической системы орбитального освещения поверхности Земли // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2017. – Вып. 94. URL: http://trudy.mai.ru/upload/iblock/477/starovoytov_rus.pdf (дата обращения: 11.07.2017).

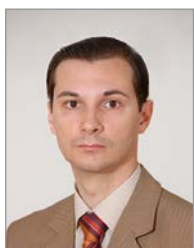
26. Диневич Л., Каплан Л., Бадахова Г., Каплан Г. К вопросу об изменении климата // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 2. – С. 60–63.

27. Старовойтов Е.И. Оценка освещённости земной поверхности космическим отражателем, предназначенным для стабилизации температурного режима атмосферы // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание. – 2017. – № 4 (64). DOI: 10.18698/2308–6033–2017–4–1605. URL: <http://engjournal.ru/articles/1605/1605.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).

28. Lior N. Mirrors in the sky: Status, sustainability, and some supporting materials experiments // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 18. – P. 401–415.

29. Мухамеджанов М.Ж., Чекалин С.В. Перспективы космической изоляции особо опасных отходов ядерной энергетики // Космос и экология. – 1991. – № 7. – С. 42–55.

30. Lei Lan, Jingyang Li, Hexi Baoyin. Debris Engine: A Potential Thruster for Space Debris Removal. URL: <https://arxiv.org/vc/arxiv/papers/1511/1511.07246v1.pdf> (дата обращения: 11.07.2017).



Старовойтов Евгений Игоревич, кандидат техн. наук. Окончил в 2008 г. Московский государственный открытый университет. Старший научный сотрудник

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева». Область научных интересов – бортовые опто-электронные и светотехнические приборы космических и летательных аппаратов

Глобальная энергия на «ПМЭФ – 2017»

С 1 по 3 июня 2017 г. в Санкт-Петербурге на площадке КВЦ «ЭКСПОФОРУМ» с огромным успехом прошёл ежегодный XXI Петербургский международный экономический форум / ПМЭФ / под девизом « В поисках нового баланса в глобальной экономике».

Он побил рекорды предшествующих 20 форумов. В нём приняло участие свыше 14000 человек из 143 стран мира, руководители 76 субъектов РФ, глав 700 российских компаний и 400 иностранных. Интересно, что, несмотря на политическую конъюнктуру, делегация из США была самой многочисленной и состояла из 560 человек, представлявших 140 компаний. Чёткую работу Интернета обеспечивали 1000 спутников. Было проведено 127 мероприятий, подписано 475 инвестиционных соглашений на сумму 2 трлн руб.

Свыше 900 модераторов и спикеров выступило по вопросам социально-экономического развития, энергетики, транспорта, экологии и здравоохранения, культуры и туризма, образования и науки.

Прошли заседания «Деловой двадцатки», конференции БРИКС и ШОС, специальная секция, посвящённая предстоящему в октябре этого года XIX Всемирному фестивалю молодежи и студентов в Сочи.

Наряду с напряженной деловой программой Форума состоялось 88 культурных и спортивных мероприятий. Одна из многочисленных и актуальных, жизненно важных тем, рассмотренных на нём, посвящалась «глобальной энергии» будущего. При этом в день открытия Форума состоялась большая пресс-конференция под названием «Глобальные энергетические тренды XXI века». Ведущий пресс-конференции И.М. Лобовский

(РФ), президент ассоциации « Глобальная энергия», сообщил, что в юбилейный год – 15 лет с даты учреждения Премии «Глобальная энергия» – решено заглянуть в будущее и представить доклад «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО: перспективы развития мирового топливно-энергетического баланса», обозначающий основные тенденции развития энергетики на ближайшие годы. При этом известно, что основой нынешнего топливно-энергетического баланса являются нефть, газ и уголь. Однако к середине нынешнего века они начнут терять своё значение в пользу получения «чистой энергии». Примерные доли мирового топливно-энергетического баланса по данным указанного доклада будут выглядеть через 15, 50 лет и в начале 2100 года, соответственно, так:

- Нефть и ее продукты – 28,1; 12,5; 2,1.
- Газовая энергетика – 27,5; 23,6; 21,2.
- Угольная энергетика – 17,2; 10,6; 0,9.
- Энергия Солнца – 7,4.; 18,8; 25,5.
- Атомная энергетика – 5,6.; 6,4; 7,4.
- Гидроэнергетика – 5,5; 6,5; 9,4.
- Биоэнергетика – 4,1; 9,5; 5,2.
- Ветряная энергетика – 3,8; 9,1; 12,8.
- Геотермальная энергетика- 0,0; 0,5; 1,1.
- Термоядерная энергетика – 0,0; 1,5; 11,3.
- Преобразование тепловой энергии океана, водородная энергия – 0,8; 1,0; 0,0.
- Переработанная кинетическая энергия – 0,0; 0,0; 3,1.

Таким образом, по мнению экспертов, будущее за солнечной и, чуть меньше, газовой энергетикой, а с середины века своё развитие получит и термоядерная энергетика.

Е.А. Лесман, инж.-энергетик, корреспондент журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге

BL Group на «ЭКСПО 1520»

В Щербинке (под Москвой) завершился VI Международный железнодорожный салон техники и технологий «ЭКСПО 1520». Важное событие объединило на одной площадке новейшие разработки и передовые технологии

в железнодорожной сфере и определило ключевые тенденции отрасли на два года.

Крупнейшее выставочное пространство занимало площадь в десять футбольных полей.

Лучшие российские и зарубежные производители презентовали на нём свою продукцию для железнодорожной отрасли. Холдинг BL Group принял участие в экспозиции с типовыми решениями для железнодорожных объектов – продукцией «GALAD» и «OPORA ENGINEERING», выпускаемой предприятиями Холдинга. Светотехнические изделия этих ТМ уже хорошо зарекомендовали себя и широко используются для освещения объектов железной дороги.

bl-g.ru
04.09.2017



Современное состояние и перспективы развития фотометрии осветительных приборов. Часть 2¹

С.И. СТОЛЯРЕВСКАЯ¹, Е.И. РОЗОВСКИЙ²

¹ ООО «Редакция журнала «Светотехника», Москва

² ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова», Москва

¹ E-mail: lights-nr@inbox.ru

Аннотация

Статья посвящена обзору материалов в части рекомендаций, методов и средств воспроизведения и передачи размеров единиц фотометрических, энергетических и фотонных величин. Рассмотрены способы воспроизведения единиц фотометрических величин и их прослеживание до основных единиц системы СИ, а также связь методов и средств передачи размеров единиц от первичных эталонов измерительным установкам испытательных центров и лабораторий и современные требования к методам и средствам испытаний осветительных приборов, используемых в системах освещения различного назначения.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, фотометрия, колориметрия, спектрорадиометрический подход, детекторный подход, фотонные величины, гониофотометрия, фотояркоммер.

4. Измерения фотометрических характеристик современных источников света и осветительных приборов (СД ламп, СД модулей, осветительных приборов с СД)

При испытаниях современных источников света (ИС) и осветительных приборов (ОП) определяется следующий перечень световых и цветовых параметров: полный световой поток, световая отдача, парциальный световой поток, пространственное распределение силы света, яркость и распределение яркости, координаты цветности, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи.

При этом выполняется анализ составляющих погрешности (неопределённости) измерений и рассчитывается суммарная погрешность с учётом

толерантного и принятого интервала для пределов неопределённости при доверительной вероятности 95%. Тolerантный интервал включает в себя погрешности, связанные со стандартными условиями тестирования (например, температура в лаборатории, напряжение питания (сети) и т.д.). Особое внимание должно уделяться толерантности при установлении производителем данных, вносимых в спецификацию на конкретный тип изделий [30, 45].

4.1. Полный световой поток

Метод измерения светового потока выбирается в зависимости от геометрических параметров тестируемого прибора (ТП) и от того, какие ещё характеристики должны быть определены в процессе измерений. Могут быть использованы методы измерения с помощью интегрирующей сферы с фотометрической головкой или спектро-радиометром. Определение светового потока может быть также выполнено на основе измеренного распределения силы света или на основе освещённости и расстояния фотометрирования.

В интегрирующей сфере для установки ТП применяют следующие конфигурации:

– 4π -геометрия, которая применяется для всех типов ТП, в том числе с СД. ТП устанавливается в центре сферы в рабочем положении. Если это возможно, то ТП ориентируют так, чтобы на экран попадало минимальное количество прямого света. Линейный ТП должен устанавливаться так, чтобы его ось совпадала с линией, проведённой между центрами фотометрической головки и сферы. Сферу калибруют с помощью эталонной лампы светового потока, которую устанавливают в том же положении, что и ТП;

– 2π -геометрия, которая применяется для ТП, в том числе с СД, с полусферическим или направленным рас-

пределением силы света (без «обратного» излучения). ТП устанавливают на стенку сферы в рабочем положении. Для предотвращения прямого освещения приёмника источником света следует использовать экран. Сферу калибруют с помощью эталонной лампы светового потока с полусферическим распределением, которую устанавливают в том же положении, что и ТП.

Если ТП и эталонная лампа светового потока имеют различные размеры и отражательные характеристики, то должен применяться коэффициент коррекции самопоглощения, который определяют с использованием вспомогательной лампы. Для комплекса сфера-спектро-радиометр коррекцию самопоглощения выполняют на основе спектральных измерений.

Кроме того, должны быть оценены и скорректированы различия в угловых распределениях излучения ТП и эталонной лампы светового потока.

4.2. Парциальный световой поток

Для определенного угла конуса α парциальный световой поток получают посредством интегрирования в пределах соответствующего телесного угла значений силы света $I(\theta, \varphi)$, измеренных с помощью гониофотометра с шагом сканирования $\Delta\theta$ и $\Delta\varphi$.

При определении парциального светового потока для углов конуса 90° и более измерения должны проводиться с шагом сканирования не более 5° для углов θ (угол γ в системе координат (C, γ)) и не более 45° для углов φ (угол C в системе координат (C, γ)). Меньший угловой шаг сканирования может применяться для ТП специального применения (например, для уличных светильников).

4.3. Световая отдача

Световая отдача η_v – это отношение светового потока Φ , излучаемого ИС или ОП, к потребляемой им электрической мощности P_{tot} :

$$\eta_v = \Phi / P_{tot} \quad (6)$$

Методики измерения светового потока приведены выше, а к характеристикам приборов электропитания и измерения электрических характеристик ОП во время тестирования предъяв-

¹ Первая часть статьи опубликована в: Светотехника. – 2017. – № 4. – С. 4–13.

ляется ряд специальных требований [30]:

- измерения напряжения, тока и мощности постоянного и переменного тока должны выполняться прецизионным оборудованием;

- погрешность калибровки вольтметров переменного и постоянного тока не должна превышать 0,2% и 0,1% соответственно;

- погрешность калибровки измерителя мощности (анализатора мощности) переменного тока не должна превышать 0,5% при частоте порядка 100 кГц. Более низкие частоты (5 кГц или 30 кГц) приемлемы, если отсутствуют компоненты с частотой выше 30 кГц;

4.4. Распределение силы света

При измерениях пространственного распределения силы света, кроме особо оговоренных случаев, применяется система координат (C, γ) [46].

Угловой интервал между значениями силы света в вертикальной плоскости и угловой интервал между соседними вертикальными плоскостями должны быть такими, чтобы полученное распределение силы света позволяло провести интерполяцию результатов измерений с удовлетворительной точностью. Число плоскостей определяется характером распределения (симметричное или неоднородное) и конечной целью измерений. Измерения распределения силы света проводят на гониофотометре.

4.5. Осевая сила света и угол излучения

При определении распределения силы света с помощью гониофотометра направление $(0,0)$ обычно совпадает с оптической осью источника излучения, которая проходит через фотометрический центр и перпендикулярна светоизлучающей плоскости (за исключением особых требований производителя).

4.6. Измерение яркости

Для достаточно однородной светящей поверхности могут использоваться следующие методические подходы к измерению яркости:

- измерение средней яркости всего ОП в одном или нескольких направлениях. Для этого сначала с помощью гониофотометра измеряется сила све-

та (её распределение), а затем посредством деления силы света на площадь светящей поверхности рассчитывается средняя яркость этой поверхности;

- метод измерения «пятна яркости», который используют для оценки пространственной неравномерности яркости больших уличных светильников [46]. При этом в одном или нескольких направлениях измеряют среднюю яркость маленьких площадок (пятен яркости) на светящей поверхности светильника. Количество и положение этих площадок должны быть указаны в технической документации. Измерения проводят с помощью гониофотометра в заданном направлении или с помощью яркомера, измеряющего среднюю яркость каждого пятна. Данный метод применяют для ОП с СД, которые не имеют рассеивателей, то есть представляют собой совокупность точечных источников света.

5. Измерение колориметрических характеристик современных ИС и ОП (СД ламп, СД модулей, ОП с СД)

Для измерения колориметрических характеристик следует использовать спектрорадиометры. Трехканальные колориметры не обладают достаточной точностью при измерениях абсолютных значений колориметрических величин, поэтому могут использоваться только для определения цветовых различий.

Значения колориметрических характеристик СД ламп, СД модулей и ОП с СД могут иметь угловую неоднородность.

Колориметрические или спектральные измерения выполняют вдоль заданного направления или для нескольких направлений (пространственное распределение) с использованием комплексов гониометр-колориметр или гониометр-спектрорадиометр. Пространственно усредненные результаты измерений могут быть получены с использованием следующих методов:

- измерения с помощью комплекса сфера-спектрорадиометр спектрального распределения полного светового потока с последующим пересчётом в пространственно усредненные колориметрические характеристики;

- измерения с помощью комплекса гониометр-спектрорадиометр спектрального распределения потока из-

лучения с пересчётом результатов измерений в полный световой поток и пространственно усреднённые колориметрические характеристики;

- измерения с помощью комплекса гониометр-колориметр координат цвета $X(\theta, \phi)$, $Y(\theta, \phi)$, $Z(\theta, \phi)$. Пространственно интегрированные координаты цвета рассчитываются по формулам:

$$X = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} X(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi, \quad (7)$$

$$Y = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} Y(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi, \quad (8)$$

$$Z = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} Z(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi. \quad (9)$$

Координаты цветности, коррелированная цветовая температура и другие колориметрические характеристики рассчитываются с использованием координат цвета.

Индекс цветопередачи может быть получен только с помощью спектрорадиометрических методов [47].

5.1. Коррелированная цветовая температура (для белых СД источников света)

Цветность можно характеризовать коррелированной цветовой температурой и параметром цветового различия D_{in} , которое соответствует определённому расстоянию от кривой для излучателя Планка в системе координат МКО $(u', 2/3v')$. Это расстояние положительно для точек над кривой и отрицательно для точек под кривой. Расчет коррелированной цветовой температуры выполняют в соответствии с рекомендациями МКО [48].

5.2. Угловая цветовая однородность

Угловая цветовая однородность определяется [49] как наибольшее отклонение координат цветности (u', v') СД источника излучения в разных направлениях от пространственно усреднённых координат цветности (u'_a, v'_a) и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{u', v'} = \sqrt{(u' - u'_a)^2 + (v' - v'_a)^2}. \quad (10)$$

Координаты цветности (u', v') измеряют с помощью комплексов го-

ниометр-колориметр или гониометр-спектрорадиометр с интервалом вертикального угла не более 10° (рекомендуется $2,5^\circ$) и интервалом горизонтального угла не более 90° (рекомендуется $22,5^\circ$). Для ламп с отражателями угловой шаг должен быть не более $1/10$ угла излучения, но не более 10° . Результатами измерений в точках, где сила света составляет менее 10% от максимальной, при расчётах можно пренебречь.

Средние значения координат цветности (u'_a, v'_a) получают с помощью комплексов гониометр-колориметр, используя рассчитанные по формулам (7–9) значения координат цвета X, Y, Z .

6. Погрешности (неопределённости) измерений

Для всех измеряемых характеристик расширенную неопределённость рассчитывают при доверительной вероятности 95%. Расширенная неопределённость определяется с точностью до двух значащих цифр. Каждый протокол испытаний должен содержать сведения о значениях неопределённостей, обусловленных методиками измерений параметров и условиями тестирования [30].

Лаборатории должны иметь подробный бюджет неопределённостей для продукции одного типа. Если такой бюджет неопределённостей сформирован для ряда изделий, параметры которых имеют известный диапазон (например, цветовую температуру от 2700 до 4000 К), то устанавливается максимальное значение неопределённости внутри диапазона.

Коррекция результатов испытаний может проводиться только с использованием характеристик конкретного ТП, но не подобной продукции.

Для распределения силы света неопределённость измерения должна быть оценена, по крайней мере, в одном направлении, в котором сила света достаточно равномерна. Неопределённость установки угла (включая положение ТП в гониометре) представляют отдельно. Для распределения яркости неопределённость измерения должна быть представлена по крайней мере в одной точке, где распределение яркости достаточно однородное.

Суммарный бюджет неопределённостей должен учитывать следующие факторы:

– точность установки температуры и неопределённость измерений температуры;

– точность установки электрических параметров и неопределённость электрических измерений;

– пульсации излучения ТП;

– калибровочный стандарт (данные из сертификата калибровки);

– рабочие характеристики калибровочного стандарта (старение, электрические измерения, процесс калибровки);

– линейность измерительных приборов;

– воспроизводимость и повторяемость.

Для всех измерений бюджет неопределённостей должен формироваться с учётом вклада не только измерительного комплекса и методики измерений, но и конкретных характеристик ТП. Кроме указанных выше, в бюджете неопределённостей при измерениях световых и цветовых характеристик следует учитывать и факторы, приведённые в табл. 1.

Кроме того, в бюджете неопределённостей следует учитывать следующие факторы:

– полосу пропускания измерителя мощности переменного тока (влияние, коррекция);

– входное сопротивление измерителя мощности переменного тока.

Корреляция между значениями светового потока и электрической мощностью должна применяться для оценки снижения неопределённости измерений. Например, если потребляемый ток влияет как на световой поток, так и на электрическую мощность ТП в одном и том же направлении и с одной и той же чувствительностью, то этот фактор при оценке неопределённости измерения световой отдачи можно не учитывать.

Общее описание определения неопределённостей в фотометрии приведено в [50, 51].

7. Заключение

1. На рубеже веков Международное бюро мер и весов совместно с мировой научной общественностью проделало большую работу по переопределению основных единиц системы СИ на основе физических констант и их фотонной природы, что обеспечивает повышение точности воспроизведения и прослеживаемости соответ-

ствующих величин и единство измерений в целом на более высоком уровне.

2. Определение канделы 1979 г. фактически даёт значение световой эффективности для функции усреднённого дневного зрения человека на длине волны 555 нм, и кандела, оставаясь основной единицей системы СИ, является единицей измерения эффективной величины – силы света, как это было и раньше.

3. Современное осветительное оборудование заставило внимательнее относиться к реалиям зрительного восприятия, например, при освещении улиц и дорог ОП с СД, и ввести фотометрию в условиях сумеречного зрения в оценку, в первую очередь, дорожного освещения.

4. Применение ОП с СД привело к повышению требований к точности испытательного оборудования, применению исключительно методов абсолютной фотометрии, превалированию спектрорадиометрического подхода над детекторным (интегральным) в области оптической радиометрии.

5. Проблемы реализации спектрорадиометрического подхода в фотометрии связаны с отсутствием (в мировой практике) эталонных источников света спектральной плотности потока излучения, которые необходимы испытательным лабораториям, т.к. любой спектрорадиометр в составе гониометра, сферы или спектрорадиометрического стенда является лишь компаратором спектральных характеристик эталонных источников и ТП.

6. Рассматривая реалии современной фотометрии с точки зрения российской действительности, необходимо отметить, что вся система испытаний строится на импортном оборудовании, которое необходимо ввезти, сертифицировать, внести в реестр средств измерений РФ и поверять ежегодно, что существенно удорожает процедуру испытаний светотехнической продукции.

7. Вопросу состояния отечественного приборостроения в области фотометрии и колориметрии ОП необходимо уделить особое внимание и оказать поддержку российским производителям в направлении разработки и производства современных информационно-измерительных систем и прецизионного приборостроения в целях оснащения им светотехнической отрасли России.

Факторы, определяющие суммарную погрешность метода измерения

Определяемая характеристика	Применяемое оборудование	Составляющие погрешности
Световой поток, сила света, яркость	Классический гониофотометр	<ul style="list-style-type: none"> – рассеянный свет (пространственный); – точность установки ТП; – спектральное несоответствие; – неравномерность приемной площадки детектора; – косинусная погрешность приёмника излучения; – неопределённость измерения расстояния, если используется режим измерения освещённости. – неравномерность (отклонения от плоскостности) зеркал и эффекты поляризации; – спектральная неоднородность отражения от зеркал.
Световой поток	Сфера и фотометр	<ul style="list-style-type: none"> – самопоглощение в сфере; – тепловой режим; – пространственная и спектральная неоднородность коэффициента отражения поверхности сферы; – отражения внутри сферы; – спектральное несоответствие (детектор + сфера, различия в спектральном распределении эталонного источника и ТП); – воспроизводимость измерений при открывании и закрывании сферы; – стабильность коэффициента преобразования сферы между калибровками; – косинусная погрешность фотометрической головки; – эффект флюоресценции покрытия сферы.
Световой поток, распределение силы света, осевая сила света, спектральное распределение потока излучения, яркость, распределение яркости	Сфера и спектро радиометр	<ul style="list-style-type: none"> – самопоглощение в сфере; – тепловой режим; – пространственная и спектральная неоднородность коэффициента отражения поверхности сферы; – отражения внутри сферы; – пространственная неоднородность чувствительности; – погрешность установки длины волны; – рассеянный свет в спектро радиометре; – спектральный интервал спектрометра; – воспроизводимость измерений при открывании и закрывании сферы; – стабильность коэффициента преобразования сферы между калибровками; – косинусная погрешность входа спектро радиометра; – эффект флюоресценции покрытия сферы.
Световой поток, распределение силы света, осевая сила света, спектральное распределение потока излучения, яркость, распределение яркости	Гониофотометр и спектро радиометр Гониофотометр ближнего поля	<ul style="list-style-type: none"> – равномерность зеркал и влияние поляризации; – спектральная отражательная способность зеркал; – рассеянный свет (пространственный); – точность установки ТП; – приёмная площадка детектора; – косинусная погрешность; – точность установки длины волны; – внутреннее рассеяние спектро радиометра; – спектральная ширина щели спектро радиометра; – неопределённость определения расстояния, если спектро радиометр калибруется по эталону спектральной плотности энергетической освещённости; – неопределённость, вызванная отражением зеркал, если спектро радиометр калибруется по эталону спектральной плотности энергетической яркости.
Цветовые характеристики	Сфера и спектро радиометр, гониофотометр и спектро радиометр	<ul style="list-style-type: none"> – корреляции, связанные с неопределённостью измерения цветовой температуры калибровочного источника излучения; – внутреннее рассеяние спектро радиометра; – спектральная ширина щели спектро радиометра; – точность установки длины волны; – линейность в динамическом диапазоне во всем спектральном интервале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ²

30. CIE S025/E:2015: Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules.
31. CIE S009 / E:2002 / IEC62471:2006 Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems.
45. ISO/IEC GUIDE98-4.
46. CIE121-1996. The Photometry and Goniophotometry of Luminaires.
47. CIE13.3.:1995. Method of Measuring and Specifying Colour Rendering of Light Sources.
48. CIE15:2004. Colorimetry, 3rd Edition.
49. CIE TN001:2014.
50. CIE198:2011. Determination of Measurement Uncertainties in Photometry.
51. CIE198:2011. Determination of Measurement Uncertainties in Photometry – Supplement1: Modules and Examples for the Determination of Measurement Uncertainties.

² Полный список литературы приведен в 1-ой части статьи (Светотехника. – 2017. – № 4. – С. 4–13).



Столяревская Раиса Иосифовна, доктор техн. наук. Окончила в 1968 г. физический факультет Казанского государственного университета. Зам. главного редактора журнала «Светотехника» и научный редактор англоязычной версии журнала «Light & Engineering».

Представитель Российского национального комитета МКО в Отделении 2 МКО



Розовский Евгений Исаакович, кандидат техн. наук (1984 г.). Окончил МЭИ в 1971 г. Ведущий научный сотрудник ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова». Старший научный редактор

журнала «Светотехника». Эксперт от РФ в ТК 34 МЭК «Источники света и сопутствующее оборудование»

Компания Everlight представила ИК диод для опознавания личности по радужной оболочке глаза

Компания Everlight выпустила новый ИК излучающий диод для опознавания личности по радужной оболочке глаза. Этот прибор, серии «NIR-C19M», излучает на длине волны 810 нм, что даёт наилучший контраст для считывания узора радужной оболочки глаза.



Everlight утверждает, что опознавание производится точно и быстро, причём этот прибор прекрасно рассеивает тепло, позволяя использовать его для опознавания по радужной оболочке в системах наблюдения служб безопасности

(пропускной контроль) и в соответствующих носимых устройствах.

Диод включает в себя современный процессор изображений и КМОП-датчик, принимающий отражённое глазом ИК излучение для проведения опознавания по радужной оболочке.

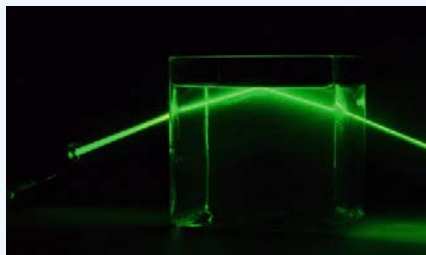
Его оптическая система обеспечивает хорошее отражение, небольшой угол излучения (поле зрения = 25°) и силу излучения 2700 Вт/ср при токе не более 1000 мА.

Компанией заявлено, что тепловое сопротивление диода (4,38 К/Вт) обеспечивает лучшее, чем у любых других представленных на рынке конкурирующих изделий, рассеяние тепла. Этот прибор выдержал испытания на соответствие стандарту IEC62471, выполнение требований которого подтверждает отсутствие его опасности для глаз и кожи людей. Размеры диода – 3,5×3,5×2,3 мм.

compoundsemiconductor.net
30.08.2017

Бактериальное «оптическое волокно» позволит свету лазера проходить сквозь мутную воду

Присутствие частиц в жидкости или газе заставляет рассеиваться свет, проходящий через эту среду. Именно поэтому свет автомобильных фар не может пробиться далеко через густой туман или сильный снегопад. Точно так же свет не может распространяться далеко сквозь мутную воду, но Чень Чжи-ган (Zhigang Chen), исследователь из университета Сан-Франциско, случайно нашёл весьма необычное решение этой проблемы. Во время одних из своих исследований он нацелил луч интенсивного зелёного лазерного света на резервуар с морской водой, в которой находилось большое количество бактерий вида *Synechococcus*. И неожиданно для учёного свет начал проникать сквозь мутную воду гораздо дальше, чем этого можно было ожидать.



Эффект улучшенного распространения лазерного света в воде – следствие того, что у клеток микроорганизмов показатель преломления света другой, чем у морской воды. В данном случае каждая клетка выступает

в роли микроскопической линзы, фокусирующей и усиливающей проходящий сквозь неё свет. Кроме того учёные наблюдали ещё один интересный эффект: лазерный луч большой интенсивности в водной среде выполняет роль оптического пинцета, который притягивает клетки и выравнивает их вдоль пути своего распространения. И через непродолжительное время в водной среде формируется бактериальное «оптическое волокно», проводящее свет гораздо лучше мутной морской воды.

Исследователи провели несколько экспериментов, в которых использовалась вода с разным количеством находящихся в ней бактерий. И даже при самой малой их концентрации дальность распространения лазерного света увеличивалась на несколько сантиметров. Несмотря на то, что бактерии освещались достаточно сильно, большинству из них удалось выжить и продолжить нормальное существование после отключения лазера.

В ближайшем времени учёные планируют провести подобные эксперименты, но уже не с бактериями, а с разными типами кровяных клеток (эритроциты и лейкоциты). И если эти клетки также смогут формировать «оптическое волокно», то этот эффект можно будет использовать в медицине для неразрушающей диагностики, съёмки внутренних частей органов без необходимости хирургического вмешательства.

dailytechinfo.org
27.08.2017

Анализ качества энергии выпускаемых устройств управления для светодиодов¹

А. МУКХЕРДЖИ¹, Т.С. БАНЗАЛ², А. СОНИ³

¹ Университет Суреш Гиан Вихар, Джайпур, Индия
E-mail: mukherjeeanirudh73@gmail.com

² Университет Суреш Гиан Вихар, Джайпур, Индия

³ Университет Манипал, Джайпур, Индия

Аннотация

Светодиоды (СД) быстро вытесняют лампы накаливания и компактные люминесцентные лампы в большинстве развивающихся стран мира. Причиной этого служат, главным образом, их более высокие сроки службы и меньшее энергопотребление по сравнению с остальными вышеупомянутыми типами источников света. Однако следует обратить внимание на один важный момент, а именно, на влияние устройств управления (УУ) на работу СД. СД управляются током, и световой поток СД возрастает по мере увеличения подводимого к нему тока. Это позволяет увеличить световой поток, но одновременно приводит к возрастанию температуры *p-n*-перехода. Поэтому увеличение тока СД требует дополнительных радиаторов, которые обеспечивали бы отвод выделяемого тепла. Эти дополнительные радиаторы часто трудно разместить. Так что конструкторы используют различные приёмы, позволяющие обеспечить отвод тепла. Это достигается посредством конструирования охлаждающих рёбер радиаторов. Однако этот подход не годится в случаях, когда температура окружающей среды превышает нормальную. Поэтому для удержания температуры СД в заданных пределах требуются УУ с контролируемым выходным током. Кроме того, преобразующие переменный ток в постоянный УУ для СД, которые имеются на рынке, редко содержат схемы коррекции коэффициентов мощности и гармонических искажений, наличие которых предусмотрено стандартом *IEC61000-3-2*. Эти схемы необходимы для поддержания энергоэффективности близлежащих сетей энергоснабжения и, к тому же, улучшают качество тока, потребляемого СД. В данной работе рассмотрены упомянутые мо-

менты и предложены УУ с коррекцией, основанные на двух схемах: понижающе-повышающей и обратноходовой. Эти схемы были предложены для решения вопросов, связанных с качеством энергии и сроком службы. Моделирование проводилось при помощи программы *Green Point* компании *On semiconductors*.

Ключевые слова: устройство управления, температура *p-n*-перехода, преобразователь переменного тока в постоянный, коэффициент мощности, коэффициент гармоник.

1. Введение

В 2009 г. в [1], где были приведены различные схемы устройств управления (УУ) для светодиодов (СД), была предпринята попытка улучшить их работу, выбрав наилучшую схему. В этой статье, характеристики схем УУ для СД были, фактически, использованы для оценки приемлемости этих схем.

В 2010 г. было предложено УУ для СД, основанное на понижающе-повышающем преобразователе с коррекцией коэффициента мощности [2]. Существенной особенностью схемы этого УУ было то, что она позволяла уве-

личить коэффициент мощности почти до единицы. Главные недостатки этой схемы состоят в том, что (а) ток СД модулирован с частотой, вдвое превышающей частоту сети, и (б) при работе в прерывистом режиме увеличивается нагрузка на компоненты, что отрицательно сказывается на сроке службы устройства [2, 3].

В 2011 г. было проведено исследование неизолированного понижающе-повышающего преобразователя с коррекцией коэффициента мощности, направленное на преодоление недостатков предложенной ранее схемы при работе как в непрерывном, так и в прерывистом режимах. Фактически, предложенное УУ было рассчитано на получение постоянного тока с улучшенным коэффициентом мощности. Однако при этом возросла нагрузка при включении, что отрицательно сказывается на сроке службы осветительной установки с СД [4].

Опубликованное в 2012 г. исследование [5] одноступенчатой обратноходовой схемы с коррекцией коэффициента мощности и переменной индуктивностью в цепи повышения напряжения, которая предназначалась для питания мощных СД от сети с 90–270 В [5], было посвящено ограничениям, присущим стандартным обратноходовым схемам с коррекцией коэффициента мощности и постоянным значением индуктивности в цепи повышения напряжения. Предложенное решение позволило удовлетворить требования стандарта *IEC61000-2-3* и соответствующего ему японского стандарта *JIS C61000-2-3* к гармоническому составу тока изделий класса С.

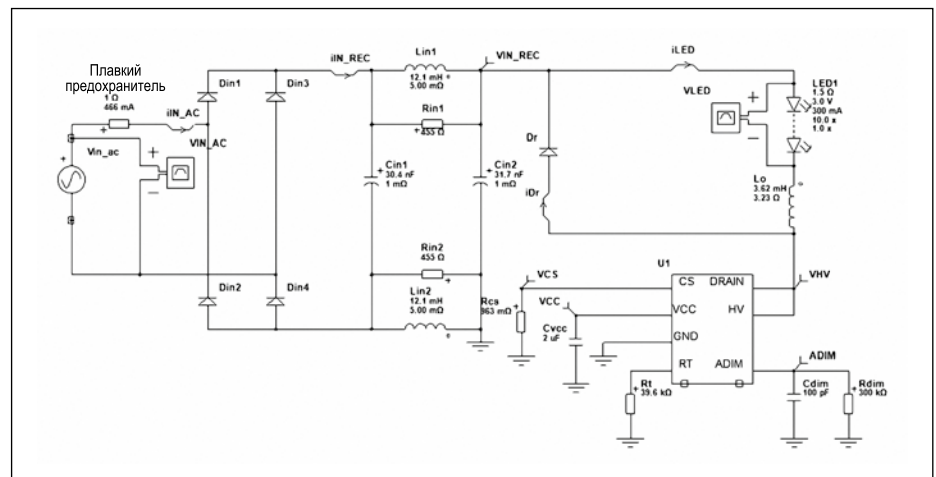


Рис. 1. Предлагаемая схема понижающе-повышающего УУ для СД, в которой используется микросхема *FLS0116*

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

Рис. 2. Формы напряжения и тока на входе УУ с понижающе-повышающим преобразователем

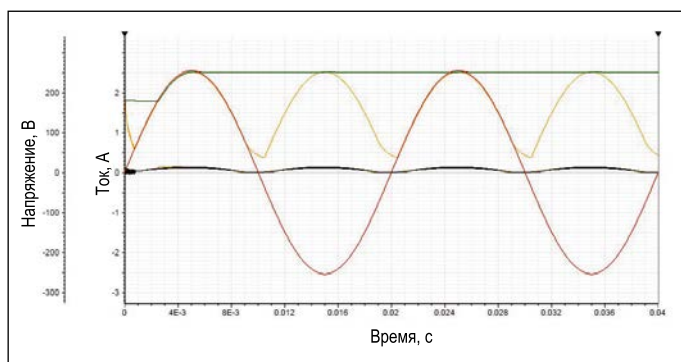


Рис. 3. Формы напряжения и тока на выходе УУ с понижающе-повышающим преобразователем

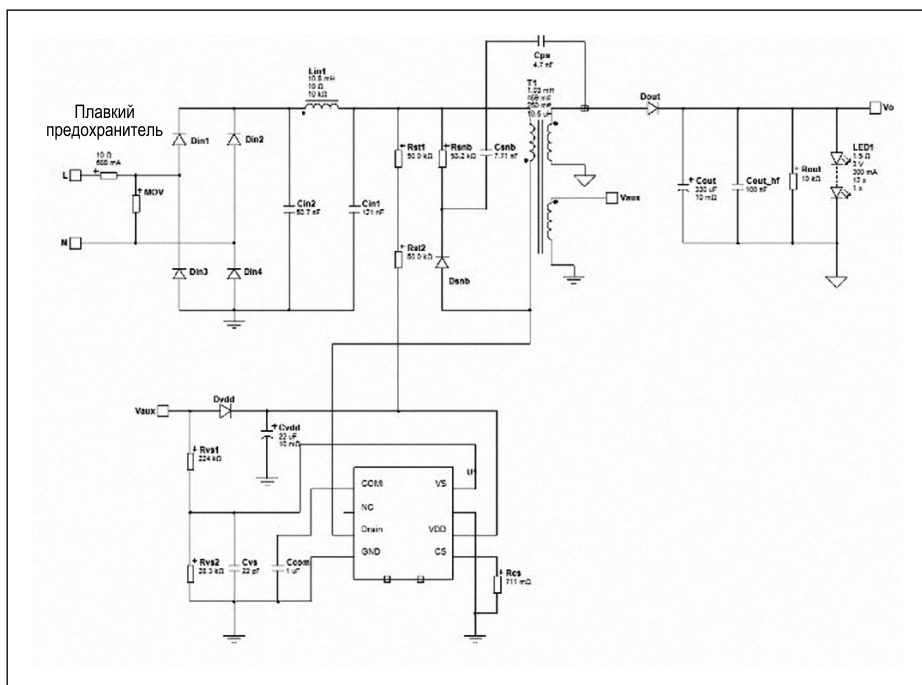
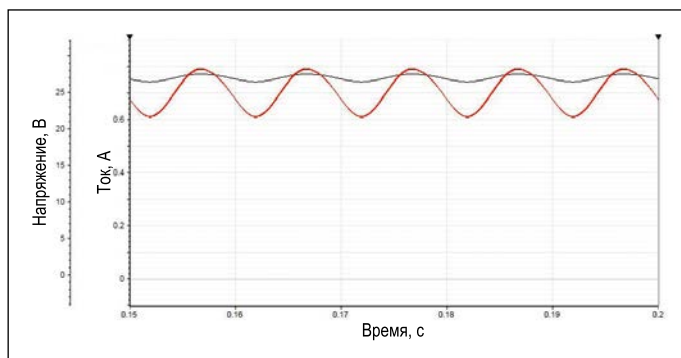


Рис. 4. Предлагаемая схема УУ для СД с обратноходовым преобразователем, в которой используется микросхема NCL30000

Вслед за этой работой появилась статья [6], в которой рассматривалось УУ для СД ламп с коррекцией коэффициента мощности и улучшенным качеством энергии. Предложенное УУ состояло из преобразователя Кука, который работал в режиме непрерывной проводимости для улучшения качества энергии в сети переменного тока.

