

СВЕТО 6 · 2018

ТЕХНИКА

Дорогие друзья и коллеги!

*Желаем
счастливого
Нового года!*

Редакция, редколлегия

2019



ООО ЛИХОСЛАВЛЬСКИЙ
ЗАВОД «СВЕТОТЕХНИКА»

Российское производство

с качеством мирового уровня

- ▶ Наука
- ▶ Технологии
- ▶ Опыт
- ▶ Признание
- ▶ Экспорт



Более **50** серий и
свыше **1000**
модификаций
продукции

171210, Тверская область, г. Лихославль,
Первомайская улица, 51, тел: (48261) 3-59-04

www.galad.ru www.bl-trade.ru



Blu2Light

«BLU2LIGHT» НА ОСНОВЕ
BLUETOOTH® - БУДУЩЕЕ В
УПРАВЛЕНИИ ВНУТРЕННИМ
ОСВЕЩЕНИЕМ



Несмотря на многочисленные преимущества, общепризнанный протокол управления освещением DALI имеет свои ограничения.

Компания **Vossloh-Schwabe** представляет современную систему управления освещением **«Blu2Light»**. Система, которая была специально разработана для рынка профессионального освещения, использует инновационную технологию ячеистой сети на основе Bluetooth®.

Кроме того, **«Blu2Light»** обладает открытым интерфейсом, что позволяет системным партнерам разрабатывать и предлагать свои собственные устройства, программное обеспечение или облачные сервисы. **«Blu2Light»** позволяет подключать уже известные и привычные системы управления, такие как DALI, DMX или 1-10V. Возможна непосредственная интеграция **«Blu2Light»** в светодиодные блоки питания или светодиодные модули.

Система **«Blu2Light»** учитывает и будущие пожелания производителей осветительного оборудования относительно реализации концепции вычислительной сети физических предметов IoT. При этом обеспечивается многоуровневая система защиты.

Принцип работы **«Blu2Light»** состоит в переносе базовых функций управления с уже известного светового контроллера DALI от Vossloh-Schwabe на многофункциональный датчик, объединяющий в одном корпусе датчики освещенности и движения.

Чтобы обеспечить удобство настройки и работы с помощью смартфона или планшета, было создано приложение, **«LiNA»**, которое помогает пользователям при конфигурации системы.

Подробнее о комплектующих системы **«Blu2Light»** можно узнать на сайте **Vossloh-Schwabe**.

Преимущества системы «Blu2Light»

- НАСТРОЙКА С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ «LiNA»
- УПРАВЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ «TOUCH4LIGHT»
- ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДО 64 БЛОКОВ ПИТАНИЯ DALI
- ВСТРОЕННАЯ ПОДДЕРЖКА «BEACON»



БОЛЬШЕ ЧЕМ СВЕТ

Новые возможности в освещении

Преимущества самого широкого в мире ассортимента инновационных светодиодных компонентов для общего освещения.

SMD, COB и CAS, малой, средней, высокой и ультра высокой мощности, белые и цветные светодиоды, различных размеров и классов цветопередачи — выбирайте среди наших серий DURIS®, OSOLON® и SOLERIQ® именно те компоненты, которые нужны.

Light is OSRAM

OSRAM
Opto Semiconductors

Уважаемые читатели!



В.П. Будак
д.т.н., профессор
BudakVP@gmail.com

Наверное, самым ярким событием в жизни нашего журнала за последние полгода следует признать начатую в № 3 и активно продолженную в номерах №№ 4–6 дискуссию об определении, содержании и месте светового дизайна в светотехнике. В настоящем номере мы подводим предварительные итоги дискуссии в этом году, но приглашаем всех, кто ещё не опубликовал свои идеи, или дискуссия побудила новые мысли, к публикации в следующем году. Развитие мощности современных компьютеров, их фантастическое удешевление, развитие методов компьютерной графики, позволяющее с фотореалистической точностью воспроизводить на экране компьютера проектируемые осветительные установки (ОУ), изменило работу современных проектировщиков ОУ: устранило из работы трудоёмкие рутинные расчеты распределения светового поля в ОУ и заставило мыслить о проектируемой ОУ в терминах образов. Представляется, что это сопоставимо с возникновением фотографии, что изменило и содержание живописи и породило новую профессию фотографа. Отметим, что профессия светодизайнера становится массовой и очень востребованной. Дизайн световой среды можно изменять динамически, сообразуясь со вкусами времени, снимая усталость от однообразия застройки городов. Световой дизайн способен сделать ярким и запомина-

ющимися каждый дворик и дом большого города.

Нельзя не отметить, что светодизайн начинает занимать господствующее место в светотехнике. На сегодняшний день не представляет труда разработка и выпуск партий светильников со специальными характеристиками, что заставляет мыслить об ОУ не как системе из существующих светильников, а как проект, для которого будут созданы специальные светильники, характеристики которых будут следовать логике проекта ОУ.

Несомненно, это требует разработки программ и подготовки специалистов по световому дизайну. Здесь немаловажный вопрос – на базе какого образования готовить таких специалистов: инженеров-светотехников или архитекторов, художников-дизайнеров? В дискуссии прозвучали голоса за каждую точку зрения, и единый подход не был сформирован, потому этот вопрос еще ждёт своего автора. Светодизайнер должен совмещать образное, художественное по сути, мышление, с умением и пониманием техники освещения, способов формирования светового поля в ОУ, которое и позволит создавать задуманные образы. По сути, пушкинская дилемма «поверить алгеброй гармонию».

Это возвращает нас к уже высказанной мысли, что свет, пожалуй, является самым сложным явлением, с которым постоянно сталкивается человек. Его невозможно понять только с точки зрения физики, оптики, светотехники. Необходимо учитывать и физиологию зрительного восприятия, и его художественное влияние. Поэтому задачей нашего журнала мы видим публикации

всех направлений о свете, синтетический подход к его пониманию. Своего рода духовный Дом света.

Настоящий номер открывает обзор (Белов В.В.) возможностей использования света для передачи информации. Очень важно, что изначально это мыслилось как использование когерентного света, однако сейчас видно, что информацию для передачи можно кодировать в изменении фотометрических характеристик пучков. Работа Богданова Н.Н. и др. посвящена вопросам исследования характеристик отражения поверхностей с применением компьютерного моделирования. Статья Пак А.Я. и др. открывает новую, очень актуальную тему визуально-когнитивного моделирования – в настоящее время мы сталкиваемся с графическим представлением самой различной информации на экране компьютеров, восприятие которой строится на зрительной основе, что превращает эти задачи в светотехнические. Целый ряд статей номера (Лекус Е.Ю., Павлов Н.Л., Заева-Бурдонская Е.А. и Назаров Ю.В.) раскрывает различные аспекты светового дизайна.

Представляется, что это богатство науки о свете и возможных областях его применения была во многом очевидна её основателям. Автор первого учебника на русском языке в области светотехники (Зеленцов М.Е. Световая техника. – Л.: КУБУЧ, 1925) подчеркивал в предисловии, что понятие «световая техника» является более широким и включает в себе «осветительную технику» как одну из своих составных частей. Хочется верить, что в будущем году мы совместно с авторами и читателями нашего журнала продолжим построения Дома света.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1932 году профессорами М.А. Шателеном и Л.Д. Белькиным и восстановлен после ВОВ профессором В.В. Мешковым

УЧРЕДИТЕЛИ:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Г.В. Боос, председатель редакционной

коллегии, к.т.н., НИУ «МЭИ», Москва

С.Г. Ашурков, к.т.н., Москва

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

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

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

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

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

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

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

Л.П. Варфоломеев, к.т.н., Москва

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

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

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

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

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

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

О.Е. Железникова, к.т.н., МГУ им. Н.П. Огарёва, Саранск

П.П. Зак, д.б.н., проф., ИБХФ РАН, Москва

А.А. Коробко к.т.н., БЛ Групп, Москва

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

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

Й. Оно (*Yoshi Ohno*), *NIST Fellow*, (Президент МКО в 2015–2019 гг.), США

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

Л.Б. Прикупец, к.т.н., ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

В.М. Пятигорский, к.т.н., ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

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

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

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

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

А.Г. Шапаруняц, 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

Научный редактор

А.Ю. Басов; basov@bl-g.ru

Выпускающий редактор

П.А. Федорищев; fedorishchev@gmail.com

Шеф-редактор

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

Главный редактор

В.П. Будаков, д.т.н., проф.; BudakVP@gmail.com

Зам. главного редактора и научный редактор англоязычной версии

Р.И. Столяревская, д.т.н.; lights-nr@inbox.ru

Зав. редакцией

М.И. Титаренко; zav.red@list.ru

Стилист английской версии

М.Д. Виноградова

Секретарь редакции

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

Дизайнер-верстальщик

А.М. Богданов

Контент-менеджер

Е.С. Серый

ИНОСТРАННЫЕ КОРРЕСПОНДЕНТЫ

Аргентина

Пабло Икстайна (*Pablo R. Ixtaina*), Национальный технологический университет Ла-Платы;

Франция

Георг Циссис (*Georges Zissis*), университет Тулузы;

Индия

Сасвати Мазумдар (*Saswati Mazumdar*), университет Джадавпур;

Словения

Грега Бизяк (*Grega Bizjak*), Люблянский университет;

Турция

– Тугсе Казанасмаз (*Tugce Kazanasmaz*), Измирский технологический институт;

– Эрдал Шехирли (*Erdal Sehirlil*), университет Кастамону;

– Ренгин Юнвер (*Rengin Unver*), Технический университет Йылдыз (Стамбул)

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 25.11.18. Подписано в печать 07.12.18
Формат 60×88 1/8. Печ.л. 10,00. Тираж 1200

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

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: info@l-e-journal.com; Интернет: www.l-e-journal.com; Электронная версия журнала: www.elibrary.ru

СОДЕРЖАНИЕ 6·2018

В НОМЕРЕ

НОЯБРЬ • ДЕКАБРЬ

Колонка главного редактора.....	3	Международные конференции и выставки в 2019 году (I квартал).....	44
Бизнес и инновации	16, 23, 32, 36, 49, 73	ХРОНИКА	
Белов В.В. Оптическая связь на рассеянном или отражённом лазерном излучении.....	6	Варфоломеев Л.П. XXIV Международная светотехническая выставка в Москве.....	83
Железникова О.Е., Прытков С.В. К вопросу о преобразовании систем фотометрирования.....	13	Титаренко М.И. Заседание редколлегии журнала «Светотехника».....	91
Лекус Е.Ю. Гуманизация общественных пространств в ночном городе.....	17	Interlight Moscow – больше чем свет!.....	92
Атес С., Юртсевен М.Б., Онайгил С. Проектирование с использованием теплового моделирования промышленных светильников с бескорпусными СД.....	24	80 лет Артёму Ерёмовичу Атаеву.....	93
Рожкова Т.А., Сысоева Е.А. Новые требования к энергетической эффективности и маркировке светотехнической продукции в Российской Федерации.....	33	РАБОТА ОТРАСЛЕВОГО НТС	
Павлов Н.Л. Солнечный луч как инструмент проектирования архитектурной формы.....	37	Снетков В.Ю., Федорищев П.А. Открытое заседание отраслевого научно-технического совета «Светотехника».....	94
Ворожихин В.В., Морева Е.Л., Старовойтов В.Г., Тютюнник И.Г. Опыт применения светодиодов на аэродромах США.....	45	Серый Е.С. Итоги года: награждение сотрудников и членов редколлегии журнала на заседании НТС «Светотехника».....	96
Богданов Н.Н., Денисов Е.Ю., Жданов А.Д., Жданов Д.Д., Потёмин И.С., Соколов В.Г. Метод восстановления двунаправленной функции рассеяния, основанный на оптимизации распределения нормалей микрорельефа.....	52	ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
Пак А.Я., Захарова А.А., Шкляр А.В., Пак Т.А. Визуально-когнитивный анализ многомерных данных для характеристики металломатричных композитов Al/SiC.....	58	«Blu2Light» – будущее в управлении внутренним освещением.....	1
Заева-Бурдонская Е.А., Назаров Ю.В. «Про свет» в дизайне среды. Взгляд педагога.....	66	Новые возможности в освещении от компании <i>Osram</i>	2
ДИСКУССИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ СВЕТОВОГО ДИЗАЙНА		Международная светотехническая корпорация «Боос Лайтинг Групп» – лидер светотехнической отрасли России.....	50
Щепетков Н.И., Будаков В.П. Итоги дискуссии по проблеме светового дизайна. Резюме редакции.....	74	С Новым Годом!	1 с. обл.
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ		Лихославльский завод «Светотехника».....	2 с. обл.
Пашковский Р.И. О Своде правил СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (2 часть).....	77	Современное предприятие полного цикла по выпуску опор наружного освещения.....	3 с. обл.
		«LED Industry Kit Gen. 2» – освещение производственных помещений.....	4 с. обл.
		Содержание журнала «Светотехника» за 2018 год опубликовано на сайте https://l-e-journal.com	

Оптическая связь на рассеянном или отражённом лазерном излучении

В.В. БЕЛОВ

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск
E-mail: belov@iao.ru

Аннотация

В работе обсуждаются результаты теоретических и экспериментальных исследований по бистатическим (загоризонтным) системам связи в атмосфере, подводной и смешанной средах на основе публикаций авторов из КНР, Канады, Греции, США, Великобритании, России и др. стран. В основу теоретических исследований положены теории переноса излучения и линейных систем. Решение уравнения переноса излучения осуществлено методом Монте-Карло и в приближении однократного рассеяния. Показано – приближённый метод применим, если средняя кратность рассеяния в открытых каналах связи не превышает 1.