В 2013 г. было предложено одноступенчатое УУ со схемой коррекции ко-

эффициента мощности, которое предназначалось для установок уличного освещения [7]. В этой схеме повышающий преобразователь с коррекцией коэффициента мощности и полумостовой резонансный преобразователь были совмещены для получения одноступенчатого преобразователя. В полученном резонансном преобразователе переменного тока в постоянный для получения требуемой формы

входного тока использовалась схема чередования, и она включала в себя два программируемых переключателя для уменьшения потерь при переключении в целях увеличения эффективности схемы. Предложенное УУ для СД характеризовалось малыми пульсациями входного тока, низкими потерями при переключении, высоким коэффициентом мощности и низким коэффициентом гармоник входного тока, а также уменьшенным количеством компонентов.

В 2014 г. было проведено исследование гармоник, генерируемых УУ для СД, и способов их уменьшения [Jettanasen and Pothisarn 2014]². Для подавления гармоник до уровней, удовлетворяющих требованиям стандартов, было предложено использовать фильтр нижних частот. Там же была описана выполненная в 2014 г. работа, в которой был проведён сравнительный анализ предназначенных для использования с СД схем преобразователей переменного тока в постоянный с активной коррекцией коэффициента мощности.

В данной работе особое внимание уделено анализу коэффициентов мощности и гармоник в случаях понижающе-повышающей и обратноходовой схем УУ. Формы выходных токов этих схем позволяют судить о сроках службы устройств. Основное внимание при исследовании схем УУ обращалось на контроль температуры точки T и управление током, подаваемым на СД.

2. Предлагаемая схема УУ

Имеющиеся в настоящее время на рынке УУ для СД относятся, в основном, к повышающим преобразователям, которые подают на СД напряжения, превышающие требуемые. Известно, что световой поток СД связан с протекающим через него током. Для увеличения светового потока на СД зачастую подаётся повышенный ток, что приводит к увеличению температуры $p-n$ -перехода и, в конце концов, к отказу устройства [12, 13, Cheng 2004²].

В рамках этой работы был предложена схема УУ для СД с понижающе-повышающим преобразователем, которая приведена на рис. 1. Основ-

² Эта работа в списке литературы отсутствует. – Прим. пер.

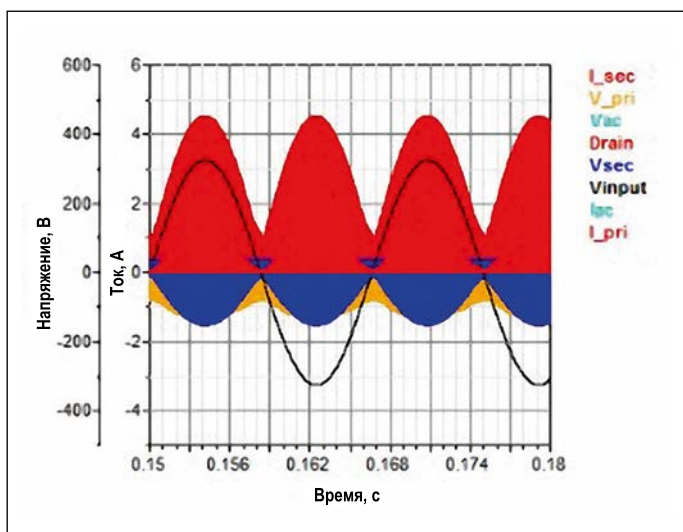


Рис. 5. Формы напряжения и тока на входе УУ с обратноходовым преобразователем

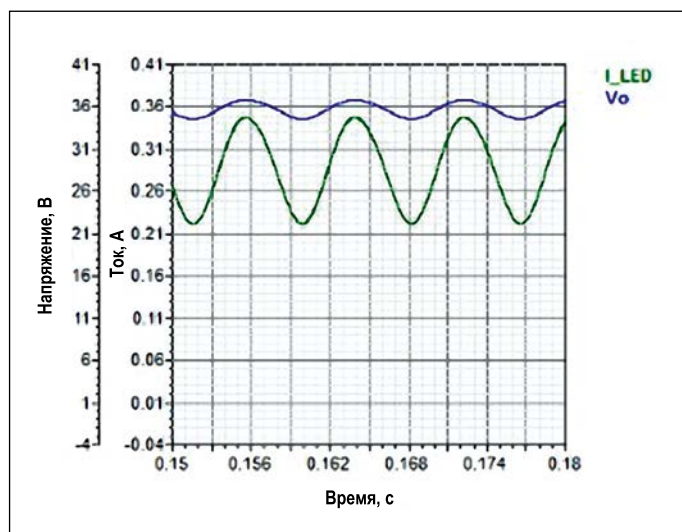


Рис. 6. Формы напряжения и тока на выходе УУ с обратноходовым преобразователем

ной задачей этой схемы было обеспечение неизменного значения тока, подаваемого на СД, без ущерба для срока службы СД [8–10]. УУ с понижающе-повышающим преобразователем не имело гальванической развязки с сетью. Это было обусловлено тем, что гальваническая развязка приводит к уменьшению рассеяния тепла. А так как радиатор не заземлён, то нельзя исключить возможность образования электромагнитных помех. Кроме того, так как электрические компоненты смонтированы не непосредственно на радиаторе, то УУ может использоваться в режиме без гальванической развязки. Частота переключения равна 50 кГц. Моделирование производилось при помощи программы *Green Point* компании *On semiconductors*.

3. Первичный анализ

Полученные формы входных и выходных токов и напряжений приведены на рис. 2 и 3 соответственно. Как видно на рис. 3, выходное напряжение изменяется от 26,5 до 27,7 В при изменении входного напряжения от 90 до 270 В. Из рис. 3 также следует, что при изменении входного напряжения от 90 до 270 В выходной ток изменяется от 0,6 до 0,8 А. Минимальные и максимальные значения коэффициентов мощности и гармоник тока, полученные при равных 90 и 270 В значениях входного напряжения, приведены в табл. 1, из которой следует, что эти коэффициенты удовлетворяют требованиям стандарта [11]. КПД этого УУ равен 84,81%.

Анализ коэффициентов мощности и гармоник тока УУ с понижающе-повышающим преобразователем

Параметры	90 В	270 В
Коэффициент мощности при низкой мощности	0,928	0,933
Коэффициент мощности при высокой мощности	0,930	0,912
Минимальный коэффициент гармоник тока при полном токе питания СД, %	7,38	10,13
Максимальный коэффициент гармоник тока при полном токе питания СД, %	5,9	11,57

4. УУ для СД с обратноходовым преобразователем

В рамках этой работы были также проведены моделирование и анализ УУ для СД с обратноходовым преобразователем (рис. 4), который был выбран для улучшения коэффициентов мощности и гармоник, с тем чтобы они удовлетворяли требованиям [11]. Дополнительной целью было увеличение КПД системы в диапазоне входных напряжений 90–270 В. Полученные формы входных и выходных токов и напряжений приведены на рис. 5 и 6 соответственно, а результаты анализа приведены в табл. 2, из которой следует, что при 90 В коэффициент мощности оказался равным 0,998 как при низкой, так и при высокой мощности. При 270 В коэффициент мощности при низкой и высокой мощности оказался, соответственно, равным 0,993 и 0,992. Минимальное значение коэффициента гармоник тока было равно 6,38% при 90 В и 12,13% при 270 В,

тогда как максимальные значения коэффициента гармоник оказались равными 6,9% и 12,55% соответственно. Частота переключения была равна 31,6 кГц, КПД этого УУ оказался равным 86,7%.

Как следует из табл. 2, коэффициент гармоник предложенного УУ лежит в пределах, нормированных в стандарте [11], а его коэффициент мощности близок к 0,993. При этом следует учитывать, что о степени ухудшения температуры *p-n*-перехода нельзя судить только исходя из потребляемого устройством тока [16, 17].

5. Заключение

Из приведённых выше результатов моделирования можно сделать вывод, что недостатки первоначальной схемы были в значительной степени исправлены и что при использовании предложенной схемы понижающе-повышающего преобразователя УУ способны обеспечивать питание

Таблица 2

Анализ коэффициентов мощности и гармоник тока УУ с обратным преобразователем

Параметры	90 В	270 В
Коэффициент мощности при низкой мощности	0,998	0,993
Коэффициент мощности при высокой мощности	0,998	0,992
Минимальный коэффициент гармоник тока при полном токе питания СД, %	6,38	12,13
Максимальный коэффициент гармоник тока при полном токе питания СД, %	6,9	12,55

СД постоянными током и напряжением. При этом выходной ток схемы с обратным преобразователем остаётся практически постоянным с не превышающим 5% размахом пульсаций. Кроме того, измеренные в точках T обоих УУ значения температуры составляли 40 и 55 °С соответственно, что предохраняет СД от избыточного увеличения температуры $p-n$ -перехода и, тем самым, обеспечивает увеличение срока службы СД. Для предложенной схемы также были рассмотрены значения коэффициента гармоник и гармонический состав тока, которые оказались соответствующими нормативным требованиям [11]. Благодаря улучшению входного коэффициента мощности, устройство будет подавать в систему меньший реактивный ток. КПД системы значительно улучшилось, и работа с СД не будет сопровождаться проблемами, присущими устройствам с низкими коэффициентами мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yu, L. Yang, J. The topologies of white LED lamps' power drivers // 3rd IEEE Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA), 2009, 20–22.05.2009, Hong Kong. P. 1–6.
2. Chiu H. – J., et. al. A High Efficiency dimmable LED driver for low power lighting applications // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2010. – Vol. 57, No. 2. – P. 735–743.
3. Aguilar, D., Henze, C.P. LED driver circuit with inherent PFC // 25th IEEE Annual Conference on Applied Power Electronics and Exposition (APEC) 2010, 21–25.02.2010, Palm Springs, CA. P. 605–610.
4. Chern T. – L., et. al. Design of LED driver circuits with single stage PFC in CCM and DCM // 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) 2011, 21–23.06.2011, Beijing. P. 2358–2363.

5. Yuequan, H., Huber, L., Jovanovic, M.M. Single Stage, Universal Input AC/DC LED driver with current controlled variable PFC boost inductor // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2012. – Vol. 27, No. 3. – P. 1579–1588.

6. Srivastava, A., Singh, B. Improved Power Quality based high brightness LED lamp driver // International journal of Engineering, Science and Technology. – 2012. – Vol. 4, No. 1. – P. 135–141.

7. Cheng C. – A., et. al. A single stage LED driver for street lighting applications with interleaving PFC feature // IEEE International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE) 2013, 25–26.02.2013, Kaoshiung. P. 150–152.

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

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

10. Jayawardena, A., Liu, Y. – W., Narendran, N. Methods for estimating the junction temperature of AC LEDs // Council for Optical Radiation Measurements (CORM) 2012 Annual Technical Conference, 29.05–01.06.2012, Ottawa, Ontario.

11. IEC-61000-3-2 «Electromagnetic compatibility Part 3-2: Limits-Limits for harmonic current emissions», International Electrotechnical Commission, May 2014.

12. Meneghesso, G., et. al. Degradation mechanisms of GaN-based LEDs after accelerated DC current aging // In: IEDM Tech. Dig., 2005. P. 103–106

13. Trevisanello, L., et. al. Accelerated life test on high brightness Light Emitting Diode // IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. – 2008. – Vol. 8, No. 2. – P. 304–311.

14. Hong, E., Narendran, N. A method of projecting useful life of LED lighting systems // 3rd International Conference on Solid State Lighting, Proceedings of Photo-Optical Instrumentation Engineers, SPIE:5187, 2004. P. 93–99.

15. Chen, C.H., Tsai, W.L., Tsai, M.Y. Thermal resistance and reliability of low cost and high power LED packages under WHTOL test // Electronics materials and packaging, EMAP2008, Taipei, 22–24.10.2008. P. 271–276.

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

17. Golder, S., Ray K.R., Mazumdar, S. High Efficient DC to DC Boost Converter for White LED Based Lighting system // Light & Engineering. – 2006. Vol. 14, No. 1. – P. 53–59.

- 17а. Голдер С., Мазумдар С., Рай К. Система наружного освещения со светорегулированием и с подзарядкой аккумуляторов солнечными батареями // Светотехника. – 2006. – № 2. – С. 35–38.



Анируддха Мукхерджи (Aniruddha Mukherjee),

М.Е. Имеет почти 18-летний опыт работы в промышленности и образовании. Сотрудничает с Университетом

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



Трилок Чандра Бансал (Trilok Chandra Bansal),

Др. Почётный декан Университета Суреш Гиан Вихар. Руководил многочисленными исследованиями в области физики полупроводников.

Возглавлял многие уважаемые научные сообщества.



Амит Со́ни (Amit Soni), Ph.D. Имеет

15-летний опыт работы в образовании и промышленности. Декан факультета электро- и электронной техники Университета Манпурал

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

Люминофоры и люминесцентные конвертеры в источниках света на основе синих светодиодных кристаллов

В.А. ЛАПИНА¹, П.П. ПЕРШУКЕВИЧ¹, А.В. ТРОФИМОВ²,
Н.Н. ТРОФИМОВА², Ю.Б. ЦАПЛЕВ²

¹ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск

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

E-mail: tsap_04@mail.ru

Аннотация

Представлен обзор исследований по применению люминесцентных материалов: неорганических фосфоров, органических полимерных и молекулярных люминофоров, комплексных соединений, квантовых точек и каркасных металлоорганических соединений в качестве основы люминесцентных конвертеров для преобразования света синих и ультрафиолетовых диодных кристаллов в белый свет.

Ключевые слова: органические и неорганические люминесцентные материалы, белые светодиоды.

Введение

Применение люминофоров в источниках света началось с люминесцентной лампы (ЛЛ), в которой УФ излучение ртутного разряда НД преобразуется в видимый свет люминофором, нанесённым на стенки разрядной трубки [1]. Двадцать лет назад идея люминесцентного преобразования была использована и в схеме получения белого света из света светодиодных (СД) синих кристаллов (СК) [2]. Ясно, что ЛЛ и СД лампы – близкие родственники по линии люминесценции.

Настоящий обзор посвящён двадцатилетней истории многочисленных подходов и попыток получения белого света с использованием энергоэффективных СК или, в меньшей мере, диодных УФ кристаллов (УФК) в качестве первичного источника излучения (ИИ).

В ЛЛ потребляемая электроэнергия преобразуется в УФ излучение очень эффективно, с энергетическим КПД выше 64% [3], тогда как этот параметр у СК – около 50% [4]. Однако преобразование УФ излучения ртут-

ного разряда НД в видимое сопровождается большими энергетическими потерями. Главная причина этого – Stokes shift. (Если частота возбуждающего излучения – ν_{ex} , а частота испускаемого – ν_{em} , то, т.к. $\nu_{em} < \nu_{ex}$, разность $h(\nu_{ex} - \nu_{em})$ выражает тепловые потери.) В ЛЛ частоты возбуждающих ртутных линий 254 и 185 нм отличаются от частот видимого излучения в среднем в несколько раз, тогда как при люминесцентном преобразовании синего излучения СК частоты возбуждающего и испускаемого света принадлежат видимому диапазону спектра и в среднем различаются менее чем в 1,5 раза. А, например, при кооперативной люминесценции (вид антистоксовой люминесценции) Stokes shift отсутствует, а энергетический КПД первичного ИИ – лазера ближнего ИК диапазона составляет 50%.

Оптическое устройство, помещаемое на пути светового потока от первичного источника электромагнитного излучения, поглощающее это излучение и испускающее свет посредством люминесценции, представляет собой люминесцентный конвертер (ЛК). ЛК бывают двух видов – люминесцентные экраны (ЛЭ) и люминесцентные фильтры (ЛФ), которые различаются тем, что ЛЭ не пропускают, а ЛФ пропускают излучение первичного ИИ. Эффективность работы ЛК как преобразователя энергии определяется квантовым выходом люминофора (КВЛ), а для ЛК как оптического устройства очень важны способы ввода возбуждающего излучения в ЛК и вывода испускаемого излучения из него, но это тема отдельного обзора. Весьма схематично способы расположения ЛК относительно локализованного первичного ИИ, каковым является СК, делятся на два варианта: ЛК либо примыка-

ет к СК (вариант 1), либо находится от него на некотором удалении (вариант 2).

Сообщения об успехах на пути создания белых СД с ЛК начали поступать в 1997 г. П. Шлоттер, Р. Шмидт и Ю. Шнайдер вводили в эпоксидную смолу (ЭС), примыкающую к СК, люминесцентные зелёный, жёлтый и красный периленовые красители или же жёлтый неорганический фосфор $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ [5]. В результате в обоих случаях на базе СК были получены белые СД. Аналогичный результат в том же 1997 г. получили А. Хигер с сотрудниками. Они использовали ЛК (ЛФ) на основе люминесцирующего полимера, который при возбуждении СК давал жёлтую люминесценцию, и вариант удалённого расположения ЛК [6]. Наконец, тогда же, вышла книга [7], рассказавшая миру о работах по созданию СК и последующих разработках, которые многие годы проводились С. Накамуры и др. в компании *Nichia*, в том числе и про разработку белых СД. В последних в качестве люминофора использовался фосфор состава $(Y_{1-a}Gd_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce$ ($a, b = 0-0,5$) и было показано, как, меняя состав фосфора, получать белый свет разной цветности. Координаты цветности (КЦ) белого света (x и y), полученного в [5], неизвестны, а у образцов, полученных в [6], они равнялись 0,34 и 0,29, 0,41 и 0,32 и 0,55 и 0,38 соответственно. Белый СД С. Накамуры имел КЦ 0,29 и 0,30 и световую отдачу (СО) 5 лм/Вт [7]. Во всех упомянутых выше публикациях были верно оценены перспективы применения СД с ЛК в качестве источника света для освещения.

После 1997 г. рост исследований по получению белого света, пригодного для освещения, на основе СК, УФК и ЛК имел лавинообразный характер.

Неорганические фосфоры

Удачной находкой авторов работ [5, 7, 8] было применение в ЛК иттрий-алюминиевого граната, легированного церием ($YAG:Ce$). Он стал базовым материалом ЛК для СК. Поглощает в синей области спектра, устойчив к воздействию повышенных температур и облучённостей [2, 9]. В лучших образцах имеет квантовый выход люминесценции более 0,81 [10], а в коммерческих образцах (в 2006 г.) – от 0,61 до 0,70 [11]. Обзор

работ до 2014 г. по применению фосфоров дан в [12].

Предмет многих исследований – вопросы технологии выращивания кристаллов фосфора и форм его использования в белых СД (материал для литья, порошок или наноккомпозит) [13–20].

Во многих работах исследованы составы, в которых ионы иттрия и церия заменены на ионы других редкоземельных элементов [21–26]. Из модификаций фосфора $YAG:Ce$ особо интересен $Gd-YAG:Ce$, в котором часть ионов иттрия заменена на ионы гадолиния [27–29]. $Gd-YAG:Ce$ обладает повышенной термостабильностью. Если яркость люминесценции $YAG:Ce$ при повышении температуры от 25 до 205 °С падает более чем на 60%, то у $Gd-YAG:Ce$ – всего на 20%. $Gd-YAG:Ce$ обеспечивает высокую СО: 144 лм/Вт при коррелированной цветовой температуре $T_{ки}$ 5639 К и 127 лм/Вт при $T_{ки}$ 4490 К.

Получен термостабильный фосфор $K_2TiF_6:Mn^{4+}$, не содержащий редкоземельных элементов и обладающий красным свечением с квантовым выходом 0,98 при возбуждении синим излучением [30]. Образцы ЛК на основе жёлтого фосфора $YAG:Ce$ и красного фосфора $K_2TiF_6:Mn^{4+}$ при работе с СК (455 нм) позволили получить свет с $T_{ки}$ 2700–2800 К, R_a 83–85 и СО 99–124 лм/Вт.

В плане упрощения технологии производства осветительных устройств на основе синих СК популярна идея использования удалённого расположения ЛК. В [18] сообщено о способе изготовления ЛК в виде стеклокерамического диска, наполненного люминесцентным ультрадисперсным порошком $YAG:Ce$.

Практическим результатом исследований по ЛК на основе неорганических фосфоров является весь ассортимент белых СД ламп.

Органические люминесцентные конвертеры

Полимерные люминофоры

Материалом полимерного ЛК [6, 31] являются сопряжённые (конъюгированные) полимеры типа полифениленвинилена: поли(2-метокси-5-(2'-этилгексилокси)-1,4-фениленвинилена) **1** (рис. 1), поли(2-метокси-5-(2'-этилгексилокси)-1,4-фениленвинилена)-

со-(2-бутил-5-(2'-этилгексил)-1,4-фениленвинилена) **2** и др. Эти полимеры люминесцируют в видимой области спектра и сильно поглощают свет в синей, где показатели поглощения порядка 10^5 см⁻¹. Образцы полимерного ЛК изготавливали из субмикронных слоёв сопряжённых полимеров, которые защищали от влияния внешней среды слоями стекла либо инкапсулированием. Расположение полимерных ЛК относительно первичного ИИ с самого начала предлагалось в удалённом варианте. Лучшие образцы имели квантовый выход люминесценции на уровне 0,6 [31, 32]. Использование полимерных ЛК с разными СК позволило получить свет с КЦ, очень близкими к характерным для белого цвета. В ходе испытаний длительностью более 4000 ч образцы полимерных ЛК показали стабильность не хуже, чем у СК.

Применению полифлуоренов в источниках белого света посвящены работы [33–35]. В [33, 34] был получен полифлуорен **3** с молекулярным весом около 20000 ($n \approx 40$) и азидными боковыми группами, которые обеспечивают поперечное сшивание полимерных цепей. Полимер обладал при УФ возбуждении люминесценцией белого цвета с квантовым выходом 0,86. ЛЭ из этого полимера при работе имел КЦ 0,2554 и 0,2426, $T_{ки}$ 32400 К и R_a 91. В [35] материалом для ЛК служил полимерный композиционный материал: в матрицу полиметилметакрилата (ПММА) были введены полифлуорен **4** с синей люминесценцией и квантовые точки (КТ) на основе $CdSe/ZnS$ с синей и жёлтой люминесценцией. Этот материал дозированно наносился непосредственно на УФК. Образцы ЛК на основе полифлуорена **4** и КТ с жёлтой люминесценцией испускали белый свет с $T_{ки}$ от 3000 до 9000 К и R_a 85–90. Несмотря на то, что квантовая эффективность люминесценции полифлуорена **4** и КТ в растворе была высока (0,9 и 0,52 соответственно), квантовая эффективность самого ЛК была 0,17, а СО – порядка 13 лм/Вт. О стабильности ЛК в [33–35] не сообщалось.

Молекулярные люминофоры

За последние 20 лет возможность применения молекулярных люминофоров в ЛК исследовалась в ряде работ. Были опробованы ЛК на основе

4-диметиламинохалкона **5** и нильско-го красного (7-диэтиламино-3,4-бензофеноксазон **6**) в матрице ЭС [36]; 4-дифениламинохалкона **7** в полиэтиленгликоле (ПЭГ-6000) [37]; 4-N, N-дифенил-9-(4-трет-бутилфенил)-1,8-нафталимида **8** и флуоресцеина (в виде уранина) в ЭС и ПММА [38]. ЛК на основе сополимера производного нафталимида **9** с ПММА **10** при удалённом расположении имел стабильные характеристики в течение 12 суток непрерывной работы [39]. Однако квантовые выходы люминесценции соединений **9** и **10** существенно ниже, чем у **8** в ПММА (0,65; 0,36 и 0,96 соответственно). Применению в ЛК жёлтого люминесцентного красителя *Lumogen F 083* **11** и красного *Lumogen F 305* **12** посвящены работы [40–43]. Бор-дифтор производное дипирролметана **13**, а именно соединение **14**, было использовано в ЛК для СК в [44]. Агрегационный люминофор 4,7-бис[4-(1,2,2-трифенилвинил)фенил]бензо-2,1,3-тиодиазол **15** использован в работе [45]. Кумарин-6 **16**, кумарин 30 **17** и N-алкилированный дипирролопиролл с тиофеновыми заместителями **18**, а также 7-(диэтиламино)-кумарин-3-карбоновой кислоты **19** и 4-(дицианометил)-2-метил-6-(4-диметиламиностерил)-4Н-пиран **20** были основой ЛК в [46–48].

Заметная деградация люминофоров в перечисленных публикациях наблюдалась при работе от 10 мин [45] до 10 суток [48].

Комплексные соединения

Металлопорфирины и комплексные соединения металлов относят к перспективным материалам оптоэлектроники. В [49] исследована возможность их использования в ЛК на примере платина(II) мезотетракис(пентафторфенил)порфирина **21** и трис(8-оксихиноли-ната) алюминия(III) **22**. Люминесценция соединения **21** в матрице ПК не изменяется при 120 °С в течение 1000 ч. Интенсивность люминесценции **21** снижается на треть после УФ облучения при облучённости 10 Вт/м² в течение 100 ч. Излучение УФК при определённой концентрации соединения **21** и **22** преобразуется в белое с КЦ 0,32 и 0,31, ИЦ 90,6, $T_{ки}$ 6800 К при СО 10 лм/Вт.

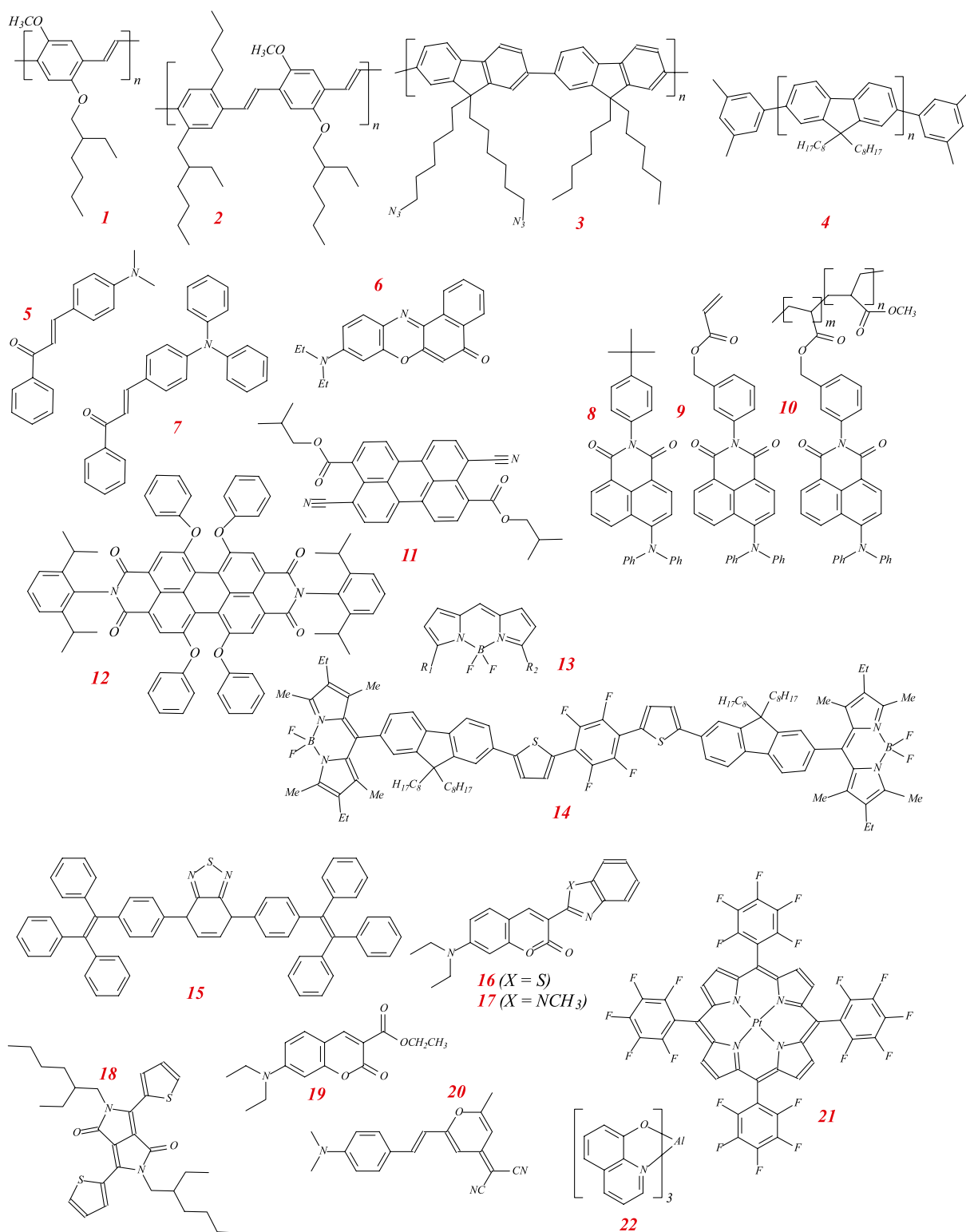


Рис. 1. Структурные формулы некоторых люминофоров

Квантовые точки

Первые исследования возможности использования квантовых точек (КТ) в ЛК для СД представлены в [50, 51]. В [50] белый свет был получен соединением голубой люминесценции органического полимера с зелёной и крас-

ной люминесценцией *CdSe* КТ двух видов (размером 3 и 7 нм), а в [51] – за счёт использования *CdSe* КТ одного вида (размером 1,5 нм). Синтезированные в [51] КТ имели широкий спектр излучения, выраженный край в длинноволновой полосе поглощения и относительно большой стоксов

сдвиг. Авторы сообщили о 10-суточной рабочей стабильности, но квантовый выход люминесценции материала был очень мал – около 0,02. В книгах же по нанотехнологиям замечательным свойством люминесценции КТ называют ровно противоположное – узость спектра излучения, широкую

полосу поглощения и высокий квантовый выход. «Узкополосные» КТ уже скоро, вероятно, станут люминесцентным материалом, пришедшим на смену технологиям на базе органических СД в цветных дисплеях (система «Color IQ» компании QD Vision). А у «широкополосных» КТ так и не удалось поднять квантовый выход до приемлемого уровня.

Примером удачного использования в ЛК для СК «узкополосных» КТ с жёлтой люминесценцией служит работа [52]. Она выполнена на коллоидных КТ, имеющих ядро состава $Cu-In-S$ при отношении $Cu/In = 1/4$, с двумя защитными оболочками ZnS . Размер ядра КТ – 2,72 нм. КТ имели высокий квантовый выход люминесценции: 0,92–0,97. При этом использовался SiO_x полимер для защиты слоя с КТ от проникновения и разрушающего действия O_2 .

Каркасные металлоорганические соединения

Каркасные металлоорганические соединения (КМС) – это новый класс кристаллических материалов, которые состоят из катионов переходных металлов и полиденатных органических лигандов. Характерной особенностью кристаллической структуры каркасной металлоорганики является наличие микроскопических пор или каналов, в которых могут находиться молекулы-гости.

КМС как люминесцентные материалы привлекают возможностью использовать в центрах люминесценции неорганические и органические блоки или вводить в состав КМС молекулы люминофоров в качестве гостей, размещая их в порах. Результаты исследований применимости КМС в ЛК приведены в статьях [53–56]. На сегодня самый большой квантовый выход белой люминесценции КМС, равный 0,2, был получен в работе [56]. Белая люминесценция при УФ возбуждении стала результатом сложения синей люминесценции матрицы и жёлтой люминесценции иридиевого комплекса – $[Ir(pppy)_2(bpy)]^+$ ($pppy$ – 2-фенилпиридин, bpy – 2,2'-бипиридин), размещённого в порах хозьяина. Квантовый выход люминесценции материала понижался на 10% при 150 °С, что свидетельствует о его высокой термостабильности. О фотостабильности материала не сообщалось.

Заключение

1. В настоящее время неорганические фосфоры – единственный класс люминесцентных материалов, которые успешно применяются в ЛК для СК и УФК в области освещения.

2. Среди органических люминофоров наиболее перспективны для применения в ЛК полимерные люминофору.

3. Непреодоленное препятствие применению молекулярных органических люминофоров в ЛК – фотодеградация люминофоров при сравнительно высоких уровнях абсорбируемой энергии, которая усиливается под действием кислорода. Тем не менее эти материалы интересны для светотехники, например, в декоративно-оформительском плане и в наружной световой рекламе.

4. Фотохимическая стабильность новых люминесцентных материалов, к которым относятся комплексные соединения, КТ и КМС, ещё мало исследована, и перспективы их применения в ЛК неясны.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
2. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. под ред. А.Э. Юновича. 3-е изд. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
3. Фабрикант В.А. Физика, оптика, квантовая электроника: Избранные статьи. – М.: Изд. МЭИ, 2000. – С. 96–111.
4. Бугров В.Е. Физические основы оптимизации нитридных полупроводниковых гетероструктур для их применения в высокоэффективных светодиодных устройствах / Дис. ... д.ф.-м.н. – Санкт-Петербург: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, 2013.
5. Schlotter P., Schmidt R., Schneider J. Luminescence conversion of blue light emitting diodes // Appl. Phys. A. – 1997. – Vol. 64, No. 4. – P. 417–418.
6. Hide F., Kozodoy P., DenBaars S.P., Heeger A.J. White light from InGaN/conjugated polymer hybrid light-emitting diodes // Appl. Phys. Lett. – 1997. – Vol. 70. № 20. – P. 2664–2666.
7. Nakamura S., Fasol G. The Blue Laser Diode. GaN Based Light Emitters and Lasers. – Berlin: Springer-Verlag, 1997. – 343 p.
8. Schlotter P., Baur J., Hieslacher C., Kunzer M., Obloh H., Schmidt R., Schneider J. Fabrication and characterization of GaN/InGaN/AlGaIn double heterostructure LEDs and their application

in luminescence conversion LEDs // Mat. Sci. Eng. B. – 1999. – Vol. 59, No. 1. – P. 390–394.

9. Социн Н.П., Большухин В.А., Личманова В.Н. Совершенствование технологии производства мультилигандных фотолуминофоров для эффективных СД // Нанотехника. – 2013. – № 2. – С. 3–11.

10. Dwivedi J., Kumar P., Kumar A., Singh V.N., Singh B P., Dhawan S.K., Gupta B.K. A commercial approach for the fabrication of bulk and nano phosphors converted into highly efficient white LEDs // RSC Advances. – 2014. – Vol. 4. (98). – P. 54936–54947.

11. Haranath D., Chander H., Sharma P., Singh S. Enhanced luminescence of $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}$ nanophosphor for white light-emitting diodes // App. Phys. Lett. – 2006. – Vol. 89, No.173118.

12. McKittrick J., Shea-Rohwer L.E. Review: Down Conversion Materials for Solid-State Lighting // J. Amer. Ceramic Soc. – 2014. – Vol. 97 (5). – P. 1327–1352.

13. Poddenezhnyi E.N., Dobrodei A.O., Boiko A.A., Zdravkov A.V., Grishkova E.I., Khimich N.N. Formation of nanostructured particles of cerium-activated yttrium aluminum garnet by combustion method // Glass Phys. Chem. – 2011. – Vol. 37 (5). – P. 520–523.

14. Naik S.R., Shripathi T., Salker A.V. Preparation, characterization and photoluminescent studies of Cr and Nd co-doped Ce: YAG compounds // Journal of Luminescence. – 2015. – Vol. 161. – P. 335–342.

15. Jia D. Nanophosphors for White Light LEDs // Chem. Eng. Comm. – 2007. – Vol. 194 (12). – P. 1666–1687.

16. Park K.W., Lim S.G., Deressa G., Kim J.S., Kang T.W., Choi H.L., Yu Y.M., Kim Y.S., Ryu J.G., Lee S.H., Kim T.H. High power and temperature luminescence of $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}$ bulky and pulverized single crystal phosphors by a floating-zone method // Journal of Luminescence. – 2015. – Vol. 168. – P. 334–338.

17. Давыдова О.В., Павленок А.В., Добродей А.О., Подденежный Е.Н., Дробышевская Н.Е., Алексеенко А.А., Бойко А.А. Особенности синтеза ультрадисперсных порошков иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия с использованием метода горения // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2016. – Т. 1 (2). – С. 45–52.

18. Давыдова О.В., Павленок А.В., Добродей А.О., Подденежный Е.Н., Дробышевская Н.Е., Бойко А.А., Кравченко А.И., Савкова Т.Н. Получение и спектрально-люминесцентные характеристики композиционных материалов на основе YAG: Ce для светодиодных преобразователей // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2016. – Т. 1 (3). – С. 24–31.

19. Im W.B., Brinkley S., Hu J., Mikhailovsky A., DenBaars S.P., Seshadri R. $Sr_{2.975-x}Ba_xCe_{0.025}AlO_4F$: a Highly Efficient Green-Emitting Oxyfluoride Phosphor for Solid State White Lighting // Chem. Materials. – 2010. – Vol. 22. – P. 2842–2849.

20. Nyman M., Shea-Rohwer L.E., Martin J.E., Provencio P. Nano-YAG: Ce mechanisms

of growth and epoxy-encapsulation // Chem. Materials. – 2009. – Vol. 21. – P. 1536–1542.

21. Брискина Ч.М., Румянцев С.И., Рыжков М.В., Социн Н.П., Спаский Д.А. Поиск оптимальных составов гранатовых люминофоров с Ce^{3+} для белых светодиодов // Светотехника. – 2012. – № 5. – С. 37–39.

22. Социн Н.П., Гальчина Н.А., Коган Л.М., Широков С.С., Юнович А.Э. Светодиоды «тёплого» белого свечения на основе р-п гетероструктур типа InGaN/AlGaIn/GaN, покрытых люминофорами из иттрий-гадолиниевых гранатов // Физика и техника полупроводников. – 2009. – Т. 43 (5). – С. 700–704.

23. Jang H.S., Won Y. – H., Jeon D.Y. Improvement of electroluminescent property of blue LED coated with highly luminescent yellow-emitting phosphors // Appl. Phys. B. – 2009. – Vol. 95, No. 4. – P. 715–720.

24. Кичанов С.Е., Фролова Е.В., Шевченко Г.П., Козленко Д.П., Белушкин А.В., Луккин Е.В., Малашкевич Г.Е., Рахманов С.К., Глазков В.П., Савенко Б.Н. Исследование структурных особенностей кристаллофосфора $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}/Lu_2O_3$ при его формировании коллоидно-химическим методом // Физ. твёрд. тела. – 2013. – Т. 55, № 4. – С. 745–751.

25. Kawano Y., Kim S.W., Ishigaki T., Uematsu K., Toda K., Takaba H., Sato M. Site engineering concept of Ce^{3+} -activated novel orange-red emission oxide phosphors // Opt. Mat. Express. – 2014. – Vol. 4, No. 9. – С. 1770–1774.

26. Dong X., Zhang J., Zhang L., Zhang X., Hao Z., Luo Y. Yellow-Emitting $Sr_9Sc(PO_4)_7: Eu^{2+}, Mn^{2+}$ Phosphor with Energy Transfer for Potential Application in White Light-Emitting Diodes // Europ. J. Inorg. Chem. – 2014. – No. 5. – P. 870–874.

27. Yang C., Gu G., Zhao X., Liang X., Xiang W. The growth and luminescence properties of $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}$ single crystal by doping Gd^{3+} for W-LEDs // Mat. Lett. – 2016. – Vol. 170. – С. 58–61.

28. Chen J., Deng Z., Liu Z., Lin Y., Lan H., Chen D., Fei B., Wang C., Wang F., Hu Q., Cao Y. Optical enhancement brought by doping Gd^{3+} ions into Ce: YAG ceramics for indoor white light-emitting diodes // Optics Express. – 2015. – Vol. 23 (7). – P. A292–A298.

29. Shi H., Zhu C., Huang J., Chen J., Chen D., Wang W., Cao Y., Yuan X. Luminescence properties of YAG: Ce, Gd phosphors synthesized under vacuum condition and their white LED performances // Optical Materials Express. – 2014. – Vol. 4 (4). – P. 649–655.

30. Zhu H., Lin C.C., Luo W., Shu S., Liu Z., Liu Y., Kong J., Ma E., Cao Y., Liu R.S., Chen X. Highly efficient non-rare-earth red emitting phosphor for warm white light-emitting diodes // Nature Comm. – 2014. – Vol. 5. – AN. 4312.

31. Zhang C., Heeger A.J. Gallium nitride/conjugated polymer hybrid light emitting diodes: Performance and lifetime // J. Appl. Phys. – 1998. – V. 84, No. 3. – P. 1579–1582.

32. Andersson M.R., Yu G., Heeger A.J. Photoluminescence and electroluminescence of films

from soluble PPV-polymers // Synth. Metals. – 1997. – Vol. 85, No. P. – 1275–1276.

33. Huyal I.O., Koldemir U., Ozel T., Demir H.V., Tuncel D. On the origin of high quality white light emission from a hybrid organic/inorganic light emitting diode using azide functionalized polyfluorene // J. Mat. Chem. – 2008. – Vol. 18, No. 30. – P. 3568–3574.

34. Huyal I.O., Ozel T., Koldemir U., Nizamoglu S., Tuncel D., Demir H.V. White emitting polyfluorene functionalized with azide hybridized on near-UV light emitting diode for high color rendering index // Optics Express. – 2008. – Vol. 16, No. 2. – P. 1115–1124.

35. Chen K.J., Lai Y.C., Lin B.C., Lin C.C., Chiu S.H., Tu Z.Y., Meng H.F. Efficient hybrid white light-emitting diodes by organic-inorganic materials at different CCT from 3000 K to 9000 K // Optics Express. – 2015. – Vol. 23, No. 7. – P. A204–A210.

36. Ermakov O.N., Kaplunov M.G., Efimov O.N., Yakushchenko I.K., Belov M.Y., Budyka M.F. Hybrid organic-inorganic light-emitting diodes // Microel. Eng. – 2003. – Vol. 69, No. 2. – P. 208–212.

37. Zhang L., Li B., Lei B., Hong Z., Li W. A triphenylamine derivative as an efficient organic light color-conversion material for white LEDs // Journal of Luminescence. – 2008. – Vol. 128. – P. 67–73.

38. Kim H.J., Jin J.Y., Lee Y.S., Lee S.H., Hong C.H. An efficient luminescence conversion LED for white light emission, fabricated using a commercial InGaN LED and a 1,8-naphthalimide derivative // Chem. Phys. Lett. – 2006. – Vol. 431, No. 4. – P. 341–345.

39. Jin J.Y., Kim Y.M., Lee S.H., Lee Y.S. Synthesis of an acrylic copolymer bearing fluorescent dye pendants and characterization as a luminescence conversion material in fabrication of a luminescence conversion light-emitting diode // Synth. Metals. – 2009. – Vol. 159, No. 17. – P. 1804–1808.

40. Caruso F., Mosca M., Macaluso R., Feltrin E., Cali C. Generation of white LED light by frequency downconversion using perylene-based dye // Electron. Lett. – 2012. – Vol. 48, No. 22. – P. 1417–1419.

41. Mosca M., Caruso F., Zambito L., Seminaro B., Macaluso R., Cali C., Feltrin E. Warm white LED light by frequency down-conversion of mixed yellow and red Lumogen // Proc. SPIE. – 2013. – Vol. 8767. – P. 87670L.

42. Mosca M., Caruso F., Zambito L., Macaluso R., Cali C., Feltrin E. Hybrid LEDs Pave Way to New Lighting Applications // Photonics Spectra. – 2013. – Vol. 47, No. 4. – P. 60–64.

43. Caruso F., Mosca M., Rinella S., Macaluso R., Cali C., Saiano F., Feltrin E. Frequency-Downconversion Stability of PMMA Coatings in Hybrid White Light-Emitting Diodes // J. Electron. Mat. – 2016. – Vol. 45, No. 1. – P. 682–687.

44. Findlay N.J., Bruckbauer J., Inigo A.R., Breig B., Arumugam S., Wallis D.J., Skabara P.J. An Organic Down-Converting Material for White-Light Emission from Hybrid LEDs // Advanced Mat. – 2014. – Vol. 26, No. 43. – P. 7290–7294.

45. Yue Z., Cheung Y.F., Choi H.W., Zhao Z., Tang B.Z., Wong K.S. Hybrid GaN/Organic white light emitters with aggregation induced emission organic molecule // Optic. Mat. Exp. – 2013. – Vol. 3, No. 11. – P. 1906–1911.

46. Kim S.W., Yoo H.S., Kwon B.H., Kang D.S., Suh M., Jeon D.Y. Organic wavelength converting film based hybrid planar white light emitting diodes // J. Soc. Inform. Display. – 2010. – Vol. 18, No. 12. – P. 1104–1110.

47. Di Martino D., Beverina L., Sassi M., Brovelli S., Tubino R., Meinardi F. Straight-forward fabrication of stable white LEDs by embedding of inorganic UV-LEDs into bulk polymerized polymethyl-methacrylate doped with organic dyes // Sci. Rep. – 2014. – Vol. 4, No. 4400. – P. 1–5.

48. Luridiana A., Pretta G., Chiriu D., Carbonaro C.M., Corpino R., Secci F., Ricci, P.C. A facile strategy for new organic white LED hybrid devices: design, features and engineering // RSC Advances. – 2016. – Vol. 6, No. 26. – P. 22111–22120.

49. Xiang H.F., Yu S.C., Che C.M., Lai P.T. Efficient white and red light emission from GaN/tris-(8-hydroxyquinolato) aluminum/platinum (II) mesotetrakis (pentafluorophenyl) porphyrin hybrid light-emitting diodes // Appl. Phys. Lett. – 2003. Vol. 83, No. 3. – P. 1518–1520.

50. Park J.H., Kim J.Y., Chin B.D., Kim Y.C., Kim J.K., Park O.O. White emission from polymer/quantum dot ternary nanocomposites by incomplete energy transfer // Nanotechnology. – 2004. – Vol. 15, No. 9. – P. 1217–1220.

51. Bowers M.J., McBride J.R., Rosenthal S.J. White-light emission from magic-sized cadmium selenide nanocrystals // J. Amer. Chem. Soc. – 2005. – Vol. 127, No. 44. – P. 15378–15379.

52. Jang E.P., Song W.S., Lee K.H., Yang H. Preparation of a photo-degradation-resistant quantum dot-polymer composite plate for use in the fabrication of a high-stability white-light-emitting diode // Nanotechnology. – 2013. – Vol. 24, No. 4. – P. 045607.

53. Wang M.S., Guo S.P., Li Y., Cai L.Z., Zou J.P., Xu G., ... Guo G.C. A direct white-light-emitting metal-organic framework with tunable yellow-to-white photoluminescence by variation of excitation light // J. Amer. Chem. Soc. – 2009. – Vol. 131, No. 38. – P. 13572–13573.

54. He J., Zeller M., Hunter A.D., Xu Z. White light emission and second harmonic generation from secondary group participation (SGP) in a coordination network // J. Amer. Chem. Soc. – 2012. – Vol. 134, No. 3. – P. 1553–1559.

55. Sava D.F., Rohwer L.E., Rodriguez M.A., Nenoff T.M. Intrinsic broad-band white-light emission by a tuned, corrugated metal-organic framework // J. Amer. Chem. Soc. – 2012. – Vol. 134, No. 9. – P. 3983–3986.

56. Sun C.Y., Wang X.L., Zhang X., Qin C., Li P., Su Z.M., Li J. Efficient and tunable white-light emission of metal-organic frameworks by iridium-complex encapsulation // Nature Comm. – 2013. – 4. – AN2717.



Лапина Виктория Алексеевна, кандидат хим. наук. Окончила в 1975 г. химический факультет Харьковского университета. Ведущий научный сотрудник Института физики им.

Б.И. Степанова НАН Беларуси. Область научных интересов: нанотехнологии и наноматериалы



Першукевич Петр Павлович, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 1973 г. физический факультет БГУ. Старший научный сотрудник Института физики им.

Б.И. Степанова НАН Беларуси. Область научных интересов: молекулярная и атомная физика, спектроскопия



Трофимов Алексей Владиславович, доктор хим. наук. Окончил в 1988 г. факультет молекулярной и химической физики МФТИ. Заведующий лабораторией Института биохимической физики им.

Н.М. Эмануэля РАН. Область научных интересов: люминесценция, фотохимия, окислительный стресс



Трофимова Наталья Николаевна, кандидат биол. наук. Окончила в 1991 г. географо-биологический факультет МОПИ. Старший научный сотрудник Института биохимической физики им.

Н.М. Эмануэля РАН. Область научных интересов: экспериментальная и теоретическая фотофизиология



Цаплев Юрий Борисович, доктор техн. наук, старший научный сотрудник. Окончил в 1977 г. физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Ведущий научный сотрудник Института биохимической физики им.

Н.М. Эмануэля РАН. Область научных интересов: люминесценция, фотохимия

BL Group освещает Садовое кольцо

Холдинг *BL Group* («БЛ ГРУПП») выполнил проектную поставку более 3000 светильников ТМ «*GALAD*» и свыше 500 кронштейнов и опор ТМ «*OPORA ENGINEERING*» для освещения Садового кольца в Москве.

Освещение Садового кольца – знаковый проект для всего холдинга *BL Group* и результат эффективной совместной работы предприятий, входящих в его состав.



Специально для этого проекта конструкторы Холдинга разработали, а Лихославльский завод «Светотехника» изготовил уникальный консольный светильник со светодиодами «*GALAD Волна LED RAL7037*». Компания «БЛ ТРЕЙД» поставила светотехническое оборудование в срок. Все работы были проведены высокопрофессионально и качественно.

Проект был выполнен в рамках программы благоустройства Садового кольца, где переплетается история и современность. В результате реконструкции на исторических зданиях были установлены новые системы архитектурного освещения, а на улицах – прожекторы и современные консольные светильники. 870-летие Москвы самая большая историческая улица в центре столицы встречает новыми огнями.

bl-g.ru
07.09.2017

В 2017 г. рост потребности в СД замедлился

Сильный рост доходов от производства светодиодов (СД), предназначенных для освещения «общего назначения», в период 2007–2014 г. был обусловлен тем, что потребители переходили от освещения лампами накаливания и люминесцентными на освещение СД. Однако снижение цен из-за конкуренции и перехода на менее надёжные недорогие *SMD* (корпусированные) СД серии 2835 привело к падению доходов на 9% в 2015 г. и на 1% в 2016 г.

Ожидается, что с 2017 г., благодаря урегулированию цен, будет наблюдаться рост этих доходов на 3%. В 2017 г. автомобильный и информационный сектора применения *SMD* СД растут теми же темпами, что и сектор освещения, и, согласно прогнозам, в каждом из них доходы будут на \$200 млн выше, чем в 2016 г. Более того, ожидается быстрый рост сельскохозяйственного применения СД, хотя в долларовом выражении он будет ниже, чем в автомобильном, информационном и осветительном секторах.

При этом ожидается, что в 2017 г. доходы от производства *SMD* СД для автомобильной отрасли (в фарах, подфарниках, поворотниках, фонарях заднего хода, салонных светильниках и т.д.) возрастут на 9,2%, с \$1,9 млрд до \$2,1 млрд а для отрасли информационной (в полноцветных дисплеях, видеостенах, дорожных указателях, светофорах и др.) – на 11, 5%, с \$1,8 млрд до \$2,0 млрд.

Рынок сельскохозяйственного применения *SMD* СД не столь велик, но в процентном выражении растёт в 2017 г. даже быстрее автомобильного и информационного.



Что же касается среднегодового темпа роста доходности производства *SMD* СД для освещения, то всё ещё ожидается, что в 2016–2022 г. он будет несколько ниже (6,1%), чем для автомобильной (7,9%) и информационной (8,5%) отраслей.

Производители СД уже не связывают свои успехи исключительно с *SMD* СД для освещения. Сегодня большинство из них уже включили в область своих интересов и автомобильную, и информационную, и сельскохозяйственную отрасли или же собираются это сделать. Эра специализации завершилась: сейчас все занимаются всем.

Для компенсации замедления роста потребности в СД производители увеличивают выпуск ИК- и УФ-диодов для формирования новых источников прибыли. Кроме того, наблюдается начавшаяся несколько лет назад тенденция к постепенной вертикальной интеграции производителей СД, которые начинают продавать СД модули, а иногда и СД лампы.

compoundsemiconductor.net
27.08.2017

Анализ критериев выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников

Г.Я. ВАГИН, Е.Б. СОЛНЦЕВ, О.Ю. МАЛАФЕЕВ¹

Нижегородский государственный технический университет, Н. Новгород

¹ E-mail: omail1@mail.ru

Аннотация

Проведён анализ критериев выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников, которые применяются в отечественной и зарубежной практике. Установлено, что в ГОСТ Р 54993–2012 и ГОСТ Р 54992–2012 содержатся устаревшие критерии определения индексов и классов энергоэффективности источников света и светильников. Они взяты из Директивы ЕС 1998 г. № 98/11/ЕС «Лампы электрические», в которой не учитывались светодиодные источники света и разрядные лампы высокой интенсивности. В новом Регламенте Евросоюза № 874/2012/ЕС по энергетической маркировке электрических ламп и светильников, в котором эти источники света учтены, содержится новая методика определения классов энергоэффективности и введены новые, более высокие классы. В статье проведено сравнение расчётов классов энергоэффективности по ГОСТ Р 54993 и Регламенту № 874/2012/ЕС и установлено, что расчёт по ГОСТ Р 54993 даёт заниженные классы энергоэффективности. Это приведёт к запрету экспорта наших источников света и светильников, дискредитирует качество источников света отечественных производителей и не соответствует правилам ВТО.¹

Ключевые слова: критерии выбора энергоэффективных и высококачественных источников света, классы энергоэффективности, технические критерии, экономические критерии.

1. Введение

В [1] показано, что на российском рынке присутствует большое количество светодиодных источников света и светильников отечественного и зарубежного производства. Технические характеристики многих из них не соответствуют заявленным данным и требованиям по энергоэффективности и качеству продукции. Это говорит о том, что иногда на рынок поступает неаттестованная продукция.

Большой выбор источников света и светильников создаёт большие сложности для покупателей этой продукции. Упростить эту проблему позволяют различные технические и экономические критерии выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников.

2. Критерий выбора энергоэффективных источников света и светильников

Основным критерием выбора энергоэффективных источников света и светильников является их разделение на классы по энергоэффективности (маркировка энергоэффективности).

Маркировка энергоэффективности является основным и наиболее действенным инструментом энергосбережения, движущей силой снижения энергоёмкости валового национального продукта и экологического оздоровления окружающей среды [2]. Маркировка энергоэффективности оборудования – это способ классификации и идентификации однотипных изделий по характеристикам энерго-

потребления с присвоением соответствующего маркировочного знака.

К настоящему времени энергопотребляющее оборудование охвачено маркировкой энергоэффективности более чем в 60 странах мира [3]. Наибольших успехов в этой области добились страны ЕС, в которых эта работа началась в 1992 г. после принятия Директивы 92/75/ЕС.

В 1998 г. в ЕС вышла Директива 98/11/ЕС «Лампы электрические». В ней установлено 7 классов энергетической эффективности ламп (*A, B, C, D, E, F, G*). Класс *A* соответствует максимальной, а класс *G* – минимальной энергетической эффективности ламп при их эксплуатации. Класс энергетической эффективности определяется по индексу энергетической эффективности *EEL*, формулы для расчёта которого приведены в [4, 5].

Попытки введения маркировки энергоэффективности в России предпринимались в конце 90-х годов XX века. В 1999 г. были выпущены три стандарта по энергоэффективности. К сожалению, эти стандарты оказались практически не востребованными, так как не были выработаны механизмы реализации системы маркировки энергоэффективности и не были определены нормативные показатели энергоэффективности энергопотребляющего оборудования.

Работа по маркировке энергоэффективности началась снова после принятия Федерального закона № 261-ФЗ [6]. Постановлением Правительства РФ от 31.12.2009 г. № 1221 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещения заказов на которые осуществляется для государственных и муниципальных нужд» утверждён перечень товаров, в отношении которых устанавливаются требования энергетической эффективности. Источники света входят в этот перечень.

Правила определения производителями и импортёрами класса энергетической эффективности источников света изложены в Приказе Министерства промышленности и торговли РФ № 357 от 29.04.2010 г. Эти правила полностью заимствованы из Директивы 98/11/ЕС. Однако в этой Директиве не учитывались светодиодные источники света и ряд разрядных ламп высокой интенсивности.

¹ В настоящее время разрабатывается проект Технического регламента Таможенного союза «Об информировании потребителя об энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств», в основу которого положен упомянутый в статье Регламент Евросоюза. – Прим. ред.

Классы энергоэффективности некоторых светодиодных источников света

Марка источника света	Мощность измеренная, Вт	Фактический световой поток, лм	Класс энергоэффективности	
			По ГОСТ Р 54993–2012	По Регламенту 874/2012/ЕС
IKEA	13,6	1121	A	A+
КОМТЕХ	9,34	912	A	A+
WOLTA	8,48	673	A	A+
Экономика LED	11,12	815	A	A+
Электромонтаж	9,13	808	A	A+

Кроме вышеуказанного приказа, упомянутые правила изложены в следующих нормативных документах: ГОСТ Р 54992–2012 и ГОСТ Р 54993–2012 [4, 5], причём в ГОСТ Р 54993 утверждается, что он применим и для светодиодных источников света.

За прошедшее с 1998 г. время произошёл бурный рост источников света с высокой световой отдачей, и особенно светодиодных источников света, поэтому 12.07.2012 г. Евросоюз принял новый Регламент № 874/2012/ЕС по энергетической маркировке электрических ламп и светильников [7]. Он охватывает: лампы накаливания, люминесцентные лампы, разрядные лампы высокой интенсивности, светодиодные лампы и светодиодные модули. Изменилась шкала классов энергетической эффективности (A++, A+, A, B, C, D, E) и формулы для определения индексов энергетической эффективности. Кроме этого введён ещё один критерий энергоэффективности – расход электроэнергии источником света в кВт·ч за 1000 ч его работы (W_c). Определение индексов энергоэффективности производится по выражениям, приведённым в [7].

В табл. 1 приведены результаты расчётов классов энергоэффективности для 5 лучших светодиодных источников света с поколем E27 из [1]. Расчёт проведён по ГОСТ Р 54993 и по Регламенту ЕС № 874/2012.

Как видно из табл. 1, расчёт класса энергоэффективности по существующим в России нормативным документам даёт заниженные результаты по сравнению с Регламентом 874/2012/ЕС. Это затруднит экспорт наших источников света и дискредитирует качество отечественных источников света.

3. Технические критерии выбора высококачественных источников света и светильников

В [1] использован интегральный критерий для определения качества источников света и светильников:

$$K_0 = \frac{\Phi_v \cdot R_a \cdot \cos \varphi \cdot (100 - K_n)}{P \cdot T_{\text{кл}} \cdot C}, \quad (1)$$

где Φ_v – световой поток осветительного прибора, лм; R_a – общий индекс цветопередачи; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; K_n – коэффициент пульсации светового потока, %; P – потребляемая мощность осветительного прибора, Вт; $T_{\text{кл}}$ – коррелированная цветовая температура, К; C – стоимость лампы, руб.

По данному критерию имеются следующие замечания:

1. Нельзя в одном выражении смешивать технические и экономические критерии, так как можно получить неожиданные результаты. Например, в [1] сделан вывод «анализ показал, что лампы с лучшими параметрами дешевле ламп низкого качества». Хотя общеизвестно, что продукция высокого качества всегда дороже продукции низкого качества.

2. Данный критерий нельзя применять для сравнения светодиодов холодного-белого и тёпло-белого света (т.е. с разной $T_{\text{кл}}$), так как отличаются области их применения.

В [8] предлагается объединить требования энергоэффективности и качества светотехнической продукции и разработать два вида стандартов:

1. Минимальные стандарты энергоэффективности (MEPS);

2. Высокие стандарты энергоэффективности (HEPS).

Минимальные стандарты энергоэффективности будут устанавливать пороговые уровни технических характеристик источников света и светильников.

Максимальные стандарты энергоэффективности должны устанавливать более высокие уровни энергоэффективности для разработки более перспективных источников света и светильников.

По мнению авторов, данные стандарты должны содержать:

1. Требования к энергетической эффективности ламп и светильников;

2. Требования к эксплуатационным характеристикам ламп и светильников.

Требования по энергоэффективности должны соответствовать международной практике, принятой в ВТО. Это маркировка источников света и светильников. В её основу надо положить Регламент № 847/2012/ЕС.

Одновременно необходимо решить проблему правового статуса этих стандартов. Закон «О техническом регулировании» перевёл все стандарты в разряд добровольного применения. Чтобы стандарт перешёл в разряд обязательного применения, на него должны быть ссылка в «Техническом регламенте». За 14 лет существования закона «О техническом регулировании» не разработано ни одного Технического регламента, охватывающего светотехнические характеристики.

В странах ЕС стандарты также применяются на добровольной основе, но кроме них имеются документы обязательного применения, в которых указано на какие стандарты надо ориентироваться. Это:

Удельные показатели офисных ОП

Осветительный прибор и лампа	Лампа		Светильник		Мощность ОП (с учетом потерь в ПРА), Вт	Световой поток ОП, лм	Срок службы ОП, Т _{сл} , ч
	Мощность, Вт	Стоимость, С _л , руб.	КПД, %	Стоимость, С _{св} , руб.			
ЛВО10–4x18–021 Rastr и T8 L 18/840 G13	4x18	42,44	66	1968	86	3168	13000
ЛВО10–4x18–031 Rastr и T8 L 18/840 G13 LUMILUX	4x18	58,59	66	2094	79,2	3564	20000
ЛВО10–4x14–031 Rastr HF и T5 FH 14/840 G5	4x14	122,31	71	2405	61,6	3834	24000
ДВО11–42–001* Frost 840	-	-	-	6996	38	3712	50000

* Светильник с СД представляет собой неразборный светильник. В расчете С_л принимается равной С_{св}

1. Регламенты, которые являются полностью обязательными и прямо применяются во всех государствах – членах ЕС.

2. Директивы, которые являются обязательными для государств – членов ЕС в части результатов, которые должны быть достигнуты и подлежат отражению в национальной правовой базе.

Данные документы утверждаются Европейским парламентом и Советом ЕС. Такое техническое регулирование позволило странам ЕС добиться больших успехов в продвижении энергоэффективного оборудования, в том числе в системах освещения. Так с 2008 по 2013 гг. объём установленных ламп накаливания сократился в 2,85 раза, количество КЛЛ увеличилось в 1,6 раза, а светодиодных ламп – в 72 раза [9].

Учитывая создание Таможенного союза и сложности согласования нормативных документов между членами этого союза, следует учесть опыт ЕС. Практика установления требования энергетической эффективности с помощью Постановлений Правительства РФ в условиях Таможенного союза себя не оправдывает, так как эти Постановления не распространяются на других членов союза.

Исследования [10–12] показывают, что все газоразрядные и светодиодные источники света создают при работе высшие гармоники тока. Наибольшие высшие гармоники создают

компактные люминесцентные и светодиодные источники света, в устройствах управления которых отсутствуют корректоры коэффициента мощности (ККМ). Анализ данных таблиц из [1] показывает, что большинство источников света, присутствующих на российском рынке, не имеют ККМ, т.е. они генерируют большие уровни гармоник и имеют низкие коэффициенты мощности.

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», все технические средства, создающие электромагнитные помехи, должны соответствовать стандартам по электромагнитной совместимости. Оценка этого соответствия приведена в ГОСТ Р 56029–2014 [13].

Требования по допустимым уровням высших гармоник тока, генерируемых источниками света, изложены в ГОСТ 30804.3.2–2013 [14]. В связи с этим в эксплуатационные характеристики ламп и светильников (наряду с Φ_v , R_a , $\cos \varphi$, $K_{п}$, P , $T_{кл}$, $U_{ном}$ и классом энергоэффективности) необходимо включать сведения об их соответствии требованиям ГОСТ 30804.3.2. В ЕС соответствие источников света требованиям по электромагнитной совместимости обозначают знаком **CE**. Этот знак наносится как на упаковку источников света и светильников, так и на сами источники света и светильники.

4. Оценка экономической эффективности внедрения энергоэффективных источников света.

При замене источников света и светильников на энергоэффективные наряду с техническими критериями важное значение имеет оценка экономической эффективности такой замены. Для оценки экономической эффективности внедрения новой продукции при значительной разнице их жизненного цикла в международной практике широко используют методику «стоимости жизненного цикла продукции» (СЖЦП) [15–18]. Это позволяет выбрать наиболее экономичную продукцию при больших сроках её жизненного цикла

В соответствии с ГОСТ Р 27.202–2012 [15], оценка СЖЦП – это процесс экономического анализа с целью определения суммарной стоимости приобретения, владения и утилизации продукта.

В качестве срока жизни для определения величины СЖЦП осветительных приборов (ОП) рекомендуется 20 лет [16]. Жизненный цикл включает в себя следующие стадии:

- приобретение;
- установку, монтаж и наладку;
- эксплуатацию, техническое обслуживание;
- списание и утилизацию.

Стоимость жизненного цикла для интервала, равного сроку службы ОП,

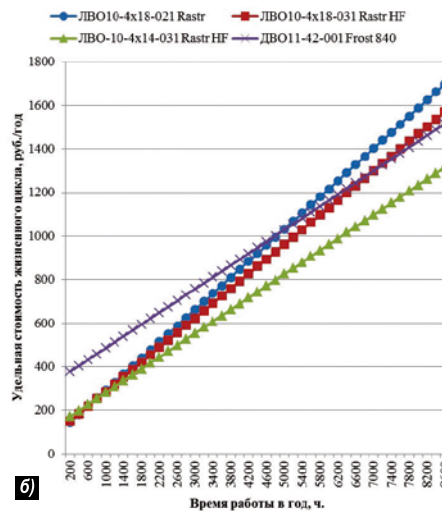
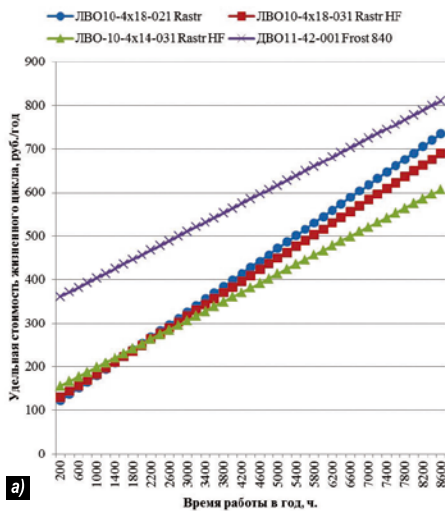


Рис. 1. Стоимость жизненного цикла ОП:
а) при уровне инфляции 5%,
б) при уровне инфляции 10%

можно определить по формуле [17, 18]:

$$\text{СЖЦП} = \text{Ц}_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (\text{И}_t + \Delta\text{К}_t + \text{Л}_t) \alpha_t, \quad (2)$$

где $\text{Ц}_{\text{пр}}$ – затраты, связанные с приобретением, монтажом и наладкой ОП; И_t – годовые эксплуатационные расходы, связанные с затратами на электроэнергию, $\Delta\text{К}_t$ – сопутствующие затраты, связанные с заменой вышедших из строя ламп; Л_t – ликвидационная стоимость, т.е. стоимость утилизации вышедших из строя ламп, содержащих ртуть; α_t – коэффициент дисконтирования; T – срок жизни.

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+r)^T}, \quad (3)$$

где r – реальная процентная ставка, отн. ед.:

$$r = \frac{E_n - b}{1 + b}, \quad (4)$$

а E_n – номинальная ставка дисконтирования, отн. ед.; b – уровень инфляции, отн. ед.

Годовые эксплуатационные расходы, связанные с затратами на электроэнергию, определяются по формуле:

$$\text{И}_t = C_{\text{эз}} \cdot W_{\text{эз}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{эз}}$ – стоимость электроэнергии в начальный период, руб./кВт·ч; $W_{\text{эз}}$ – величина потребляемой электроэнергии в год, кВт·ч.

Годовые сопутствующие затраты, связанные с заменой вышедших из строя ламп:

$$\Delta\text{К}_t = C_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{сл}}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{л}}$ – стоимость лампы, руб.; $N_{\text{л}}$ – количество ламп, шт.; $T_{\text{р}}$ – время работы системы освещения в год, ч; $T_{\text{сл}}$ – нормированный срок службы лампы, ч.

Годовые затраты на утилизацию содержащих ртуть ламп:

$$\text{Л}_t = C_{\text{утил}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{сл}}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{утил}}$ – стоимость утилизации лампы, руб.

Критерием сравнения стоимости жизненного цикла ОП является величина удельной стоимости за 1 год работы [19]:

$$\frac{\text{СЖЦП}}{T} = \frac{\text{Ц}_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (\text{И}_t + \text{К}_t + \text{Л}_t) \cdot \alpha_t}{T}, \quad (8)$$

Для примера был проведен расчёт стоимости жизненного цикла следующих ОП:

1) светильник ЛВО10–4x18–021 Rastr компании ОАО «АСТЗ» с электромагнитным ПРА и с люминесцент-

ными лампами OSRAM T8 L 18/640 G13;

2) светильник ЛВО10–4x18–031 Rastr HF компании ОАО «АСТЗ» с электронным ПРА и с люминесцентными лампами OSRAM T8 L 18/840 G13 LUMILUX;

3) светильник ЛВО10–4x14–031 Rastr HF компании ОАО «АСТЗ» с электронным ПРА и с люминесцентными лампами OSRAM T5 FH 14/840 G5;

4) светильник с СД ДВО11–42–001 Frost 840 компании ОАО «АСТЗ».

В табл. 2 приведены характеристики этих ОП. Источниками данных послужили прайс-лист и информация с официального сайта ОАО «АСТЗ» [20], а также данные интернет-магазина «Электрик» [21].

Используя выражения (2)–(8) и характеристики, приведённые в табл. 2, а также варьируя число часов работы системы освещения в год, были получены зависимости стоимости удельного жизненного цикла ОП, приведённые к году (рис. 1). Стоимость электроэнергии принята равной 5,04 руб./кВт·ч (Нижегородский регион), номинальная ставка дисконтирования 15%, уровень инфляции 5 и 10%. Стоимость утилизации ртуть-содержащих ламп принята равной 17 руб./шт. в соответствии с прайс-листом фирмы, предоставляющей данные услуги в г. Н. Новгород [22].

5. Выводы

1. При выборе энергоэффективных и высококачественных источников света необходимо использовать как технические, так и экономические критерии.

2. Для выбора энергоэффективных источников света и светильников в соответствии с международной практикой необходимо использовать классы энергоэффективности, соответствующие международным нормам.

3. Следует пересмотреть ГОСТ Р 54992–2012 и ГОСТ Р 54993–2012, так как в них заложена устаревшая методика установления классов энергоэффективности источников света и светильников.

4. Для выбора высококачественных светильников, кроме основных технических критериев, приведённых в ГОСТ Р 54350–2011, в документации, представляемой потребителю, необходимо указывать их соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.

5. В качестве экономического критерия выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников предлагается критерий «стоимость жизненного цикла».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчёт о выполнении проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции» // Светотехника. – 2016. – № 1. – С. 69–86.

2. *Наумов А.Л.* Маркировка энергоэффективности инженерного оборудования как основной инструмент энергосбережения // Энергосбережение. – 2008. – № 3. – С. 4–21.

3. Использование маркировки инженерного оборудования зданий при разработке мероприятий по повышению энергетической эффективности при проведении энергоаудита объектов различного назначения: учебно-справочное пособие / Г.Я. Вагин, Н.Н. Головкин, А.М. Мамонов и др.; под ред. Е.А. Зенютича. – Н. Новгород: ООО Растр-НН, 2014. – 256 с.

4. ГОСТ Р 54993–2012. Лампы бытовые. Показатели энергетической эффективности. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.

5. ГОСТ Р 54992–2012. Лампы бытовые. Методы определения энергетической эффективности. – М.: Стандартинформ, 2013. – 6 с.

6. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

7. Commission delegated regulation (EU) No 874/2012 of 12 July 2012 supplementing

Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of electrical lamps and luminaires.

8. *Шевченко А.С.* Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника. – 2014. – № 1–2. – С. 112–117.

9. Анализ состояния и перспектив рынка светотехнической продукции в странах-участниках Евразийского Экономического союза (ЕАЭС) / Программа Развития Организации Объединённых Наций (ПРООН), 2015. – 78 с.

10. Исследование высших гармоник тока, генерируемых энергосберегающими источниками света / Г.Я. Вагин, А.А. Севостьянов, Е.Б. Солнцев и др. // Промышленная энергетика. – 2014. – № 6. – С. 51–55.

11. *Манторски З.* Гармонические искажения в сети от источников света, управляемых электронными приборами // Светотехника. – 2008. – № 2. – С. 30–33.

12. *Мазумдар С., Мандал Р.С., Мухерджи А. и др.* Коэффициент мощности и гармонический анализ компактных люминесцентных ламп со встроенным ПРА // Светотехника. – 2010. – № 1. – С. 32–37.

13. ГОСТ Р 56029–2014. Оценка соответствия. Порядок обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям Технического регламента Таможенного Союза «Электромагнитная совместимость технических средств». М.: Стандартинформ, 2015. – 58 с.

14. ГОСТ 30804.3.2–2013 (IEC61000-3-2:2009). Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний.

15. ГОСТ Р 27.202–2012 (IEC60300-3-3). Надёжность в технике. Управление надёжностью. Стоимость жизненного цикла. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

16. *Вагин Г.Я.* Энергосбережение в бюджетной сфере: учебное пособие для энергоменеджеров // Н. Новгород: НГТУ, 2010. – 145 с.

17. *Perera, O., Morton, B., Perfrement, T.* Life Cycle Costing. A Question of Value / International Institute for Sustainable Development (IISD). URL: ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/WP-LifeCycleCosting_qx.pdf (дата обращения: 20.05.2017).

18. *Бенуж А., Казейкин В., Подшиваленко Д.* Методические рекомендации по расчёту стоимости жизненного цикла. URL: naiz.org/news/Podshivalenko.pdf (дата обращения: 20.05.2017).

19. *Вагин Г.Я., Солнцев Е.Б., Терентьев П.В., Малафеев О.Ю.* Методика экономического выбора осветительных прибо-

ров на основе «стоимости жизненного цикла» // Инженерный вестник Дона, № 2, ч. 2 (2015). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3040 (дата обращения: 20.05.2017).

20. Освещение общественных помещений. Каталог продукции // ОАО «Ардаговский светотехнический завод». URL: <http://www.astz.ru/ru-production/public/> (дата обращения: 20.05.2017).

21. Лампы люминесцентные. Интернет-магазин // Интернет-магазин «Электрик». URL: <https://svetelektro.net/section-lamp/energy-saving-fluorescent-lamps>.

22. Утилизация ртутьсодержащих отходов и люминесцентных ламп. // ООО «Эко-Логика». URL: ecologika-nn.ru/lampy (дата обращения: 20.05.2017).



Вагин Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского

государственного технического университета. Эксперт Аналитического центра при Правительстве РФ. Окончил Горьковский политехнический институт в 1965 г.



Солнцев Евгений Борисович, к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного

технического университета. Окончил Горьковский политехнический институт в 1977 г.



Малафеев Олег Юрьевич, ассистент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного

технического университета. Окончил Нижегородский государственный технический университет в 2010 г.

Измерения показателя поглощения морской воды с помощью интегрирующей сферы

Д.И. ГЛУХОВЕЦ¹, С.В. ШЕБЕРСТОВ¹, О.В. КОПЕЛЕВИЧ¹,
А.Ф. ЗАЙЦЕВА², С.И. ПОГОСЯН²

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН),

² МГУ им. М.В. Ломоносова (МГУ), Москва

Email: glukhovets@ocean.ru

Аннотация

Рассматриваются практические вопросы оперативного определения показателя поглощения морской воды с использованием интегрирующей сферы: методики измерений и обработки данных, калибровка по эталонному раствору. Выполнены численные эксперименты методом Монте-Карло для оценки влияния особенностей используемого прибора (отсутствие сферической симметрии и наличие зеркальной компоненты отражения, связанной с кварцевой оболочкой) на независимость результатов определения показателя поглощения от рассеивающих свойств среды. Приведены примеры результатов использования предложенной методики в условиях морской экспедиции.

Ключевые слова: поглощение света, интегрирующая сфера, метод Монте-Карло, морская вода

1. Введение

Показатель поглощения – один из основных параметров, определяющих распространение светового излучения в водной среде, в том числе ослабление с глубиной нисходящего потока солнечного излучения, условия наблюдения и дальность видимости подводных объектов при естественном и искусственном освещении [1]. Однако до сих пор определение спектрального показателя поглощения в слабо поглощающей светорассеивающей среде, каковой является морская вода в большей части видимой области спектра, – непростая задача, в основном, из-за необходимости учёта влияния рассеяния [2].