Методом Монте-Карло исследовано влияние оптико-геометрических характеристик схем формирования каналов связи на вероятность ошибок связи, на отношение сигнал / шум, на предельные базовые расстояния, на ослабление информационных сигналов и их наложение, приводящее к ошибкам связи.

Приведены примеры осуществления связи в атмосфере в УФ диапазоне длин волн на расстояниях до 1300 м, в видимом диапазоне – до 70 км и под водой – до 20 м.

Планируются: поиск оптимальных способов модуляции сигналов; развитие программно-информационных средств численного моделирования передаточных свойств каналов связи; совершенствование аналитических моделей импульсных реакций в некомпланарных схемах бистатических оптико-электронных систем связи (ОЭСС); исследование влияния разных форм волн на водной поверхности и процессов рассеяния в воде на эффективность работы систем связи и расширение области вариаций входных параметров бистатических ОЭСС при проведении экспериментов в естественных водоёмах.

Ключевые слова: оптические системы связи в атмосфере и под водой,

метод Монте-Карло, однократное рассеяние.

Введение

Существенный прогресс в создании современных высококачественных систем связи и управления через атмосферные каналы связан с освоением для этой цели радиодиапазона длин волн. Связь в радиодиапазоне всепогодна и доступна практически всем.

Между тем исторически первым для скоростной передачи сообщений был использован именно оптический диапазон. Начало возникновения оптической связи уходит в глубь веков. По сути, используется она и сейчас – для передачи знаков телеграфной азбуки Морзе с помощью осветительных приборов (ОП) направленного действия (например, судовых светосигнальных прожекторов: типа МСНП-250М и др.).

Через столетия на смену этим технологиям передачи информации пришли новые, основанные на использовании лазерных источников излучения и оптоволоконных каналов. Объединение возможностей радиодиапазона и оптических систем связи этого вида привело, в частности, к созданию Интернета.

Имеет ли смысл создавать новые оптические системы связи и существуют ли условия, при которых передача управляющих сигналов или информационных потоков не может быть осуществлена в радиодиапазоне в воздушной среде или в акустическом диапазоне в среде водной? Этими условиями могут быть невозможность или нежелательность использования для этих целей радиоволн или низкая скорость передачи данных акустическими средствами под водой.

Поэтому стала развиваться следующая ветвь оптических коммуникационных систем, которая основана на использовании открытых каналов связи в безвоздушном пространстве, атмосфере и водной среде, позволяю-

щих передавать и принимать информационные потоки в пределах прямой видимости. За рубежом системы связи этого типа чаще называют *Line of Sight (LOS)* системами. Полезный сигнал в них – нерассеянное оптическое излучение. Выполнены обширные теоретические исследования, связанные с возможностью реализации *LOS* систем, с оценкой их дальности действия в воздушной, водной и смешанных (вода-воздух или воздух-вода) средах. Результаты этих и экспериментальных исследований опубликованы в многочисленных работах и продолжают интенсивно публиковаться (например, [1–10]). Существуют коммерческие образцы таких оптико-электронных систем связи (ОЭСС). Примером может быть оптический модем PAVLight ET-4000.

Данный обзор посвящён результатам теоретических и экспериментальных исследований ОЭСС, в которых полезным сигналом служит рассеянное или отражённое оптическое излучение. Эти ОЭСС в России называют бистатическими или загоризонтными, а за рубежом чаще – *Non Line of Sight (NLOS)* ОЭСС. Несмотря на то, что о возможности реализации такой связи сообщалось в научных публикациях прошлого века (например, [11]), интенсивные теоретические, а затем экспериментальные исследования в этом направлении начались более 15 лет назад и продолжают оставаться актуальными в настоящее время.

Основное достоинство связи в пределах прямой видимости – высокоскоростная передача данных. Однако возможны её прерывания, связанные с препятствиями на линии распространения излучения и «беганием пучка» по плоскости апертуры приёмника, вызываемого турбулентными пульсациями оптических характеристик в открытых каналах связи. Этим недостатком лишена оптическая связь вне прямой видимости. Преимущество бистатической связи над *LOS* связью состоит в том, что она реализуема на существенно большие расстояния в случаях, когда между приёмником и источником излучения существуют препятствия, и что она многоадресна.

Далее ограничимся рассмотрением в основном систем связи, использующих импульсные источники излучения, считая, что, по крайней мере, по дальности действия (а нас интересует бистатическая связь) они имеют су-

щественное преимущество над теми, в которых применяются источники непрерывного излучения.

В обзоре не рассматриваются все опубликованные результаты исследований в этой научно-технической области, но это не значит, что работы, не вошедшие в список литературы к обзору, не содержат новых результатов на момент их опубликования (т.к. общее число публикаций на рассматриваемую тему не одна сотня, в рецензируемых журналах, трудах и материалах конференций и симпозиумов).

Цели исследований и постановки задач

Опишем структуру бистатической ОЭСС набором следующих параметров и характеристик (назовём их входными). Источник излучения: длина волны λ , тип поляризации, угловая расходимость пучка v_s , радиус внешней окружности начального сечения пучка r_s , ориентация оптической оси $\omega_s(\theta_s, \varphi_s)$, средняя мощность P_s . Приёмная оптико-электронная система: угол поля зрения v_d , радиус входного зрачка r_d , ориентация оптической оси $\omega_d(\theta_d, \varphi_d)$, спектральная чувствительность приёмника излучения и уровень его шумов P_f . Электронные блоки модуляции и демодуляции исходного и принимаемого излучения являются составными многокомпонентными элементами любой, в том числе бистатической системы связи. Базовое расстояние между источником и приёмником излучения L_d – важнейший внешний параметр ОЭСС.

Типичная бистатическая ОЭСС содержит (рис. 1): «Комп 1» – управляющий компьютер; «Комп 2» – приёмный компьютер для фиксации принятой информации и, например, оценки характеристик качества канала связи; «Модулятор сигнала» – для ввода информации в лазерный пучок; «Демодулятор сигнала» – для расшифровки принятого рассеянного или отражённого лазерного излучения; блок «Оптика», в котором осуществляется формирование лазерного излучения с требуемой расходимостью (возможно преобразование излучения на λ_1 в излучение на λ_2 и т.д.)¹.

¹ Отметим, что в зарубежной литературе иногда бистатические ОЭСС называют *Direct NLOS*, если полезный сигнал – отражённый от поверхности (здание, самолёт, днище корабля, поверхность раздела воздух-вода и т.п.), и *Non Direct NLOS*, если таковым является рассеянное излучение в водной или в воздушной среде.

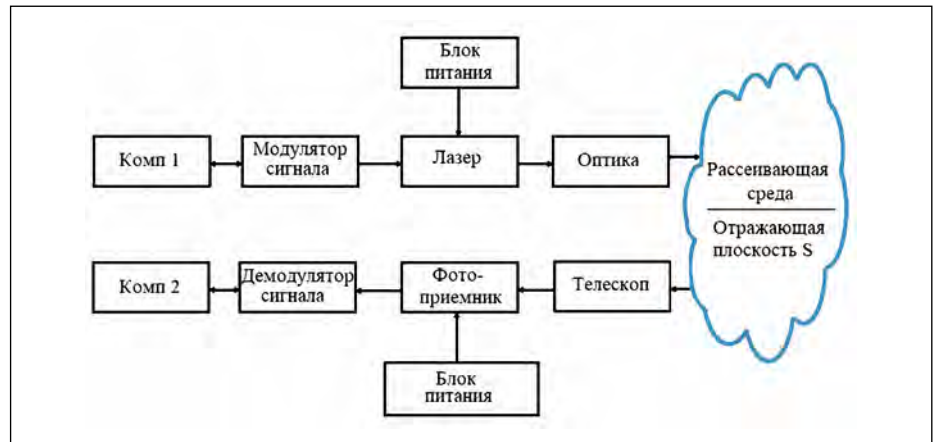


Рис. 1. Общая структурная блок-схема бистатических ОЭСС

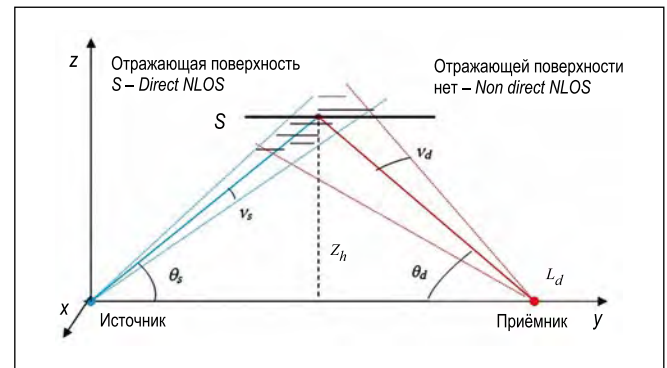


Рис. 2. Геометрическая схема формирования внешних каналов бистатической связи

На геометрической схеме (рис. 2) для упрощения изображена компланарная схема ОЭСС, когда оптические оси лазерного пучка и приёмной оптической системы находятся в плоскости XoY и ориентация осей определяется углами места θ_s и θ_d .

К основным, назовём их «выходными», характеристикам ОЭСС в целом отнесём уровень вероятностей ошибок p , их среднеквадратичное отклонение σ и скорость передачи символов s . Каждая из этих характеристик зависит от перечисленных выше параметров приёмно-передающих блоков и геометрических параметров схем организации внешних каналов бистатических ОЭСС.

Поэтому основные цели теоретических и экспериментальных исследований по бистатическим системам связи или управления состоят в определении значения этих характеристик в зависимости от всей совокупности параметров, определяющих конкретный вид ОЭСС, или от некоторой их части, а также от оптического состо-

яния внешних каналов распространения излучения от источника к приёмнику. Кроме того, целью экспериментальных исследований может быть подтверждение или опровержение теоретических выводов о возможностях реализации и характеристиках тех или иных ОЭСС. Так, например, в работе [11], ещё в 1997 г., была предсказана возможность осуществления бистатической связи в УФ диапазоне длин волн, при базовых расстояниях до 200 км. До сих пор экспериментально этот вывод не опровергнут, но и не подтверждён.

Атмосферные бистатические системы связи

С точки зрения системного анализа любую из рассматриваемых ОЭСС (рис. 1) можно разделить надвое: приёмно-передающую часть и внешний канал связи. При фиксированных характеристиках оптико-электронных блоков (рис. 2) выходные характеристики ОЭСС будут зависеть от оптического состояния канала распространения излучения от источника до приёмника. Как в атмосфере, так и в водной среде эти состояния могут варьироваться в широких пределах [12–15]. Поэтому

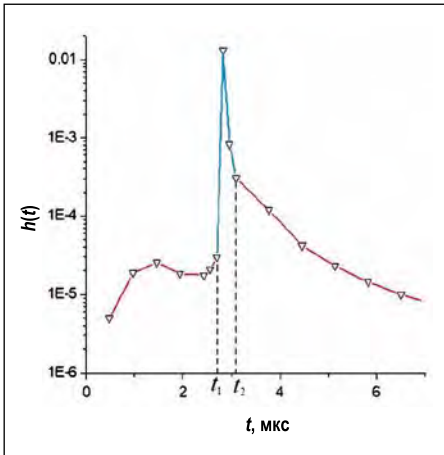


Рис. 3. Пример моделирования импульсной реакции методом Монте-Карло [18]

основное внимание в работах [16–40] чаще уделено анализу влияния входных параметров ОЭСС, в том числе оптических свойств атмосферы, на качество связи. При прочих равных условиях оптические свойства канала связи могут вести к ограничению дальности действия ОЭСС, к повышению вероятности ошибок и, как к одному из средств преодоления этого ограничения, к вынужденному снижению скорости передачи информационных сигналов.

Теоретическое исследование передаточных свойств бистатистических каналов ОЭСС выполняется в рамках теории переноса коротковолнового оптического излучения в рассеивающих и поглощающих средах (каковыми являются атмосфера и водные среды) и теории анализа линейных систем.

Уравнение переноса излучения устанавливает связь между силой излучения в заданной точке и заданном направлении в среде с определёнными оптическими характеристиками. В интегро-дифференциальной форме оно имеет вид

$$\frac{1}{c} \frac{\partial I}{\partial t} + (\boldsymbol{\omega}, \text{grad } I) = -\beta_{\text{ext}} I + \beta_{\text{sc}} \times \int_{\Omega} I(\mathbf{r}, \boldsymbol{\omega}') g(\mathbf{r}, \boldsymbol{\omega}, \boldsymbol{\omega}') d\boldsymbol{\omega}' + \Phi_i(\mathbf{r}, \boldsymbol{\omega}), \quad (1)$$

где $I = I(\lambda, r, \omega)$ – сила излучения в точке r в направлении ω ; c – скорость света; $\beta_{\text{ext}}(\lambda, r)$ – коэффициент ослабления в точке r ; $\beta_{\text{sc}}(\lambda, r)$ – коэффициент рассеяния в точке r ; $g(\lambda, r, \omega, \omega')$ – индикатриса рассеяния в точке r в направлении ω ; ω' – направление

распространения излучения до рассеяния; Φ_o – функция источника в точке r в направлении ω .

Это уравнение линейно относительно I , поэтому анализ передаточных свойств бистатистического канала связи целесообразно вести в рамках теории линейных систем, т.е. исследовать реакцию канала $h(t)$ на входной $\delta(t)$ -импульс в зависимости от входных параметров ОЭСС.