В последние два десятилетия активно развиваются так называемые *ICAM* (*Integrated Cavity Absorption Meter*) технологии, в которых исследуемая природная вода помещается внутрь интегрирующей сферы [3–5].

Применение такого подхода позволяет избежать проблем, связанных со светорассеянием, и повышать чувствительность, благодаря многократному отражению света внутри сферы. Однако для определения абсолютных значений показателя поглощения необходимо знать эффективную длину пути фотонов при их многократном отражении.

Идея метода интегрирующей сферы появилась ещё в 1950-х годах и была реализована в лабораторных условиях [6]. В 1970-х годах теоретические и экспериментальные исследования фотометрического шара, целиком заполняемого поглощающей и светорассеивающей средой, были выполнены во ВНИСИ [7], где были созданы опытные образцы прибора для раздельного измерения показателей поглощения и рассеяния мутными средами.

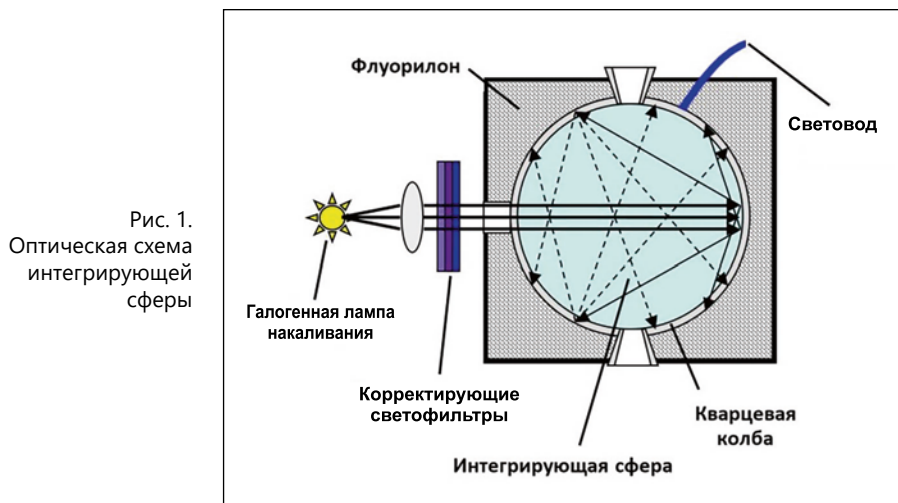
В нашей статье проблема определения абсолютных значений показателя поглощения морской воды рассматривается с учётом особенностей (отсутствие сферической симметрии и наличие зеркальной компоненты отражения, связанной с кварцевой оболочкой) портативного спектрофотометра *ICAM*, разработанного на кафедре биофизики биологического факульте-

та МГУ [8]. С помощью этого прибора были выполнены измерения в экспедиционных условиях на пробах морской воды в Балтийском, Норвежском и Баренцевом морях. В статье показаны результаты применения разработанной методики.

2. Аппаратура и методика измерений

2.1. Спектрофотометр *ICAM*

Оптическая схема спектрофотометра *ICAM* приведена на рис. 1 [8]. Источником излучения служит стабилизированная по напряжению галогенная лампа накаливания мощностью 100 Вт. Коллимированный световой пучок проходит через комбинацию корректирующих цветных светофильтров ПС-5, ПС-14 и СЗС-17, которые частично нивелируют наличие низкой световой отдачи лампы в синей и фиолетовой частях спектра. После светофильтров пучок направляется в интегрирующую сферу – сферическую кварцевую колбу радиусом $R = 40$ мм с толщиной стенки 1,5 мм, помещённую внутрь сферы, изготовленной из флуорилона (*Fluorilon 99-WTM*). Излучение, многократно рассеянное в сфере, выводится через кварцевый световод диаметром 600 мкм на спектрометр *Ocean Optics USB4000*. Световод вмонтирован в корпус спектрофотометра *ICAM* под углом 110° к оси указанного светового пучка. Таким образом, спектрометром регистрируются только фотоны, испытавшие многократное рассеяние. Изотропия многократного рассеяния позволяет исключить его влияние на измерения уровня поглощения (п. 3).



Для определения спектрального показателя поглощения морской воды $a_{sw\lambda}$ измеряются величины (далее – спектральные плотности интенсивности (СПИ) пропорциональные световым потокам, выходящим из сферы, заполненной морской водой, $I_{sw}(\lambda)$, пустой, $I_s(\lambda)$, или заполненной дистиллированной водой, $I_d(\lambda)$).

Ошибка воспроизводимости измерений связана с двумя основными причинами – временным дрейфом яркости лампы и темновым шумом спектрометра. Неустрашимый темновой шум спектрометра *Ocean Optics USB4000* не превышает 50 условных единиц СПИ при максимальных измеряемых СПИ в 63 999 единиц. Цикл измерений занимает порядка 15 мин (рис. 2). За это время СПИ лампы, выведенной в рабочий режим, снижались примерно на 175 единиц. Соответственно, случайная ошибка измерений составляла порядка 0,35%.

2.2. Калибровка

Для определения значений параметров, необходимых для расчёта показателя поглощения по данным измерений, была выполнена калибровка по раствору зелени бриллиантовой («зелёнки»). В качестве эталонных использовались данные измерений на двухлучевом спектрометре *SPECORD M400* в конфигурации с кюветами. Рабочий спектральный диапазон длин волн этого прибора – 185–900 нм, погрешность по длине волны – не более $\pm 0,3$ нм, а фотометрическое разрешение – не более $\pm 0,003$ единиц поглощения (*ABS*) при *ABS* < 1.

Для приготовления раствора использовалась чистая вода, полученная методом обратного осмотической фильтрации. Концентрация раствора была подобрана таким образом, чтобы, с одной стороны, она обеспечивала достаточную точность измерения поглощения красителем, а с другой, чтобы при измерениях выполнялось условие однократного рассеяния. Измерения проводились по двухлучевой схеме: в опорный канал помещалась кювета с чистой водой, в измерительный – сначала кювета с водой (для получения «нулевой линии»), а затем раствор зелёнки. Вода некоторое время отстаивалась, чтобы из неё вышли пузырьки газов, способные усилить рассеяние. Зелёнка флуоресцирует с $\lambda_{max} \approx 660$ нм [9], что совпадает с резким спадом по-

Рис. 2. Измерение показателя поглощения морской воды в судовой лаборатории (морская экспедиция, июль 2016 г.). Слева внизу – спектрофотометр *ICAM*, справа – фильтрационная установка



глощения, поэтому проявлений флуоресценции замечено не было.

Спектр поглощения зелёнки рассчитывался по формуле:

$$a_{gr\lambda} = \frac{1}{l} \left(\ln \frac{I_0^{Sp}(\lambda)}{I_{gr}^{Sp}(\lambda)} \right),$$

где $a_{gr\lambda}$ – спектральный показатель поглощения зелёнки, $l = 0,05$ м – длина

кюветы, $I_0^{Sp}(\lambda)$ – СПИ при измерении

«нулевой линии» (когда обе кюветы заполнены дистиллированной водой),

$I_{gr}^{Sp}(\lambda)$ – СПИ при измерении с кали-

бровочным раствором зелёнки.

Измерения выполнялись сериями по пять спектров, в два цикла, результаты усреднялись. Погрешность измерения оптической плотности спектрометром *SPECORD M400* составляет 0,3%, что с учётом длины кювет даёт погрешность измерений a_λ в $0,06$ м⁻¹.

3. Моделирование распространения света в интегрирующей сфере методом Монте-Карло

Отношение $I_{sw}(\lambda)/I_s(\lambda)$ (п. 2.1) зависит не только от спектрального показателя поглощения a_λ , но и от спектральных коэффициентов отражения внутренней поверхности $\rho_{sw\lambda}$ и $\rho_{s\lambda}$ в вышеуказанных случаях. Для реального прибора *ICAM* эти параметры зависят от отношений показателей преломления на границах внутренних оболочек сферы (морская вода – кварц и кварц – флуорилон), толщины кварцевых стенок колбы, диаме-

тра и положения выходного отверстия, отражательных свойств флуорилона. Для оценки влияния этих параметров было выполнено моделирование распространения света в *ICAM* методом Монте-Карло. Применялся простейший вариант этого метода – прямое (аналоговое) моделирование [10, 11]. Для каждого фотона моделировались процессы поглощения и рассеяния в среде, преломление и отражение на границах кварц – внутренность сферы и кварц – флуорилон, поглощение во флуорилоне, выход из сферы через световод.

3.1. Численные эксперименты и интерполяционная формула

Модельные расчёты при разных значениях вышеперечисленных параметров *ICAM*, при условии $a_\lambda R \leq 0,1$, показали, что во всех случаях результаты для отношения $f(a_\lambda) = I(\lambda)/I_0(\lambda)$, где $I_0(\lambda)$ и $I(\lambda)$ – входная и выходная СПИ, полученные методом Монте-Карло, с хорошей точностью аппроксимируются формулой

$$f(a_\lambda) = k / (1 + ua_\lambda)^v, \quad (1)$$

где $k = f(0)$, а параметры u и v подгоняются под результаты расчёта методом наименьших квадратов. Ранее аналогичная формула с небольшим отличием использовалась в работе [12].

Для всех выполненных расчётов среднеквадратичная ошибка по формуле (1) не превышала ошибки по методу Монте-Карло; проведённые расчёты показали относительную ошибку порядка 10^{-3} .

Эффект рассеивающих свойств среды. Один из важнейших – вопрос о границах применимости предполо-

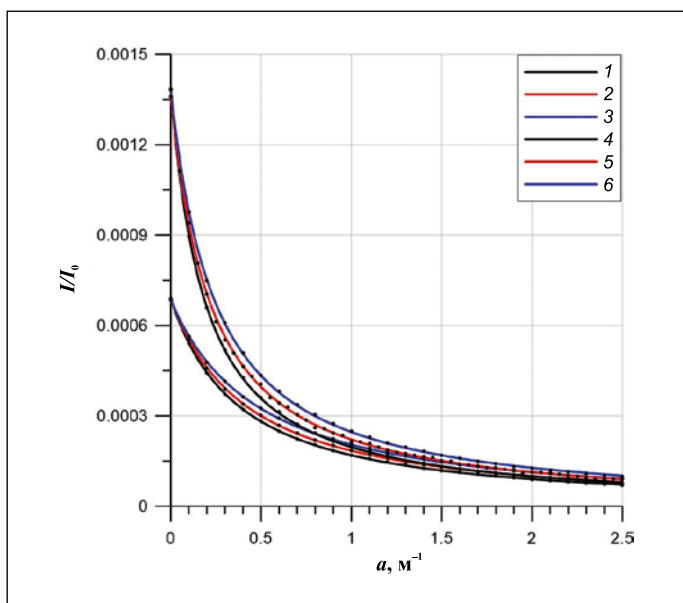


Рис. 3. Сравнение результатов расчёта при различных значениях коэффициента отражения и относительного показателя преломления флуорилона:
 1, 2, 3 – $\rho_s = 0,98$; 4, 5, 6 – $\rho_s = 0,99$; 1, 4 – $n_w = n_f = n_q$; 2, 5 – $n_w = 1,34$, $n_q = 1,45$, $n_f = 1,35$; 3, 6 – $n_w = 1,34$, $n_q = n_f = 1,45$. Сплошные линии – расчёт по формуле (1), точки – расчёт по методу Монте-Карло

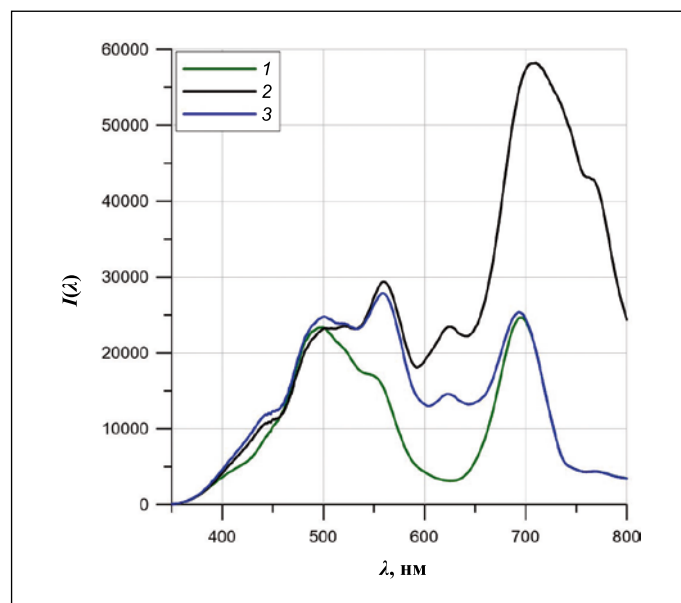


Рис. 4. Результаты экспериментов с раствором красителя (1), пустой сферой (2) и дистиллятом (3)

жения о независимости функции $f(a_\lambda)$ от рассеивающих свойств заполняющей сферу среды. Как показано в работах [3, 4], для сферически симметричной системы с ламбертовским отражением на стенках это предположение выполняется с хорошей точностью. В нашем случае система, строго говоря, не сферически симметрична, и отражение от поверхности при наличии кварцевой оболочки не вполне ламбертовское, даже считая таковым отражение от флуорилона. В связи с этим были выполнены модельные расчёты для интегрирующей сферы без кварцевой оболочки, в предположении, что отражение от внутренней поверхности содержит зеркальную составляющую, а среда, заполняющая сферу, рассеивающая.

Для моделирования рассеяния использовались известная индикатриса Хенли-Гринштейна и показатель рассеяния исследуемой среды (см. ниже). Отражение от поверхности моделировалось функцией

$$r(\mu_r, \phi_r; \mu_i, \phi_i) = \rho_s \left\{ \begin{aligned} & p \delta(\mu_i + \mu_r) \delta(\phi_r - \phi_i) + \\ & + (1 - p) \mu_i / \pi \end{aligned} \right\},$$

где μ_i и μ_r – косинусы зенитных углов падающего и отражённого лучей, ϕ_i

p – относительная доля зеркальной составляющей. Первое слагаемое в фигурных скобках описывает зеркальное, а второе – ламбертовское отражение. Моделирование проводилось в широком диапазоне параметров: показатель рассеяния – 0 и 5 m^{-1} , средний косинус угла рассеяния – 0 и 0,9 и показатель поглощения – от 0 до 2,5 m^{-1} .

Расчёт при $p = 0,1$ показал пренебрежимо малое влияние рассеивающих свойств среды; влияние рассеяния становится значимым только при $p \geq 0,5$.

Для проверки предположения о независимости функции $f(a_\lambda)$ от рассеивающих свойств среды были выполнены расчёты для интегрирующей сферы с кварцевой оболочкой толщиной 1,5 мм (п. 2.1). Результаты расчётов показали – вклад зеркальной составляющей при отражении на границах несущественен и предположение о независимости результатов измерения показателя поглощения от параметров рассеяния можно считать оправданным.

Влияние френелевского преломления и отражения. Рассмотрим вопрос о возможности простого учёта влияния френелевского преломления и отражения от внутренней поверхности сферы (исследуемая среда: кварц и кварц-флуорилон) на результат измерения с помощью спектрофотоме-

и ϕ_r – соответствующие азимутальные углы, δ – функция Дирака,

тра *ICAM*. Другими словами, можно ли для каждого возможного набора показателей преломления ввести понятие эффективного коэффициента отражения поверхности так, чтобы формула (1) стала, по существу, однопараметрической.

Зависимость результата измерения от относительных показателей преломления (ОПП) воды, кварца и флуорилона показана на рис. 3. Чёрные кривые соответствуют предположению, что ОПП всех трёх сред совпадают, синие – что ОПП воды $n_w = 1,34$, ОПП кварца $n_q = 1,45$ и ОПП флуорилона $n_f = 1,35$, а зелёные – что $n_f = 1,45$.

Из рис. 3 видно, что зависимость функции $f(a_\lambda)$, а именно параметров u и v , в формуле (1), от ОПП весьма существенна. Параметр k , т.е. $f(0)$, зависит только от спектрального коэффициента отражения флуорилона $\rho_{s\lambda}$, тогда как при $a_\lambda > 1$ влияние преломления может быть существеннее отражения от флуорилона.

3.2. Расчётные формулы

Спектральная зависимость показателя поглощения исследуемой жидкости, полученная обращением форму-

$$\text{лы (1), } a_\lambda = \left\{ \left[k I_0(\lambda) / I(\lambda) \right]^{1/\nu} - 1 \right\} / u,$$

содержит входную СПИ $I_0(\lambda)$. Для исключения этой величины выполняются измерения с пустой сферой, для которой справедливо равенство $I_s(\lambda) = k_s I_0(\lambda)$. Откуда следует:

$$a_{\lambda} = \left\{ \left[\left(k / k_s \right) I_s(\lambda) / I(\lambda) \right]^{1/v} - 1 \right\} / u, \quad (2)$$

где I – спектральная зависимость сигнала для исследуемого водного раствора (в частности, морской воды), k – коэффициент для жидкости с показателем преломления воды.

Другой метод калибровки спектрофотометра *ICAM* основан на использовании водного раствора с таким же показателем преломления, как у морской воды, и с известным показателем поглощения. Например, можно использовать чистую воду, для которой известна спектральная зависимость $a_{d\lambda}$ [13]. В этом случае k не входит в расчётную формулу:

$$a_{sw\lambda} = \left\{ \left[I_d(\lambda) / I_{sw}(\lambda) \right]^{1/v} \times \left\{ \times (1 + u a_{d\lambda}) - 1 \right\} \right\} / u, \quad (3)$$

где, напомним (п. 2.1), $I_d(\lambda)$ – измеренная СПИ в эксперименте с эталонным раствором (дистиллятом).

Эксперимент с красителем бриллиантовый зелёный («зелёнка»). Параметры k , k_s , u , v в расчётных формулах (2) и (3) могут рассчитываться методом Монте-Карло, если известны параметры *ICAM*. Однако не все эти параметры известны, что особенно касается коэффициента отражения и показателя преломления флуориллона. Для подгонки этих параметров был выполнен эксперимент с зелёной и прибором *SPECORD* (п. 2.2).

В эксперименте с зелёной известными являются: $a_{gr\lambda}$ – измеренные прибором *SPECORD* спектральные показатели поглощения красителя; $I_{gr}(\lambda)$, $I_d(\lambda)$ и $I_s(\lambda)$ – СПИ в экспериментах, соответственно, с раствором красителя, дистиллятом и пустой сферой (рис. 4).

Для калибровки прибора были рассчитаны параметры k ($0,76 \cdot 10^{-3}$), u (1,911) и v (1,27), предполагая, что ОПП $n_w=1,34$, $n_q=1,45$ и $n_f=1,45$. Значение $0,66 \cdot 10^{-3}$ параметра k_s подобрано из условия, что рассчитываемые по (2) значения a_{λ} совпадают с измеряемыми прибором *SPECORD*, а $a_{d\lambda}$ положительны и не очень сильно отличаются от данных работы [13].

Значения $a_{gr\lambda}$ и $a_{d\lambda}$ вычислялись по формуле (2), при этом $a_{gr\lambda} = a_{sol\lambda} - a_{d\lambda}$, где $a_{sol\lambda}$ – a_{λ} раствора красителя. Ре-

Рис. 5. Спектры поглощения, рассчитанные по данным эксперимента с красителем: 1 – раствор красителя; 2 – дистиллят; 3 – краситель (по показаниям *ICAM*); 4 – краситель (по показаниям *SPECORD*); 5 – чистая вода по данным [13]

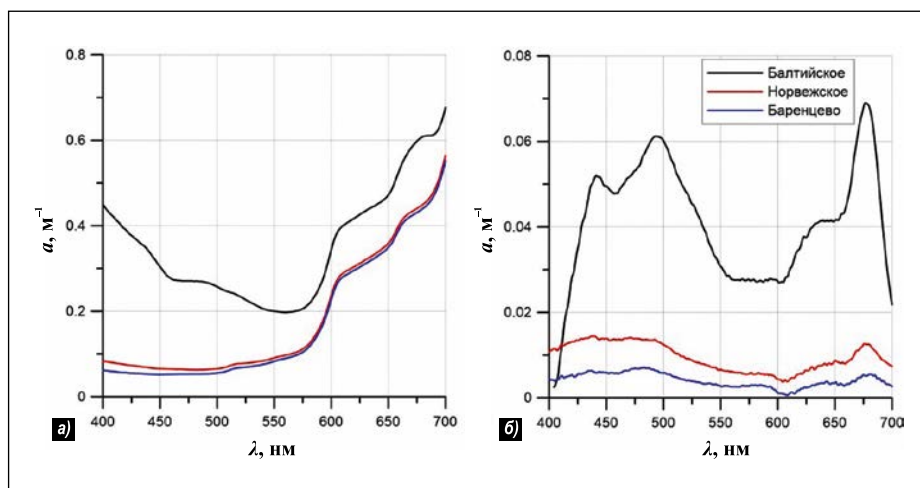
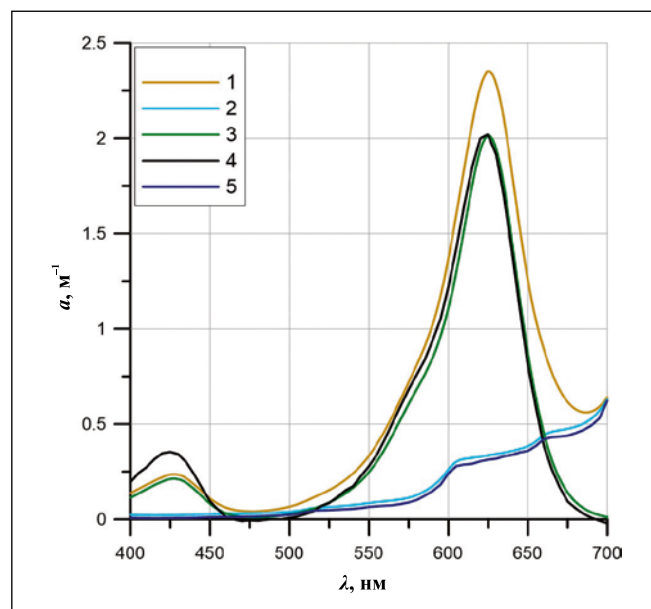


Рис. 6. Спектры поглощения морской воды (а) и частиц (б). Балтийское, Норвежское и Баренцево моря. Июнь-июль 2016 г.

зультаты расчёта приведены на рис. 5. Абсолютная ошибка определения a_{λ} , по нашим оценкам, составляет 0,05–0,06 m^{-1} и определяется главным образом погрешностями измерений.

4. Результаты натуральных измерений

Измерения a_{λ} морской воды ($a_{sw\lambda}$) с помощью спектрофотометра *ICAM* выполнялись в рейсе научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» из Калининграда в Архангельск с 29 июня по 9 июля 2016 г. На рис. 6, а показаны полученные результаты. Как видно, в Балтийском море значения показателя поглощения существенно выше, чем в Норвежском и Баренцевом. На рис. 6, б приведены примеры измеренных a_{λ} взвешенных в воде частиц, которые рассчитыва-

лись как разность измеренных значений $a_{sw\lambda}$ до и после фильтрации морской воды через фильтр с размером пор 0,4 мкм.

Кривая $a_{sw\lambda}$ для Балтийского моря интересна тем, что на ней видны проявления цветения сине-зелёных водорослей (цианобактерий). Оно проявляется в виде пика, соответствующего поглощению в широкой полосе с λ_{max} около 620 нм пигмента-маркера цианобактерий – фикоцианина, а λ_{max} около 675 нм соответствует полосе поглощения фотосинтезирующего пигмента хлорофилла «а». Эти проявления согласуются с прямыми определениями видового состава фитопланктона, выполненными в лаборатории позже. На спектрах поглощения в Норвежском и Баренцевом морях эти особенности отсутствуют.

5. Заключение

Предложенная методика позволяет оперативно определять спектры поглощения морской воды (a_{swl}) с помощью спектрофотометра *ISAM* в условиях морских экспедиций. Требуется проведение двух измерений – со сферой, заполненной морской водой, и пустой. Предварительно должна быть выполнена однократная калибровка прибора с помощью эталонного водного раствора.

Проведённые расчёты методом Монте-Карло показали, что, несмотря на отсутствие сферической симметрии в используемом приборе и наличие зеркальной составляющей, связанной с наличием кварцевой оболочки, независимость результатов определения a_{swl} от рассеивающих свойств среды сохраняется при изменении показателя рассеяния от 0 до 5 м^{-1} .

Исследование выполнено при поддержке РНФ (проект № 14–17–00800), предоставленной через Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин Л.С., Левин И.М. Справочник по теории подводного видения – Л: Гидрометеоздат, 1991. – 229 с.
2. Буренков В.И., Кельбалиханов Б.Ф., Копелевич О.В. Методы измерений оптических свойств морской воды // Оптика океана. Т. 1. Физическая оптика океана. – М: Наука, 1983. – С. 114–150.
3. Fry E.S., Kattavar G.W., Pope R.M. Integrating cavity Absorption Meter // Applied optics. – 1992 – Vol. 31, No. 12. – P. 2055–2065.
4. Kirk J.T.O. Modeling the performance of an integrating-cavity absorption meter: theory and calculation for a spherical cavity // Applied optics. – 1995. – Vol. 34, No. 21. – P. 4397–4408.
5. Погосян С.И., Зайцева А.Ф. Обзор существующих оптических методов определения in situ пигментного состава фитопланктона // Вода: химия и экология. – 2015. – № 11. – С. 35–43.
6. Bateman J.B., Monk G.W. Spectral Absorption of Turbid Systems Using Diffuse Light // Science. – 1955. – Vol. 121, No. 3143. – P. 441–442.
7. Вульфсон К.С., Черняк А.Ш. Об интегрирующей сфере с объёмным поглощением // Светотехника. – 1976. – № 6. – С. 15–16.
8. Погосян С.И., Дургарян А.М., Конюхов И.В., Чукунова О.Б., Мерзляк М.Н. Абсорбционная спектроскопия микроводорослей цианобактерий и растворённого органического вещества: измерения во внутренней полости интегрирующей сферы // Океанология. – 2009. – Т. 49, № 6. – С. 934–939.
9. URL: <http://www.laser.chem.es.osaka-u.ac.jp/study/brigri/brigri-e.html> (дата обращения: 20.11.2016).
10. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование – М: Наука, 1982. – 296 с.

11. Каргин Б.А. Статистическое моделирование поля солнечной радиации в атмосфере. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1984. – 206 с.

12. Javorfi T., Erostyak J., Gal J., Buzady A., Menczel L., Garab G., Naqvi K.R. Quantitative spectrophotometry using integrating cavities // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2006. – Vol. 82, No. 2. – P. 127–131.

13. Pope R.M., Fry E.S. Absorption spectrum 380–700 nm. of pure water: II. Integrating cavity measurements // Applied optics. – 1997. – Vol. 36, No. 33. – P. 8710–8723.

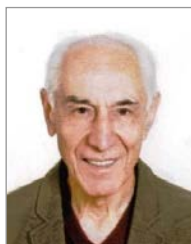
14. Копелевич О.В. Использование видимого излучения при освоении и исследовании морей и океанов // Светотехника. – 2017. – № 2. – С. 13–22.



Глуховец Дмитрий Ильич, инженер-физик. Окончил в 2016 г. факультет радиотехники и кибернетики МФТИ. Младший научный сотрудник ИО РАН. Аспирант МФТИ 1 года обучения



Шеберстов Сергей Валентинович, механик. Окончил в 1967 г. механико-математический факультет МГУ. Старший научный сотрудник ИО РАН



Копелевич Олег Викторович, доктор физ.-мат. наук. Окончил в 1965 г. МФТИ. Главный научный сотрудник и заведующий лабораторией оптики океана ИО РАН



Зайцева Анна Фёдоровна, биофизик. Окончила в 2014 г. биологический факультет МГУ по специальности биофизика. Аспирант МГУ 3 года обучения



Погосян Сергей Иосифович, доктор биол. наук, профессор. Окончил в 1970 г. физический факультет МГУ. Профессор биологического факультета МГУ

В Томске разработали прибор для лечения мигрени световым воздействием

Аппарат представляет собой небольшую пластмассовую коробочку с двумя участками светодиодов. Его подносят к глазам наподобие очков, и светодиоды воздействуют на мозг красным и зелёным светом.

Уточняется, что для облегчения головной боли достаточно прodelывать эту манипуляцию по 3–5 мин раз в сутки.

По мнению учёных, одна из основных причин мигрени – разница внутричерепного давления в полушариях мозга, а красный и зелёный цвета в приборе способны повышать и понижать давление.

Аппарат был протестирован на 20 пациентах, большинство из которых отметили улучшение состояния после его использования. Разработчики говорят, что использовать прибор можно будет в домашних условиях и без консультации врача. Предлагается, что прибор поступит в продажу к концу 2017 г.

lightrussia.ru
28.08.2017

Физики создали рекордно быструю вспышку света

Физики из Университета Центральной Флориды и Института физики Китайской академии наук разработали технологию, позволяющую создавать лазерные вспышки длительностью всего около 53 аттосекунд ($5,3 \cdot 10^{-17}$ с). Это настолько короткие промежутки времени, что свет успевает преодолеть за них тысячную долю толщины волоса. Главное применение таких «вспышек» – исследование быстрых электронных процессов в молекулах и в твёрдых телах. Результаты исследования опубликованы в журнале «Nature Communications».

Процессы, связанные с изменением электронной структуры молекул происходят на очень малых масштабах времени, измеряющихся десятками аттосекунд. Это в сотни миллионов миллиардов раз меньше привычной секунды – самые быстрые рукотворные объекты не сдвинуться за такое время на диаметр протона. Исследовать их можно как раз лишь с помощью сопоставимо быстрых процессов – в противном случае наблюдаемая картина получается смазанной.

texnomaniya.ru
14.08.2017

Об освещении исторических архитектурных объектов заливающим светом¹

В. ЖАГАНЬ, Р. КРУПИНСКИЙ

Варшавский технический университет, Варшава, Польша
E-mail: rafal.krupinski@ien.pw.edu.pl

Аннотация

Проектирование освещения исторических зданий заливающим светом представляет собой очень сложную задачу. Помимо чисто технических проблем реализации освещения заливающим светом (ОЗС), при этом следует учитывать и эстетическую составляющую, в то время как спрогнозировать конечный результат далеко не просто. Часто оказывается невозможным определить на основе размеров освещаемого объекта ни требуемое количество осветительных приборов, ни их работу в составе осветительной установки. Здесь на помощь приходит 3-мерная компьютерная графика. В статье описано ОЗС дворца Красинских в Варшаве, Польша. Описаны и проанализированы несколько вариантов освещения этого дворца и представлен вариант, выбранный после обсуждения для реализации. Все проекты ОЗС продемонстрированы посредством визуализации освещения с описанием планировавшихся и достигнутых результатов. Помимо зрительной оценки, осуществлялся тщательный контроль уровня яркости здания.

Ключевые слова: освещение, освещение заливающим светом, осветительная техника, компьютерная графика.

1. Описание здания

Дворец Красинских в Варшаве считается одним из величайших образцов архитектуры барокко в Польше. Он является лучшим в Варшаве примером дворца, построенного во французском стиле *entre cour et jardin*, с главным зданием, расположенном на оси, соединяющий парадный двор с находящимся за дворцом парком. Здание было построено по проекту Тильмана Гамерена в 1677–1695 гг. для воеводы Плоцка Яна Доброгоста Кра-

синского. В основу его конструкции положены три корпуса: центральный корпус и два флигеля. Центральная часть связана с флигелями двумя крытыми переходами с колоннами. Центральная выступающая часть на обоих (фронтальном и парковом) фасадах украшена фронтонами, увенчанными статуями. Дворец имеет следующие основные размеры: 76 м в ширину, 26 м в высоту (3 этажа, крыша и статуи на фронтоне) и 28 м в глубину. За дворцом расположен парк, который при проектировании освещения заливающим светом (ОЗС) следовало «оживить». Главный фасад выходит на площадь Красинских и смотрит на современное стеклянное здание Верховного суда Польши. Сегодня дворец Красинских является частью Отдела специальных коллекций (рукописи и старинные гравюры) Польской национальной библиотеки.

2. Описание проекта

В 2008 г. фасады дворца были отреставрированы, и имевшееся ОЗС было по техническим причинам частично отключено и в настоящее время не работает (рис. 1). Проект ОЗС был реализован в начале этого века, и поэтому в его основу были заложены светотехнические решения, основанные на экономически неэффективных источ-

никах света. В результате возникла потребность в создании нового проекта, в котором использовались бы современные светотехнические решения, такие как энергоэффективные осветительные приборы как с разрядными лампами, так и со светодиодами (СД). Новый проект должен был обеспечить освещение наружных фасадов дворца Красинских, то есть выделение этих фасадов с помощью света.

Концепция проектирования предусматривала разработку нескольких вариантов освещения здания заливающим светом, выбор, расположение и направленность света осветительных приборов и проведение светотехнических расчётов, включая визуализацию ОЗС. Для каждого из вариантов освещения были разработаны рекомендации и указания в части подключения, контроля и технического обслуживания осветительной установки.

Было решено, что в пространственном отношении ОЗС должно охватывать все четыре фасада дворца: передний и парковый фасады, а также южную и северную торцевые стены. При обсуждении проекта с владельцами здания было решено, что будут освещены и те части крыши переднего фасада, которые видны с площади Красинских.

В процессе проектирования освещения упор делался на анализ ряда факторов, связанных как с самим дворцом, так и с его окрестностями [1–8]. Как основные направления и точки наблюдения, так и окрестности недавно модернизированного здания были оценены упором на их яркость и на возможность установки осветительных приборов. Кроме того, были учтены архитектура здания, его элементы и их функциональное пред-



Рис. 1. Дворец Красинских в Варшаве, Польша, передний фасад

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского



Рис. 2. Трёхмерная модель дворца Красинских в Варшаве

назначение. В результате при помощи компьютерного моделирования освещения были с привлечением всех методов подобного проектирования [8] проанализированы несколько вариантов ОЗС переднего фасада и один вариант ОЗС паркового фасада. Всем этим проектам предшествовали многочисленные изменения типов осветительных приборов и их местоположений и направленности. Все созданные варианты освещения дворца заливающим светом были снабжены полным комплектом проектной документации. Помимо визуализации, все проекты включали в себя рассчитанные распределения яркости по фасадам здания, позволяющие оценить проект с точки зрения удовлетворения рекомендаций МКО в части яркости зданий, освещаемых заливающим светом [9]. Кроме того, проект содержал указания по обеспечению технического обслуживания осветительной установки, в том числе и рекомендации по интервалам между чистками осветительных приборов и заменой источников света.

3. Используемый метод проектирования освещения здания заливающим светом

Из-за значимости здания, его размеров, прогнозируемого количества осветительных приборов и необходимости проведения анализа большого количества вариантов освещения, единственной возможностью проектирования ОЗС было применение трёхмерного моделирования освещения. Существуют многочисленные методы формирования виртуальных 3-мерных моделей, зависящие как от компьютерных программ, так и от квалификации проектировщика в этой области. Од-

нако основы проектирования остаются неизменными. На базе линий и профилей здания и доступных возможностей 3-мерного моделирования, были созданы совокупности общих точек, граней и плоскостей, обеспечивающих виртуальное отображение реального здания. Как принято, авторы назвали эту модель геометрическим представлением здания (рис. 2).

Дворец Красинских, который представляет собой сравнительно большое здание, нелегко отобразить в виртуальном пространстве. Его конструкция содержит большое количество архитектурных элементов и материалов, из которых изготовлены фасады. Однако большая часть фасадов оштукатурена. Что касается созданного трёхмерного представления здания, то следующим шагом было описание характеристик всех материалов, а именно, их цвета, текстуры и отражательных свойств.

При использовании этого метода проектирования освещения самыми трудоёмкими и длительными являются первые два этапа. Однако при наличии подобной виртуальной сцены проектировщик может проанализировать неограниченное количество вариантов ОЗС. При этом имеются в виду варианты, основанные на использовании реальных осветительных приборов. Обычно светильники описываются производителями при помощи распределений силы света, представленных в формате *IES*. Файлы, загружаемые в программы, содержат определённые светотехнические параметры: распределение силы света, максимальную силу света светильника и световой поток источника света. При этом должны быть приведены соответствующие значения коррелирован-

ной цветовой температуры источника света и, в случае световых полос, длина световой полосы. Последним этапом проектирования освещения этим методом является визуализация. Она выполняется при помощи расчётов, в результате которых геометрия здания с приписанными ему значениями коэффициентов отражения и пропускания преобразуется в изображение, после чего в сцену вводятся источники света, представленные при помощи результатов фотометрических и колориметрических расчётов. На этой основе проектировщик может увидеть освещение здания и продемонстрировать своё представление о нём, а также получить технические и светотехнические данные для своего проекта. Наиболее важным следует считать получение распределения яркости в разных плоскостях, которое позволяет оценить проект (рис. 9).

4. Многовариантный проект освещения заливающим светом

В основу варианта 1 был положен метод смешивания общего и акцентирующего освещения с учётом точек и направлений наблюдения здания [6]. 16 заглублённых в землю светильников были установлены на расстоянии 3 м от фасадов, равномерно освещая передний фасад с повышением яркости в его центральной части. Для акцентирующего освещения использовались в общей сложности 107 светильников направленного и заливающего света. Аркады дворца выделяли при помощи прожекторов заливающего света с ассиметричным распределением силы света, которые размещались внутри аркад. Фронтон, три венчающие его статуи, балюстрада



Рис. 3. Проект освещения переднего фасада дворца заливающим светом, вариант 1, визуализация



Рис. 4. Моделирование освещения паркового фасада здания заливающим светом



Рис. 5. Визуализация освещения дворца Красинских заливающим светом с выделением ритма пилястр

ды и пилястры освещались системой световых полос с СД. В остальных осветительных приборах, предназначенных для освещения фасада заливающим светом, использовались металлогалогенные лампы с коррелированной цветовой температурой 3000 К. Поверхность крыши переднего фасада освещалась светильниками направленного света с круглосимметричными отражателями и стёклами, распределя-

ющими световые лучи горизонтально. Из-за патинированной поверхности крыши, были использованы источники света с большей, чем в случае фасада, коррелированной цветовой температурой (4200 К). Этот проект ОЗС продемонстрирован на рис. 3.

У этого варианта имеется несколько модификаций, соответствующих ОЗС при выключенном освещении крыши, балюстрады, пилястр и венчающих

фронтон статуи, что позволяет продемонстрировать влияние освещения этих элементов на ОЗС в целом.

Из-за отличий в условиях наблюдения, парковый фасад и фасады флигелей было решено освещать только при помощи общего освещения [4] (рис. 4). Один из вариантов был создан в результате проведённых на ранней стадии многочисленных изменений типов осветительных приборов и их местоположения и направленности. В этом варианте использовались 37 имеющих ассиметричное распределение силы света осветительных приборов с металлогалогенными лампами, которые были установлены на препятствующих движению автомобилей низких оградительных столбиках на расстоянии 4 м от фасада. Для подчёркивания глубины характерных углублений фасада, над балконом были установлены 3 ассиметричных прожектора заливающего света, обеспечивающих увеличение уровня яркости в этих местах. Кроме того, были использованы 13 линейных светильников с СД, освещающих фронтон, и 7 светильников направленного света с СД, освещающих венчающие фронтон статуи.

Второй вариант появился в результате модификации первого варианта. Он предполагал отказ от использования заглублённых в землю светильников, которые освещали передний фасад, в пользу ассиметричных прожекторов заливающего света, установленных на низких оградительных столбиках перед дворцом. К сожалению, это не было хорошим решением, т.к. осветительные приборы были заметны в дневное время, но, тем не менее, из-за наличия оградительных столбиков, которые использовались в предыдущем варианте, и подведённого к ним электропитания, было принято решение проанализировать и это решение. Количество осветительных приборов оставалось тем же самым. Влияние ОЗС и распределение яркости в этом варианте были такими же, как и в варианте 1.

Фасад дворца отличается ритмом чередования пилястр на всей его длине. Так что третья важная модификация проекта освещения предполагала подчёркивание светом как ритма наиболее удалённых от центра выступов, так и балюстрад балконов в аркадной части, при одновременном уменьшении уровня яркости верхней части зда-

ния (рис. 5). Результат был достигнут благодаря световым полосам с СД. Количество использовавшихся светотехнических изделий возросло до 160 штук.

Следующий анализ был проведён применительно к выключению освещения аркад первого этажа и выделению ритма пилястр всего фасада. При этом были сохранены светильники, освещавшие балюстрады балконов в аркадной части (рис. 6). Общее количество установленных осветительных приборов увеличилось ещё на семь штук.

Последняя попытка виртуального исследования освещения состояла в выделении горизонтального разделения фасада посредством размещения световых полос вдоль всей ширины фасада на высоте первого этажа и в подчёркивании ритма пилястр центрального корпуса и флигелей. В соответствии с рекомендациями по освещению зданий заливающим светом, аркады освещались изнутри светильниками с металлогалогенными лампами с асимметричным распределением силы света. Результат компьютерного моделирования этого проекта представлен на рис. 7. Этот вариант оказался как наиболее зрелищным, так и дорогим, т.к. всего потребовалось установить 201 светильник.

5. Окончательный вариант ОЗС

Вначале все упомянутые выше варианты освещения здания заливающим светом были продемонстрированы только его владельцу, который выбрал вариант для реализации (с изменениями, состоящими в исключении светильников, установленных непосредственно на фасаде дворца на центральных пилястрах выступающего корпуса).

Кроме того, проект подлежал рассмотрению комиссией по охране и реставрации памятников для его оценки с эстетической точки зрения [10, 10а, 11]. К сожалению, после проведения анализа и обсуждения достигнутых результатов и возможности установки осветительного оборудования этот проект был отвергнут. Комиссия порекомендовала использовать для освещения всех фасадов только общее освещение (рис. 8). Было предложено использовать две группы светильников направленного света с узкими пучками лучей, расположенные на рас-



Рис. 6. Визуализация освещения дворца – проверка высвечивания ритма пилястр, расположенных вдоль переднего фасада



Рис. 7. Визуализация освещения дворца Красинских в соответствии с вариантом 5

стоянии 40 м от фасада. Аналогичный способ ОЗС было предложено использовать и применительно к парковому фасаду. Подавляющее большинство новых светильников должны были устанавливаться на оградительных столбиках, которые предназначались для обеспечения освещения парка.

В целом, для реализации этого варианта потребовались бы 34 светильника направленного и заливающего света с суммарной установленной мощностью 4,2 кВт, обеспечивающие равное 6 кд/м^2 среднее значение яркости (рис. 9), которое в сочетании со средней яркостью окрестностей удовлетворяло рекомендациям по освещению зданий заливающим светом [9]. Созданное в результате освещение можно было считать удовлетворительным, т.к. использование принципов общего освещения для освещения зданий заливающим светом отличается тем, что здания воспринимаются так же, как в дневное время. При этом можно считать выполненными все сформулированные в литературе правила ОЗС [5, 6]. Для окончательно-

го варианта были выбраны 12 светильников, установленных на трёх бетонных столбах на относительно небольшой высоте (4 м). На крайний случай имелись 5 осветительных приборов с равной 16° шириной пучка на уровне половины максимума. Батареи светильников из-за своего размера могли оказаться не очень заметными, причём можно было ожидать, что сосредоточение их света в плоскости, перпендикулярной поверхности фасада здания, приведёт к большому проникновению света внутрь здания [12, 13]. Так что существовала опасность ослепления находящихся в здании людей, т.к. эти светильники имеют очень большие значения максимальной силы света (примерно 200 ккд). Кроме того, этот метод освещения дворца заливающим светом неэффективен, и его реализация приведёт к сильному световому загрязнению и появлению возмущающей на наблюдателей блёскости. К сожалению, удостовериться в правильности этих соображений можно только после реализации проекта. В настоящее время методы оценки

возможности возникновения дискомфорта блёскости разработаны только применительно к дорожному освещению, однако можно ожидать, что их удастся приспособить и к освещению зданий заливающим светом [14, 15, 15a].

6. Альтернатива метода моделирования при проектировании ОЗС

Проектирование ОЗС с использованием визуализации представляет собой довольно трудоёмкую задачу. Время, требующееся для получения многовариантного проекта освещения, измеряется десятками рабочих часов. Дополнительной нагрузкой при этом методе проектирования является время, необходимое для формирования виртуальной сцены освещения. Альтернативой служит проведение испытаний с использованием реального оборудования и в реальных условиях [16, 16a]. Причём в случае рассматриваемого здания инвестор, по просьбе охранителей и реставраторов, соответствующие испытания провёл. К сожалению, эта попытка окончилась неудачно. Несмотря на то, что в окончательном варианте использовалось сравнительно небольшое количество осветительных приборов, ни одна из светотехнических компаний не смогла собрать требуемое для реализации проекта количество оборудования. Однако следует отметить, что в общем случае, даже если удастся собрать нужное количество оборудования, оценка проекта за короткий период проведения демонстрации не будет объективной по причине большого количества недостатков, присущих этому методу. Трудно ожидать, что в процессе демонстрации можно будет принять однозначное решение по выбору ОЗС, и кроме того, очень рискованно полагаться на результаты анализа, сделанного на основе фотоматериалов, полученных при испытаниях ОЗС [17].

7. Выводы

В настоящее время известны три способа освещения зданий заливающим светом, а именно, акцентирующее, общее и смешанное освещение. Выбор метода зависит, главным образом, от расстояния до точек наблюдения и от местоположения этих точек.



Рис. 8. Окончательный вариант освещения дворца Красинских – компьютерная модель

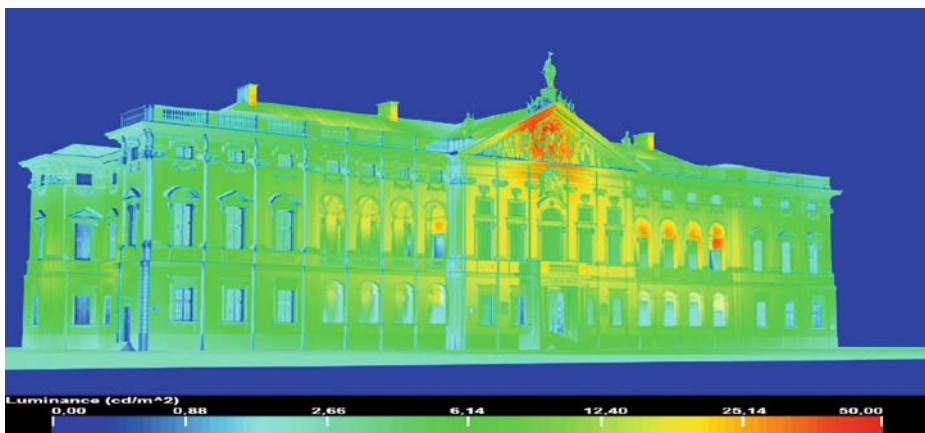


Рис. 9. Прогнозируемое распределение яркости в случае реализации предложенного варианта

Учитывая как местоположение дворца Красинских и точки и направления его наблюдения, так и возможности ОЗС, со светотехнической точки зрения было рекомендовано использование смешанного способа освещения. Все рассмотренные варианты проекта были основаны именно на этом способе. Однако решение по освещению зданий заливающим светом обычно принимает специалист по охране и реставрации зданий. В его или её обязанности входит забота как о самом здании (установка осветительного оборудования на фасаде, просверливание отверстий, подведение кабелей электропитания и т.д.), так и об общем облике здания в вечернее и ночное время, то есть выбор подходящего проекта ОЗС. Помимо эстетических соображений, которые не подлежат обсуждению, выбранный для реализации окончательный проект освещения дворца имеет многочисленные недостатки. В первую очередь, следует учитывать неэффективность окончательного варианта ОЗС. Кроме того, реализация этого проек-

та приведёт к проникновению внутрь здания большого количества света, где собрано много старинных гравюр и рукописей. При этом следует учитывать и существенное световое загрязнение. В настоящее время разрабатывается новый способ освещения здания заливающим светом, который позволил бы свести эти недостатки к минимуму. Пока что имеется возможность проверить и изменить описанный проект, так как на момент написания этой статьи проект всё ещё находился на стадии разработки.

Проектирование освещения зданий заливающим светом всегда требует многостороннего подхода и анализа различных решений применительно как к ожидаемому воздействию освещения, так и к типу используемого оборудования. Подобный анализ трудно провести без 3-мерного компьютерного моделирования освещения. В рассматриваемом случае имеются некоторые соображения и проводятся испытания, направленные на поиски решения возникшей проблемы. Следует ожидать, что в ближайшее

время многовариантное проектирование ОЗС, основанное на реальном осветительном оборудовании, станет менее сложным и не будет требовать так много времени, как сейчас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dugar, A.M. The role of poetics in architectural lighting design // *Lighting Research & Technology*. – 2016. – No. 0. – P. 1–13. DOI: 10.1177/1477153516664967
2. Wang, L. Exploration of literary and artistic cultural values of large-scale landscape // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 3. – P. 6–9.
3. Silkina, M.A. Light reference points in a night city environment // *Light & Engineering*. – 2015. – Vol. 23, No. 2. – P. 29–33.
- 3а. Силкина М.А. Световые ориентиры в среде ночного города // *Светотехника*. – 2015. – № 2. – С. 21–25.
4. O'Farrell, G. External Lighting for Historic Buildings // *English Heritage*. – 2007. – No. 4.
5. Żagan, W. Object Floodlighting Guidelines. Highlight WP 03/11.
6. Żagan, W., Krupiński R. Teoria i praktyka iluminacji obiektów (Floodlighting, theory and practice). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016. ISBN978-83-7814-550-9.
7. Bojda, P., Wachta, H. Usability of luminaires with LED sources to illuminate the window areas of architectural objects // *Selected Issues of Electrical Engineering and Electronics (WZEE)*, 2016 13th, DOI: 10.1109/WZEE.2016.7800250.
8. Krupiński, R. Modelowanie 3D dla potrzeb iluminacji obiektów (3D modeling for floodlighting). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2011. ISBN9788372079619.
9. Guide for Floodlighting, CIE94–1993, ISBN9783900734312.
10. Revsina, Y. E., Shvidkovsky, D.O. Illumination of classical architecture memorials in search of authenticity // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 1. – P. 24–30.
- 10а. Ревзина Ю.Е., Швидковский Д.О. Освещение памятников классической архитектуры. В поисках аутентичности // *Светотехника*. – 2015. – № 6. – С. 12–16.
11. Malaska, W., Wachta, H. Elements of inferential statistics in a quantitative assessment of illuminations of architectural structures // 7th IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries LUMEN V4, DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745529.
12. European Standard EN12464-2, «Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places».
13. Colchester Borough Council «External Artificial Lighting» Guidance Note: 2012.
14. Słomiński, S. Identifying problems with luminaire luminance measurements for discomfort glare analysis // *Lighting Research & Tech-*

nology. – 2016. – Vol. 48, No. 5. – P. 573–588. DOI: 10.1177/1477153515596374.

15. Słomiński, S. Selected problems in modern methods of luminance measurement of multisource LED luminaires // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 1. – P. 45–50.

15а. Сломинский С. Некоторые аспекты современных методов измерения яркости светильников с большим количеством светодиодов // *Светотехника*. – 2015. – № 1. – С. 21–24.

16. Krupiński, R. Visualization as alternative to tests on lighting under real conditions // *Light & Engineering*. – 2015. – Vol. 23, No. 4. – P. 33–40.

16а. Крупиньски Р. Визуализация как альтернатива испытаниям проектируемого освещения в реальных условиях // *Светотехника*. – 2015. – № 4. – С. 41–46.

17. Słomiński, S. The correct image of illuminated object registration – problems arising from software capabilities and equipment limitation // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2013. – Vol. 89, No. 8. – P. 259–261.



Войцех Жагань (Wojciech Żagan),

Dr. Sc., профессор. Окончил Варшавский технический университет по специальности электротехника (1976 г.). Имеет 40-летний опыт

работы в области светотехники, руководил 15-ю аспирантами (Ph.D.). Декан факультета светотехники Варшавского технического университета (с 1997 г.). Спроектировал более 100 установок освещения заливающим светом в Польше, Украине, Германии и Нидерландах. Автор книг «Освещение объектов заливающим светом» (2003 г.) и «Освещение заливающим светом: теория и практика» (2016 г.).



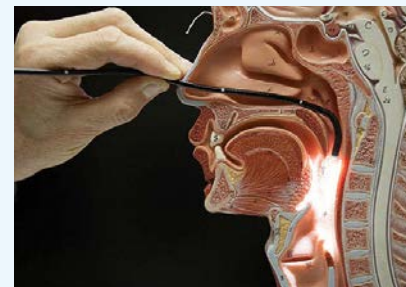
Рафал Крупиньский (Rafał Krupiński),

Ph.D. Окончил Варшавский технический университет по специальности электротехника (2003 г.). Доцент факультета свето-

техники Варшавского технического университета. Специалист в области проектирования освещения заливающим светом с использованием компьютерной графики. Автор книг «3D моделирование освещения заливающим светом» (2011 г.) и «Освещение заливающим светом: теория и практика» (2016 г.).

Создана камера, «видящая» внутренние органы без помощи рентгена

Исследователи из Эдинбургского университета разработали прототип камеры, способной «видеть насквозь» без применения рентгеновских лучей. Устройство будет использоваться для контроля эндоскопических обследований.



Эндоскопы – оптические приборы, которые вводятся в организм пациента через естественные отверстия. Так проводится, например, гастроскопия: осмотр желудка, двенадцатиперстной кишки и стенок пищевода, при котором гибкий эндоскоп вводится через рот или нос. Такое обследование снижает вероятность осложнений, так как не требует дополнительных разрезов на теле пациента.

Многие осмотры с помощью эндоскопа проводят под рентгеновским контролем. Он позволяет точно определять положение устройства в организме. Однако рентгенография имеет ряд минусов: от воздействия ионизирующего излучения до стоимости работы такого прибора во время осмотра.

Новая разработка, по словам учёных, позволит отказаться от рентгеновского контроля. Современные эндоскопы снабжены источником света для дополнительного освещения во время неинвазивных операций. Фотоны этого источника улавливает камера. Принцип работы её фотонных детекторов основан на фиксации нерассеянных («баллистических») фотонов. Эти частицы движутся по траекториям, близким к прямолинейным, и практически не рассеиваются по сравнению с большинством фотонов, идущих от источника света. «Баллистических» фотонов гораздо меньше, чем рассеянных. Сделать выводы о том, где находится эндоскоп, можно, сопоставив время регистрации «баллистических» и рассеянных фотонов.

Разработчики испытывали прототип, разместив источники света внутри оципанной тушки курицы и лёгкого овцы. Зарегистрировать сигнал удалось при толщине тканей около 20 см.

Статья о разработке опубликована в журнале «*Biomedical Optics Express*».

naked-science.ru
10.09.2017

Сравнение основных типов преобразователей для питания светодиодов в сети переменного тока¹

М. АЛТИНАЙ¹, Б. ЧАКИР¹, Е. ШЕХИРЛИ², Ё. ЮСТЮН³

¹ Университет Коджаэли, Измит, Турция.

² Университет Кастамону, Кастамону, Турция.

³ Стамбульский технический университет, Стамбул, Турция.

E-mail: eshirli@kastamonu.edu.tr

Аннотация

В статье сравниваются схемы устройств управления светодиодными источниками света мощностью 8 Вт, построенных на повышающе-понижающих преобразователях и преобразователях *SEPIC*, которые подключаются к сети переменного тока через однофазные диодные выпрямители. Эти преобразователи работают с частотой переключения 63 кГц, причём индуктивности преобразователя *SEPIC* намотаны попарно. Для обеих схем приведены реальные коэффициенты мощности, коэффициенты гармоник тока и напряжения сети, а также напряжение на мощном светодиоде и его ток. Проведено сравнение требований стандарта *IEC61000-3-2* и характеристик повышающе-понижающего преобразователя и преобразователя *SEPIC*. На основе вольт-амперной характеристики построена модель электрической схемы мощного светодиода.

Ключевые слова: устройство управления для светодиода, коррекция коэффициента мощности, повышающе-понижающий преобразователь, преобразователь *SEPIC*, коэффициент мощности, коэффициент гармоник.

1. Введение

В последнее время большое внимание уделяется применению мощных светодиодов (СД) для целей освещения, что обусловлено их высокой световой отдачей по сравнению с другими источниками света, такими как люминесцентные лампы, лампы накаливания и металлогалогенные лампы. Однако для питания мощных СД требуется напряжение

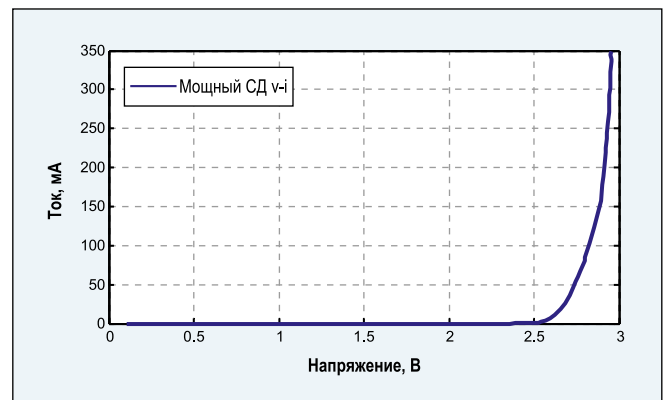
постоянного тока. Это напряжение постоянного тока в большинстве случаев может быть обеспечено в результате выпрямления однофазного напряжения переменного тока. При непосредственном использовании неуправляемых выпрямителей это может привести к нелинейным искажениям тока сети и уменьшению коэффициента мощности, причём следует отметить, что величина гармоник тока сети ограничивается требованиями международных стандартов, например, *IEC 61000-3-2*. Для решения этой проблемы в качестве устройств управления (УУ) для СД можно использовать схемы с высокими коэффициентами мощности или с коррекцией коэффициента мощности (ККМ). Кроме того, однофазные схемы ККМ можно реализовать, поместив после неуправляемого мостикового выпрямителя любой преобразователь постоянного тока в постоянный. В литературе имеется ряд работ на эту тему.

Применение преобразователей, обеспечивающих ККМ, в качестве УУ для СД описано в [1]. В [2] описано УУ, основанное на преобразователе Кука (*Cuk converter*). УУ для СД, которое состоит из обратноходового преобразователя и преобразователя *SEPIC*, описано в [3, 4], а в [5] опи-

сано УУ, включающее в себя сочетание понижающего и обратноходового преобразователей. В [6] в качестве УУ для СД используются преобразователь переменного тока в постоянный и преобразователь постоянного тока в постоянный. В [8–10] проведено описание и сопоставление преобразователей с ККМ, в котором рассмотрены основные преобразователи постоянного тока в постоянный. Подробный анализ, описание конструкции и работы преобразователей постоянного тока в постоянный содержатся в [11]. В [12] проведено сравнение основных предназначенных для питания натриевых ламп высокого давления преобразователей постоянного тока в постоянный с ККМ, которые включают в себя понижающие преобразователи, повышающие преобразователи, повышающе-понижающие преобразователи (ППП), преобразователи *SEPIC* и *ZETA*. Ещё одно сравнение, охватывающее предназначенные для питания мощных СД ППП и преобразователи *SEPIC* и Кука, содержится в [13].

В данной статье проведено сравнение схем УУ для СД, включающих в себя ППП и преобразователи *SEPIC*. Обе эти 8-ваттные схемы подключены к сети через однофазные диодные выпрямители. Кроме того, они работают с частотой переключения 63 кГц и используют легкодоступные микросхемы. Для обеих схем приведены реальные коэффициенты мощности, коэффициенты гармоник (КГ) тока и напряжения сети, а также напряжение на мощном СД и его ток. Кроме того, проведено сравнение требований стандарта *IEC61000-3-2* и полученных реальных характеристик и построена модель электрической схемы мощного СД.

Рис. 1. Вольт-амперная характеристика мощного СД



¹ Перевод с английского Е.И. Розовского.

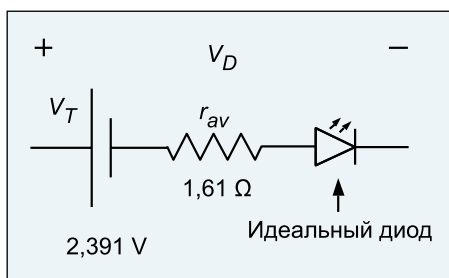


Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема мощного СД

2. Мощный светодиод

Использовавшиеся в этой работе вольт-амперная характеристика и модель электрической схемы мощного СД получены с помощью цифровых мультиметров *Fluke 15B* и *Fluke 17B*.

Вольт-амперная характеристика мощного СД, полученная при увеличении тока одного мощного СД, приведена на рис. 1. Как видно на рисунке, между током и напряжением имеется экспоненциальная зависимость, и после включения СД ток очень быстро возрастает. При этом напряжение на СД изменяется не сильно вплоть до достижения током значения 340 мА [14, 14а]. Исходя из рис. 1, была получена модель электрической схемы мощного СД (рис. 2). В этой модели заложено, что пороговое напряжение и сопротивление мощного СД равны, соответственно, 2,391 В и 1,61 Ом.

3. Устройство управления

Здесь будут описаны ППП и преобразователь *SEPIC* с ККМ, которые используются в качестве УУ для СД. Оба преобразователя подключаются к сети через однофазные диодные выпрямители. Изменяя коэффициент заполнения, можно установить требуемое значение постоянного напряжения на мощном СД, обеспечивая при этом высокое значение коэффициента мощности. Более того, обе схемы могут обеспечивать напряжение, величина которого будет больше или меньше входного напряжения.

3.1. Повышающе-понижающий преобразователь

ППП, состоящий из индуктивности L , конденсатора C , диода D и переключателя S (рис. 3), подключается к сети через диодный мост и при помощи высокочастотного переключения обеспечивает получение постоянного на-

Рис. 3. ППП с ККМ

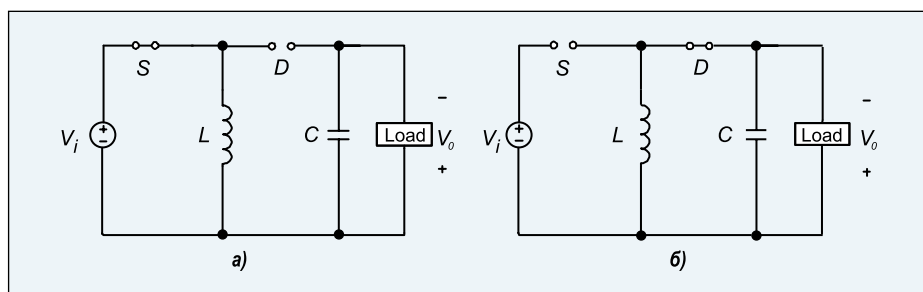
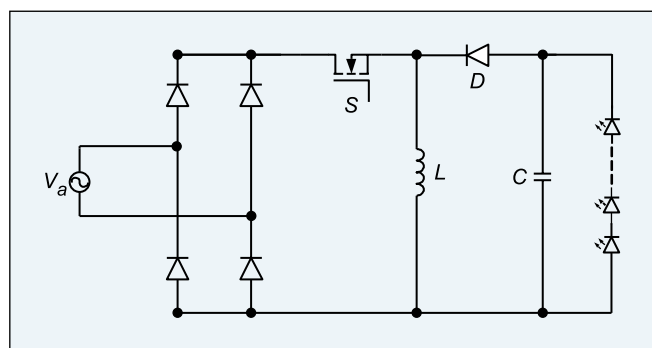
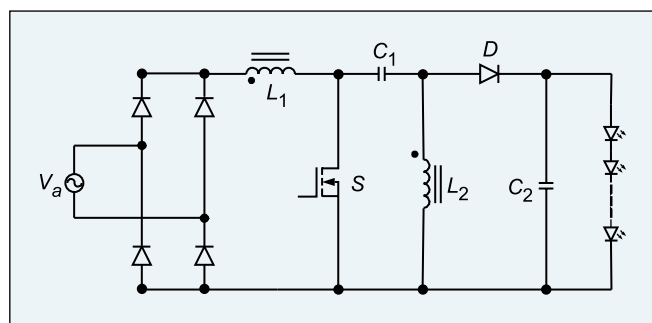


Рис. 4. Состояние переключения: а – открыто, б – закрыто

Рис. 5. Преобразователь *SEPIC* с ККМ



пряжения, которое питает СД. Этот преобразователь работает по принципу передачи энергии индуктивности, и когда переключатель включён, индуктивность запасает энергию, а переключатель отключает передачу этой энергии в нагрузку.

Напряжение на СД можно сделать выше или ниже входного напряжения при помощи широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Кроме того, работа на высокой частоте обеспечивает высокий коэффициент мощности [8], но так как напряжение на СД имеет обратную полярность относительно входного напряжения, то во избежание появления высокочастотных помех необходимо использовать входной фильтр.

Для выбора пассивных элементов можно воспользоваться следующими уравнениями [11]:

$$L_{max} = R_{Lmin} \cdot (1 - D_{max})^2 / (2 \cdot f_s), \quad (1)$$

$$C_{min} = D_{max} \cdot V_o / (f_s \cdot R_{Lmin} \cdot V_{ripple}) \quad (2)$$

где L_{max} – максимальное значение индуктивности в режиме прерывистой проводимости, R_{Lmin} – минимальное сопротивление нагрузки, D_{max} – максимальное значение коэффициента заполнения, f_s – частота переключения, C_{min} – минимальное значение ёмкости, V_o – выходное напряжение, V_{ripple} – пульсации напряжения на выходе преобразователя.

3.2. Преобразователь *SEPIC*

Преобразователь *SEPIC* с ККМ, состоящий из двух индуктивностей и двух конденсаторов, показан на рис. 5. При этом индуктивности этого преобразователя намотаны попарно, то есть на одном и том же сердечнике.

Положения переключателя S показаны на рис. 6, и когда он включён, то на индуктивность L_1 поступает энергия от источника питания, а на индуктивность L_2 – от конденсатора C_1 . Когда переключатель S выключен, C_1 за-

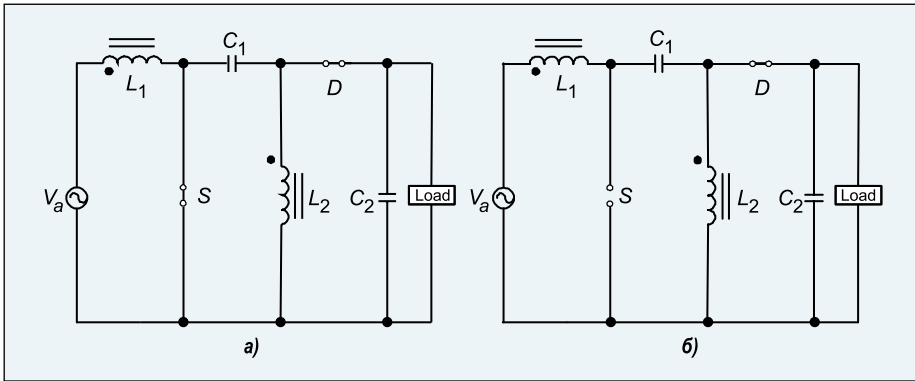


Рис. 6. Состояние переключения: а – открыто, б – закрыто



Рис. 7. Экспериментальная установка

ряжается от источника питания и L_1 , токи индуктивностей L_1 и L_2 протекают через диод D и нагрузку, а конденсатор C_2 заряжается [15, 16]. При этом работа переключателя на высокой частоте обеспечивает ККМ.

Наиболее важным преимуществом преобразователя *SEPIC* перед ППП является совпадение полярности выходного напряжения с полярностью входного напряжения. Однако в *SEPIC* пассивных элементов больше, чем в ППП. В то же время, наличие кон-

денсатора на входной стороне обеспечивает непрерывность входного тока и способствует уменьшению помех [15].

Для выбора пассивных элементов можно воспользоваться уравнениями (3) – (5) [16, 17]:

$$L_{1min} = L_{2min} = D_{max} \cdot V_{in} / (2 \cdot \Delta I_L \cdot f_s), \quad (3)$$

$$C_2 \geq I_{out} \cdot D_{max} / (V_{ripple} \cdot f_s), \quad (4)$$

$$C_1 = I_{out} \cdot D_{max} / (\Delta V_{C1} \cdot f_s), \quad (5)$$

где L_{1min} и L_{2min} – минимальные значения индуктивностей L_1 и L_2 , D_{max} – максимальное значение коэффициента заполнения, V_{in} – входное напряжение, ΔI_L – пульсирующая компонента постоянного тока через катушки индуктивности, f_s – частота переключения, C_1 и C_2 ёмкости соответствующих конденсаторов, I_{out} – выходной ток, V_{ripple} – пульсации напряжения на выходе преобразователя, ΔV_{C1} – пульсации напряжения на конденсаторе C_1 .

4. Применение

В этом разделе описана реализация УУ для СД, в которых используются ППП с ККМ и преобразователь *SEPIC* с ККМ. Экспериментальная установка показана на рис. 7. Оба преобразователя подключались к сети через понижающий трансформатор 220/24 В (50 Гц). В качестве нагрузки использовались две параллельные цепочки из трёх последовательно соединённых мощных СД. Как следует из рис. 1 и 2, для оптимальной работы напряжение на каждом из СД должно составлять максимум 3 В, так что на мощные СД подавалось напряжение до 10 В. Кроме того, при реализации схем применялись легкодоступные микросхемы *SG3524*, *IR2117*, *TC4427* и *LM317*.

4.1. Повышающе-понижающий преобразователь с коррекцией коэффициента мощности

Схема УУ, реализованной на основе ППП с ККМ, приведена на рис. 8. ШИМ-сигналы формируются благодаря отсутствию обратной связи и использованию микросхемы *SG3524*. В реализованной схеме использо-

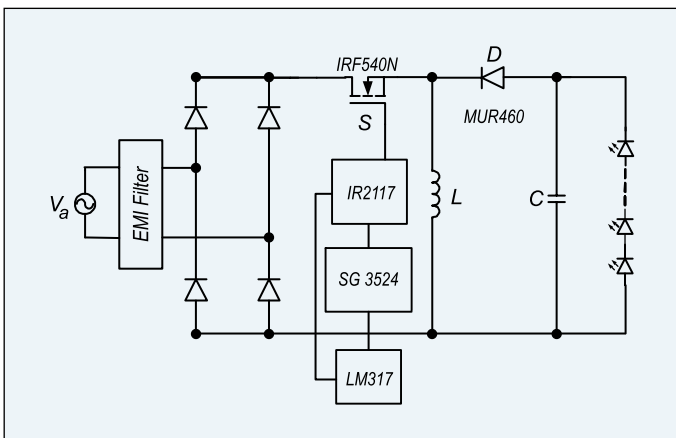


Рис. 8. Применение ППП с ККМ

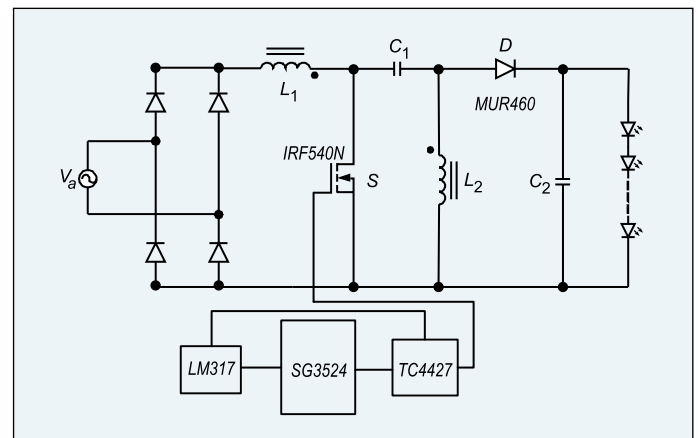


Рис. 9. Применение преобразователя *SEPIC* с ККМ

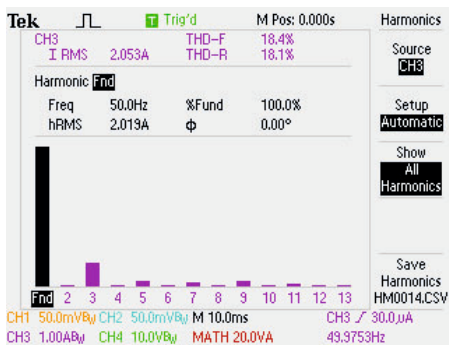


Рис. 10. Гармоники тока сети в случае ППП с ККМ

вались полевой МОП-транзистор *IRF540N*, УУ для полевого МОП-транзистора *IR2117*, ультрабыстрый диод *Mur460*, индуктивность 100 мкГн и конденсатор ёмкостью 1000 мкФ [18–21].

Коэффициент заполнения регулируется подсоединённым к *SG3524* потенциометром, а частота была равна 63 кГц. Для уменьшения высокочастотных помех и во избежание проникновения в сеть прерывистого тока использовался, как и в [22], фильтр электромагнитных помех типа π . Пассивные элементы выбирались при помощи уравнений (1) и (2).

4.2. Преобразователь SEPIC с коррекцией коэффициента мощности

Схема УУ, реализованного на основе преобразователя *SEPIC* с ККМ, приведена на рис. 9. Она, опять же, построена по принципу работы без обратной связи. ШИМ-сигналы формируются благодаря отсутствию обратной связи и использованию микросхемы *SG3524*. В реализованной схеме использовались микросхема *SG3524* (для формирования ШИМ-сигналов), полевой МОП-транзистор *IRF540N*, УУ для полевого МОП-транзистора *TC4427*, ультрабыстрый диод *Mur460*, индуктивность 100 мкГн и конденсатор ёмкостью 1000 мкФ [18–23].

Коэффициент заполнения также регулируется подсоединённым к *SG3524* потенциометром, а частота опять была равна 63 кГц. Использовалась та же нагрузка, что и в случае УУ на основе ППП с ККМ. Пассивные элементы выбирались при помощи уравнений (4) – (6). УУ на основе преобразователя *SEPIC* с ККМ позволяет обеспечить требуемый результат и без фильтра электромагнитных помех.

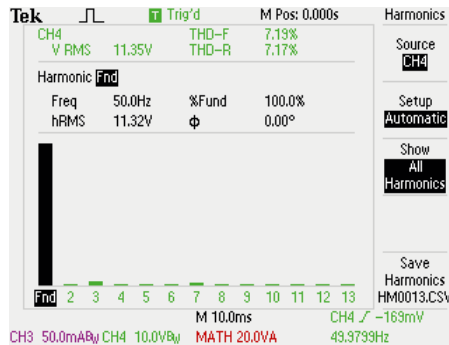


Рис. 11. Гармоники напряжения сети в случае ППП с ККМ

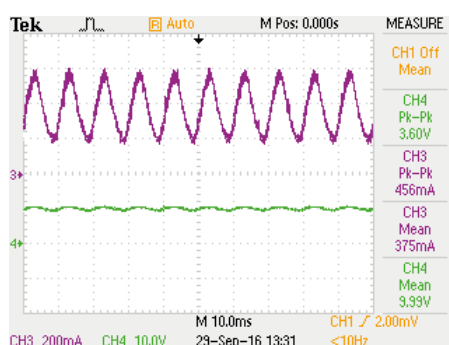


Рис. 13. Ток и напряжение на мощном СД в случае ППП с ККМ

5. Результаты измерений

КГ тока и напряжения сети, коэффициенты мощности, напряжение на мощном СД и его ток были измерены как в случае УУ на основе ППП с ККМ, так и в случае УУ на основе преобразователя *SEPIC* с ККМ. При проведении измерений использовались осциллограф *TPS2024B* и программное обеспечение для решения задач энергосистем *TPS2PWR1*.

5.1. Повышающе-понижающий преобразователь с коррекцией коэффициента мощности

Как следует из рис. 10, КГ тока сети в случае ППП с ККМ составил 18,4%. При этом коэффициент мощности был равен 0,925, КГ напряжения сети оказался равным 7,19% (рис. 11), а формы тока и напряжения сети подобны друг другу и обе синусоидальные (рис. 12), тогда как ток СД непостоянен и имеет пики до 400 мА (рис. 13).