Уравнение (1) не имеет общего аналитического решения, и часто для его решения в приложениях, связанных с бистатистическими ОЭСС, используют разные алгоритмы метода Монте-Карло (от алгоритмов прямого моделирования [19] до модификаций двойных локальных оценок [20]). Приближение однократного рассеяния для определения импульсной реакции $h(t)$, уширения импульсов и т.п. имеет очевидную ограниченность области его применения (рис. 3).

При этом отмеченный на рис. 3 временной интервал $[t_1, t_2]$ соответствует области пересечения конусов расходимости лазерного пучка и поля зрения приёмной системы (заштрихованная область на рис. 2). Функция $h(t)$ при значениях t вне этого интервала определяется взаимодействием с кратностью рассеяния > 1 ; т.е. передний и задний фронты импульсной реакции $h(t)$, на рис. 3, могут быть определены по уравнению (1) с учётом кратности рассеяния ≥ 2 .

У атмосферных ОЭСС более широкие возможности выбора спектральных характеристик лазерных источников (от УФ, видимый и ИК диапазоны), а в водной среде этот выбор ограничен видимым диапазоном («зелёный» и «синий» участки).

Каковы причины того, что бистатистическая связь прерывается или не может быть осуществима? Для принятия информационного сигнала, очевидно, необходимо, чтобы его мощность превосходила мощность внутренних шумов приёмника излучения P_f . Ошибки связи станут возникать, если это условие временами будет не выполняться. А это может возникать или из-за турбулентных пульсаций оптических характеристик в канале связи или из-за пересечения поля зрения приёмника локальными сгустками рассеивающих или поглощающих оптически более плотных образований (фрагменты дымовых шлейфов, облачных сред и т.п.).

Мощность принятого информационного сигнала может и превосходить P_f и, тем не менее, связь может быть невозможной. Это происходит, когда значения импульсной реакции при $t < t_1$ и $t \rightarrow t_1$ или при $t < t_2$ и $t \rightarrow t_2$ становятся близкими или равными тах $h(t)$ в центральной её части.

Исходя из этих общих знаний о взаимодействии оптического излучения с рассеивающими и поглощающими средами, сделаем предположения о влиянии некоторых оптико-геометрических параметров бистатистических ОЭСС на их, например, дальность действия. Проведём ряд следующих мысленных экспериментов. Зафиксируем все геометрические, оптические параметры и характеристики приёмника излучения. Пусть расходимость пучка лазерного излучения $v_s = 0$, а дальность действия при этом достигнет некоторого значения L_d . Будем увеличивать v_s до $\pi/2$; очевидно, что L_d будет монотонно убывать (т.к. монотонно снижается энергетическая яркость пучка излучения источника в области пересечения конусов расходимости пучка и поля зрения приёмной оптической системы (рис. 2)). Увеличение v_s приведёт и к росту мощности импульсной реакции при $t < t_1$ и $t \rightarrow t_1$ или при $t < t_2$ и $t \rightarrow t_2$, что приведёт к росту вероятности ошибок, которые можно уменьшить, снизив скорость передачи импульсов.

Пусть фиксируются все оптико-геометрические параметры схемы ОЭСС (рис. 2) кроме угла v_d , который будем монотонно увеличивать, начиная с нулевого значения. Предположим, что при $v_d = 0$ дальность действия ОЭСС равна L_d . Нетрудно показать, что с увеличением v_d будет расти мощность фронтов реакции $h(t)$ и увеличиваться интервал $[t_1, t_2]$, но увеличения тах $h(t)$ не произойдёт. Оба эти фактора могут увеличить ошибки связи, т.е., начиная с некоторых значений v_d , предельная база L_d будет уменьшаться.

Достаточно просто предсказать зависимость L_d от вариации некоторых оптических свойств среды, в которой образуется внешний канал ОЭСС (рис. 2). Пусть оптические характеристики среды однородны. Фиксируем значение всех других параметров ОЭСС. Пусть рассеивающие свойства среды отсутствуют. Тогда, очевидно, база $L_d = 0$, вероятности ошибок $p = 0$, скорость передачи символов $s = 0$. Пусть коэффициент рассеяния $\beta_{\text{sc}} \rightarrow$

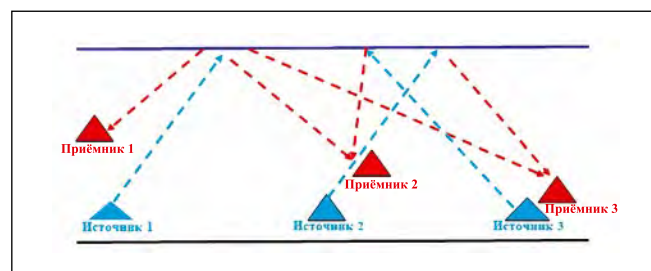
∞ , тогда, очевидно, $L_d \rightarrow 0$, вероятности ошибок $p \rightarrow 0$, скорость передачи символов $s \rightarrow 0$. Следовательно, при каждом значении β_{sc} существуют ненулевые конкретные значения L_d , p и s , т.е. существует при каждом наборе входных параметров ОЭСС такое оптическое состояние среды, при котором реализуемо максимальное значение L_d .

При вариациях углов ориентации осей пучка и поля зрения приёмной системы θ_s и θ_d соответственно (при фиксированных всех прочих параметрах ОЭСС) можно предполагать, что наилучшие условия для связи (по крайней мере, с точки зрения уровня $h(t)$) реализуются при θ_s и $\theta_d \rightarrow 0^\circ$. Этот вывод останется тем же и при вертикальной оптической неоднородности атмосферы, характеризующейся уменьшением рассеивающих свойств с высотой над земной поверхностью. При этом исключаем из рассмотрения экзотические случаи, когда, например, у земной поверхности $\beta_{sc} \rightarrow \infty$. Очевидно, что рост средних или пиковых мощностей излучения лазеров приведёт к росту предельных значений L_d .

Что касается атмосферных ОЭСС, то существенно большее количество теоретических и экспериментальных исследований посвящено УФ бистатическим системам. Предложен неплохой обзор [16] по истории развития систем излучения и регистрации УФ сигналов. Упомянутые в нём лампы использовались ранее в системах связи. Приборы с ними, как правило, были громоздки и энергетически малоэффективны. Полупроводниковые оптические источники имеют низкую стоимость, малый размер, низкое энергопотребление, высокую надёжность. Поэтому в бистатических системах УФ связи всё шире используются современные светодиоды и приёмники излучения (в том числе лавинные). Тем не менее есть примеры использования твердотельных УФ лазеров [21] и преобразования в УФ излучение излучения лазеров видимого диапазона [56].

В подавляющем большинстве экспериментальных исследований [16–40] УФ ОЭСС рассматриваются в приложении к небольшим базам L_d . В статье [56] сообщается о реализации бистатической связи в этом диапазоне не в дневное время суток при базовом расстоянии 1300 м.

Рис. 4. Геометрическая схема организации подводной связи на основе отражения от поверхности раздела вода-атмосфера



Подчёркнём, что работ по бистатическим ОЭСС в видимом и ИК диапазонах спектра существенно меньше, чем по УФ бистатическим ОЭСС. Примером их могут служить работы [2] (ИК диапазон, LOS ОЭСС) и [53] (видимый диапазон, бистатическая ОЭСС). Интерес к УФ системам связи понятен. В солнечно-слепом диапазоне они работоспособны круглосуточно, если нет искусственных УФ помех.

Основные методы исследования передаточных свойств бистатических каналов – метод Монте-Карло [18–20, 23, 29, 30, 32–34, 39, 50–52] и приближение однократного рассеяния [11, 17, 22, 38]. В работах [17–19] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния геометрических параметров на вероятности ошибок и дальность действия бистатической ОЭСС. В работе [30] показано, что приближение однократного рассеяния при решении уравнения переноса излучения не может использоваться для исчерпывающего объяснения получаемых в экспериментах результатов, и сравниваются значения ширины импульсной реакции, которые определялись при конкретных входных параметрах схемы ОЭСС методом Монте Карло и в приближении однократного рассеяния. Показано, что приближение однократного рассеяния применимо для оценки $h(t)$, если среда прозрачна и кратность рассеяния в атмосферном канале не превышает 1. В модельном эксперименте при среднем количестве столкновений в канале 3,85 ширина $h(t)$ составила 8 мкс, а в приближении однократного рассеяния она практически отсутствовала.

Общим для работ [16, 17, 19, 21–36, 38, 39] является то, что в них приводятся результаты теоретических и (или) экспериментальных исследований, посвящённых так или иначе анализу влияния входных параметров ОЭСС на качество связи (вероятности ошибок), дальность действия (не превышавшей в экспериментах 100 м),

скорость передачи данных и помехозащищённость.

В статье [54] приведён пример моделирования методом Монте Карло импульсной реакции, с помощью которой оценены дальное действие и скорость передачи данных с учётом характеристик приёмника излучения (фотоумножителя) ФЭУ-17а. Статистические эксперименты проведены для ОЭСС, в состав которой входит лазерный источник излучения на $\lambda = 0,5$ мкм. Зависимость качества связи от температурного режима приёмника рассмотрена в статьях [6, 57].

Важное место в теоретических и экспериментальных исследованиях по бистатическим ОЭСС отводится способам повышения устойчивости их работы. Выбор и сравнение способов модуляции излучения рассмотрен, например, в статье [26], а в статьях [23, 25] обсуждаются разные варианты структуры приёмников излучения в составе ОЭСС.

Подводные бистатические системы связи

Работы [41–51, 55] посвящены результатам теоретических и экспериментальных исследований подводных систем связи. Среди них обратим внимание на работу [44], в которой дан обширный обзор работ, связанных с LOS ОЭСС, но касающихся и некоторых аспектов бистатических ОЭСС. Он содержит 232 ссылки на публикации авторов из США, Канады, КНР и др. стран. Дополним его кратким анализом других работ.

На рис. 4 приведена постановка задач в работах [46, 51]. При этом изображённая схема связи получила название «Direct NLOS» (рис. 2). Возникновение интереса к подобным работам связано с использованием сетей интеллектуальных роботов для решения задач мониторинга состояния подводных объектов, поиска полезных ископаемых и др. В статьях [46, 51] описаны некоторые численные эксперимен-

ты и рассмотрена не только плоская, но и взволнованная водная поверхность, но без учёта рассеяния в воде.

В работе [42] обсуждаются результаты экспериментальных исследований выполненных в лабораторных условиях при базовых расстояниях не более нескольких метров. Выводы из подобных экспериментов сводятся к тому, что дальность действия *LOS* ОЭСС, *Direct* и *Non Direct* бистатистических ОЭСС зависит от мутности воды, повышение которой приводит как к уменьшению дальностей действия ОЭСС, так и к уменьшению предельной скорости передачи данных.

Подавляющее число публикаций результатов теоретических исследований бистатистических подводных ОЭСС основаны на применении метода Монте-Карло для решения уравнения переноса. Здесь ограничимся ссылками на работы [43, 47–51]. Описание передаточных свойств подводных бистатистических каналов связи осуществляется в рамках теории линейных систем с использованием функций влияния $h(t)$ (примером может служить работа [47]). В работе [48], в частности, сравниваются возможности *LOS* и бистатистических систем связи. Численными экспериментами показано, что частота передачи символов в *LOS* системах связи может достигать 100 МГц в мутной среде и значительно больше в чистой. Для бистатистических систем эта частота ограничена 20 МГц в чистой воде. Эти результаты были получены в численных экспериментах при базовых расстояниях до 20 м. При моделировании методом Монте-Карло процесса распространения оптического излучения в водной среде в качестве индикатрисы рассеяния на гидрозолях в [48] использована функция Хензи-Гринштейна и оценены вероятности ошибок связи, обусловленных «интерференцией» импульсов, т.е. наложением на задний фронт предыдущего импульса переднего фронта текущего импульса (рис. 3).

Обратим также внимание на работы [45, 55], содержащие результаты экспериментов по осуществлению оптической связи через смешанные среды. При этом в [45] обсуждаются результаты лабораторных экспериментов при реализации *LOS* схемы связи на трассах воздух-вода (приёмник – в воде) и вода-воздух (приёмник – в воздухе), а в [55] приводятся результаты экспериментов в естест-

венном водоёме в полевых условиях. В частности, приводятся оценки вероятностей ошибок связи и их среднеквадратичных отклонений при осуществлении связи через лёд.

Заключение

Актуальность исследований по проблемам оптической связи на рассеянном или отражённом излучении подтверждается обилием прошлых и продолжающихся публикаций (есть примеры таковых и в 2018 г.). Страны, ведущие исследования в этом направлении, в том числе совместно друг с другом – КНР (наибольшее число публикаций), Канада, США, Греция, Великобритания, Россия и др.

Основные результаты, выявленные данным обзором, следующие:

- Моделирование методом Монте-Карло процесса переноса информационных сигналов в атмосферных бистатистических каналах [54] показывает, что (при прочих равных условиях) мощность принимаемого информационного импульса максимальна: 1) при небольших базовых расстояниях (2–3 км) на $\lambda \approx 0,3$ мкм; 2) при больших базовых расстояниях и низкой мутности среды (метеорологическая дальность видимости $S_M \approx 50$ км) на $\lambda \approx 0,5$ мкм; 3) при высокой мутности атмосферы ($S_M \approx 10$ км), в зависимости от базовых расстояний и ориентации плоскости приёма, на $\lambda \approx 0,5$ или 0,9 мкм. Там же показано, что предельные частоты передачи импульсов в бистатистической ОЭСС, в зависимости от оптического состояния атмосферы и геометрических параметров схем формирования каналов связи, лежат (при идеальных характеристиках приёмного и передающего блоков) в пределах от $4 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^7$ Гц.

- Осуществлена бистатистическая связь в атмосфере в видимом диапазоне длин волн при базовых расстояниях до 70 км [53], достигнуты базовые расстояния в УФ диапазоне до 1300 м [56] и до 40 м при подводной связи в естественном водоёме [58].

- На основе исследований по сетевым применениям бистатистических систем установлено, что оптические системы связи на короткие (до 100 м) базовые расстояния с использованием полупроводниковых излучателей существенно дешевле и компактней [28]. При этом эксперименты проведены на $\lambda = 0,34$ мкм.

- Созданы программные средства для исследования передаточных свойств некомпланарных систем связи (например, [23, 33]). Полученные в [23] теоретические результаты подтверждены экспериментами.

- Анализируется возможность применения сетевых технологий для мониторинга биосистем, обнаружения пожаров, контроля за загрязнением атмосферы и связью в УФ диапазоне 0,200–0,280 мкм [31]. Там же на основе аналитических соотношений, полученных в приближении однократного рассеяния для малых базовых расстояний, исследовано влияние оптико-геометрических условий и мощности излучения на вероятности ошибок, отношение сигнал/шум и др. характеристики рассмотренной ОЭСС.

- Сообщается о разных типах лазерных источников, используемых в бистатистических ОЭСС. Есть примеры использования непрерывного излучения с последующей его трансформацией в импульсное [40]. В состав ОЭСС включают твердотельные УФ лазеры и газоразрядные лазеры с видимым излучением, которое при необходимости преобразуется в УФ излучение (с помощью нелинейно-оптических кристаллов *BBO*).

- Внимание исследователей привлёк и проблема использования поляризационных свойств света с целью повышения помехозащищённости ОЭСС, работающих на рассеянном лазерном излучении. Созданы программно-алгоритмические средства метода Монте-Карло для моделирования процесса распространения и приёма поляризованного излучения в бистатистических каналах связи [34]. Показано, что, используя поляризационный приём, можно снижать вероятность ошибок, уменьшая влияние многократного рассеяния на формирование передних и задних фронтов импульсов.

- Одним из факторов, влияющих на качество работы бистатистических ОЭСС, является турбулентность. Она может уменьшать мощность полезного сигнала и срывать связь. В работе [35] проанализировано влияние количества приёмников излучения на уровень ошибок связи.

- Важная составляющая ОЭСС – приёмники излучения. В цитированной литературе использовались приёмники фирмы *Hamamatsu*, лавинные фотодиоды, фотоумножители

ФЭУ-142 и ФЭУ-17а и более современные фотоумножители УФК-4Г-4, УФК-4Г-3 и УФК-4Г-2 производства ООО «КАТОД».

- Описана методика оценок в реальном времени вероятностей ошибок связи и их среднеквадратичного отклонения при проведении испытаний бистатистических ОЭСС в атмосфере, водной и смешанных средах [52, 53].

- В области подводной связи проводятся численные эксперименты методом Монте-Карло с учётом взволнованности водной поверхности для схем ОЭСС «Direct NLOS», оценивается скорость передачи данных в чистой и замутнённой воде [51].

- Будущие работы исследователи связывают с: поиском оптимальных способов модуляции сигналов; развитием средств численного моделирования передаточных свойств бистатистических каналов связи; развитием аналитических моделей импульсных реакций в некомпланарных схемах реализации бистатистических ОЭСС; исследованием влияния типов волн на водной поверхности и процессов рассеяния в воде на эффективность работы систем связи на рассеянном лазерном излучении; расширением области вариаций входных параметров бистатистических ОЭСС при проведении экспериментов в естественных водоёмах.

Автор благодарен коллегам М.В. Тарасенкову, В.Н. Абрамочкину, А.В. Федосову, А.Н. Кудрявцеву, В.В. Иванову и Ю.В. Гридневу за совместные работы по исследованию, созданию и испытанию атмосферных и подводных бистатистических ОЭСС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lee I.E., Ghassemlooy Z., Ng W.P., Khalighi M-A., Liaw S-K. Effects of aperture averaging and beam width on a partially coherent Gaussian beam over free-space optical links with turbulence and pointing errors // *Applied Optics*. – 2016. – Vol. 55, No. 1. – P. 1–9.
2. Amr S. El-Wakeel, Nazmi A. Mohammed, and Moustafa H. Aly. Free space optical communication system performance under atmospheric scattering and turbulence for 850 and 1550 nm operation // *Applied Optics*. – 2016. – Vol. 55, No. 26. – P. 7276–7286.
3. Zhenguang Gao, Hongzhan Liu, Xiaoping Ma, and Wei Lu. Performance of multi-hop parallel free-space optical communication over gamma-gamma fading channel with point-

ing errors // *Applied Optics*. – 2016. – Vol. 55, No. 32. – P. 9178–9184.

4. Zina Abu-Almaalie, Zabih Ghassemlooy, Manav R. Bhatnagar, Hoa Le-Minh, Nauman Aslam, Shien-Kuei Liaw, It Ee Lee. Investigation on iterative multiuser detection physical layer network coding in two-way relay free-space optical links with turbulences and pointing errors // *Applied Optics*. – 2016. – Vol. 55, No. 33. – P. 9396–9406.

5. Xin Zhao, YunQing Liu, Yansong Song. Line of sight pointing technology for laser communication system between aircrafts // *Optical Engineering*. – 2017. – Vol. 56, No. 12: 126107.

6. Huihua Fu, Ping Wang, Tao Liu, Tian Cao, Lixin Guo, and Jiao Qin. Performance analysis of a PPM-FSO communication system with an avalanche photodiode receiver over atmospheric turbulence channels with aperture averaging // *Applied Optics*. – 2017. – Vol. 56, No.23. – P. 6432–6439.

7. Bykova N.G., Gochelashvily K.S., Karfidov D.M., Makarenko G.F., Senatorov A.K., Sergeichev K.F., Shatalov O.P., Zabelinskii I.E. Experimental demonstration of feasibility of laser communication with the reentry spacecraft at 1,55 mkm // *Applied Optics*. – 2017. – Vol. 56, No. 10. – P. 2597–2603.

8. Jing Ma, Jiajie Wu, Liying Tan, and Siyuan Yu. Polarization properties of Gaussian-Schell model beams propagating in a space-to-ground optical communication downlink // *Applied Optics*. 2017. Vol. 56, No.6. P. 1781–1787.

9. Ming Li, Wenbo Gao, and Milorad Cvijetic. Slant-path coherent free space optical communications over the maritime and terrestrial atmospheres with the use of adaptive optics for beam wavefront correction // *Applied Optics*. 2017. – Vol. 56, No.2. – P. 284–297.

10. Воронцов М.А., Дудоров В.В., Зырянова М.О., Колосов В.В., Филимонов Г.А. Частота появления ошибочных битов в системах беспроводной оптической связи с частично когерентным передающим пучком // *Оптика атмосферы и океана*. – 2012. – Т. 25, № 11. – С. 936–940.

11. Пожидаев В.Н. Осуществимость линий связи ультрафиолетового диапазона, основанных на эффекте молекулярного и аэрозольного рассеяния в атмосфере // *Радиотехника и электроника*. – 1977. – Т. 22, № 10. – С. 2190–2192.

12. Зуев В.Е., Креков Г.М. Современные проблемы атмосферной оптики. Т. 2. Оптические модели атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 256 с.

13. Зуев В.Е., Белан Б.Д., Задде Г.О. Оптическая погода. – Новосибирск: Наука, 1990. – 192 с.

14. Оптика океана и атмосферы / под ред. К.С. Шифрина. – М: Наука, 1981. – 231 с.

15. Оптика океана. Т. 2. Прикладная оптика океана / Под ред. А.С. Моница. – М: Наука, 1983. – 236 с.

16. Chen G., Abou-Galala F., Xu Z., Sadler B.M. Experimental evaluation of LED-based solar blind NLOS communication links // *Optics Express*. – 2008. – Vol. 16, No. 19. – P. 15059–15068.

17. Chen G., Xu Z., Ding H., Sadler B.M. Path loss modeling and performance trade-off study for short-range non-line-of-sight ultraviolet communications // *Optics Express*. – 2009. – Vol. 17, No. 5. – P. 3929–3940.

18. Белов В.В., Тарасенков М.В., Абрамочкин В.Н., Иванов В.В., Федосов А.В., Троицкий В.О., Шиянов Д.В. Атмосферные бистатистические каналы связи с рассеянием. Часть 1. Методы исследования // *Оптика атмосферы и океана*. – 2013. – Т. 26, № 04. – С. 261–267.

19. Ding H., Chen G., Majumdar A.K., Sadler B.M., Xu Z. Modeling of Non-Line-of-Sight Ultraviolet Scattering Channels for Communication // *IEEE Journal on selected areas in communications*. – 2009. – Vol. 27, No. 9. – P. 1535–1541.

20. Белов В.В., Тарасенков М.В. Три алгоритма статистического моделирования в задачах оптической связи на рассеянном излучении и бистатистического зондирования. // *Оптика атмосферы и океана*. – 2016. – Т. 29, № 05. – С. 397–403.

21. Chen G., Xu Z. Sadler B.M. Experimental demonstration of ultraviolet pulse broadening in short-range non-line-of-sight communication channels // *Optics Express*. – 2010. – Vol. 18, No. 10. P. 10500–10509.

22. Bifeng Li, Hongxing Wang, Min Liu, Hao Hu, Zhongyang Mao. Applicability of non-line-of-sight ultraviolet single-scatter approximation model // *Photon. Netw. Commun.* – 2016. – Vol. 31, No. 1. – P. 147–154.

23. Dahai Han, Xing Fan, Kai Zhang, and Rui Zhu. Research on multiple-scattering channel with Monte Carlo model in UV atmosphere communication // *Applied Optics*. – 2013. – Vol. 52, No. 22. – P. 5516–5522.

24. Hailiang Zhang, Hongwei Yin, Honghui Jia, Shengli Chang, and Juncai Yang. Characteristics of non-line-of-sight polarization ultraviolet communication channels // *Applied Optics*. – 2012. – Vol. 51, No. 35. – P. 8366–8372.

25. Dahai Han, Yile Liu, Kai Zhang, Pengfei Luo, and Min Zhang. Theoretical and experimental research on diversity reception technology in NLOS UV communication system // *Optics Express*. – 2012. – Vol. 20, No. 14. – P. 15833–15843.

26. Menglong Wu, Dahai Han, Xiang Zhang, Feng Zhang, Min Zhang, and Guangxin Yue. Experimental research and comparison of LDPC and RS channel coding in ultraviolet commu-

nication systems // Optics Express.– 2014. – Vol. 22, No. 5. – P. 5422–5430.

27. Petr Chvojka; Stanislav Vitek; Stanislav Zvanovec; Zabih Ghassemloo; Sujan Rajbandari. Analysis of nonline-of-sight visible light communications // Optical Engineering.– 2017. – Vol. 56, No. 11: 116116. doi.org/10.1117/1.OE.56.11.116116.

28. Gary A. Shaw†, Andrew M. Siegel, Melissa L. Nischan. Demonstration System and Applications for Compact Wireless Ultraviolet Communications // Proc. SPIE.– 2003. – Vol. 5071. doi.org/10.1117/12.500861.

29. Peng Song, Xianli Zhou, Fei Song, Caixia Su, and Anxiang Wang. Performance analysis of UV multiple-scatter communication system with height difference // Applied Optics.– 2017. – Vol. 56, No. 32. – P. 8908–8916.

30. Yin H., Chang S., Jia H., Yang J., and Yang J. Non-line-of-sight multiscatter propagation model // J. Opt. Soc. Am. A.– 2009. – Vol. 26, No. 11. – P. 2466–2469.

31. Debbie Kedar. Multiaccess Interference in a non-line-of-sight ultraviolet optical wireless sensor network // Applied Optics.– 2007. – Vol. 46, No. 23. – P. 5895–5901.

32. Hongwei Yin, Shengli Chang, Xiaofeng Wang, Jiankun Yang, Juncai Yang, and Jichun Tan. Non-line-of-sight multiscatter propagation model // J. Opt. Soc. Am. A.– 2009. – Vol. 26, No. 11. – P. 2466–2069.

33. Mohamed A. Elshimy and Steve Hranilovic. Non-line-of-sight single-scatter propagation model for noncoplanar geometries // J. Opt. Soc. Am. A.– 2011. – Vol. 28, No. 3. – P. 420–428.

34. Hongwei Yin, Honghui Jia, Hailiang Zhang, Xiaofeng Wang, Shengli Chang, and Juncai Yang. Vectorized polarization-sensitive model of non-line-of-sight multiple-scatter propagation // J. Opt. Soc. Am. A.– 2011. – Vol. 28, No. 10. – P. 2082–2085.

35. Houfei Xiao, Yong Zuo, Jian Wu, Yan Li, and Jintong Lin. Bit-error-rate performance of non-line-of-sight UV transmission with spatial diversity reception // Optics Letters.– 2012. – Vol. 37, No. 19. – P. 4143–4145.

36. Robert J. Drost, Terrence J. Moore, and Brian M. Sadler. Ultraviolet scattering propagation modeling: analysis of path loss versus range // J. Opt. Soc. Am. A.– 2013. – Vol. 30, No. 11. – P. 2259–2265.

37. Peng Wang and Zhengyuan Xu. Characteristics of ultraviolet scattering and turbulent channels // Optics Letters.– 2013. – Vol. 38, No. 15. – P. 2773–2775.