5.2. Преобразователь SEPIC с коррекцией коэффициента мощности

Как следует из рис. 14, КГ тока сети в случае преобразователя *SEPIC*

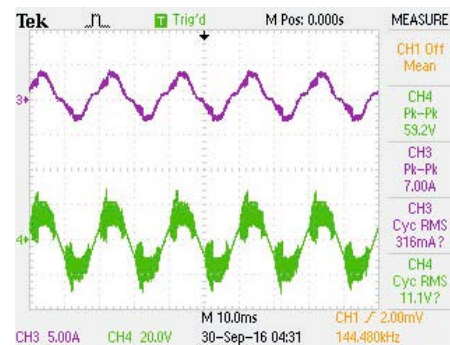


Рис. 12. Ток и напряжение сети в случае ППП с ККМ

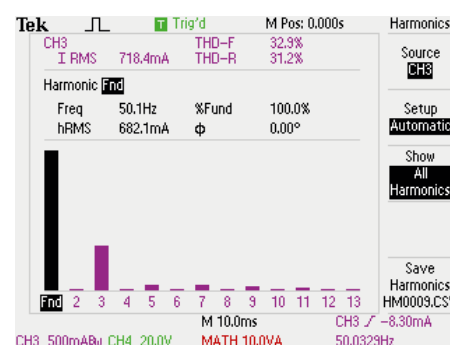


Рис. 14. Гармоники тока сети в случае преобразователя SEPIC с ККМ

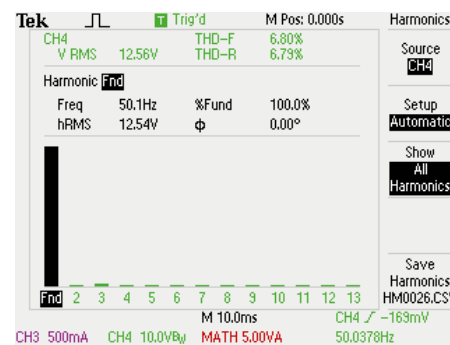


Рис. 15. Гармоники напряжения сети в случае преобразователя SEPIC с ККМ

с ККМ составил 32,9%. При этом коэффициент мощности был равен 0,912, КГ напряжения сети оказался равным 6,80% (рис. 15), а формы тока и напряжения сети подобны друг другу и обе синусоидальные (рис. 16), тогда как ток СД непостоянен и имеет пики до 200 мА (рис. 17).

6. Заключение

В статье проведено сравнение УУ для СД на основе ППП с ККМ и преобразователя *SEPIC* с ККМ и представлены вольт-амперная характеристика и эквивалентная электрическая схема мощного СД. Эти УУ были реализованы с использованием легкодоступных и дешёвых микросхем, после чего

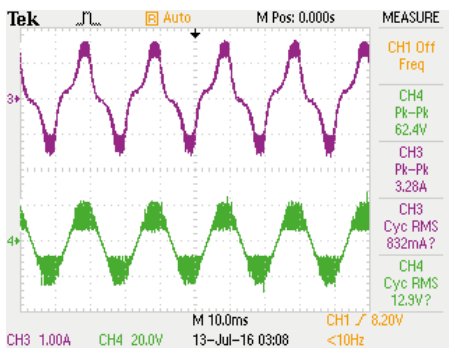


Рис. 16. Ток и напряжение сети в случае преобразователя SEPIC с ККМ

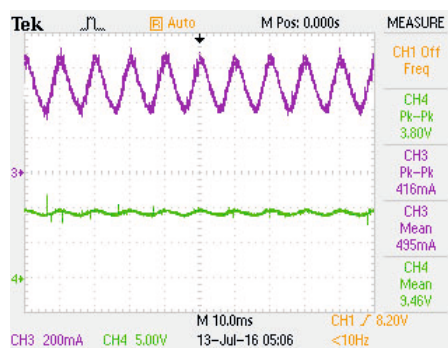


Рис. 17. Ток и напряжение на мощном СД в случае преобразователя SEPIC с ККМ

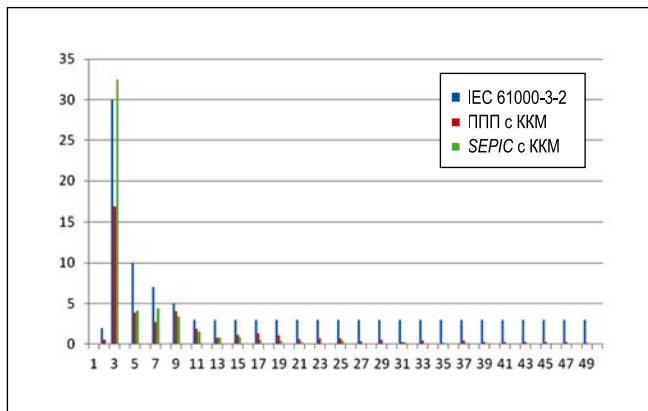


Рис. 18. Сравнение гармоник тока сети

были измерены КГ тока (18,4 и 32,9% соответственно) и напряжения (7,19 и 6,80% соответственно) сети, коэффициенты мощности (0,925 и 0,912 соответственно), напряжение на мощном СД и его ток (колебания тока составили 400 и 200 мА соответственно). ППП с ККМ соответствует классу С из стандарта IEC 61000-3-2.

В результате установлено, что в случае ППП с ККМ коэффициент гармоник тока сети и коэффициент мощности лучше, чем в случае преобразователя SEPIC с ККМ, тогда как гармоник напряжения сети и колебания тока мощного СД оказались лучше в случае преобразователя SEPIC с ККМ.

На рис. 18 проведено сравнение КГ тока сети, соответствующих классу С из стандарта IEC 61000-3-2 и измеренных в случаях УУ на основе ППП с ККМ и УУ на основе преобразователя SEPIC с ККМ. Из рисунка следует, что оба преобразователя в целом удовлетворяют требованиям IEC 61000-3-2, хотя в случае преобразователя SEPIC с ККМ третья гармоника несколько превышает приведённое в стандарте предельно допустимое значение. С другой стороны, УУ на основе преобразователя SEPIC с ККМ было реализовано без входного филь-

тра. После добавления входного фильтра можно ожидать полного удовлетворения требований стандарта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheng, H.L., Lin, C.W. Design and Implementation of a High-Power-Factor Led Driver With Zero-Voltage Switching-On Characteristics // IEEE Transaction on Power Electronics. – 2014. – Vol. 29, No. 9. – P. 4949–4958.
2. Mohammed, L., Saudin, N., Hamid, N.F.A., Ramly, N.H., Isa, Z.M., Ahamad, N.B. Cuk Converter as a Led Lamp Driver // IEEE Int. Conf. on Power and Energy, Kota Kinabalu Sabah, Malezya, 2012. P. 262–267.
3. Lamar, D.G., Ariasm, M., Rodriguez, A., Fernandes, A., Hernando, M.M., Sebastian, J. Design Oriented Analysis and Performance Evaluation of a Low-Cost High-brightness Led Driver Based on Flyback Power Factor Corrector // IEEE Transaction on Industrial Electronics. – 2013. – Vol. 60, No. 7. – P. 2614–2626.
4. Ma, H., Lai, J.S., Feng, Q., Yu, W., Zheng, C., Zhao, Z. A Novel Valley-Fill Sepic-derived Power Supply without Electrolytic Capacitors for Led Lighting Application // IEEE Transaction on Power Electronics. – 2012. – Vol. 20, No. 6. – P. 3057–3071.
5. Paul, E., Aleyas, M.V., Oommen, A.P. A Single Stage High Power Factor Supply Based on Integrated Buck Flyback Converter // Int. Journal of Advanced Research in Electrical,

Electronics and Instrumentation Engineering. – 2013. – Vol. 2, No.1. – P. 680–688.

6. Arias, M., Vazquez, A., Sebastian, J. An Overview of the AC-DC and DC-DC Converters for Led Lighting Applications // Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications. – 2012. – Vol. 53, No. 2. – P. 156–172.

7. Arias, M., Vazquez, A., Sebastian, J. Integrated Double Buck-Boost Converter as a High-Power-Factor Driver for Power-Led Lamps // Int. Journal of Scientific Engineering and Research. – 2014. – Vol. 2, No. 1. – P. 74–77.

8. Grigore, V. Topological Issues in Single-Phase Power Factor Correction. PhD thesis, Helsinki University of Technology, 2001.

9. Sharifipour, B., Huang, J.S., Liao, P., Huber, L., Javanovich, M.M. Manufacturing and Cost Analysis of Power-Factor-Correction Circuits // IEEE APEC98, Anaheim, Canada, pp. 490–494.

10. Zhang, J., Javanovich, M.M., Lee, F.C. Comparison Between CCM Single Stage and Two Stage Boost PFC Converters // IEEE APEC99, Dallas, USA, pp. 335–341.

11. Kazmierczuk, M.K. Pulse Width Modulated DC-DC Power Converters, 1st edition, Singapore: Wiley, 2008.

12. Costa, M.A.D., Marchesan, T.B., Da Silveira, S.J., Seidel, R.A., Do Prado, R.N., Alvarez, J.M.A. Integrated Power Topologies to Supply HPS Lamps: Comparative Study // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2010. – Vol. 25, No. 8. – P. 2124–2132.

13. Cabral, H.G., Marques, A.R., Pedrollo, G.R., De Faria, P.F., Dos Reis, F.S. Performance Comparison of Buck-boost Family Converters for Driving LED Lamps // 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Application INDUSCON, 2014, Cascatinha, Brazil.

14. Sehirlu, E., Altunay, M., Cakir, B. Comparison of a Single Phase Linear and Buck-boost Led Driver // Light&Engineering. – 2015. – Vol. 23, No. 3. – P. 78–84.

14а. Алтунай М., Чакур Б., Шехурли Э. Сравнение линейного и повышающе-понижающего преобразователей для питания светодиодов от сети переменного тока // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 59–63.

15. Url-5 < <http://www.switchingpower-magazine.com/downloads/Sepic%20Analysis.pdf> >, Visit date, 21.05.2016.

16. Url-6 < <http://www.ti.com/lit/an/slyt309/slyt309.pdf> >, Visit date, 21.05.2016.

17. Url-7 < <http://www.ti.com/lit/an/snva168e/snva168e.pdf> >, Visit date, 21.05.2016.

18. Data sheet SG3524. Regulating Pulse-Width Modulators. Texas Instrument, 2003.

19. Data sheet IRF540N. IRF540N Power Mosfet. International Rectifier, 2001.

20. Data sheet MUR460. Ultrafast Plastic Rectifier, Vishay General Semiconductor, 2012.

21. Data sheet IR2117. Single Channel Driver, International Rectifier, 2007.

22. User Guide for FEBL7732_L28U008A, «8.4W LED Driver at Universal Line Using Buck-Boost Featured Fairchild Product FL7732, Fairchild, (2012).

23. Data sheet TC4427. 1.5 A Dual High-Speed Power Mosfet Drivers, 2014.



Мерал Алтинай (Meral Altınay), Ph.D. (2005 г.). Доцент технологического факультета Университета Коджаэли. Область научных интересов: моделирование, проектирование устройств управления,

работающих в режиме переключения, качество электроэнергии



Бекир Чакир (Bekir Çakır), Ph.D. (1995 г.). Профессор машиностроительного факультета Университета Коджаэли. Область научных интересов: проектирование встроенных систем, электронные

схемы устройств управления, системы с возобновляемыми источниками энергии, интеллектуальные энергосистемы



Эрдал Шехирли (Erdal Şehirli), M. Sc. (2009 г.). Аспирант (Ph.D.) Университета Коджаэли и преподаватель факультета электронной техники профессионально-технического училища Университе-

та Кастамону. Область научных интересов: устройства управления для светодиодов, электрические машины и приводы, выпрямители напряжения и нелинейные системы управления



Ёргюр Юстюн (Özgür Üstün), Ph.D. (2000 г.). Доцент Стамбульского технического университета. Область научных интересов: силовая электроника, электрические машины и преобразование энергии.

Правила оформления рукописей, подаваемых в журнал «Светотехника»

Журнал публикует неопубликованные нигде ранее результаты оригинальных исследований и обзорные статьи на русском языке по различным направлениям светотехники. Рукописи статей принимаются на русском и (или) английском языках.

Все авторы несут ответственность за содержание статьи.

Плата с авторов за публикацию не взимается, гонорар не выплачивается.

Структура статьи

Статья должна иметь структуру IMRAD:

1. Название
2. Авторы
3. Аннотация
4. Ключевые слова
5. Введение (Introduction)
6. Методы (Methods)
7. Результаты (Results)
8. Подтверждение и признание участия третьих лиц, финансирования работы (Acknowledgement)
9. Дискуссия или заключение (Discussion)
10. Список литературы

В конце раздела «Введение» следует сформулировать основную цель и задачи работы.

Список литературы

Научная статья является частью развивающейся мировой научной дискуссии, поэтому в списке литературы должно быть не менее 30% адекватных ссылок на публикации ведущих мировых научных изданий на английском языке, входящих в базы данных цитируемых международных агентств, например, Scopus и Web of Science. Среди ссылок на статьи из баз должны быть статьи, опубликованные не позднее двух-пяти лет назад.

Порядок работы с редакцией и рецензирование

Статья проходит двойное рецензирование.

Рецензенты дают заключение по следующим пунктам: а) соответствует ли статья тематике журнала; б) яв-

ляется ли статья оригинальным исследованием или обзором; в) приведены ли в оригинальном исследовании чётко сформулированные новые научные результаты; г) достаточно ли надёжно обоснованы выводы статьи; д) понятно ли изложен материал статьи, соблюдено ли в ней единообразие в терминах и обозначениях; е) соблюдена ли структура IMRAD; ж) приведены ли ссылки на свежие данные и работы по теме, опубликованные в журналах, входящих в базы цитирования, например, Scopus и Web of Science.

В случае несоответствия тематике журнала, или отсутствия в статье сформулированного научного результата, или при значительном количестве выявленных фактических ошибок статья может быть отклонена от публикации без подробной рецензии.

При положительном заключении рецензентов, статья редактируется и отправляется в вёрстку. Редакция не согласовывает с авторами изменения и сокращения рукописи, имеющие редакционный характер и не затрагивающие принципиальных вопросов.

Оформление статьи

Оформление списка авторов

Первыми указываются инициалы, затем фамилия. Если коллектив авторов включает сотрудников разных учреждений, следует указать место работы каждого автора сноской при фамилии автора. Хотя бы для одного автора должен быть указан адрес электронной почты для корреспонденции.

На отдельном листе следует приложить краткие сведения об авторах (когда и какой вуз окончен, настоящее место работы и занимаемое положение, учёная степень и учёное звание, почётное звание, область научных интересов и т.п.). Следует также представить цветную фотографию каждого автора в электронном виде.

Оформление рисунков и таблиц

Таблицы, иллюстрации (рисунки, фотографии) и подписи к иллюстрациям нумеруются по порядку упоминания в тексте. Название иллюстра-

ции или рисунка пишется после номера таблицы или рисунка.

Все графы в таблице имеют заголовки и разделяются вертикальными линиями. Сокращение слов в таблицах не допускается. При наличии в тексте одной таблицы таблица не нумеруется. Таблица без заголовка (что нежелательно) обозначается только словом «Таблица».

Авторам следует избегать повторения одних и тех же данных на рисунках, в таблицах и в тексте.

Используемые сокращения

Следует избегать введения новой терминологии. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми (использоваться физические величины, единицы и обозначения, в частности, принятые в Международной системе СИ, Международном светотехническом словаре (М.: Русский язык, 1979)), Справочной книге по светотехнике (3-е изд.) 2006 г.

Все употребляемые в статье обозначения (за исключением общеизвестных констант типа e , h , c , π и т.п.) и аббревиатуры должны быть определены при их первом появлении в тексте, с учётом следующих принятых в журнале сокращений:

ВД – высокое давление

ВЧ – высокая частота

ГЛН – галогенная лампа накаливания

ГЛН НН – ГЛН низкого напряжения

ЗУ – зажигающее устройство

ИЗУ – импульсное зажигающее устройство

ИК – инфракрасный

ИС – источник света

КЕО – коэффициент естественной освещённости

КЛЛ – компактная люминесцентная лампа

КПД – коэффициент полезного действия

КСС – кривая силы света

ЛН – лампа накаливания

ЛЛ – люминесцентная лампа

МГЛ – металлгалогенная лампа

НЛ – натриевая лампа

НЛВД – НЛ высокого давления

НД – низкое давление

НЛНД – НЛ низкого давления

НН – низкое напряжение

НО – наружное освещение

ОП – осветительный прибор

ОСД – органический светодиод

ОУ – осветительная установка

ПРА – пускорегулирующий аппарат

РЛ – разрядная лампа

РЛВД – разрядная лампа высокого давления

СВД – сверхвысокое давление

СВЧ-лампа – сверхвысокочастотная лампа

СД – светодиод

СДЛ – светодиодная лампа

СДМ – светодиодный модуль

СП – световой прибор

УФ – ультрафиолетовый

ЭМПРА – электромагнитный ПРА

ЭПРА – электронный ПРА

ЭУ – электроустановочное устройство

λ – длина волны

η_v – световая отдача (источника света)

$T_{ц}$ – цветовая температура

$T_{кц}$ – коррелированная цветовая температура (КЦТ)

R_a – общий индекс цветопередачи

Φ_e – поток излучения

Φ_v – световой поток

I_v – сила света

L_v – яркость

E_v – освещённость

$V(\lambda)$ – функция относительной спектральной световой эффективности для дневного зрения.

Оформление списка литературы

Источниками данных предпочтительно указывать не сообщения частных лиц или организаций, а публикации в научной литературе.

Нежелательно давать ссылки на труднодоступные широкому читателю издания (например, на труды студенческих и ведомственных конференций). К ссылкам на материал из Интернета следует указывать дату последнего обращения к материалу.

Библиографические ссылки оформляются с учётом ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Например:

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

Шуберт Ф. Светодиоды. Пер. с англ. под ред. А. Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.;

Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.

Kokoschka, S. Zur Berechnung von Schwellenkontrasten für die Detektion einfacher Schobjekte // Licht. – 1988. – 40, № 4. – S. 305–308.

Никифоров Б. Н. Новое в светотехнике подводных лодок // Светотехника. – 2001. – № 3. – С. 25.

Каршенбойм С. Г. Новые рекомендованные значения фундаментальных физических постоянных (КОДА-ТА2006) // УФН. – 2008. – Т. 178, № 10. – С. 1057–1064.

Патент РФ № 2159021, 04.12.2000.

Сысун В. В. Светомаскировочная фара на светодиодах / Патент России № 2266466. 2005. Бюл. № 35.

Малышев В. В. Повышение эффективности облучательных установок для теплиц / Автореф. дис. ... к-та техн. наук. – М.: ГНУ «ВИЭСХ», 2007.

Официальные периодические издания: электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб], 2005–2007. URL: www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html (дата обращения: 18.01.2007).

Форма приёма статьи

Максимально допустимый объём статьи, как правило, – 12 машинописных страниц формата А4. Статья представляется в электронном виде, расширение имени файла – doc или docx, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 12, межстрочный интервал – 1,5, поля – верхнее и нижнее – 2, левое – 3, правое – 1,5.

Если статья подаётся на русском языке, все подписи на всех рисунках должны быть на русском языке.

Предпочтительные форматы рисунков: jpg, png, tif, tiff, pdf. Оригиналы рисунков в максимально высоком имеющемся у авторов качестве должны быть приложены отдельными файлами. Для векторных изображений желательно приложить оригинал в векторном формате. Графики, созданные в MS Excel, допускается передавать в документе MS Word вместе с текстом статьи.

О важности и перспективности работ в области солнечной энергетики

Выпуск журнала *Light and Engineering Journal* № 3–2017 посвящен важной проблеме состояния и развития фотогальванической или солнечной энергетики, используемой в энергетической индустрии Китая.

Задача расширения масштабов применения и улучшения технических и экономических характеристик возобновляемых источников энергии (прежде всего фотоветросиловых электростанций) является одной из самых важных в обеспечении энергией современного человеческого общества.

За последние десятилетия был достигнут значительный прогресс в создании и использовании возобновляемых источников энергии. По данным профессора О.С. Попеля из Объединенного института высоких температур РАН (ИВТАН РАН), общая установленная мощность таких операционных систем в мире достигла 950 ГВт. В то же время 40–45% этой общей установленной мощности приходится на фотогальванические установки. В июне 2017 года на Всемирном экономическом форуме в Санкт-Петербурге в докладе «Глобальная энергия будущего» были названы следующие прогнозируемые показатели использования солнечной энергии в глобальном энергетическом балансе: 2018 год – 7,4%, 2035 – 18,8%, 2100 – 25,5%. До 20% повысилась эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую. Стоимость фотоэлектрических панелей заметно снизилась и улучшены параметры аккумуляторных батарей (Попель О.С., Фортов В.Е. «Возобновляемая энергетика в современном мире», М., 2015, Издательский дом «МЭИ»).

В ряде стран существуют государственные программы по расширению использования возобновляемых источников энергии. Например, в Германии существует программа «Миллион солнечных крыш».

Этой проблеме, особенно важной для стран с территориями под малыми широтами и с большим количеством ясных солнечных дней, уделяется большое внимание в Китае. В результате страна является одной из ведущих в мире по разработке и использованию возобновляемых энергетических систем.

Нынешнее использование таких систем и установок в Китае позволяет в жилом секторе (односемейные дома) сократить потребление электроэнергии от централизованного электроснабжения на 15–20% и обеспечить возврат инвестиций за 12–15 лет. При создании крупных централизованных фотогальванических станций эти показатели заметно улучшаются. В ближайшем будущем можно прогнозировать как дальнейшее значительное увеличение использования фотоэлектрических систем, так и увеличение их технико-экономических показателей, а также сокращение периода окупаемости.

В этом региональном выпуске журнала «*Light & Engineering*» рассматривается комплекс проблем создания фотогальванических систем и их применения в Китае в последние годы. Такой организационный, юридический, финансовый, кадровый, логистический опыт – опыт внедрения и монтажа – важно знать и использовать во всех странах, имеющих территории с большим количеством солнечных дней в году.

Редакция приглашает экспертов из компаний и организаций разных стран, работающих в области создания и применения солнечной энергетики, принять участие в обсуждении существующих проблем и информировании о достижениях в этой важной и перспективной области на страницах журналов «*Light & Engineering*» и «Светотехника».

Ю.Б. Айзенберг, профессор, д.т.н.

Содержание регионального выпуска журнала *Light & Engineering* 3–2017, посвященного солнечной энергетике Китая

Fengju XU, Fei DAI, Changhong HUANG, and Hui FANG	The Current State of Development, Production and Use of the Photovoltaic Systems in China and Perspectives of their Evolution	Текущее состояние в области разработки, производства и использования фотогальванических систем в Китае и перспективы развития отрасли
Yonghong MA, Zhihua ZHAO, and Zhanzhao WANG	A Study of the Influencing Factors of the Technological Innovation in Photovoltaic Enterprises	Исследование факторов, влияющих на технологические инновации на предприятиях фотогальванической отрасли
Guixin TANG	The Influence of Intercultural Business Communication on the Internationalized Growth of Chinese Solar Photovoltaic Enterprises	Влияние межкультурного делового общения на интернационализированный рост предприятий в отрасли фотогальванических солнечных систем
Hao WANG and Jinhai SUN	Performance Analysis of Solar Photovoltaic Enterprises' Growth Driven by Technological Innovation	Анализ производительности предприятий в отрасли фотогальванических солнечных систем в условиях роста, стимулированного технологическими инновациями

Xinning LI	The Innovative Management Mechanism for the Ecological Environment of Photovoltaic New Energy Industrial Clusters	Инновационный механизм управления для экологической среды в промышленных группах, занимающихся фотогальванической энергией нового вида
Bai YANG, Chuan LIN, and Wei CHEN	Governance Mechanism of the Excess Capacity of the Photovoltaic Enterprises from the Perspective of Technological Innovation	Механизм управления избыточной мощностью предприятий фотогальванической отрасли в перспективе технологических инноваций
Liedong WU	Physical Exercise in High-Tech Photovoltaic Enterprises	Физические упражнения на высокотехнологических предприятиях фотогальванической отрасли
Shang CHAO, Jiang JIAN, and Gu XIN	Empirical Analysis of Corporate Governance and Innovation Performance in Solar Photovoltaic Enterprise	Эмпирический анализ корпоративного управления и эффективности инноваций на предприятии фотогальванических солнечных систем
Jiaxin WANG	Empirical Analysis of Project Management in Photovoltaic Lighting Enterprises Based on Internal Auditing	Эмпирический анализ управления проектом на предприятиях фотогальванической отрасли на основе внутреннего аудита
Lina MA, Fengju XU, and Yongbo YU	Evaluation of Financing Efficiency of Listed Companies in Photovoltaic Industry Based on DEA Model	Оценка финансовой эффективности ряда компаний фотогальванической промышленности на основе модели DEA
Shijian WU, Ying QUAN, and Xiangyan SUN	Effect Mechanism of the Relationship among Job Satisfaction, Organizational Commitment and Job Performance for Employees in LED Enterprises	Взаимное влияние показателей удовлетворенности трудовой деятельностью, обязательств компании и качества выполнения работы сотрудниками предприятий светодиодной отрасли
Wenjie ZHANG and Lihui JIANG	Research on the Desktop Cloud Security Access and Sharing Mechanism of LED Enterprises Based on Virtual Organizations	Исследование механизма защищенного доступа к облачному сервису и обмена информацией на предприятиях светодиодной промышленности
Hailei ZHAO and Dehuan JIN	Prevention and Management of the Credit Risks of Solar LED Enterprises	Профилактика и управление кредитными рисками на предприятиях, производящих светодиодные системы на солнечных батареях
Ping HUANG, Mingyong LAI, and Haicheng WANG	Risk Analysis of International Trade Financing of Chinese LED Enterprises in China	Анализ риска финансирования международной торговли на предприятиях светодиодной промышленности Китая
Yifeng FAN and Wenzhe LI	The Application of LED Light Source in Modern Landscape Lighting Design	Применение светодиодных источников света в современном ландшафтном световом дизайне
Jing PENG	Landscape Green Lighting Design in Urban Derelict Land Based on Ecological Concept	Ландшафтный световой дизайн заброшенных городских территорий с точки зрения экологической концепции
Ling CAO and Bingguang GU	The Correlation Analysis between the Social Responsibility and the Corporate Performance of Lighting Corporations	Анализ взаимосвязи социальной ответственности и корпоративной производительности в светотехнических корпорациях

Sumin JIN	Operation Modes of Photovoltaic Enterprises and Semiconductor Laser Enterprises Participating in Vocational Education	Режимы работы компаний, работающих в отрасли фотогальваники и полупроводниковых лазеров, и участвующих в профессиональном образовании
Ximeng WEN	Cross-Cultural Education System in Photovoltaic Enterprise Employees' English Training	Межкультурная система образования на английском языке для сотрудников предприятий фотогальванической отрасли
Liao TEMING	Incentive Mechanism for Core Talents in Solar Photovoltaic Enterprises	Система мотивации талантливых сотрудников на предприятиях фотогальванической отрасли
Xiaoli ZHANG	Research on the Mode of Vocational Education for Photovoltaic Enterprises	Исследование методов профессионального обучения на предприятиях фотогальванической отрасли
Zhang LI, Yang XU, and Chunhong SANG	An Evolutionary Game Simulation on Photovoltaic Enterprise's Technological Innovation	Эволюционный игровой симулятор технологических инноваций на предприятиях фотогальванической отрасли
Xiaomei DU	Early Warning and Preventive Measures to the Financial Risk of LED Lighting Enterprises	Раннее предупреждение и превентивные меры управления финансовыми рисками на светодиодных предприятиях
Kaihua LIU and Chen WANG	Factors, Financial Structure and Financial Constraints of Lighting Lamps Manufacturing Enterprises	Факторы влияния, финансовая структура и финансовые ограничения на светотехнических предприятиях
Aiwu CHEN and Yueru MA	Innovation Management of Lighting Enterprises Based on Gray Management	Инновационное управление светотехническими компаниями методами «серого» менеджмента
Yarui ZHANG and Ding MA	Optimization of Multi-Objective Reverse Logistics Network for LED Lighting Products	Оптимизация многоцелевой сети реверсивной логистики светодиодной продукции
Chen GONG and Weiwei LIU	Influencing Mechanism of the Strong Connection of Industrial Cluster Network of LED on Enterprise Performance: Empirical Study of LED Enterprises in China	Механизм влияния сильных взаимосвязей в светодиодной промышленности на эффективность работы компаний: эмпирическое исследование светодиодных предприятий Китая
Zhan-ao WANG	Analysis on the International Marketing Strategies of LED Lighting In China	Анализ международных маркетинговых стратегий в светодиодной отрасли Китая
Hui YE	Dual-Channel Integrated Marketing Strategy for LED Lighting Products	Двухканальная интегрированная маркетинговая стратегия для продвижения светодиодной продукции
Sishi LIU, Kefan XIE, Tingwei ZHAO, and Yanlan MEI	Patent Map Analysis of China's Organic Light Emitting Diode Technology	Анализ патентной карты Китая в области технологий производства органических светодиодов
Zhenyuan LIU, Shuhua HU, Renyan MU, and Li CHEN	Research on the Evaluation of Growth Quality of the LED Listed Companies	Исследование оценки роста качества продукции среди светодиодных предприятий, зарегистрированных на бирже

От редакции

14 марта с.г. Министру труда и социальной защиты РФ М.А. Топилину и руководителю Роспотребнадзора А.Ю. Поповой были направлены письма от Президента Академии электротехнических наук РФ и ряда учёных – светотехников и биолога – с убедительной просьбой внести в возможно короткие сроки изменения в методику специальной оценки условий труда (утверждённую приказом Министра труда), содержащую принципиальные ошибки, из-за которых

могут возникать многочисленные ситуации, опасные для здоровья работающих людей и снижающие производительность труда.

После четырёхмесячного ожидания и неоднократных напоминаний нами было получено ответное письмо Минтруда РФ, и так и не получен ответ от Роспотребнадзора.

Ниже публикуем **наши обращения** в эти высокие организации и **ответ Минтруда РФ**.

Наши обращения



**АКАДЕМИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

111112, Москва, ш. Энтузиастов, д. 5, оф. 1310
Эл. почта: 6735311@mail.ru

Тел. / факс: +7 (499) 670-96-63

№ _____
на № _____ от _____

14.03.2017 № 82

Топилину М.А.

Министру труда и
социальной защиты
Российской Федерации
127994, ГСП-4,
г. Москва, ул. Ильинка, д. 21

Поповой А.Ю.

Руководителю Роспотребнадзора
127994, г. Москва, Вадковский пер.,
д. 18, стр. 5 и 7

Уважаемый Максим Анатольевич!

Уважаемая Анна Юрьевна!

Убедительно просим Вас дать указание пересмотреть и дополнить методику проведения специальной оценки условий труда (СОУТ), принятую в документе, утвержденном приказом Минтруда России от 20.01.2015 г. № 24н, содержащей принципиально неверные положения и наносящие вред трудящимся.

В указанном документе не только исключены из оценки условий труда по освещению все нормируемые показатели качества освещения (слепящее действие от прямой и отраженной блескости, пульсация освещенности, яркость), но и ограничен контингент работников, на рабочих местах которых контролируется уровень освещенности. В результате оценка освещения на рабочих местах не проводится практически на всех предприятиях оборонного комплекса; черной и цветной металлургии; электроэнергетики, включая атомные станции; автомобилестроения; производства стекла; пищевой, химической и нефтехимической промышленности; промышленности строительных материалов; лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-

бумажной промышленности, и других видов деятельности, где выполняются работы с объектами различения более 0,5 мм. И это притом, что влияние условий освещения на здоровье работников и безопасность их труда независимо от размера объекта различения доказано многочисленными исследованиями как у нас в стране, так и за рубежом.

Изменения, внесенные в процедуру проведения специальной оценки условий труда приказом Минтруда России от 20.01.2015 № 24н. и Федеральным законом от 01.05.2016 г. № 136-ФЗ, приводят к недопустимым последствиям. Работодателям разрешено бездоказательно и без проверки декларировать соответствие условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда при фактическом нарушении этих требований по условиям освещения.

Отсутствие контроля состояния освещения рабочих мест приводит к ряду негативных последствий для здоровья трудящихся, производительности и безопасности труда и качества продукции, основными из которых являются следующие.

– Рост травматизма. Освещение может быть как непосредственной причиной несчастного случая (низкий уровень освещенности либо слепящее действие, либо стробоскопический эффект из-за пульсации освещенности), так и косвенной, когда появляется «сумеречный эффект», приводящий к снижению внимания у работника, заторможенности, сонливости и, как следствие этого, травматизм.

– Снижение производительности труда и качества выпускаемой продукции, что приведёт к ухудшению экономических показателей в промышленности.

– Социальная напряженность, неверие работников в справедливость законодательной власти, нарушение прав работников на безопасные условия труда, гарантированные ТК РФ

– Ухудшение здоровья работников. Не учтено биологическое незрительное воздействие света на человека, при котором энергию света возбуждают незрительные отделы головного мозга, которые регулируют нейроэндокринную систему организма, определяют циркадные биоритмы жизнедеятельности, сбой которых приводит к серьезным нарушениям здоровья и изменению поведения человека.

– Разработчики документа по СОУТ ограничились только учётом зрительных работ, где зрительный анализатор, испытывает наибольшие нагрузки. При этом непонятно почему в перечень проверяемых по освещению рабочих мест попали подземные работы, в том числе работы по эксплуатации метрополитена» и почему сюда не включены рабочие места в помещениях без естественного освещения?

Учитывая, государственную необходимость исправления ошибок в утверждённых документах, просим Вас дать распоряжение о внесении изменений и дополнений в 426-ФЗ и Методику проведения специальной оценки условий труда (по расширению контролируемых качественных нормируемых показателей световой среды) на всех без исключения рабочих местах.

В стремлении оказать содействие решению проблемы в *приложении* дан проект по минимальной необходимой доработке документов.

Президент Академии
электротехнических наук РФ, доктор техн.
наук, профессор, член-корр. РАН
П.А. Бутырин

Зав. кафедрой «Светотехника» НИУ «МЭИ»,
председатель отраслевого научно-технического
совета по светотехнике, кандидат техн. наук
Г.В. Боос

Зав. лабораторией Ивановского института
охраны труда, кандидат техн. наук
Е.И. Ильина

Шеф-редактор журнала «Светотехника»
доктор техн. наук, профессор,
академик АЭН РФ
Ю.Б. Айзенберг

Главный редактор журнала «Светотехника»,
доктор техн. наук, профессор, академик АЭН
РФ
В.П. Будаков

Ведущий научный сотрудник Института
биохимической физики им. Н.М. Эммануэля
РАН, доктор биол. наук, профессор
П.П. Зак

Предложения по внесению изменений в 426-ФЗ и Методику проведения специальной оценки условий труда в части оценки условий труда по параметрам световой среды

Изменения в Федеральный закон 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»

1. В статье 13, часть 1, п. 1) в параметрах световой среды исключить уточнение, приведенное в скобках.
2. В статье 13, часть 3, п. 19 записать «параметры световой среды», не конкретизируя их.

Изменения в Приложение № 1 к приказу Минтруда России от 24 января 2014 г.

№ 33н «Методика проведения специальной оценки условий труда»

Пункты 55, 56, 59 изложить в следующей редакции:

55. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии световой среды осуществляется по ряду параметров (освещенность, прямая блескость, отраженная блескость, яркость, коэффициент пульсации освещенности).

56. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии световой среды осуществляется в зависимости от значений параметров в соответствии с Приложением № 16 к настоящей Методике. Класс (подкласс) условий труда по фактору «Искусственное освещение» устанавливается по параметру, имеющему наиболее высокий класс (подкласс) условий труда.

59. Такие параметры световой среды, как яркость, прямая и отраженная блескость, рекомендуется оценивать на рабочих местах работников, в поле зрения которых присутствуют яркие рабочие поверхности, слепящие источники света, проводящих работу с объектами различения и рабочими поверхностями, обладающими направленным и направленно-рассеянным отражением (металлы, пластмассы, стекло, глянцева-я бумага), у которых имеются жалобы на дискомфорт зрения.

Изменения в Приложение № 2 к приказу Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33н «Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов»

Подпункты 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 дополнить подпунктами 1.4.4, 1.4.5; сноску <4> изложить в предлагаемой редакции и оставить только для прямой блёсткости, отраженной блёсткости и яркости

- 1.4.1 Освещённость рабочей поверхности
- 1.4.2 Прямая блёсткость <4>
- 1.4.3 Отражённая блёсткость <4>
- 1.4.4 Яркость <4>
- 1.4.5 Коэффициент пульсации освещённости

<4> Идентифицируется как вредный фактор только при наличии жалоб работников на наличие в поле зрения слепящих источников света, отражённых бликов, ярких поверхностей

Изменения в Приложение № 16 к Методике проведения специальной оценки условий труда, утвержденной приказом Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33н

Приложение № 16 изложить в следующей редакции:

ОТНЕСЕНИЕ
УСЛОВИЙ ТРУДА ПО КЛАССУ (ПОДКЛАССУ) УСЛОВИЙ ТРУДА
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

Наименование параметра	Класс (подкласс) условий труда		
	допустимый	вредный	
	2	3.1	3.2
Искусственное освещение			
Освещённость рабочей поверхности E , лк	$\geq E_n <1>$	$\geq 0,5 E_n$	$< 0,5 E_n$
Прямая блёсткость	Отсутствие	Наличие	

Наименование параметра	Класс (подкласс) условий труда		
	допустимый	вредный	
		2	3.1
Отражённая блёсткость	Отсутствие	Наличие	
Яркость L , кд/м ²	$\leq L_n < 1 >$	$> L_n$	
Коэффициент пульсации освещенности $K_{пн}$, %)	$\leq K_{пн} < 1 >$	$> K_{пн}$	

<1> Нормативные значения освещенности, яркости рабочей поверхности и коэффициента пульсации освещенности устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», введенными в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21.06.2016 № 81 (зарегистрировано Минюстом России 8 августа 2016 г. № 43153) и другими нормативными документами по освещению, прошедшими утверждение и регистрацию в установленном порядке.