38. Houfei Xiao, Yong Zuo, Jian Wu, Yan Li, and Jintong Lin. Non-line-of-sight ultraviolet single-scatter propagation model in random turbulent medium // Optics Letters.– 2013. – Vol. 38, No. 17. – P. 3366–3369.

39. Siqi Hu; Le Mi; Tianhua Zhou; Weibiao Chen. Viterbi equalization for long-distance, high-speed underwater laser communi-

cation // Optical Engineering.– 2017. – Vol. 56, No. 7: 076101.

40. Hongwei Yin, Shengli Chang, Xiaofeng Wang, Jiankun Yang, Juncai Yang, and Jichun Tan. Analytical model of non-line-of-sight single-scatter propagation // JOSA A.– 2010. – Vol. 27, No. 7. – P. 1505–1509.

41. Кузнецов С., Огнев Б., Поляков С. Система оптической связи в водной среде // Первая миля.– 2014.– № 2. – С. 46–51.

42. Hanson F, Radic S. High bandwidth underwater optical communication // Appl. Opt.– 2008. – Vol. 47, No. 2. – P. 277–283.

43. Jaruwatanadilok S. Underwater Wireless Optical Communication Channel Modeling and Performance Evaluation using Vector Radiative Transfer Theory // IEEE Journal on Selected Areas in Communications.– 2008. – Vol.26, No. 9. – P. 1620–1627.

44. Hemani Kaushal, and Georges Kadoum. Underwater Optical Wireless Communication // IEEE Access.– 2016. – Vol. 4. – P. 1518–1547.

45. Majumdar A.K., Siegenthaler J, Land P. Analysis of Optical Communications through the Random Air-Water interface: feasibility for Under-Water Communications // Proc. of SPIE.– 2012. – Vol. 8517, 85170T. doi: 10.1117/12.928999.

46. Arnon S., and Kedar D. Non-line-of-sight underwater optical wireless Communication network // JOSA. A.– 2009. – Vol. 26, No. 3. – P. 530–539.

47. Gabriel C., Khalighi M-A., Bourenane S., Leon P., Rigaud V. Channel Modeling for Underwater Optical Communication / 2011 IEEE GLOBECOM Workshops (GC Wkshps). 2nd International Workshop in Optical Wireless Communications.– 2011. – P. 833–837. DOI: 10.1109/GLOCOMW.2011.6162571

48. Choudhary A., Jagadeesh V.K, Muthuchidambaranathan P. Pathloss analysis of NLOS Underwater Wireless Optical Communication channel / 2014, International Conference on Electronics and Communication System (ICECS –2014). DOI: 10.1109/ECS.2014.6892620.

49. Jagadeesh V.K, Choudhary A., Bui F.M., Muthuchidambaranathan P. Characterization of Channel Impulse Responses for NLOS Underwater Wireless Optical Communications / 2014, Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications (ICACC). DOI: 10.1109/ICACC.2014.24.

50. Gabriel Ch, Khalighi M.-A., Bourenane S., Léon P., Rigaud V. Monte-Carlo-Based Channel Characterization for Underwater Optical Communication Systems // IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking.– 2013. – Vol. 5, No. 1. – P. 1–12

51. Shijian Tang, Yuhan Dong, Xuedan Zhang. On Path Loss of NLOS Underwater Wireless Optical Communication

Links // 2013 MTS/IEEE OCEANS. DOI: 10.1109/OCEANS-Bergen.2013.6608002

52. Belov V.V., Tarasenkov M.V., Abramochkin V.N., Troitskii V.O. Over-the-horizon Optoelectronic Communication Systems // Russian Physics Journal.– 2014. Vol. 57, No. 7. – P. 202–208.

53. Абрамочкин В.Н., Белов В.В., Гриднев Ю.В., Кудрявцев А.Н., Тарасенков М.В., Федосов А.В. Оптико-электронная связь в атмосфере на рассеянном лазерном излучении. Полевые эксперименты // Светотехника.– 2017.– № 4. – С. 24–30.

54. Тарасенков М.В., Познахарев Е.С., Белов В.В. Статистические оценки передаточных характеристик, предельных дальностей и скоростей передачи информации по импульсным атмосферным бистатическим оптическим каналам связи // Светотехника.– 2018.– № 4. – С. 37–43.

55. Belov V.V., Abramochkin V.N., Gridnev Yu. V., Kudryavtsev A.N., Tarasenkov M.V., Fedosov A.V. Bistatic optoelectronic communication systems: Field experiments in artificial and natural water reservoirs // Atmospheric and Oceanic Optics.– 2017. – Vol. 30, No. 4. – P. 366–371.

56. Белов В.В., Гриднев Ю.В., Кудрявцев А.Н., Тарасенков М.В., Федосов А.В. Оптико-электронная связь в УФ-диапазоне длин волн на рассеянном лазерном излучении // Оптика атмосферы и океана.– 2018. – Т. 31, № 07. – С. 559–562.

57. Белов В.В., Тарасенков М.В., Абрамочкин В.Н., Иванов В.В., Федосов А.В., Гриднев Ю.В., Троицкий В.О., Димаки В.А. Атмосферные бистатические каналы связи с рассеянием. Часть 2. Полевые эксперименты 2013 г. // Оптика атмосферы и океана.– 2014. – Т. 27, № 08. – С. 659–664.

58. Belov V.V. Optical communication on scattered laser radiation // Proc. SPIE.– 2017. – Vol. 10466. – CID:10466 OH. [10466–24].



Белов Владимир Васильевич, доктор физ.-мат. наук, профессор. Окончил в 1971 г. ТГУ. Зав. лабораторией РОС Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН. Заслужен-

ный деятель науки РФ. Область научных интересов: теория переноса оптического излучения в рассеивающих и поглощающих средах, теория лазерного зондирования, теория видения, атмосферная коррекция аэрокосмических изображений земной поверхности, метод Монте-Карло, многократное рассеяние

К вопросу о преобразовании систем фотометрирования

О.Е. ЖЕЛЕЗНИКОВА, С.В. ПРЫТКОВ

НИУ «МГУ им. Н.П. Огарёва», Саранск

E-mail: sarstf@mail.ru

Аннотация

Предлагается способ перехода между фотометрическими системами $A\alpha$, $B\beta$ и $C\gamma$, основанный на их совмещении с помощью поворотов в декартовой прямоугольной системе координат и последующей интерполяции значений силы света в заданных узлах. Это позволяет корректно определять все значения меридиональных углов во всей области принимаемых значений: $[-\pi, \pi]$ для A , B и $[0, 2\pi]$ для C .

Ключевые слова: осветительный прибор, системы фотометрирования, кривая силы света, гониофотометрия, интерполяция.

Пространственно-угловое распределение силы света определяется в ходе гониофотометрических измерений и может задаваться в одной из трёх систем фотометрирования – $A\alpha$, $B\beta$ и $C\gamma$ [1, 2]. Выбор конкретной системы для определённых типов источников света или осветительных приборов (ОП) стандарты строго не регламентируют, но дают некоторые рекомендации. Так, согласно [1, 2], прожекторы рекомендуется фотометрировать в системе $B\beta$, автомобильные фары – в системе $A\alpha$ [2], а офисные и уличные светильники – в системе $C\gamma$. А если кинематическая схема гониофотометра предполагает поворот измеряемой разрядной лампы, то рекомендуется выбирать ту систему, при которой не меняется рабочее положение лампы.

Часто же выбор диктуется просто удобством проведения измерений.

В светотехнической практике могут встречаться ситуации, когда фотометрирование осуществляется в одной системе, а результаты надо представлять в другой. Когда, например, сопоставляются результаты измерений двумя гониофотометрами, кинематические схемы которых реализуют разные системы фотометрирования. В [1, 2] есть формулы перехода между системами фотометрирования. Однако, как показано ниже, они не вполне корректны.

Системы фотометрирования представляют собой сферические системы координат, определённым образом ориентированные относительно фотометрической, продольной и поперечной осей ОП [1]. Совмещение систем фотометрирования можно осуществлять, либо используя основные понятия и правила сферической геометрии [3], либо – матричные преобразования в декартовой системе координат. Оба способа приводят к одним и тем же результатам, но в данной работе мы отдаём предпочтение последнему вследствие более экономной, удобной для запоминания формы записи.

Как известно, переход от сферических координат к декартовым и обратно осуществляется по формулам

$$x = r \sin \theta \cos \varphi, \quad y = r \sin \theta \sin \varphi, \quad z = r \cos \theta, \quad (1)$$

где θ – полярный угол, φ – азимутальный угол, r – радиус-вектор (рис. 1).

Далее выясним, как осуществляется переход к декартовым координатам, связанным с системами фотометрирования $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$. Координатными осями во всех трёх системах являются поперечная, продольная и фотометрическая оси ОП. Положительные направления координатных осей в системах $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ определяют тройки единичных векторов (i_C, j_C, k_C) , (i_B, j_B, k_B) и (i_A, j_A, k_A) соответственно (рис. 2–4).

Из рис. 1–4 видно, что углы θ и φ связаны с меридиональными и экваториальными углами систем $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ следующим образом: $\theta_C = 180^\circ - \gamma$, $\varphi_C = C$; $\theta_B = 90^\circ - \beta$, $\varphi_B = B$; $\theta_A = 90^\circ + \alpha$, $\varphi_A = A$. Подставляя данные выражения в (1), получаем следующие формулы преобразования координат систем $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ в декартовы:

$$\begin{cases} x_C = \sin \gamma \cos C, \\ y_C = \sin \gamma \sin C, \\ z_C = -\cos \gamma; \end{cases} \begin{cases} x_B = \cos \beta \cos B, \\ y_B = \cos \beta \sin B, \\ z_B = \sin \beta; \end{cases} \begin{cases} x_A = \cos \alpha \cos A, \\ y_A = \cos \alpha \sin A, \\ z_A = -\sin \alpha. \end{cases}$$

Теперь необходимо осуществить поворот координатных осей или базиса систем. Обращаясь снова к рис. 2–4, видим, что при переходе $C\gamma \rightarrow B\beta$ поворот происходит относительно оси j_C на 270° против часовой стрелки, а при $B\beta \rightarrow A\alpha$ – относительно оси i_B на 270° против часовой стрелки. Матрицы данных преобразования таковы:

$$R_{cb} = \begin{pmatrix} \cos 270^\circ & 0 & \sin 270^\circ \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin 270^\circ & 0 & \cos 270^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

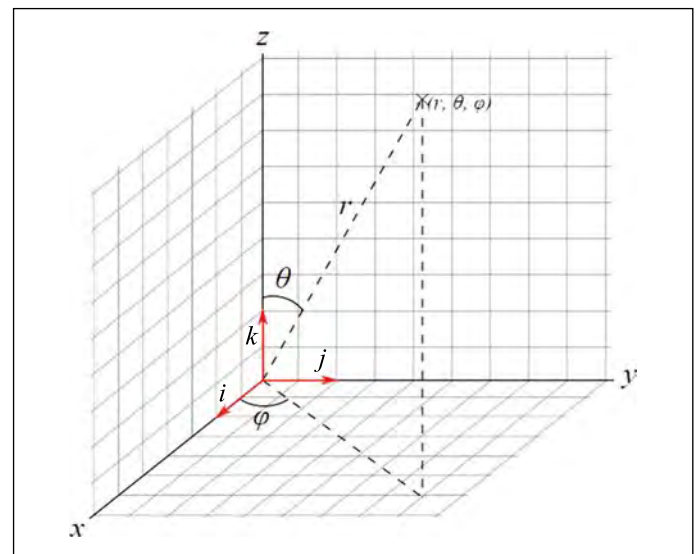


Рис. 1. Сферическая система координат

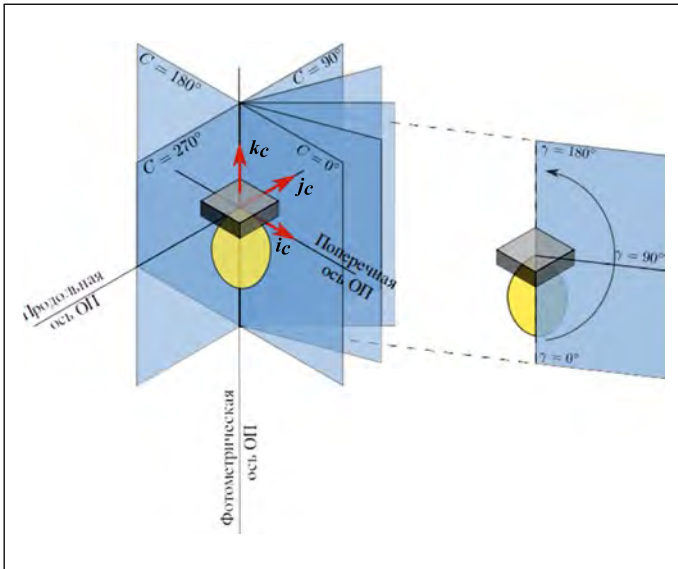


Рис. 2. Система фотометрирования $C\gamma$

$$R_{ba} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 270^\circ & -\sin 270^\circ \\ 0 & \sin 270^\circ & \cos 270^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Как будет показано ниже, двух этих матриц достаточно, чтобы полностью описать связь систем фотометрирования. Дадим теперь матричное обозначение этим преобразованиям:

$$c = \begin{pmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \\ z_B \end{pmatrix}, a = \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{pmatrix}.$$