Ответ Минтруда Российской Федерации



Общероссийская общественная организация «Академия электротехнических наук Российской Федерации»

111112, г. Москва,
Шоссе Энтузиастов, д. 5, оф. 1310

Департамент условий и охраны труда рассмотрел обращение от 14 марта 2017 г. № 82 и сообщает, что в соответствии с поручением Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации О.Ю. Голодец от 3 апреля 2014 г. № ОГ-П12–85пр и пунктом 2 Протокола заседания Правительственной комиссии по вопросам охраны здоровья граждан от 9 июня 2014 г. № 3 с 2014 года Минтрудом России осуществляется мониторинг проведения специальной оценки условий труда (далее – мониторинг), в целях проведения которого создана на постоянной основе рабочая группа, в состав которой вошли представители заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, объединений профсоюзов, объединений работодателей, а также представители экспертного сообщества в области охраны труда, включая представителей НИИ охраны труда в г. Иваново.

В формате указанной рабочей группы рассматриваются предложения участников проведения специальной оценки условий труда по совершенствованию указанной процедуры, в том числе в части учета влияния различных производственных факторов на условия труда работников с учетом статистических данных производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, а также выносятся в адрес Минтруда России предложения о совершенствовании законодательства о специальной оценке условий труда.

По результатам деятельности указанной рабочей группы в течение 2014–2017 годов Федеральным законом от 1 мая 2016 г. № 136-ФЗ внесены изменения в Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (далее – Федеральный закон), приказом Минтруда России от 20 января 2015 г. № 24н внесены изменения в Методику проведения специальной оценки условий труда, утвержденную приказом Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33н (далее – Методика), принято участие в разработке и согласовании постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 г. № 81 об утверждении Санитарных правил и норм СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», в соответствии с которыми нормирование физических факторов производственной среды в значительной степени

приведено в соответствие с Методикой, в том числе в части нормирования и оценки влияния на условия труда параметров световой среды.

При этом учитывалось, что при оценке влияния параметров световой среды на условия труда работников нормируемым параметром является освещенность рабочей поверхности, как это принято в экономически развитых странах, а исследованию подлежит совокупная освещенность рабочей поверхности от всех источников освещения, включая естественное, при этом прямая или отраженная блескость оценивается как вредный фактор воздействия световой среды экспертом, проводящим специальную оценку условий труда, если данный параметр световой среды был идентифицирован на рабочих местах работников, в поле зрения которых присутствуют слепящие источники света, проводящих работу с объектами различения и рабочими поверхностями, обладающими направленно-рассеянным и смешанным отражением (металлы, пластмассы, стекло, глянцевая бумага), и оказывает раздражающее воздействие на орган зрения работника и иных лиц, в том числе проводящего идентификацию вредных (опасных) производственных факторов эксперта.

Кроме того, после вступления в силу изменений в Методику фактор освещенности рабочей поверхности идентифицируется как вредный и (или) опасный фактор только при выполнении прецизионных работ с величиной объектов различения менее 0,5 мм, при наличии слепящих источников света, при проведении работ с объектами различения и рабочими поверхностями, обладающими направленно-рассеянным и смешанным отражением, или при осуществлении подземных работ, в том числе работ по эксплуатации метрополитена.

Указанные требования сформированы по результатам мониторинга проведения специальной оценки условий труда с учетом того, что в рамках официального статистического наблюдения не было зафиксировано случаев возникновения профессиональных заболеваний, обусловленных отсутствием естественного освещения или наличием пульсации освещенности на рабочих местах.

Однако установленные Методикой ограничения по идентификации и исследованию параметров световой среды на рабочих местах при проведении специальной оценки условий труда не препятствуют проведению на всех рабочих местах производственного контроля условий труда, осуществляемого в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», что позволит исключить или не допустить большинство из перечисленных в обращении нарушений требований охраны труда, обусловленных несоблюдением санитарно-гигиенических нормативов по параметрам световой среды.

С учетом изложенного, а также положений статьи 13 Федерального закона, устанавливающей, в том числе требования к средствам измерения параметров световой среды, предлагаемое внесение изменений в статью 13 Федерального закона представляется нецелесообразным, так как в указанной статье приведены только измеряемые параметры световой среды.

По содержащимся в обращении предложениям о внесении изменений в Методику сообщаем, что Минтрудом России по результатам мониторинга проведения специальной оценки условий труда подготовлен проект приказа, вносящего изменения в Методику с учетом правоприменительной практики специальной оценки условий труда, который планируется к рассмотрению социальными партнерами на заседании рабочей группы Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений во втором полугодии 2017 года.

*Заместитель директора Департамента
условий и охраны труда Т.М. Жигасова*

От редакции

Редакция абсолютно не удовлетворена подобным ответом Минтруда РФ, из которого видно, что роль рационального освещения рабочих мест для чиновников Министерства не очевидна, и потому ведётся мониторинг специальной экспертной комиссией. Тем не менее это не помешало до завершения работы комиссии издать приказ, исключаящий необходимость контроля освещения рабочих мест в абсолютном большинстве отраслей промышленности.

При этом подтверждаем, что роль освещения рабочих мест давно исследована в сотнях опублико-

ванных работ во всём мире и закреплена в нормах всех ведущих стран, в том числе в отечественных санитарных нормах.

В этой связи Академия электротехнических наук РФ и журнал «Светотехника» вынуждены обратиться к Правительству РФ и руководству Федерации независимых профсоюзов России (ФНПР), с просьбой решить этот затянувшийся вопрос и восстановить необходимость контроля состояния освещения на всех рабочих местах всех отраслей промышленности.

Повышение надёжности работы и защиты при коротких замыканиях линий наружного освещения автомобильных дорог

А.А. ГАЛИМОВА

Самарский государственный технический университет, Самара
E-mail: akilya@mail.ru

Аннотация

Представлена методика выбора защитных автоматов для эффективной защиты линий наружного освещения автомобильных дорог от коротких замыканий и повышения надёжности системы электроснабжения. В основе методики лежит принцип секционирования электрической сети. Методика позволяет расчётно и графически определять места установки защитных аппаратов в протяжённых линиях наружного освещения автомобильных дорог.

Ключевые слова: линия наружного освещения автомобильной дороги, система электроснабжения, защита от коротких замыканий.

Введение

Безопасность дорожного движения напрямую связана с эффективной и надёжной работой линий наружного освещения (ЛНО). Анализ публикаций по этой теме показал актуальность задачи повышения надёжности ЛНО и обеспечения качественных характеристик источников света при бесперебойном электроснабжении светильников [1–7].

Методика выбора проводников и размещения защитных аппаратов (ЗА) в линиях высокого и низкого напряжения известна [8], но она эффективна для систем электроснабжения и линий электропередач, соединяющих трансформаторную подстанцию (ТП) с нагрузкой. В протяжённых линиях с распределённой нагрузкой, особенно небольшой мощности, эта методика не позволяет выбор эффективной защиты от коротких замыканий. К числу подобных линий относятся и ЛНО автомобильных магистралей. Такие ЛНО, как правило, достаточно протяжённые, до нескольких километров, и имеют небольшую мощность, распределённую по всей длине. Режим короткого замыкания (КЗ) в ЛНО автомобильных магистралей имеет особенность – ток КЗ в конце линии, как правило, меньше или близок по значению току нагрузки в конце линии. В этом случае автоматические выключатели, установленные в распределительном устройстве 0,4 кВ на ТП, не отключают нагрузку при возникновении КЗ в конце линии.

В статье приведена методика выбора ЗА в протяжённых линиях, имеющих распределённую нагрузку. В основе методики лежит секционирование линии. Вся линия электропередачи делится на участки, каждый из которых защищён своими предохранителями.

Постановка задачи

При разработке методики ставилась задача рассчитать ток КЗ в i -й точке линии на расстоянии l_i от ТП и найти j -й узел подключённой нагрузки на расстоянии l_j от ТП, в котором можно установить ЗА для эффективной защи-

ты участка линии $l_j - l_i$. При этом должны выполняться два условия:

– для обеспечения допустимого времени срабатывания ЗА ток КЗ должен быть не ниже номинального тока ЗА заданной кратности:

$$I_{\text{КЗ}} \geq KI_{\text{нз}}; \quad (1)$$

– номинальный ток ЗА должен быть не ниже номинального тока нагрузки в j -м узле:

$$I_{\text{нз}} \geq I_{\text{н}j}.$$

Расчётный метод решения задачи

Ток КЗ рассчитывается по ГОСТ [9]. Схема замещения системы электроснабжения содержит схемы замещения трансформатора ТП и линии электропередачи. При расчёте комплексных сопротивлений схемы замещения также учитываются сопротивления коммутационных аппаратов, контактов и других элементов, входящих в систему электроснабжения.

Активное и реактивное сопротивления прямой последовательности трансформатора рассчитываются на основании паспортных данных, например, по формулам, приведённым в [10]. Сопротивление обратной последовательности трансформатора и сопротивления прямой и обратной последовательностей других элементов схемы замещения выбираются по ГОСТ [9].

В сетях 0,4 кВ минимальные токи возникают при несимметричных КЗ, поэтому в качестве критерия для выбора ЗА принимается ток однофазного КЗ $I_{\text{КЗ}}^{(1)}$:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \sqrt{3} U_{\text{cp}} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2}, \quad (2)$$

где U_{cp} – среднее значение низкого напряжения, для сети 380 В оно равно 400 В; R_{Σ} и R_0 – суммарные активные сопротивления прямой и обратной последовательностей схемы замещения системы электроснабжения, Ом, соответственно; X_{Σ} и X_0 – суммарные реактивные сопротивления прямой и обратной последовательностей схемы замещения системы электроснабжения, Ом, соответственно.

Для определения j -го узла для установки ЗА используем формулу (1), подставив в левую часть которой правую часть формулы (2), получим неравенство

$$\sqrt{3} U_{\text{cp}} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2} \geq KI_{\text{нз}}.$$

Выразив в нём номинальный ток нагрузки через мощность в j -м узле, получим неравенство

$$\sqrt{3} U_{cp} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2} \geq (3P_{nj}/n) / \sqrt{3} U \cos \varphi, \quad (3)$$

где P_{nj} – мощность в j -м узле, Вт; n – количество узлов от точки подключения в ТП до j -го узла; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности, при проектировании коэффициент мощности принимается равным 0,85; U – номинальное напряжение системы электроснабжения, 380 В.

В результате решения неравенства (3) после подстановки в него параметров системы электроснабжения и схемы замещения можно определить узел нагрузки (n), в котором требуется установить ЗА. Исходя из условия решения этого неравенства, расстояние от точки КЗ в i -м узле до j -го узла с ЗА при таком расчёте будет минимально допустимым. Погрешность выбора узла для установки ЗА с помощью неравенства (3) обусловлена тем, что номинальный ток ЗА выбирается из стандартного ряда токов автоматических выключателей или предохранителей, выпускаемых для применения в электрических сетях. Если разница между номинальным током нагрузки в j -том узле I_{nj} и стандартным номинальным током ЗА $I_{нз}$ существенна, значение $KI_{нз}$ может превышать ток КЗ. Подставлять в правую часть неравенства (3) номинальный ток ЗА также нецелесообразно, так как в неравенстве не будет связи с параметрами нагрузки. В приведённой методике автором предлагается следующее решение проблемы. Количество узлов от ТП до узла j , в котором необходимо установить ЗА, определяется как

$$n = (P_{\Sigma} - I_{нз} \sqrt{3} U \cos \varphi) / P_{nj}, \quad (4)$$

где P_{Σ} – суммарная нагрузка системы электроснабжения, Вт.

Номинальный ток ЗА выбирается следующим образом. Рассчитывается ток КЗ в конце линии. Номинальный ток ЗА выбирается равным не более чем $1/K$ тока КЗ. Подставив в формулу (4) выбранное значение номинального тока защиты, определяем значение n . Окончательный выбор узла j производится с помощью неравенства (3): если оно не выполняется, то значение n корректируется. Опыт реше-

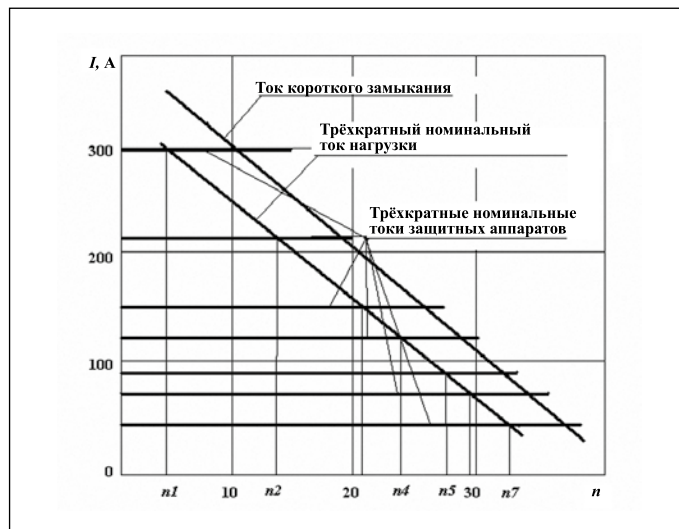


Рисунок. Распределение токов короткого замыкания и токов нагрузки в узлах линии электропередачи

ния подобных задач показал, что если неравенство (3) не выполняется, следует уменьшить значение n , выбрав узел $j-1$. Далее рассчитывается ток КЗ в узле j , выбирается узел для установки ЗА и определяется диапазон защиты. Таким образом выполняется расчёт для всей линии электропередачи. Последний узел для расчёта и установки ЗА – распределительное устройство низкого напряжения в ТП.

Графический метод решения задачи

Задача выбора узла для установки ЗА участка линии электропередачи может быть решена и графически.

На рисунке представлены токи КЗ и трёхкратные номинальные токи в узлах распределённой нагрузки (для автоматических выключателей с характеристикой A). На рисунке также представлены линии, соответствующие минимально допустимой кратности токам КЗ для выключателей с характеристикой A . Точка пересечения линии трёхкратного номинального тока ЗА и зависимости трёхкратного тока нагрузки в узлах соответствует значению n , которое является нижней границей для узла, в котором целесообразно устанавливать ЗА. А максимально допустимый узел установки ЗА – точка пересечения линий, соответствующих трёхкратным номинальным токам ЗА с лини-

Таблица

Результаты выбора узла установки и параметров аппаратов защиты линии наружного освещения

Магистраль № 1					
Длина участков магистрали, км	0,585	1,193	1,73	2,566	3,055
Сечение провода, мм ²	150		120		
Сопrotивление петли «фаза-ноль», Ом	1,314	2,44	3,67	4,63	6,69
Номинальный ток, А	87,7	70,9	55	38,4	17
Ток КЗ, А	527	284	189	150	103
Ток предохранителя, А	100	80	60	50	25
Номер опоры для установки предохранителя	89	72	56	39	17

ей токов КЗ. Диапазон действия ЗА, установленного, например, в точке n_1 – до точки n_2 , и т.д. Целесообразно выбирать узел нагрузки для установки защиты между двумя зависимостями, чтобы иметь запас надёжности по срабатыванию при КЗ и запас для возможной небольшой перегрузки в узле. При графическом методе решения задачи построение линий выполняется в соответствии с выбранным ЗА, так как время срабатывания при КЗ регламентируется ПУЭ и характеристикой выбранного ЗА.

Практическая реализация методики

Методика применялась при проектировании и строительстве ЛНО автодороги, принадлежащей к категории общегородской магистрали, протяжённостью 6 км, в Самаре. ЛНО имеет четыре магистральных участка, протяжённостью около 3 км каждый. В результате секционирования каждая магистраль разделена на 4–5 участков, каждый из которых защищён группой предохранителей с номинальными токами, соответствующими условиям срабатывания.

Результаты расчётов одной из магистралей приведены в таблице. Соединение участков выполнено с помощью мачтовых рубильников, в каждом из которых установлены предохранители с параметрами, выбранными по данной методике. В результате секционирования каждый участок ЛНО со светильниками защищается от токов КЗ своими предохранителями. Кроме того, при возникновении КЗ в середине или конце линии, основная часть светильников будет работать, так как отключится только часть светильников, оказавшихся в зоне действия токов КЗ.

Заключение

Изложенная в статье методика позволяет решать следующие задачи:

1. Определять расчётным и графическим путём место установки ЗА в протяжённых ЛНО автомобильных дорог.
2. Повышать эффективность действия ЗА при возникновении КЗ в ЛНО.
3. Повышать надёжность работы и эффективность использования электрооборудования ЛНО автомобильных магистралей.
4. Обеспечивать нормальную работу части ЛНО при аварии в конце ЛНО.

Эффективность и работоспособность предложенной в статье методики подтверждена реализованным проектом – успешно работающей ЛНО автомагистрали в Самаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Букатов А.С., Киричок А.И. Функциональное энергоэффективное освещение наружных пространств столицы: состояние и тенденции развития // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 38–41.
2. Айзенберг Ю.Б., Матвеева Е.Ю., Юшков Д.Д. О состоянии наружного освещения городов страны // Там же. – С. 42–43.
3. Немет-Видовски А., Шанда Я. Дорожное освещение и фотометрия в условиях сумеречного зрения // Там же. – С. 44–48.
4. Кинг Б. Разработка метода комплексной оценки дорожного и городского освещения // Светотехника. – 2012. – № 2. – С. 27–31.
5. Дехофф П. Качество освещения и энергоэффективность не противоречат друг другу // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 64–68.
6. Будак В.П., Ильина Е.И. Выбор показателей эффективности светильников утилитарного наружного освещения на этапе разработки // Светотехника. – 2012. – № 5. – С. 45–50.
7. Гардин А.И., Шарыгин М.В., Шевченко А.С. О расчёте электрической сети уличного освещения с осветительными приборами, работающими в режиме поддержания заданного энергопотребления // Светотехника. – 2011. – № 4. – С. 22–25.
8. Карпов Ф.Ф., Козлов В.Н. Справочник по расчёту проводов и кабелей. 2-е изд. – М. – Л.: Энергия, 1964. – 224 с.
9. ГОСТ 28249–93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта в электроустановках переменного тока до 1 кВ»
10. Электротехнический справочник. Т. 1. Под общ. ред. П.Г. Грудинского и др. Изд. 5-е, испр. – М.: Энергия, 1974. – 776 с.



Галимова Ахлия Анверовна, кандидат техн. наук (1998 г.). Окончила в 1987 г. электротехнический факультет Куйбышевского политехнического института по специальности «Электрические системы и сети». Доцент кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Самарского государственного технического университета. Область научных интересов: системы электроснабжения и подстанции 0,4–35 кВ, линии наружного освещения автомагистралей

Подписывайтесь на журнал

**СВЕТО
ТЕХНИКА | LIGHT &
ENGINEERING**

На 1-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

Область применения в электроустановках устройств защитного отключения¹

• ГОСТ [11]

701. Область применения

Стандарт распространяется на электрические установки в помещениях, содержащих стационарную ванну или душ и к окружающим их зонам, в соответствии с указаниями данного стандарта.

Стандарт не применяется к специальным установкам, например, специальным душам, используемым в производственных помещениях или в лабораториях.

Примечание 1 – К помещениям, содержащим ванну или душ для лечебных целей, могут предъявляться специальные требования.

Примечание 2 – Готовые ванны или душевые кабины заводского изготовления должны соответствовать МЭК 60355–2–105 «Бытовые и аналогичные электроприборы. Часть 2–105: Частные требования для многофункциональных душевых кабин».

701.30.1 Общие характеристики

При использовании стандарта размеры зон 0, 1 и 2 определяются в соответствии с требованиями 701.30.2–701.30.4.

701.415 Дополнительная защита

701.415.1 Дополнительная защита: Защитные устройства дифференциального тока (УДТ)

В помещениях, содержащих ванну или душ, одно или более защитных устройств дифференциального тока (УДТ) с дифференциальным током срабатывания не более 30 мА должны обеспечить защиту всех цепей.

Использование такого УДТ не требуется для цепей:

– с защитной мерой «защита электрическим разделением», если какая-либо цепь используется для единичного оборотования,

– с защитной мерой ЗСНН или БСНН.

Примечание: В России применение системы ЗСНН не разрешается.

701.512.3 Защита электропроводок в соответствии с внешними воздействиями

Применяются следующие требования:

а) Электропроводки к электрооборудованию в зонах 0, 1 и 2, проложенные по стенам, которые ограничивают эти зоны, должны быть смонтированы или на поверхности стен или заделаны в стену на глубину не менее 5 см.

Электропроводки для электроприёмников в зоне 1 должны быть подведены:

– или вертикально сверху или горизонтально через стену к задней части устройства, когда стационарное оборудование устанавливается выше ванны (например, водонагреватель);

– или вертикально снизу или горизонтально через смежную стену, когда оборудование помещается в пространстве ниже ванны.

б) Все другие скрытые электропроводки, включая монтажные изделия в стенах или перегородках, которые ограничивают зону 0, 1 или 2, должны быть заделаны на глубину не менее 5 см от поверхности.

в) в случае, если условия а) или б) не выполняются, электропроводки могут монтироваться, если:

– цепи защищаются или одной из защитных мер БСНН или ЗСНН, или с помощью электрического разделения цепей, или

– цепи защищаются дополнительной защитой согласно п. 412.5 ГОСТ [3] с дифференциальным током срабатывания не более 30 мА. Такие цепи должны содержать защитный проводник, или

– используются бронированные кабели или проводники в металлическом заземленном экране, металлическое покрытие которых удовлетворяет требованиям для защитного проводника цепи, или если кабели или проводники проложены в заземленной трубе, коробе, специальном коробе, удовлетворяющим требованиям этого стандарта для защитного проводника, или используются изолированные концентрические конструкции, или

– монолитные кабели или проводники, обеспеченные механической защитой, например, металлической трубой, которая защитит кабель от повреждения гвоздями, винтами, сверлами и т.п.

Комментарий:

– в проектах электроустановок, как правило, применяются устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА,

– устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током 10 мА целесообразно применять для защиты одного электроприёмника,

– установку блоков питания с розетками для электроприёмников 220 В 20–50 ВА следует выполнять в зоне 2 в соответствии с требованиями ГОСТ [12],

– электрообогрев полов в ванных и душевых помещениях, в том числе применение устройств защитного отключения, следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ [13],

– в соответствии с требованием пункта 701.753 ГОСТ [11] для электрических систем подогрева пола ванных и душевых комнат защитная мера «защита электрическим разделением» не допускается.

• ГОСТ [14]

Стандарт распространяется на электрические установки:

– ванн плавательных бассейнов и лягушатников и зон их окружающих,

– зон естественных водоемов, обводненных карьеров, прибрежных и подобных зон, предназначенных для плавания, ныряния и подобных целей, и их окружающих зон.

Такие зоны рассматриваются как плавательные бассейны, – ванн фонтанов и их окружающих зон.

Примечание – В этих зонах в нормальных условиях эффект поражения электрическим током увеличивается за счет снижения сопротивления кожи и контакта тела с потенциалом земли.

К бассейнам для медицинского применения могут предъявляться дополнительные требования.

Стандарт не распространяется на мобильное оборудование, например, оборудование для очистки бассейна.

Ниже приведены пункты ГОСТ [14], в соответствии с требованиями которых следует применять устройства дифференциального тока с номинальным отключающим дифференциальным током, не превышающим 30 мА:

¹ Продолжение (начало см. в № 3).

702.410.3.101.2 Зоны 0 и 1 в фонтанах,
702.410.3.101.3 Зона 2 в плавательных бассейнах, в естественных водоёмах, обводненных карьерах, прибрежных и подобных зонах,

702.522.8.102 Ограничения на выполнение электропроводок в отдельных зонах,

702.53 Аппаратура коммутации и управления

702.55.101.3 Электроприёмники плавательных бассейнов
702.55.104.2 Специальные требования к установке низковольтного электрооборудования в зоне 1 плавательных бассейнов

702.55.105 Системы обогрева пола и потолка

Комментарий:

Требования к насосам приведены в ГОСТ [15].

• ГОСТ [16]

705.11 Область применения

Требования стандарта относятся к стационарным электроустановкам, находящимся внутри и вне сельскохозяйственных и садоводческих строений.

Стандарт распространяется на все части стационарных электроустановок сельскохозяйственных и садоводческих помещений (коровников, телятников, свиначников, овчарен, конюшен, биофабрик, птицеводческих помещений, теплиц, построек типа загонов), в которых находятся сельскохозяйственные животные (крупный рогатый скот, лошади, свиньи, овцы), хранилищ для сена, соломы, комбикормов, а также на все виды кормоцехов и складских помещений и устанавливает требования по электробезопасности, защите от пожара людей и сельскохозяйственных животных, выбору и применению электрооборудования.

Некоторые из требований применимы также к электроустановкам, которые размещены в общественных помещениях, принадлежащих сельскохозяйственным и садоводческим строениям.

Стандарт не распространяется на электроустановки жилых помещений и строений бытового и аналогичного назначения, не входящих в состав сельскохозяйственных и садоводческих помещений.

Если требований настоящего стандарта применяются для жилых и других подобных мест в общественных зданиях, то это должно быть указано в нормативных документах.

705.4.4.41 Защита от поражения электрическим током

705.411 Защитная мера – автоматическое отключение питания

705.411.1 Общие положения

Применяют ГОСТ [3] (пункт 411.1) с дополнением:

В электрических цепях, независимо от типа заземления системы, должно быть предусмотрено отключающее устройство:

– в конечных цепях здания со штепсельными розетками с номинальным током не более 32 А должны быть установлены защиты дифференциального тока (УДТ) с током $I_{\Delta n}$ не более 30 мА,

– в конечных цепях здания со штепсельными розетками с номинальным током более 32 А должны быть установлены УДТ с током $I_{\Delta n}$, не превышающим 100 мА,

– во всех других цепях должны быть установлены УДТ с током $I_{\Delta n}$, не превышающим 300 мА.

Примечание – УДТ с номинальным дифференциальным током срабатывания ($I_{\Delta n}$) до 300 мА должны быть типа S или быть с выдержкой времени и должны применяться при хорошем постоянном обслуживании.

705.422.7 Для защиты от пожара должны быть установлены УДТ с номинальным дифференциальным током не более 300 мА (см. 705.411).

УДТ должно отключать все токоведущие проводники. Там, где не требуется постоянное обслуживание УДТ, защищающих штепсельные розетки, УДТ должны быть типа S или быть с выдержкой времени.

Комментарий:

– проектирование электрооборудования общественных помещений, входящих в состав сельскохозяйственных и садоводческих строений, следует выполнять в соответствии с действующими для общественных помещений нормами. При этом целесообразно учитывать отдельные дополнительные требования, предъявляемые к сельскохозяйственным и садоводческим строениям.

• ГОСТ [17]

709.1 Общие требования

Требования, установленные в стандарте, применяются только к цепям питания для подключения прогулочных судов или плавучих домов к системам электроснабжения на пристанях или в подобных расположениях.

Специальные требования не применяют к электроснабжению плавучих домов, если они подключены непосредственно к общедоступной сети.

709.53.1 Устройства для защиты от косвенного прикосновения автоматическим отключением питания

709.531.2 Защитные устройства дифференциального тока (УДТ)

Применяют ГОСТ [4] со следующим дополнением:

Каждая розетка должна быть индивидуально защищена на УДТ с дифференциальным током срабатывания не более 30 мА. УДТ должно разъединять все полюса, включая нейтральный.

Каждая конечная цепь, предназначенная для стационарного ввода в плавучий дом, должна быть защищена индивидуально УДТ с дифференциальным током срабатывания не более 30 мА. УДТ должно разъединять все полюса, включая нейтральный.

Комментарий:

На рисунках 709А.1, 709А.2, 709А.3 и 709А.4 стандарта показана установка УДТ в одно- и трёхфазной сети питания судов,

• ГОСТ [18]

712.1 Область применения

Стандарт распространяется на электроустановки с использованием систем питания от фотоэлектрических (ФЭ) солнечных батарей, включая системы с модулями переменного тока.

712.413.1.1.1.2 Для защиты от повреждений при автоматическом отключении питания электроустановки, в которых применяется ФЭ система питания, не имеющая хотя бы простого разделения между стороной переменного тока и стороной постоянного тока, должны быть оснащены защитным устройством дифференциального тока (УДТ) типа В, соответствующим МЭК 60755.

Если конструкция ФЭ инвертора не допускает прохождения постоянного тока повреждения в электроустановку, применение УДТ типа В, соответствующего МЭК 60755, не требуется.

• ГОСТ [19]

714.1 Область применения

Стандарт устанавливает требования по выбору и монтажу светильников и осветительных установок, образующих стационарную установку на открытом воздухе.

Установки наружного освещения могут получать питание как от общей коммунальной сети, так и от специальной сети наружного освещения.

Требования стандарта относятся, например, к осветительным установкам дорог, парков, садов, открытых площадок для общественных и спортивных мероприятий, освещения памятников, освещения заливающим светом, освещения телефонных будок, автобусных остановок, рекламных щитов, указателей и дорожных знаков.

Требования стандарта не распространяются:

- на коммунальные установки уличного освещения, которые являются частью коммунальной энергосистемы,
- на временные осветительные гирлянды,
- на системы сигнализации дорожного движения,
- на светильники, которые устанавливаются вне здания и подключены непосредственно к внутренней электрической сети этого здания,
- осветительные установки бассейнов и фонтанов, по ГОСТ [14].

714.411.3.3 Дополнительная защита

Применяют ГОСТ [3] со следующим дополнением:

Осветительное оборудование телефонных будок, автобусных остановок, рекламных щитов, указателей и подобных установок должно быть дополнительно защищено устройством дифференциального тока с номинальным дифференциальным током не более 30 мА.

Комментарий:

- устройства дифференциального тока с номинальным дифференциальным током не более 30 мА следует предусматривать также в цепях силовых электроприёмников класса защиты 1, устанавливаемых в рекламных щитах и подобных установках,
- требования пункта 714.411.3.3 распространяются на все остановки наземного общественного транспорта.

• ГОСТ [20]

717.1 Область применения

Стандарт распространяется на мобильные и транспортируемые модули, которые содержат в себе всю или часть электроустановки для выполнения функции электроснабжения модулей, например, передвижные модули для телевидения, радиовещания, оказания медицинских услуг, размещения мобильной рекламы, пожарные машины, модули специальных информационных технологий, модули для помощи при бедствиях, торговые модули и т.п.

Стандарт устанавливает требования при объединении двух и более модулей в единую электрическую установку (см. 717.551.6 и 717.551.7).

Стандарт не распространяется на:

- электроустановки автотранспортных средств и автоприцепов,
- генераторные установки,
- электроустановки прогулочных судов по МЭК 60092–507,
- оборудование производственных машин и механизмов по МЭК 60204–1,
- оборудование электротранспортных средств, в т.ч. безрельсового транспорта,

- электроустановки мобильных или транспортируемых жилых домов, офисов и других объектов длительного пользования и места их расположения.

Комментарий:

На рисунках 717.1–717.4, 717.6, 717.7 стандарта для систем заземления TN и IT показаны:

- электроснабжение модулей от генератора низкого напряжения или от стационарной электрической сети. Эти данные указываются в задании на проектирование,
 - установка на вводе в модуль устройства дифференциального тока, номинальный отключающий дифференциальный ток которого от 30 до 100 (300) мА определяется в задании на проектирование,
 - установка в цепи штепсельных розеток наружной установки устройства дифференциального тока, номинальный отключающий дифференциальный ток которого равен 30 мА.
- Следует отметить, что требования стандарта, в том числе применение устройств дифференциального тока, распространяются на торговые модули (ларьки).

• ГОСТ [21]

1. Область применения

Стандарт устанавливает специальные требования к электроустановкам помещений, содержащих нагреватели для саун, с целью обеспечения защиты людей от поражения электрическим током и безопасной эксплуатации электроустановок.

703.53 Распределительные устройства и устройства управления

Аппаратура, не встроенная в электронагреватели, должна быть размещена вне сауны.

Запрещается устанавливать в саунах штепсельные розетки.

Комментарий:

В линии питания электронагревателя сауны целесообразно предусматривать установку УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

• ГОСТ [22]

1. Область применения

Стандарт распространяется на электроустановки зданий, применяемые во всех отраслях экономики страны независимо от их принадлежности и форм собственности, и устанавливает требования по обеспечению электробезопасности людей в специальных установках, в частности используемых на строительных площадках.

704.471 Штепсельные розетки должны быть предохранены путем применения устройств защитного отключения с током срабатывания не более 30 мА, либо подачей сверхнизкого напряжения, либо подключением к независимому участку сети, получающему питание от разделительного трансформатора.

Комментарий:

- вместо слов «получающему питание от разделительного трансформатора» следует читать «получающему питание от безопасного разделительного трансформатора»,
- необходимость установки дополнительных устройств защитного отключения определяется в задании на проектирование.

• ГОСТ [13]

1. Область применения

Стандарт распространяется на электроустановки зданий и сооружений с электрообогреваемыми полами и поверхностями, применяемыми в различных отраслях экономики

страны, и устанавливает требования к указанным установкам и в первую очередь по обеспечению электробезопасности.

Область применения стандарта ограничивается в основном внутренними помещениями зданий с электрообогреваемыми полами с заложением нагревательного кабеля в бетонную стяжку, однако некоторые требования стандарта могут быть распространены и на другие объекты с электрообогреваемыми поверхностями, такие как промышленные, сельскохозяйственные, торговые, зрелищные, коммунально-бытовые и иные постройки, в том числе на открытом воздухе, например, открытые стадионы, спуски в подземные переходы, открытые загоны для круглогодичного содержания скота на открытом воздухе в животноводческих хозяйствах южных регионов страны и т.д.

Обогреваемой поверхностью может быть крыша дома, если она оборудована противообледенительным устройством, поверхность открытого футбольного поля для создания комфортных условий игрокам в холодное время и др.

Стандарт предназначен для проектных, монтажных, пусконаладочных и эксплуатационных организаций любых форм собственности.

5. Требования электробезопасности

5.3 Основной защитой от поражения электрическим током в электроустановках распределенного электрообогрева является двойная или усиленная изоляция токоведущих частей распределенных электронагревательных элементов (нагревательных и вспомогательных жил электронагревательного кабеля, токоведущих частей монтажных концов, нагревательных пленок, токоведущих элементов электронагревательных пластин).

Дополнительной защитой является применение автоматических выключателей дифференциального тока (АВДТ) по ГОСТ 51327.1 и выключателей дифференциального тока (ВДТ) по ГОСТ 51.1326.1 с металлической оплеткой или с повивом брони электронагревательного кабеля, экранным слоем электронагревательной пленки (пластины) или устройством выравнивания потенциалов (УВЭП) как это показано на рисунке В.6 ГОСТ Р 50571.25–2001.

5.4 Использование ВДТ без аппаратов защиты от сверхтоков, установленных до ВДТ (считая по направлению от источника питания), не допускается.

5.5 Номинальный отключающий дифференциальный ток автоматических выключателей дифференциального тока не должен превышать 30 мА.

5.7 В особо опасных помещениях, например, в банях, душевых комнатах, санпропускниках, пешеходных переходах и других аналогичных местах, где человек может без обуви находиться на мокром полу, необходимо наряду с использованием АВДТ в качестве другой дополнительной меры защиты от поражения электрическим током применять выравнивание электрических потенциалов, обеспечивающее защиту, при этом защитные функции УВЭП должны быть подтверждены расчетом.

5.8 Выравнивание электрических потенциалов, обеспечивающее защиту, как дополнение к АВДТ, необходимо применять в установках распределенного электрообогрева наряду с условием, указанным в 5.5, а также и во всех других случаях, когда в качестве распределенного электронагревательного элемента используется нагревательный кабель без экранирующей металлической оболочки или без повива брони из стальных оцинкованных проволок, а также нагревательные пленки и пластины без защитных экранирующих металлических слоев.

Комментарий:

– требования ГОСТ [13] следует рассматривать совместно с требованиями ГОСТ [23],

– следует отметить, что основные требования к электронагревательным установкам, в том числе по применению устройств дифференциального тока, указаны в ГОСТ [13],

– требования пунктов 5.5, 5.7 и 5.8 относятся также к выключателям дифференциального тока ВДТ,

– показанные на рисунках В1 – В6 ГОСТ Р 50571.25–2001 автоматические выключатели следует исключить т.к. автоматические выключатели дифференциального тока АВДТ выполняет одновременно функцию защитного аппарата,

– в соответствии с требованием пункта 5.4 автоматические выключатели следует устанавливать в схемах В1 – В6, в которых применяются выключатели дифференциального тока ВДТ,

– в проектах электрообогрева следует учитывать требования инструкций изготовителей электронагревательных кабелей.

• ГОСТ [23]

753.11 Область применения

Стандарт распространяется на системы электрообогрева пола и потолочных поверхностей, которые выполняются как обогревательные системы аккумулирующего типа или как системы прямого электронагрева.

Стандарт не распространяется на системы обогрева стен и системы обогрева вне помещений.

Примечание – Потолок, расположенный под крышей со строительным просветом, равным по высоте 1,5 м, измеренным от поверхности пола, рассматривается также как потолок в терминах стандарта.

753.4.41 Защита от поражения электрическим током

753.412 Защита от прямого контакта

753.412.5 Дополнительная защита: защитные устройства дифференциального тока (УДТ)

Цепи питания обогревательного оборудования класса II или с эквивалентной изоляцией должны иметь дополнительную защиту с использованием защитного устройства дифференциального тока (УДТ) с номинальным током срабатывания не более 30 мА.

753.413 Защита от косвенного прикосновения

753.413.1 Автоматическое отключение питания

Дополнение:

УДТ с номинальным током срабатывания не более 30 мА должно применяться как отключающее устройство установки обогрева. Если тепловые установки, поставляемые производителем, не имеют открытых проводящих частей, то необходимо в качестве проводящих покрытий применять, например, металлическую сетку с шагом не более 30 мм, устанавливаемую над нагревательными элементами пола или под нагревательными элементами потолка и соединенную защитным проводником с электрической установкой.

Примечание – При номинальной тепловой мощности до 7,5 кВт/230 В или 13 кВт/400 В и токе утечки ниже 30 мА УДТ позволяет избежать нежелательных отключений из-за утечки тока. Значения тока утечки нагревательной установки могут быть получены от производителя этой установки.

Комментарий:

– требования ГОСТ [23] следует рассматривать совместно с требованиями ГОСТ [13],

– следует отметить, что основные требования к электронагревательным установкам, в том числе по применению устройств дифференциального тока, указаны в ГОСТ [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

11. ГОСТ Р 50571.7.701–2013/МЭК 60364–7–701:2006 «Электроустановки низковольтные. Часть 7. Требования к специальным установкам или местам их размещения. Раздел 701. Помещения для ванных и душевых комнат».

12. ГОСТ ИЕС61585–2013 «Безопасность силовых трансформаторов, блоков питания и аналогичного оборудования. Часть 2–5. Дополнительные требования к трансформаторам и блокам питания для электробритв».

13. ГОСТ Р 50571.25–2001 «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки зданий с электрообогреваемыми полами и поверхностями».

14. ГОСТ Р 50571.7.702–2013/МЭК 60364–7–702:2010 «Электроустановки низковольтные. Часть 7. Требования к специальным установкам или местам их размещения. Раздел 702. Плавательные бассейны и фонтаны».

15. ГОСТ Р МЭК 60335–2–41–98 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к насосам и методы испытаний».

16. ГОСТ Р 50571.7.705–2012/МЭК 60364–7–705:2006 «Электроустановки низковольтные. Часть 7–705. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Электроустановки для сельскохозяйственных и садоводческих помещений».

17. ГОСТ 50571.7.709–2013/МЭК 60364–7–709:2007 «Электроустановки низковольтные. Часть 7. Требования к специальным установкам или местам их расположения. Раздел 709. Пристани и podobные расположения».

18. ГОСТ Р 50571.7.712–2013/МЭК 60364–7–712:2002 «Электроустановки низковольтные. Часть 7–712. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Системы питания с использованием фотоэлектрических (ФЭ) солнечных батарей».

19. ГОСТ Р 50571.7.714–2014/МЭК 60364–7–714:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 7–714. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Установки наружного освещения».

20. ГОСТ Р 50571.7.717–2011/МЭК 60364–7–717:2009 «Электроустановки зданий. Часть 7–717. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Мобильные или транспортируемые модули».

21. ГОСТ Р 50571.12–96 (МЭК 364–7–703–84) «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 703. Помещения, содержащие нагреватели для саун».

22. ГОСТ Р 50571.23–2000 (МЭК 60364–7–704–89) «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 704. Электроустановки строительных площадок».

23. ГОСТ Р 50571–7–753–2013/МЭК 60364–7–753:2005 «Электроустановки низковольтные. Часть 7–753. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Электроустановки с нагреваемыми полами и потолочными поверхностями».

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

(Продолжение следует)

ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОУ

О ненужной светотехнической информации

В журнале «Светотехника» № 6 за 2016 г. опубликованы справочные материалы «Аварийное освещение. Нормативные документы», в частности, во многом касающиеся свода правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*».

К этому следует добавить, что в постановлении Правительства Российской Федерации от 26.12.2014 № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», указаны следующие разделы (пункты) свода правил СП 52.13330.2011: 1 (пункты 1.1, 1.2), 4–6, 7 (пункты 7.1–7.35, 7.37, 7.38, 7.40, 7.45–7.86, 7.101–7.122) и приложение К.

Названия этих разделов, отдельных пунктов и приложения К таковы:

1. «Область применения».
4. «Общие положения».
5. «Естественное освещение».
6. «Совмещённое освещение».
7. «Искусственное освещение».

в том числе: аварийное освещение, пункты 7.104–7.114; аварийное освещение автотранспортных тоннелей, пункты 7.115–7.121; охранное и дежурное освещение, пункт 7.122; Приложение К (обязательное) «Нормативные показатели освещения основных помещений общественных, жилых, вспомогательных зданий».

При этом стоит заметить, что выполнение требований пунктов 7.104–7.122, по аварийному освещению, обязательно и что одним из авторов указанного раздела 7 является И.А. Шмаров (НИИСФ).

Между тем, НИИСФ (И.А. Шмаров), ООО «Белый свет 2000» и ООО «ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ» подготовили первую редакцию свода правил СП XX. 1325800.20XX «Здания и сооружения. Правила проектирования аварийного освещения». Но этот СП уже будет не нужен для проектирования аварийного освещения из-за наличия обязательных требований пунктов 7.104–7.122 свода правил СП 52.13.330.211 и дополнительных требований нормативных документов, указанных в вышеупомянутых справочных материалах.

Не пора ли, наконец, прекратить поток ненужной светотехнической информации для проектирования, монтажа и эксплуатации электроустановок?!

*Р.И. Паиковский, инж.-проектировщик, корреспондент
журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге,*

Письмо в редакцию

И вновь о нормировании искусственного освещения: нормативные материалы по проектированию искусственного освещения¹

1. Основной документ – Свод правил (СП) [3], введённый в действие 20.05.2011.

В нём указаны требования к проектированию:

- освещения помещений производственных, складских, общественных, жилых и вспомогательных зданий;
- освещения площадей предприятий и мест производства работ вне зданий;
- освещения селитебных зон (улиц, дорог, площадей, пешеходных пространств и переходов, автотранспортных тоннелей, территорий жилых районов);
- наружного архитектурного освещения зданий и сооружений;
- витринного и рекламного освещения;
- аварийного освещения;
- аварийного освещения автотранспортных тоннелей;
- охранного и дежурного освещения.

Необходимо отметить, что в Постановлении Правительства РФ от 26.12.2014 № 1521 утверждён перечень национальных стандартов и СП (или частей таких стандартов и СП), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В этот перечень (под № 37) входят части СП [3]: разделы 1 (пункты 1.1 и 1.2), 4–6, 7 (пункты 7.1–7.35, 7.37, 7.38, 7.40, 7.45–7.86, 7.101–7.122) и приложение К. При этом:

- раздел 7 содержит пункты 7.104–7.114 (аварийное освещение) и 7.122 (охранное и дежурное освещение);
- требования к освещению помещений промышленных предприятий следует принимать по таблице 1 с учётом требований 7.5 и 7.6;
- требования к освещению помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует принимать по таблице 2 и приложению К;
- при проектировании освещения для компенсации спада освещённости в процессе эксплуатации следует вводить коэффициент запаса K_z , принимаемый по таблице 3.

Целесообразно в СП [3] внести дополнение по замене показателя ослеплённости P для производственных зданий и показателя дискомфорта M для жилых и общественных зданий на объединённый показатель дискомфорта UGR .

Следует отметить, что в помещениях нормируется минимальная освещённость.

2. ГОСТ [4], введённый в действие 01.07.2014, также относится к основным документам по проектированию искусственного освещения, и им целесообразно пользоваться при проектировании. Реально, он полностью выполнен на основе евростандарта [5], в котором приведе-

¹ В продолжение письма [1], вызвавшего дискуссию [2]. – Прим. ред.

ны требования к искусственному освещению зданий разного назначения.

Данный ГОСТ необходимо в краткие сроки стилистически доработать, о чём подробно говорится в публикации [6].

Стоит заметить, что в помещениях нормируется средняя освещённость.

3. Санитарные правила и нормы (СанПиН) [7]. Они разработаны на базе Московских городских строительных норм [8] и введены в действие 15.06.2003. Применение нормативных данных этих СанПиН было бы целесообразно при проектировании в дальнейшем.

Впоследствии были выпущены и введены в действие новые СанПиН. При этом во вновь изданных СанПиН требования к искусственному освещению, как правило, не соответствуют требованиям основного СанПиН [7]. Примеры несоответствия рассмотрены в публикациях [9, 10].

В СанПиН [7] (таблица 1) в тепловых пунктах, насосных, электроощитовых, машинных помещениях лифтов и венткамерах принята освещённость 20 лк. А по СП [3] (пункт 89 приложения К) освещённость в аналогичных помещениях в зоне размещения электрооборудования составляет 200 лк.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 26.12.2014 года № 1521 об обязательности применения при проектировании СП [3] и вводе в нашей стране в действие европейских норм освещения СанПиН [7] нецелесообразно применять при проектировании искусственного освещения, и проектировщики должны это знать.

4. ГОСТ [11], введённый в действие 01.07.2014 [11].

В пункте 5.1 этого стандарта приведены требования к осветительным приборам.

В ГОСТ [11] необходимо добавить технические данные, способствующие повышению качества светильников со светодиодами.

Важно заметить: срок службы устройства управления («драйвера») светильника со светодиодами должен быть соизмерим со сроком службы светодиодов и обеспечивать работу светильника в гарантийный и послегарантийный сроки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашковский Р.И. О нормировании искусственного освещения // Светотехника. – 2017. – № 3. С. 63.
2. Обсуждение письма Р.И. Пашковского (А.Т. Овчаров, О.Е. Железникова, С.М. Лебедкова, Г.В. Федюкина) // Светотехника. – 2017. – № 3. – С. 63–64.
3. Свод правил СП 52.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 23–05–95* «Естественное и искусственное освещение».
4. ГОСТ Р 55710–2013 «Освещение внутри зданий. Нормы и методы измерений».

5. EN12464-1:2011 «Light and Lighting – Lighting of work places. Part 1. Indoor work places».

6. Пашковский Р.И. Искусственное освещение медицинских помещений // Светотехника. – 2016. – № 4. – С. 70–71.

7. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».

8. Московские городские строительные нормы МГСН 2.06–99 «Естественное, искусственное и совмещённое освещение».

9. Пашковский Р.И. О реализации требований нормативных документов по искусственному освещению // Светотехника. – 2004. – № 3. – С. 51.

10. Пашковский Р.И. О нормировании искусственного освещения // Светотехника. – 2012. – № 4. – С. 70–72.

11. ГОСТ Р 55705–2013 «Приборы осветительные со светодиодными источниками света. Общие технические условия».

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

Обсуждение письма Р.И. Пашковского «О нормировании искусственного освещения»¹

Вопросы, поднятые Р.И. Пашковским для открытия дискуссии о нормировании искусственного освещения, крайне актуальны в связи с научно-практическими исследованиями по влиянию динамичного освещения на человека, которые проводятся на кафедре светотехники НИУ МЭИ).

Если обратиться к содержанию письма, то в первую очередь, следует отметить п. 3, касающийся нормирования освещения светодиодами. В этой области важное значение имеет динамичное (в разных источниках «динамическое», «биодинамическое») освещение, то есть освещение, позволяющее регулировать коррелированную цветовую температуру источников света и освещённость на рабочей поверхности в течение дня. Подобное освещение применяется для повышения зрительной работоспособности, снижения зрительного утомления, увеличения продолжительности активного рабочего времени наблюдателей. В настоящее время эта задача реализуется с применением светодиодных источников света. На практике при создании установки динамичного освещения мы сталкиваемся с полным отсутствием нормирования освещения этого типа. При этом нельзя не отметить, что имеющиеся нормативные требования к светодиодным источникам света и осветительным приборам со светодиодами устаревают по мере того, как на светотехническом рынке появляется новое светодиодное оборудование (всё более высокого качества). Такая ситуация позволяет систематически по-

вышать требования к качественным характеристикам осветительных установок, обеспечивая зрительный комфорт конечного пользователя.

Кроме того, действующий в настоящее время СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» (актуализированная редакция СНиП 23–05–95*) основан на работе с таким критерием, как видимость. А проведённые исследования показывают, что при нормировании современных осветительных установок необходимо обращать также и к зрительной работоспособности.

Поддерживая п. 5 письма Р.И. Пашковского (образование инженеров-светотехников в области нормирования), хотелось бы включить в предстоящую дискуссию пункт о необходимости проведения бакалаврами и, особенно, магистрами и аспирантами исследовательских работ по усовершенствованию норм. А возможно, и работ по введению новых интегральных критериев для проектирования современных осветительных установок. С учётом быстрого роста технических возможностей и сроков службы источников света, молодому специалисту необходимо не только знать имеющиеся в разных странах требования к нормированию, но и иметь представление о способах усовершенствования требований к осветительным установкам, которые будут работать долгие годы после их проектирования и реализации.

*Ю.А. Скорик, аспирант кафедры
светотехники НИУ МЭИ*

По письму в редакцию «О нормировании искусственного освещения»¹

Из ряда действующих в настоящее время норм за основу при проектировании осветительных установок целесообразно принять не свод правил СП52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение», а строительные нормы и правила СНиП23–05–95* «Естественное и искус-

ственное освещение», – документ более рациональный, полезный и понятный.

Ведомственные строительные нормы ВСН-1–73 «Нормы электрического освещения спортивных сооружений» определяют минимальные уровни горизонтальной освещённости и коэффициенты неравномерности их распределения. В них две таблицы: № 1 (для открытых сооружений) и № 2 (для крытых сооружений). Для некоторых

¹ Светотехника. – 2017. – № 3. – С. 63–64.

¹ Начало дискуссии – в № 3 за 2017 г., с. 63–64.

видов спорта, наряду с минимальной горизонтальной освещенностью, даётся и вертикальная.

При этом за рубежом нормируются уровни средней освещённости (в евро стандарте *EN12193*, нормативах Североамериканского светотехнического общества, рекомендаций МКО по освещению спортивных сооружений и т.д.).

Особые требования к освещению спортивных сооружений – при передачах цветного телевидения с мест соревнований. Между прочим, они разработаны ВНИСИ и утверждены Спорткомитетом, Гостелерадио и Минэлектротехпромом СССР при подготовке к проведению Олимпиады-80. Также известно, что Международная федерация футбольных ассоциаций (ФИФА) для проведения телевизионных трансляций с футбольных стадионов рекомендует свои характеристики.

Таким образом, целесообразно использовать нормы ВСН-1–73 (возможно, с небольшой корректировкой), а не «лепить» для спортивных сооружений новые нормы.

Что же касается светодиодов, то необходимо внести ясность в вопрос об их влиянии на человека, ибо экономия электроэнергии не должна вестись во вред человеческому здоровью.

И последнее. Создание и функционирование отраслевого научно-технического совета «Светотехника», в котором собран цвет российской светотехники, я надеюсь, позволит устранить имеющиеся негативы в самые короткие сроки, ориентируясь на уже созданное в светотехнике в советское время.

*Е.А. Лесман, инж.-энергетик, корреспондент
журнала «Светотехника» в Санкт-Петербурге*

По проекту стандарта АПСС «Требования к техническим и эксплуатационным параметрам светодиодных светильников»¹

В Ассоциации Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС) в 2017 г. разработан проект стандарта организации СТО.69159079–01–2017 «Светильники светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам» [2, 3] (далее – СТО). Документ является внутренним и предназначен для организаций, входящих в состав АПСС. Содержание его выполнено на высоком профессиональном уровне и будет необходимо для организаций, занимающихся производством и эксплуатацией светильников со светодиодами.

При этом:

- В обязательном приложении А СТО указаны требования к эксплуатационной документации на светильники с перечнем основных (обязательных) и дополнительных характеристик/параметров светильников для внутреннего освещения административно-хозяйственных зданий, наружного освещения и промышленного освещения.

В этот перечень целесообразно добавить дополнительные требования к светильникам для ЖКХ, взрывоопасных и пожароопасных зон (отдельная позиция), сельскохозяйственных зон и культурных заведений.

- К основным (обязательным) характеристикам/параметрам данного типа изделия (светильника) целесообразно добавить: 1) достаточную полноту для расчёта освещения помещений с помощью программы «*DIALux*»; 2) наличие срока службы устройства управления («драйвера»), соизмеримого со сроком службы светодиодного источника света и обеспечивающего работу светильника в гарантийный и послегарантийный сроки; 3) наличие срока службы светильника не менее 12 лет (по пункту 5.3.5 ГОСТ [4]).

- Значения коэффициента пульсации светового потока (пункт 5.2.2 СТО) целесообразно принять по обязательному для применения Своду правил [5].

- Основные характеристики/параметры должны позволять дилеру и заказчику выполнять оценку светильника.

- В недавних публикациях [6, 7] предлагается для широкого обсуждения перечень основных технических данных светильников со светодиодами, которые обязаны предоставлять производители и дилеры по запросу покупателя (заказчика).

- Основные (обязательные) для данного типа изделия характеристики/параметры светильников целесообразно тоже по единой форме указывать в каталогах производителей. Эти данные в них отсутствуют, и этот существенный недостаток необходимо исправить.

В заключение несколько «Почему»:

- Почему в нашей стране отсутствует единый центр по нормированию искусственного освещения?

- Почему действующие нормативные документы систематически не обновляются новыми требованиями?

- Почему письмо Роспотребнадзора от 17.05.2017 № 01/6110–17–32 «О возможности использования светодиодного освещения», по содержанию повторяющее письмо Роспотребнадзора от 01.10.2012 № 01/11157–12–32 «Об организации санитарного надзора за использованием энергосберегающих источников света», определяется как новое, в то время как практически освещение светодиодами уже активно внедряется в зданиях, в том числе, в медицинских учреждениях, школах и других образовательных учреждениях?

- Почему нормативные требования по проектированию искусственного освещения медицинских учреждений содержатся в пяти документах вместо одного [8]?

- Почему не разработаны отечественные требования к искусственному освещению палат больниц, а единственный выпускаемый для прикроватного освещения светильник не содержит средства двусторонней связи «пациент – медперсонал»?

- Почему в нашей стране отсутствуют нормы спортивного освещения?

- Почему при разработке документов по проектированию искусственного освещения не используется опыт дру-

¹ В продолжение обсуждения [1].

гих стран и отсутствуют публикации зарубежных специалистов на эту тему?

Пришла пора решения этих вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. По первой редакции стандарта организации СТО. 69159079–01–2017 «Светильники светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам» // Светотехника. – 2017. – № 4. – С. 75–77.
2. URL: http://nprpss.ru/public/Standarty/СТО_69159079–01–2017_public.pdf (дата обращения: 20.06.201)
3. Богданов А.А. Стандарт АПСС Требования к техническим и эксплуатационным параметрам светодиодных светильников // Светотехника. – 2017. – № 2. – С. 27.

4. ГОСТ Р 55705–2013 «Приборы осветительные со светодиодными источниками света. Общие технические условия».
5. Свод правил СП 52.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 23–05–95* «Естественное и искусственное освещение».
6. Паиковский Р.И. О технических данных светильников со светодиодами // Светотехника. – 2014. – № 4. – С. 75.
7. Паиковский Р.И. Нормативные требования, касающиеся освещения светодиодами // Светотехника. – 2017. – № 1. – С. 76.
8. Паиковский Р.И. Искусственное освещение медицинских учреждений // Светотехника. – 2016. – № 4. – С. 70–71.

*Р.И. Паиковский, инж.-проектировщик,
корреспондент журнала «Светотехника»
в Санкт-Петербурге*

По первой редакции стандарта АПСС: СТО. 69159079–01–2017 «Светильники светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам»

От редакции

В журнале «Светотехника» № 2 за этот год (стр. 4) были опубликованы «Общие краткие сведения об этом первом стандарте Ассоциации Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС)», на которые поступили отзывы наших читателей. Редакция благодарна руководству АПСС, предоставившему проект

СТО для широкого обсуждения светотехнической общественностью, и всем читателям, приславшим нам свои рецензии СТО. Несмотря на то, что стандарт организации является внутренним делом самой организации, широкая дискуссия на эту тему послужит развитию нашей отрасли в целом.

Ответ АПСС

АПСС благодарит редакцию журнала «Светотехника» за организацию публичного обсуждения первого стандарта ассоциации, разработанного при участии специалистов компаний-производителей светодиодного оборудования. Отдельную благодарность выражаем читателям за предоставленные отзывы. Это первый опыт разработки нормативного документа подобного уровня членами нашей ассоциации. Все требования СТО после длительной процедуры обсуждений и согласований единогласно одобрены

всеми членами партнёрства. Однако хотим заметить, что стандарт организации – документ «живой», и по принятому в Ассоциации решению, будет регулярно актуализироваться, повышая планку качества светодиодной продукции в соответствии с реалиями дня. Ряд присланных замечаний и предложений мы обязательно учтём при подготовке изменений к СТО, которые выйдут, возможно, уже в текущем году.

Комитет по стандартизации АПСС

НИУ «МЭИ» стал соучредителем журнала «Светотехника»



28 сентября 2017 г. Национальный исследовательский университет «МЭИ» был принят в ООО «Редакция журнала «Светотехника» в качестве соучредителя журнала.

О важности строгой терминологии и о жаргоне в светотехнической науке и практике

Светотехническая наука и практика обладают одной из наиболее строгих и чётких терминологий, закреплённой в четырёх изданиях Международного светотехнического словаря, четырёхязычном терминологическом словаре Л.Д. Белькинда и ряде терминологических изданий МЭК, МКО и отечественных стандартов.

В этой связи вызывает беспокойство то, что за последние годы расширяется жаргонизация этой терминологии, которая наносит большой вред не только самой терминологии, но и ведёт к идеологическому расчленению единого светотехнического пространства и общества.

К сожалению, жаргон стал проникать в правительственные документы, в названия организаций и журналов, в доклады на конференциях.

Понятно, что энтузиастам отдельных направлений светотехнической науки и практики желательно особо выделить и подчеркнуть специфику своего направления. Это быстро усваивается достаточно широкой массой специалистов, пришедших в светотехнику из других областей знаний и не имеющих светотехнического образования. Они не задумываются о правильности и допустимости использования жаргона, тем более что в ряде случаев это звучит короче и проще. Ведь, например, матерный язык – это тоже жаргон, и весьма выразительный, но недопустимый ни в обществе, ни в науке.

Это предисловие необходимо подтвердить несколькими примерами, и начать следует со всевозможных «светотехник» – светодиодной, полупроводниковой, промышленной. Важно понимать, что не существует «светодиодной светотехники», как не существует свечной светотехники, газовой, накальной, газоразрядной, люминесцентной, натриевой, металлогалогенной и тому подобных. То же касается и «полупроводниковой светотехники», ведь применяя такой термин, мы должны признать существование таких понятий, как «электромагнитная светотехника», «дроссельная» или «электронная светотехника». К жаргонизмам, несомненно, относится и «промышленная светотехника», которой не существует, как не существует уличной, жилищной (бытовой), поездной (железнодорожной) и других подобных светотехник.

Все эти жаргонные термины, пытающиеся разделить единую светотехническую науку и практику на отдельные направления или особые островки знаний, не учитывают, что они являются ненужной и вредной надстройкой на одной и той же научной базе – физической природе светового излучения, физиологических и психологических реакциях человеческого организма и живой природы.

Отдельно хочется выделить всё чаще применяемый сплошь и рядом термин «рынок светотехники». Нет, и не может быть такого рынка! Светотехника – отрасль науки, знаний. Светотехнические изделия же – это не наука, а результат использования её достижений и рекомендаций. Нет рынка астрономии, рынка медицины, рынка физики и т.д. Это – жаргон в чистом виде.

То же можно сказать и об отдельных жаргонных выражениях или втаскивании в русский язык иностранных слов и определений, таких, например, как «LED освещение» (освещение светодиодами) или «драйверы» (вместо – по стандарту – управляющих устройств). Всё чаще встречается в речи и в публикациях термин «филаментные лампы». «*Filament*» в переводе с английского языка означает нить, волокно. Так почему же эта светодиодная лампа не может по-русски называться нитевидной СД лампой?

Отдельно стоят различные жаргонные «технологии» – «УФ технологии», «ИК-технологии», «технологии белого света», которых не существует, как не может существовать «жёлтых» или «розовых технологий». В этой связи мы напоминаем, что есть и должно всемерно расширяться применение известного термина «технологии использования ультрафиолетового излучения».

В этом году был объявлен конкурс «Золотой фотон». Безусловно, «золотой фотон» – не технический, а рекламный термин, и в этой связи нам хочется верить, что он не войдёт в практику применения в качестве технического термина (а ведь и такое у нас может случиться!) – термина, лишённого смысла, основанного на непонимании физического смысла понятия «фотон» (ведь это не кусок материи, который может быть золотым, серебряным или бронзовым, а малый участок электромагнитной волны, являющейся излучением).

Перечисление примеров употребления жаргона можно было бы продолжить. Один раз это было сделано в нашем журнале («Светотехника» № 5–2007, стр.76). Но вероятно, те, кто вводит и пользуется жаргонными терминами, журнал «Светотехника» не выписывают и не читают. А жаль! Но больше равнодушно терпеть распространение ненаучных и попросту жаргонных терминов в светотехнике нельзя!

К этой проблеме тесно примыкает и проблема засорения русского языка зарубежными терминами при наличии привычных широко применяемых отечественных слов. Например, зачем в программах выставок и конференций использовать термин «спикер», когда есть хорошо знакомые «докладчик», «выступающий»? Зачем там же использовать термин «модератор», вместо давно и успешно применяемых «председатель» или «ведущий»? Вероятно, использование таких зарубежных слов, по мнению использующих, повышает «научный» или образовательный уровень мероприятия. Однако, отнюдь.

В заключение мы хотим отметить, что это письмо написано нами не с целью обидеть кого-либо или вызвать раздоры в светотехническом обществе, а лишь для того, чтобы призвать всех участников этого общества к бережному и грамотному применению существующих терминов и внимательному, научно-обоснованному отношению к введению новых терминов в оборот.

Проф. Ю.Б. Айзенберг,
Проф. В.П. Будак

Свет как искусство

Фестиваль «Круг света» состоялся в Москве в седьмой раз и стал одним из самых зрелищных событий наступившей осени. Светомузыкальные шоу прошли в столице с 23 по 27 сентября.

Уже в 2016 году «Круг света» достиг рекордных показателей посещаемости – более 6 млн человек за пять дней. Фестиваль уже тогда был занесен в Книгу рекордов Гиннеса в двух номинациях: «Самая большая видеопроекция» (50458 кв. м) и «Самая большая мощность светового потока при проецировании изображения» (4264346 люменов).

«В 2017 году VII Московский международный фестиваль «Круг света» прошел не на четырех, как раньше, а на шести площадках. И хотя сроки проведения фестиваля остались прежними, но вместимость площадок была ограничена в целях безопасности, да и погода не способствовала посетителями шоу, как в прошлом году, поэтому посетителей было несколько меньше – чуть более 3,5 миллионов человек», – сообщила Татьяна Лифантьева президент коммуникационной группы LBL – уполномоченного организатора фестиваля.

«Фестиваль «Круг света» стал одним из самых зрелищных событий предстоящей осени. По традиции, все представления, а также обучающие семинары мастеров светового дизайна прошли на городских площадках в общедоступном бесплатном формате, привлекая ежегодно многомиллионную аудиторию, включая жителей Москвы и Подмосковья, российских и иностранных туристов», – сказал Алексей Кондаранцев, первый заместитель руководителя Департамента спорта и туризма Москвы. Он также отметил, что и в этом году фестиваль «Круг света» проводился при поддержке Правительства Москвы.

«Рекордными в этом году стали высота видеопроекций на Останкинской телебашне, достигших 330 метров, а изо-

бражения охватывали практически весь периметр башни, поэтому обзор был хорош со всех сторон. Вечернее шоу продлится около 40 минут, причем жители некоторых районов столицы смогли увидеть его даже из своих окон», –



уточнил глава городского департамента спорта и туризма Николай Гуляев.

Никаких особых технических новшеств по сравнению с предыдущими фестивалями не применялось, при этом, конечно, выросли размеры проекций, а также мощность и яркость светового потока самых современных проектов.

Площадками фестиваля «Круг света» стали район Останкинских прудов, парк «Царицыно», Театральная площадь, Строгинская пойма, а также театрально-концертный зал «Мир» и центр Digital October.

Церемония открытия фестиваля состоялась 23 сентября в Останкино. Кстати, в этом году главная телебашня страны отмечает свой полувековой юбилей.

Мультимедийное шоу-путешествие представляло собой путешествие по разным странам мира и их географическим природным красотам.

Технология проецирования объемных изображений на архитектурный объект – видеомэппинг, позволил башне-именинице «примерить на себя» образы семи высочайших строений мира.

Знаменитые небоскребы и телебашни Франции, ОАЭ, Канады, США, Китая, Японии и Австралии предстали перед зрителями на фоне природных достопримечательностей этих стран, что было обусловлено еще и Годом экологии, проходящим в России.



На Останкинском пруду были установлены фонтаны с динамической подсветкой и горелки для фейерверка. Гостям было представлено шоу, сочетающее в себе работу световых проекторов, лазеров и хореографию фонтанов и огня.

При помощи современных водных и пиротехнических технологий, а также магии света и музыки зрители перенеслись во многие города и красивейшие места земли.

Церемония открытия завершилась 15-минутным грандиозным пиротехническим шоу с салютными выстрелами с самой Останкинской башни.

На Театральной площади, уже ставшей привычной постоянным зрителям «Круга света», впервые в этом году были «задействованы» для световых представлений фасады не только Большого, но, и впервые – Малого театра.

На этих фасадах с 23 по 27 сентября были показаны световые представления по мотивам нескольких произведений, сыгранных на этих сценах. Зрители увидели фрагменты пьес отечественных классиков – А. Островского, Н. Гоголя, А. Чехова и др.

Все дни фестиваля там также демонстрировались два тематических световых шоу: «Небесная механика» – об одиночестве и любви, и «Неподвластный времени» – сюжеты по мотивам произведений выдающихся русских драматургов.

На фасадах ведущих театров России также были показаны работы финалистов международного конкурса *Art Vision*, проходящего в рамках фестиваля.

Отбор финалистов конкурса был достаточно жестким: из почти полутора сотен претендентов со всех континентов в финал прошли лишь несколько десятков лучших компаний.

Компании светодизайна принимали участие в конкурсе в трех номинациях: «классик», «модерн», «виджеинг» – шоу на основе заготовленных заранее визуальных образов и видеофрагментов под музыку с подбором и созданием визуальных эффектов.

А в парке «Царицыно» ежедневно, с 19:30 до 23:00, посетители смогли увидеть аудиовизуальный спектакль «Дворец чувств» на здании Большого Екатерининского дворца



и завораживающее светомузыкальное шоу фонтанов на Царицынском пруду.

На весь фестиваль период парк также украсили инсталляции от ведущих светодизайнеров мира.

А в Центре Digital October 23 и 24 сентября прошли бесплатные обучающие лекции световых дизайнеров и создателей лазерных инсталляций.

Финалом фестиваля «Круг света» стал грандиозный фейерверк – первое в России шоу японской пиротехники, которое устроили в Строгинской пойме 27 сентября. Для этого на воде установили баржи, на которых разместили пиротехнические установки.

Заряды японского фейерверка значительно больше обычных, каждый выстрел делается вручную, а рисунок получается индивидуальным. Раскрываются они на высоте 500 метров, а диаметр световых куполов составит около 240 метров.

Главная ценность – индивидуальный рисунок салюта. Увидеть японский фейерверк где-то за пределами Страны восходящего солнца можно очень редко, поэтому увидеть выступление японских пиротехников в нашей столице особенно ценно.

На этом заключительном пиротехническом шоу присутствовало не менее 300 тысяч человек.



Как отметили представители компании LBL, возможно, что в скором будущем в Москве появится, скорее всего, на Патриарших прудах, постоянно действующая динамическая инсталляция светодизайна. А может быть и не одна она.

В любом случае, фестивали светодизайна не только создают праздничное настроение у горожан, но привлекает их внимание к необычным возможностям современной светотехники как в рамках городских проектов, так и во множестве других применений.

Евгений Серый, журнал
«Светотехника»

Иллюстрации к статье предоставлены организаторами фестиваля.

ОСВЕЩЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ, ПРОМЫШЛЕННЫХ И ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Отечественный производитель металлоконструкций:
молниеприёмники до 60 м
мачты со стационарной короной высотой до 50 м
мачты со стационарно-мобильной короной высотой до 50 м
мачты с мобильной короной высотой до 45 м

Сертифицированы в ГАЗПРОМСЕРТ



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



TENZOSENSOR



ЛИТ





Учёными доказано, что грамотно спроектированное освещение, соответствующее нормативным требованиям, предъявляемым к освещению образовательных учреждений, способно значительно повысить внимательность и работоспособность учащихся, улучшить память и понизить утомляемость.

Специалистами GALAD был разработан светильник, полностью удовлетворяющий нормативным требованиям по освещению общеобразовательных учреждений GALAD Юниор LED.

GALAD Юниор LED

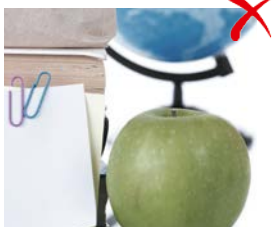
35 Вт

3 150 лм

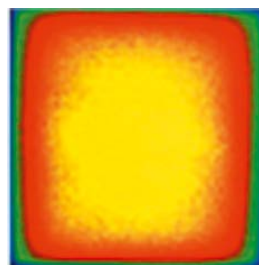
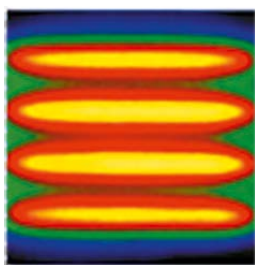
4 000 К



Обычный светильник



GALAD Юниор LED



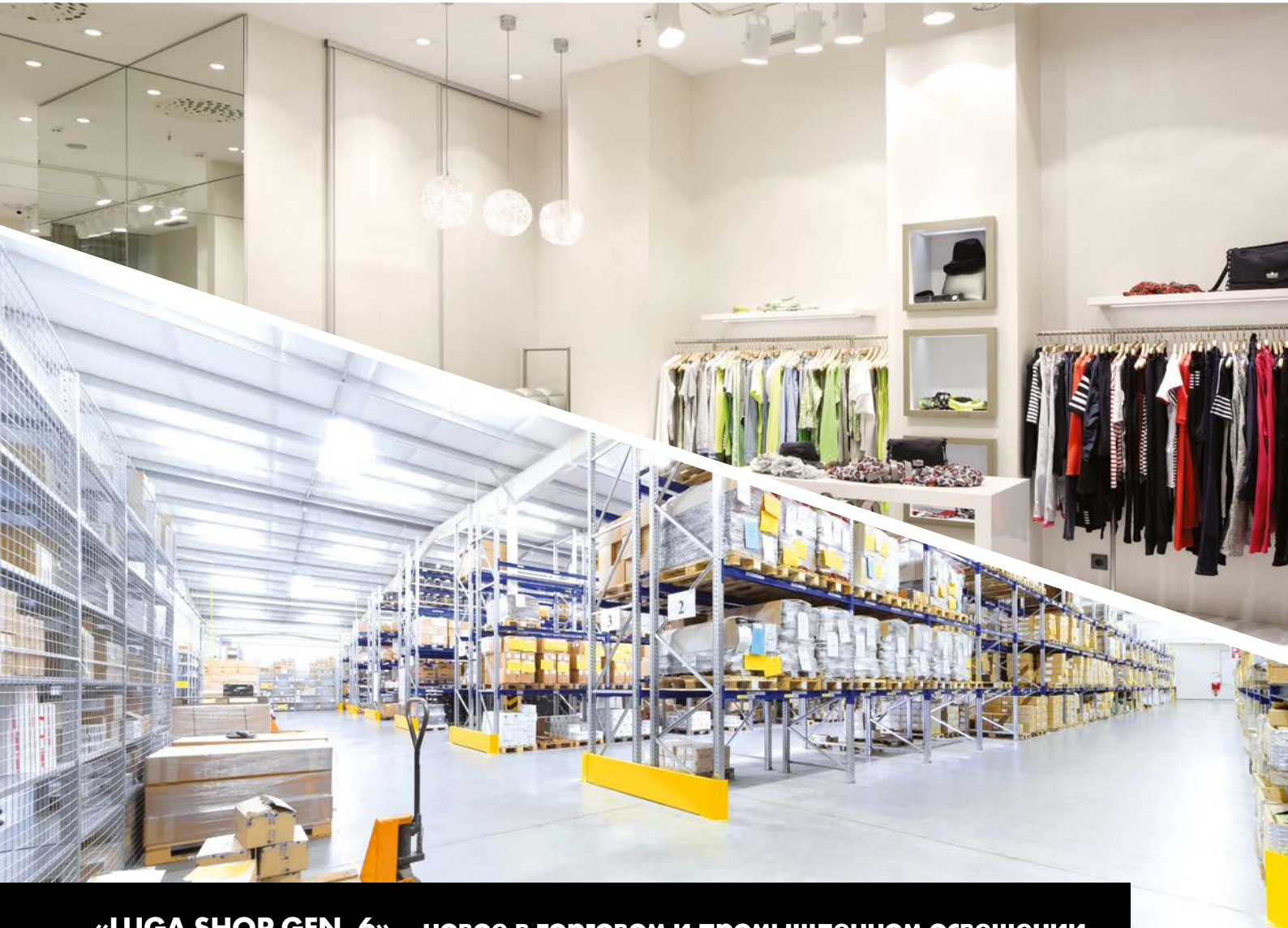
Нормируемые параметры для светодиодных светильников	Нормируемые значения	GALAD Юниор LED
Мощность одного светодиода	менее 0,3 Вт	0,2 Вт
Коэффициент мощности	не менее 0,85	≥0,96
Световая отдача светильника	не менее 85 лм/Вт	89 лм/Вт
Коэффициент пульсации	не более 5 %	<2%
Условный защитный угол	не менее 90°	90°
Габаритная яркость	не более 5000 кд/м ²	3300 кд/м ²
Цветовая температура	не более 4 000 К	4 000 К
Освещенность на рабочем месте	на партах - 400 лк на доске - 500 лк	✓
Показатель дискомфорта, UGR	14-25	✓



Освещение общеобразовательных учреждений



Освещение офисов с высокими требованиями к качеству освещения



«LUGA SHOP GEN. 6» – новое в торговом и промышленном освещении

Модули «LUGA Gen. 6» от Vossloh-Schwabe изготовлены по технологии COB, готовы к сборке и предназначены для освещения торговых и производственных помещений. Отличаясь высокой точностью передачи цвета, модули излучают идеальный белый свет, который отлично подходит для подсветки продуктов питания и моделей одежды.

Модули встраиваются в светильники уличного и наружного освещения и могут использоваться в освещении производственных цехов, складов, АЗС и спортивных сооружений.

Более подробная информация на www.vossloh-schwabe.com



Готовое к сборке исполнение:

Модуль + Зажимы + Держатель (сборочная единица)

Высокая точность передачи цвета:

2 шага MacAdam (CRI 85/95)

Длительный срок службы:

до 100000 часов

Светоотдача:

до 190 лм/Вт

Специальные цветовые температуры:

Food, Pearl White и Clear White