Тогда переход между системами фотометрирования запишется в следующем виде:

$$C\gamma \rightarrow B\beta : b = R_{cb} c, \quad (2)$$

$$B\beta \rightarrow A\alpha : a = R_{ba} b, \quad (3)$$

$$C\gamma \rightarrow A\alpha : a = R_{ba} R_{cb} c = R_{ca} c, \quad (4)$$

$$B\beta \rightarrow C\gamma : c = R_{cb}^{-1} b, \quad (5)$$

$$A\alpha \rightarrow B\beta : b = R_{ba}^{-1} a, \quad (6)$$

$$A\alpha \rightarrow C\gamma : c = R_{ca}^{-1} a. \quad (7)$$

Выражения (2)–(7) однозначно определяют связь между системами фотометрирования. Решая их в явном виде, находим следующие соотношения для углов:

$$\begin{aligned} C\gamma \rightarrow B\beta : B &= \arctg(\sin C \cdot \tg \gamma), \\ \beta &= \arcsin(\cos C \cdot \sin \gamma), \end{aligned} \quad (8)$$

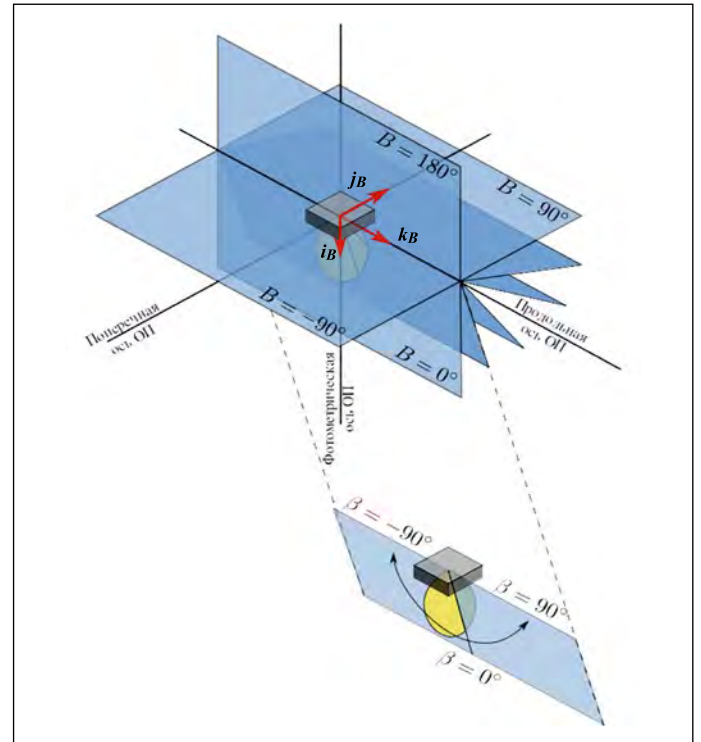


Рис. 3. Система фотометрирования $B\beta$

$$\begin{aligned} B\beta \rightarrow A\alpha : A &= \arctg(\tg \beta / \cos B), \\ \alpha &= \arcsin(\sin B \cdot \cos \beta), \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} C\gamma \rightarrow A\alpha : A &= \arctg(\cos C \cdot \tg \gamma), \\ \alpha &= \arcsin(\sin C \cdot \sin \gamma), \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} B\beta \rightarrow C\gamma : C &= \arctg(\sin B / \tg \beta), \\ \gamma &= \arccos(\cos B \cdot \cos \beta), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} A\alpha \rightarrow B\beta : B &= \arctg(\tg \alpha / \cos A), \\ \beta &= \arcsin(\sin A \cdot \cos \alpha), \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} A\alpha \rightarrow C\gamma : C &= \arctg(\tg \alpha / \sin A), \\ \gamma &= \arccos(\cos A \cdot \cos \alpha). \end{aligned} \quad (13)$$

Эти же соотношения приведены в [1]. Анализируя их совместно с рис. 1–4, заключаем, что для нахождения экваториальных углов A , B и C использование лишь главной ветки арктангенса недостаточно, так как $-\pi \leq A \leq \pi$, $-\pi \leq B \leq \pi$, $0 \leq C \leq 2\pi$, и в то же время $-\pi/2 < \arctg x < \pi/2$. Это приводит к тому, что после преобразования половина информации теряется. Для корректного определения всех значений меридионального угла его следует искать как аргумент комплексного числа:

в случае A и B имеем

$$\varphi(y, x) = \begin{cases} \arctg(y/x), x > 0; \\ \pi + \arctg(y/x), x < 0, y \geq 0; \\ -\pi + \arctg(y/x), x < 0, y < 0; \\ \pi/2, x = 0, y > 0; \\ -\pi/2, x = 0, y < 0, \end{cases}$$

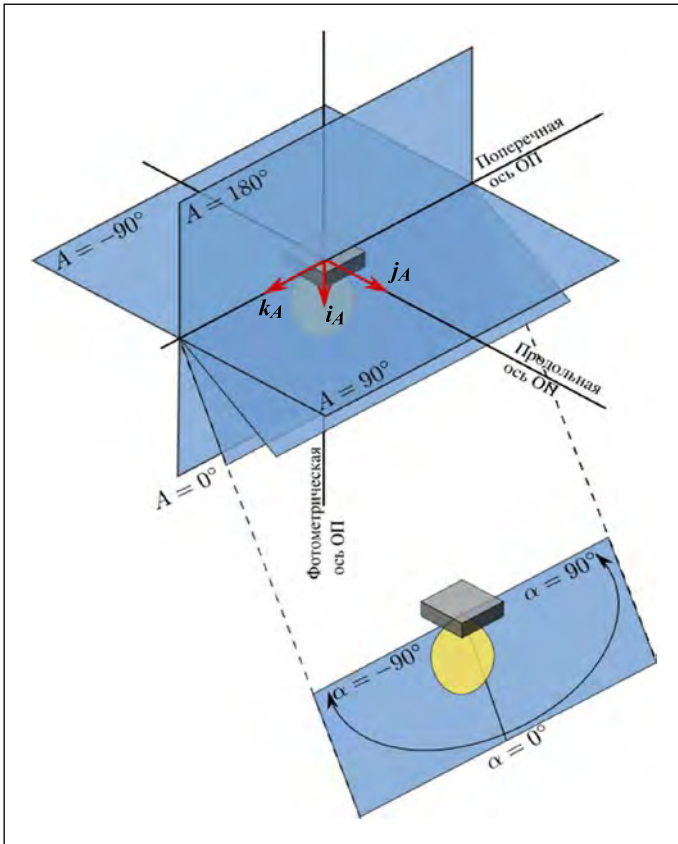


Рис. 4. Система фотометрирования $A\alpha$

а в случае C –

$$\varphi^*(y/x) = \begin{cases} \arctg(y/x), x > 0, y \geq 0; \\ \pi + \arctg(y/x), x < 0; \\ 2\pi + \arctg(y/x), x > 0, y < 0; \\ \pi/2, x = 0, y > 0; 3\pi/2, x = 0, y < 0. \end{cases}$$

Учитывая это, перепишем выражения (8)–(13) следующим образом:

$$C\gamma \rightarrow B\beta : B = \varphi(\sin C, \text{ctg}\gamma), \quad \beta = \arcsin(\cos C \cdot \sin \gamma), \quad (14)$$

$$B\beta \rightarrow C\gamma : C = \varphi(\sin B, \text{tg}\beta), \quad \gamma = \arccos(\cos B \cdot \cos \beta), \quad (15)$$

$$B\beta \rightarrow A\alpha : A = \varphi(\text{tg}\beta, \cos B), \quad \alpha = \arcsin(\sin B \cdot \cos \beta), \quad (16)$$

$$A\alpha \rightarrow B\beta : B = \varphi(\text{tg}\alpha, \cos A), \quad \beta = \arcsin(\sin A \cdot \cos \alpha), \quad (17)$$

$$A\alpha \rightarrow C\gamma : C = \varphi(\text{tg}\alpha, \sin A), \quad \gamma = \arccos(\cos A \cdot \cos \alpha), \quad (18)$$

$$C\gamma \rightarrow A\alpha : A = \varphi(\cos C, \text{ctg}\gamma), \quad \alpha = \arcsin(\sin C \cdot \sin \gamma). \quad (19)$$

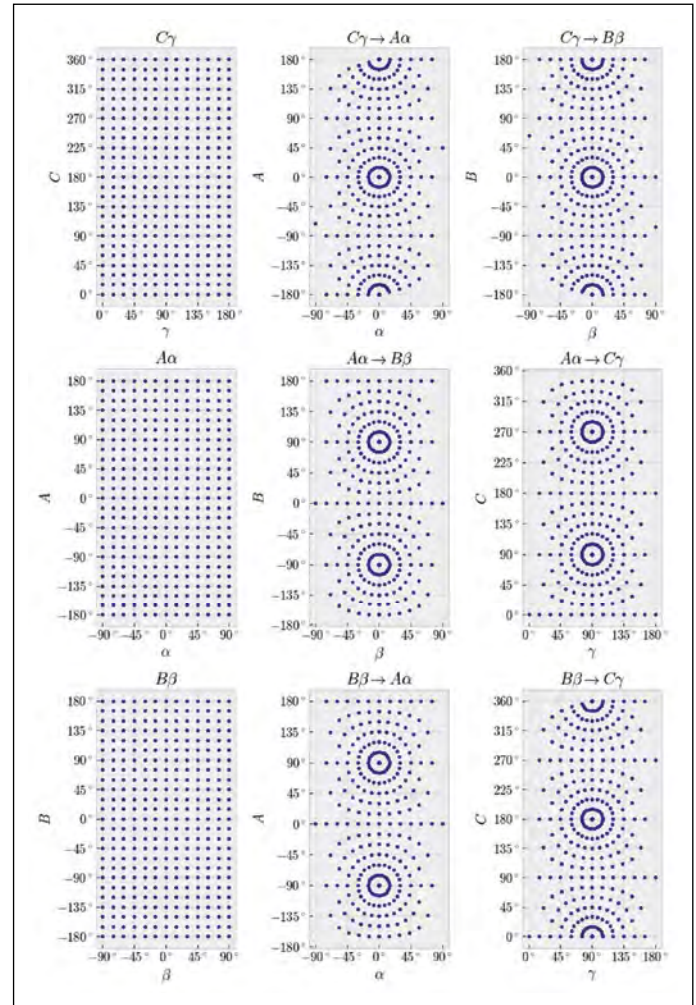


Рис. 5. Узлы систем фотометрирования до и после преобразования. Использовались формулы (14)–(19)

Из результата преобразования по этим формулам (рис. 5) видно: структура данных после преобразований (14)–(19) становится нерегулярной и потому дополнительно нужна интерполяция значений силы света. При этом возможны два варианта:

- если мы совмещаем старую систему (систему с исходными данными) с новой, то интерполяция значений силы света осуществляется в новой системе. В данном случае интерполяционные узлы образуют нерегулярную сетку, поэтому нужно использовать соответствующую интерполяцию (например, с применением триангуляции Делоне) [4];
- если мы совмещаем новую систему (систему, в которой хотим получить значения силы света) со старой, то интерполяция значений силы света, соответственно, производится в старой системе. В данном случае интерполяционные узлы образуют прямоугольную сетку, поэтому находить значения силы света можно с помощью билинейной интерполяции [5].

Итак, в настоящей статье предложен способ перехода между фотометрическими системами, основанный на их совмещении с помощью поворотов в декартовой прямоугольной системе координат и последующей интерполяции значений силы света в заданных узлах. Итоговые формулы (14)–(19) в отличие от соответствующих приведённых в [2] позволяют корректно определять все значения меры-

диональных углов во всей области принимаемых значений: $[-\pi, \pi]$ для A , B и $[0, 2\pi]$ для C . Показано, что после преобразований (14)–(19) сетка углов становится нерегулярной, что, в свою очередь, приводит к невозможности формировать файлы фотометрических данных в широко распространённых форматах *ldt* и *ies* [6, 7]. Установлено, что в [2] для преобразования $A\alpha \rightarrow C\gamma$ предложены формулы, не согласующиеся ни с [1], ни с решением, предложенным в данной статье. Согласно [2], преобразование $A\alpha \rightarrow C\gamma$ должно осуществляться так:

$$\gamma = \alpha + 90^\circ, C = \begin{cases} -A, & -180^\circ < A < 0^\circ; \\ 360^\circ - A, & 0^\circ < A < 180^\circ; \\ 0^\circ, 360^\circ, & A = 0^\circ. \end{cases} \quad (20)$$

Анализ выражения (20) показывает – никакого поворота системы фотометрирования $A\alpha$ относительно ОП до её совмещения с $C\gamma$ не происходит, то есть полярная ось системы $C\gamma$ (линия пересечения полуплоскостей фотометрирования) после преобразования (20) не совмещается с оптической осью ОП, что нарушает одно из требований при построении данной системы [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

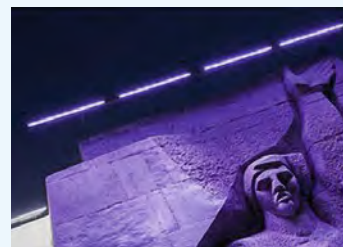
- ГОСТ Р 54350–2015 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний».
- IESNA LM-75–01 «Goniophotometer Types and Photometric Coordinates».
- Алексеевский Д.В., Винберг Э.Б., Солодовников А.С. Геометрия пространств постоянной кривизны / Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. – М.: ВИНТИ, 1988. – Т. 29. – С. 1–146.
- Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. – 128 с.
- ГОСТ Р 55708–2013 «Освещение наружное утилитарное. Методы расчёта нормируемых параметров».
- IESNA: LM-63–1995 «Standard file format for electronic transfer of photometric data».
- Stockmar A.W. EULUMDAT/2 – Extended Version of a Well Established Luminaire Data Format / CIBSE National Lighting Conference, 1998. – P. 353–362.



Железникова Ольга Евгеньевна, кандидат техн. наук, доцент. Окончила в 1989 г. светотехнический факультет Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. Заведующий кафедрой светотехники НИУ «МГУ им. Н.П. Огарёва». Заслуженный работник высшей школы Республики Мордовия. Член редколлегии журналов «Светотехника» и «Light & Engineering»



Прытков Сергей Владимирович, кандидат техн. наук. Окончил в 2010 г. Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. Доцент кафедры светотехники НИУ «МГУ им. Н.П. Огарёва». Область научных интересов: светотехнические расчёты



Летом 2018 г. фасады 14 станций московского метро заиграли новыми красками. В рамках программы благоустройства «Моя улица» 1244 единицы светодиодного оборудования *IntiLED* было использовано для архитектурно-художественного освещения недавно отреставрированных станций метро («Спортивная», «Сокол» (восточный и западный вестибюли), «Баррикадная», «Таганская» КЛ, «Алексеевская», «Рижская», «Курская» КЛ и АПЛ, «Кузнецкий Мост», «Арбатская» АПЛ, «Александровский сад», «Павелецкая», «Баррикадная» и «Автозаводская»).

Освещение метрополитена – не только одна из самых интересных тем в светодизайне, но и одна из самых консервативных. Нормы освещения Московского метрополитена, прописанные в СНиП в середине XX столетия, не менялись вплоть до 2003 г.

Тогда требования к освещению станций были минимальными – нужно было обеспечить безопасность пассажиров. Сегодня подход изменился. При выборе цветов и приёмов освещения светодизайнеры провели серьёзную подготовительную работу: изучили историю создания станций и их архитектурные особенности. Благодаря этому для каждой из них был подготовлен индивидуальный проект, который решает важнейшие задачи: как соблюсти жёсткие меры безопасности, обеспечить высокую степень комфорта для пассажиров и подчеркнуть выдающуюся архитектуру.

Так, станции «Кузнецкий Мост» и «Баррикадная», не имеющие статуса памятников, получили цветное освещение. На «Баррикадной» барельеф с изображением героев 1905 года осветили фиолетовым цветом, что придало ему еще больше торжественности.

На станции «Таганская» КЛ, которая признана объектом культурного наследия, с помощью оборудования *IntiLED* удалось расставить световые акценты так, чтобы выделить декоративные элементы и осветить своды лазурно-голубого потолка.

Холодно-белый свет подчёркивает композиционные особенности архитектурного решения наземного павильона станции метро «Курская».

Для станций «Сокол» и «Спортивная» было выбрано классическое освещение с использованием светорегулируемых светильников. Тёпло-белый свет использован в полуоткрытых пространствах, холодно-белый – для акцентирования белых классических элементов (аттиков, парапетов и карнизов), а нейтрально-белый – для визуального увеличения поверхности фасада. Тёплый белый свет на станциях «Алексеевская» и «Рижская» создаёт комфортные условия для пассажиров во входных зонах.

Благодаря светорегулируемому оборудованию и возможности включения разных групп светильников освещение имеет два режима – вечерний и ночной. Их будут использовать в зависимости от продолжительности светового дня.

Разработку концепции и поставку оборудования выполнила компания «Мастерская света».

elec.ru
26.10.2018

Гуманизация общественных пространств в ночном городе

Е.Ю. ЛЕКУС

Университет ИТМО, Санкт-Петербург
E-mail: lekus_elena@mail.ru

Аннотация

Гуманизация общественных пространств является важной составляющей стратегии развития современного города. Значимая роль в этом процессе принадлежит дизайну световой среды. В статье существующие примеры освещения пространств, ориентированных на человека, соотносятся с научным пониманием гуманизма, что позволяет установить цель гуманизации пространств, выделить специфические задачи, которые решают гуманизированные общественные пространства, а также определить факторы, которые влияют на формирование гуманистического качества окружающей среды при проектировании освещения.

Ключевые слова: гуманизация, общественные пространства, город, освещение, человек.

1. Введение

Гуманизация городской среды как жизненного пространства человека и общества уже несколько десятилетий является важной проблемой, которая привлекает внимание архитекторов и дизайнеров, исследователей в области урбанистики, социологии, психологии [1–3]. В теоретических работах прошлых лет и в современных исследованиях, посвящённых этой проблеме, не существует точного определения такого понятия как «гуманизация». Тем не менее, данный термин, а также близкие к нему понятия «человеческий масштаб», «человеко-ориентированный подход», *Human Centric Lighting*, всё чаще звучат в научных статьях, монографиях, докладах, посвящённых вопросам проектирования среды [4–6].

2. Человеческий масштаб города

В последнее время тенденция к созданию городского пейзажа исходя из «человеческого масштаба» активно

проявляется в формировании общественных пространств, ориентированных на человека [7, 8]. Опираясь на многолетний опыт, Я. Гейл (*J. Gehl*) утверждает, что городской дизайн, как и городское планирование в целом, следует использовать для придания человеческого масштаба современным городским пейзажам, поскольку именно человеческий масштаб и есть «универсальная точка отсчёта». По его мнению, городской дизайн и городское планирование в целом должны исходить из нескольких уровней масштаба – *большого* (целостный подход к городу, включая кварталы, функции, транспортные средства), *среднего* (дизайн городских кварталов, расположение общественных пространств и зданий) и *мелкого* (человеческий пейзаж, т.е. как человек видит и воспринимает город) [8, р. 195]. Мелкомасштабный взгляд, как отмечает Гейл, необычайно важен, однако именно он зачастую не учитывается ни заказчиками, ни проектировщиками. Гейл особо подчёркивает, что при работе с городским пейзажем необходимо учитывать пять основных чувств восприятия человека и ориентироваться на то, как воспринимается пейзаж при ходьбе, а не из окна транспортного средства.

Гуманистическая функция общественных пространств, как правило, связывается с позитивной атмосферой, комфортной для взаимодействия с другими людьми и городом [3, 8, 9], с поддержанием социальной активности и возможностью обретения коллективного опыта, с удовлетворённостью горожан качеством жизни и окружением.

Изменения образа жизни и ритма социальной активности в современном городе существенно повысили востребованность общественных пространств в вечернее время. В связи с этим, одной из приоритетных задач стратегии развития современных городов становится создание такой световой среды, которая удовлетворит потребности сегодняшних горо-

жан и одновременно откроет новые возможности для социального опыта.

Световой урбанизм является тем направлением в дизайне городской среды, которое ориентировано на основные ценности нашего времени: 1) человек, включённый в систему общественных отношений; 2) взаимодействие и взаимовлияние человека и среды (природной и искусственной).

3. Световой урбанизм

Световой урбанизм, который возник во Франции в 80-х гг. прошлого века, сегодня применяется во многих городах мира (в Европе, Америке, России, африканских, дальневосточных и ближневосточных странах) и считается одним из наиболее эффективных подходов в дизайне городского освещения. Его появление связано с переосмыслением и переоценкой той роли, которую свет играет в ночном городе. Смещение акцента с исключительно утилитарного, а также архитектурного, освещения на создание световой среды городских общественных пространств стало начальным шагом в развитии светового урбанизма.

Эта новая стратегия была впервые применена при создании мастер-планов освещения французских городов Монпелье (1988 г.) Лиона (1989 г.), Нанта, Эври, Безье и Брид-ле-Бена (1992 г.) и шотландского города Эдинбурга (1989 г.)¹.

Световой урбанизм, как и урбанизм в целом, отличает *интердисциплинарность методологии* и *целостный подход* к решению сложной, многоаспектной проблематики современного города и его жителей.

Методология данного направления в проектировании световой среды объединяет в себе несколько методов, среди которых: социологический, феноменологический, культурологический, историографический и функциональный исследовательские методы, а также методы психофизиологических и экологических исследований.

Целостный подход, применяемый световым урбанизмом, предполагает проведение широкомасштабных исследований, которые охватывают разные слои городской реальности – предметно-пространственный, соци-

¹ Об истории возникновения, развития и перспективах светового урбанизма см. [10, 11].

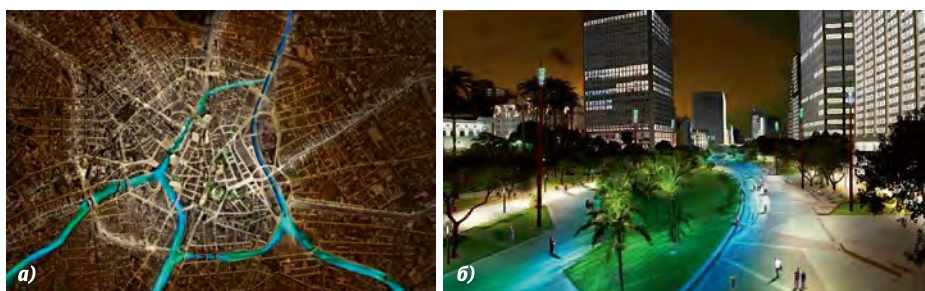


Рисунок. Нарбони, Годой: а – центр г. Сан-Паулу с «призрачными» реками; б – Valle de Anhagabau, финальная визуализация

альный, культурный, экономический, технологический и экологический.

Интердисциплинарный целостный характер светового урбанизма позволяет находить и сохранять баланс между:

- урбанистическим и природным пейзажами,
- человеком и городом,
- световыми решениями разных объектов внутри ночного ландшафта,
- локальным световым решением объекта (или группы объектов) и городом,
- эстетикой светового образа и утилитарными задачами освещения,
- индивидуальным и общественным,
- традиционными ценностями и будущим,
- интересами городских властей, жителей и проектировщиков.

В качестве примера использования принципов светового урбанизма можно привести световой мастер-план для г. Сан-Паулу (2011–2012 гг.), при разработке которого основной задачей являлось создание такого ночного пейзажа, который мог бы проявить уникальность бразильского мегаполиса – самого населённого города южного полушария. Образ этого индустриального гиганта складывается из причудливого соединения разных архитектурных эпох и стилей, разнообразного по этническому составу населения, стихийно разрастающихся районов, множества виадуков, тоннелей, путепроводов, которые с трудом справляются с задачей ослабления транспортной напряжённости и задают сложную визуальную конфигурацию пространства в историческом центре. При этом высокий ритм социальной активности Сан-Паулу набирает ещё большую силу в вечерние и ночные часы.

Исследования световой среды показали, что, во-первых, существую-

щее освещение не отвечает многочисленным потребностям города и его жителей, а во-вторых, световой мастер-план с ориентацией на функциональное освещение не позволит решить острую проблематику Сан-Паулу [12]. Для того, чтобы свести воедино все пёстрые фрагменты урбанистической мозаики и при этом выявить монументальную мощь ночного пейзажа, требовался иной подход.

Идея мастер-плана освещения была подсказана самой историей города. Когда-то в историческом центре Сан-Паулу протекали реки, и их незримое присутствие послужило основой для разработки целостного светового образа, который в вечернее время возрождает величественный природный ландшафт с возвышающимися громадами небоскрёбов [12]. История соединилась с сегодняшним днём (см. рисунок).

Этот поэтический лейтмотив был дополнен освещением многочисленных общественных пространств, являющихся центрами притяжения горожан и многочисленных туристов, приезжающих в Сан-Паулу. Световой мастер-план позволил уменьшить энергопотребление и при этом усилить индивидуальную морфологию города в вечерние и ночные часы [12].

Световой урбанизм – это стратегический подход к созданию освещения, в основу которого заложена система «человек – свет – город». Поскольку все три компонента этой системы рассматриваются как взаимосвязанные, аналитическая работа проводится параллельно в нескольких направлениях, каждое из которых включает в себя комплекс исследований разных аспектов городских пространств, световой среды и социальной проблематики. Основные этапы предполагают:

- осуществление развёрнутого анализа городских пространств в дневное и ночное время с учётом их функций

и значения в общем устройстве города, а также их изменений в будущем;

- выделение зданий и структур, образующих силуэт города в ночное время, исследование особенностей их восприятия с близкого, среднего и дальнего расстояний;

- определение знаковых для конкретного города объектов;

- соотнесение возможных вариантов световых решений с географическими, природно-климатическими, топографическими характеристиками города, его историческими, культурными, морфологическими особенностями [10, 11, 13];

- оценку состояния существующих осветительных установок в общественных пространствах: измерение светотехнических характеристик и осуществление их оценки на предмет соответствия действующим нормам и правилам освещения [14];

- оценку уровня светового загрязнения;

- проведение анализа энергоэффективности;

- анализ и оценку существующего рекламного освещения.

На основании этой исследовательской и аналитической работы создаются инструментарий и комплекс рекомендаций – единый мастер-план освещения города, своего рода карта световой стратегии [10, 11].

Световой мастер-план связывает воедино разные аспекты световой среды города: функциональное и архитектурно-художественное освещение, освещение общественных пространств, включая городские парки, сады, скверы, праздничную световую иллюминацию и световую рекламу. С одной стороны, он учитывает возможные морфологические изменения города в будущем, а с другой, именно эти изменения, а также появление новых запросов, потребностей населения, возникновение новых функций и технологий предполагают регулярное обновление светового мастер-плана.

Многие исследователи и специалисты в области светового дизайна отмечают, что колоссальное значение при составлении светового мастер-плана имеет участие местных жителей [10, 11, 15].

4. Человеческий потенциал

Методика привлечения местного населения на разных этапах проекти-

рования освещения (в процессе исследований проблематики места, разработки световых решений, при их апробировании в городском пространстве) является эффективным инструментом светового урбанизма. В данной статье участие местных жителей в создании световой среды рассматривается как составляющая процесса гуманизации общественных пространств в вечернее время.

Во-первых, общение с горожанами позволяет понять «живую» проблематику места, увидеть её глазами живущих в данной среде людей. Без тесного взаимодействия с жителями, даже светодизайнер высочайшего профессионального уровня способен дать всего лишь субъективную (хотя и профессиональную) оценку конкретной ситуации, не отражающую полную картину реальных запросов и потребностей людей.

Во-вторых, местное население является представителем конкретного культурного сообщества – в масштабе страны, региона, города или социальной группы (субкультуры). Это означает, что в рамках данного сообщества действует сложившаяся система ценностей, традиций, обычаев, социальных норм и правил, которая определяет образ жизни, поведение, общественные отношения и процессы. Соответственно, для того, чтобы создать световую среду, адекватную данным социокультурным условиям, необходимо понимать и учитывать специфику данной культуры.

В-третьих, получение «обратной связи» от жителей, т.е. их реакции на качество того или иного светового решения, является одной из составляющих процесса создания освещения. «Если общественное городское освещение представляет собой нечто большее, чем технические требования к эффективности и безопасности, то исследование должно фокусироваться на том, как освещённая городская среда воспринимается и используется горожанами, пытаюсь понять это социальное влияние освещения и перевести его в процесс проектирования освещения» [16].

В данной статье высказывается гипотеза, что благодаря диалогу, который напрямую или опосредованно складывается между исследователями/проектировщиками и горожанами, не только удаётся учесть самые разные аспекты городской жизни в вечернее

время (или найти достойные компромиссы), но, что важнее, в ходе такого диалога каждый житель имеет возможность стать активным участником процесса создания ночного пейзажа своего города. Эта сопричастность происходящим трансформациям превращает обычного горожанина в человека, который преобразует для себя и других людей (или вместе с другими людьми) окружающее жизненное пространство. Участие жителей в этой преобразовательной деятельности позволяет им ощутить чувство собственной значимости и личной ответственности за изменения в городе, осознать себя единым сообществом, в котором важен голос и точка зрения каждого. Это один из наиболее существенных показателей уровня гуманистического развития общества, поскольку гуманизм – это, прежде всего, деятельность, направленная на позитивное преобразование человеком себя и окружающего мира [17]. В этом ракурсе становится очевидным, что качественное развитие современных городов напрямую зависит от уровня гуманизма в обществе.

Проектировщики используют разные методы взаимодействия с жителями – встречи, совместные прогулки по городу, мастер-классы, интервью, соцопросы, семинары и т.д. Каждый из методов по-своему эффективен в решении разных задач. Увеличение доли социального участия в городском планировании и развитие технологий подталкивают новые способы исследований эмоциональных и психофизиологических реакций, возникающих у людей в процессе восприятия среды и взаимодействия с ней.

Например, технология отслеживания движений глаз (*eye tracking*), которая уже долгое время используется для анализа проблем взаимодействия с пользователями, теперь доказывает свою эффективность в исследованиях информативных качеств световой среды города. В «Разработке модели развития световой среды города

Санкт-Петербурга» при помощи отслеживания движений глаз было проведено исследование информативных качеств световой среды улиц, площадей, зон пешеходных переходов, главных городским доминант и панорам² [2]. Преимущества этой технологии заключается в том, что основанная на ней методика позволяет с высокой точностью измерить и проанализировать направление взгляда человека (водителя автотранспорта и пешехода) и выявить проблемные зоны световой среды вечернего города. Отслеживание движений глаз, безусловно, не заменяет другие качественные методы исследования, поскольку полученные при его использовании данные позволяют определить, на каком элементе человек в первый момент и чаще всего фиксирует взгляд, однако не позволяют с полной достоверностью ответить на вопрос, почему. Поэтому этот метод эффективен в комплексе с другими исследованиями.

Существуют разнообразные другие методики, подходы, модели, позволяющие исследовать эмоциональные реакции, особенности восприятия и опыт социального взаимодействия в общественных пространствах в дневное и вечернее время: энвиронментальная (*environmental*) психология, *mind mapping*³, эмпирические исследования и т.д. Несмотря на их отличия друг от друга, их объединяет то, что все они ориентированы на сокращение психологической, эмоциональной, ментальной дистанции между человеком и общественным пространством, а также на создание благоприятных условий для взаимодействия людей, т.е. на увеличение (наращивание) гуманистического качества окружающей среды.

5. Гуманистическое качество общественных пространств

Уровень гуманности городской среды – это качественный показатель, который с трудом поддаётся количест-

² Исследование было проведено в рамках проекта «Разработка модели развития световой среды города Санкт-Петербурга» в составе «Комплексной программы развития Санкт-Петербурга как центра световой культуры на период 2018–2030 гг. с перспективой до 2050 г.».

³ Термин «*mind map*» на русский язык переводится как «интеллект-карта», «карта мыслей», «карта ассоциаций», «ментальная схема». Это интеллектуальный инструмент, технология, позволяющая визуализировать анализ ассоциативных и логических связей в виде графических изображений. Различают следующие виды картирования (*mind mapping*): когнитивное, ассоциативное, концептуальное. См: Мартин Б., Ханнингтон Б. Универсальные методы дизайна / Б. Мартин, Б. Ханнингтон. – СПб.: Питер, 2014.– 208 с.

венной оценке. Как же в таком случае измерить качество гуманности? Как определить гуманистична среда или нет? Достаточно ли для этого одних только характеристик «безопасность», «комфорт», «экологичность», «энергоэффективность»? Для чего нужно гуманизировать среду и как это влияет на качество жизни?

Опираясь на Э. Фромма, повторим, что гуманизм предполагает активное действие, направленное на позитивное преобразование человеком самого себя и своего окружения [17]. Из этого напрашивается вывод, что процесс гуманизации общественных пространств не завершается одновременно с окончанием дизайн-работ – данный процесс продолжается и входит в свою самую активную фазу именно после того, как работы закончены, и пространство начинает повседневно использоваться людьми.

В книге «Дизайн для реального мира» один из основоположников гуманистического направления в дизайне В. Папанек говорил о том, что основной задачей дизайнера является трансформация среды обитания человека, орудий, которые он использует в своей жизнедеятельности и, опосредованно, самого человека [18, с. 31]. В этом смысле главной функцией и одновременно главной целью гуманистического общественного пространства является повышение уровня гуманизма в обществе. Следовательно, уровень или степень гуманистичности среды может определяться через социальный опыт отношений людей друг к другу, к городу, к природе и т.д. [19].

Существует множество различных примеров того, как общественные пространства и их освещение способны влиять на повышение гуманистического качества жизни. Для того, чтобы понять, за счёт чего именно осуществляется это влияние, некоторые примеры были проанализированы автором статьи с точки зрения того, какие конкретные социальные задачи общественные пространства выполняют в проектах, и на основании этого анализа выделена группа задач, решения которых направлены на повышение гуманистического качества. Соответствующее описание приводится ниже.

1. Ценностная переориентация

Освещение влияет не только на изменение внешнего облика города –

оно способно воздействовать на мировоззрение и ценности людей [20, 21], вовлекать их в процесс улучшения условий окружающей среды, пробуждать в них заботу о природе, об экологии жизни в городе и в мире. Сегодня эта тенденция является одной из основных в световом урбанизме, а также демонстрируется в отдельных проектах светодизайна. Ниже приведены несколько примеров того, как освещение может влиять на ценностную переориентацию города и его жителей.

В 2009 г. на одной из улиц во французском городе Тулузе впервые была применена технология, которая позволяла уличным фонарям улавливать тепло человеческого тела. Фонари удваивали силу света, реагируя на приближающегося пешехода, а спустя десять секунд освещение возвращалось в прежнее состояние [22]. Помимо того, что данная технология позволяет экономить около 50 % электроэнергии, она является эффективным средством борьбы со световым загрязнением и превращает пешеходов в активных участников движения за сохранение естественной красоты и экологии ночного пейзажа. Не случайно опыт Тулузы был поддержан впоследствии в других городах мира.

Ещё один убедительный пример первых экспериментов с позитивным влиянием света на экологическую ситуацию продемонстрировал небольшой немецкий город Дёринтруп (*Dörentrup*). Несколько лет назад его жители получили возможность самостоятельно контролировать освещение на одной из улиц. Набрав специальный код на мобильном телефоне, пешеход мог включить уличные фонари на 15 минут, а в остальное время улица погружалась в темноту с 11 часов вечера. По подсчётам местной коммунальной компании, данная схема позволяет городу сократить выбросы углерода на 12 тонн в год [22].

II. Образовательные и культурно-просветительские функции

Освещение способно выполнять культурно-развивающую и даже «педагогическую» роль в общественных пространствах. Существует много примеров того, как освещение ненавязчиво, в интерактивной или просто интересной для горожан форме, создаёт условия для развития внутреннего мира человека.

Например, в Лионе (Франция) реализован проект, который соединил в себе освещение, растительность и художественные фотографии (фотограф Ян Артус-Буртран (*Yann Arthus-Bertrand*). Благодаря взаимодействию трёх составляющих – свет, искусство, природа, – на улице *l'Annonciade* была создана уютная атмосфера гостеприимного и художественно-эстетичного интерьера, в котором каждый горожанин может почувствовать себя желанным посетителем «городской гостиной» и насладиться созерцанием произведений современного искусства⁴.

В провинции Норд-Брабант (Нидерланды) возник единственный в своём роде велосипедно-пешеходный путь, который благодаря работе группы светодизайнеров дал современную интерпретацию творчества Ван Гога, жившего в этих местах в 80-х гг. XIX века. Дизайн велосипедной дорожки включает в себя множество мозаичных «каменей», которые накапливают солнечную энергию днём и излучают её ночью. Они формируют светящийся цветной узор, напоминающий живописную манеру полотен Ван Гога. Данный проект демонстрирует уникальное общественное пространство, в котором культурный опыт, современное искусство и инновационное решение объединяют людей и создают художественный образ ночного пейзажа.

III. Привлечение внимания к культуре, истории, социально значимым местам и событиям как условие формирования идентичности

В условиях процесса мультикультурализации современного общества большое значение приобретает проблема сохранения национальной идентичности [23–25], а также личностной и коллективной идентичности [26]. Освещение, которое отвечает за морфологию ночного города, позволяет выделять культурные доминанты, создавать прямые отсылки и ставить символические акценты на общезначимых ценностях. Данная особенность напрямую связана с созданием условий для формирования идентичности разных уровней – национальной культурной самобытности, принадлежности к культурному сообществу, самоидентичности.

⁴ Проект был представлен на соискание премии 10th Anniversary edition, city.people.light award 2003–2012.

Диапазон световых решений, которые выполняют данную функцию наряду с другими функциями, очень широк и предполагает как временное, так и долгосрочное освещение. Например, проект, реализованный в Генте (Бельгия) для средневековой гавани, позволил не только проявить исторический дух и создать поэтичную атмосферу ночного пейзажа, но и превратил это место в оживлённую, полюбившуюся разными поколениям горожан культурную зону.

В рамках разработки генерального плана сохранения и развития исторического наследия города Торонто (Канада) в 2013 г. освещение используется как мощный инструмент для выделения исторического культурного слоя старого города, в то время как остальное, менее освещённое, окружение выполняет роль фона.

В 2012 г. в Москве на одной из главных магистралей города – улице Новый Арбат – был реализован проект, который демонстрирует возможности освещения в структурировании мозаично-пёстрой панорамы ночного города. Лаконичный светоцветовой каркас улицы, который был размещён на высотных зданиях, позволил выявить идентичность в контекстуально сложной урбанистической среде и создать уникальное пространство, объединившее разные исторические эпохи.

IV. Корреляция с динамикой, местоположением и характером социальных процессов жизнедеятельности

Освещение может эффективно использоваться для решения проблем, связанных с изменением режимов суточной активности социальной жизни в городах и с изменением функций общественных пространств в течение суток. В вечерние часы часть общественных пространств (с качественным освещением) оказывается перенасыщенной людьми, в то время как те пространства, которые могли бы выполнять роль центров общественного притяжения, не выполняют эту функцию по причине плохого освещения или его полного отсутствия, тем самым лишая горожан возможности социального взаимодействия и приятно-го проведения времени с наступлением темноты. Кроме того, одно и то же пространство может менять своё назначение в разное время дня и ночи.

Освещение и умные технологии позволяют адаптировать городские тер-

ритории к изменяющимся условиям жизни и запросам современного общества, они способны преобразовывать функциональные и эстетические критерии общественных пространств [27, 28] для того, чтобы они сохраняли свою привлекательность для людей.

В мастер-плане освещения, созданном для китайского города Сиань, функционирование элементов освещения коррелирует с изменяющимися условиями эксплуатации городских пространств и зависит от времени суток и площади. Помимо этого средства управления освещением, в городе адаптируются к продолжительности и интенсивности дневного света в разные сезоны и учитывают прогнозируемое использование внешних пространств [29, р. 40].

V. Позитивное влияние на психоэмоциональное состояние

Способность освещения влиять на психоэмоциональное состояние и поведение людей в последнее время является предметом глубоко изучения для специалистов в области проектирования световой среды. Это влияние существенно не только с точки зрения экологии и физического здоровья людей – оно не менее важно для духовного и нравственного здоровья человека и общества. В этом смысле, освещение также играет принципиально значимую роль в процессе гуманизации общественных пространств, города, его жителей.

Сегодня изучение особенностей воздействия освещения на человека проводится в исследовательских учреждениях в разных странах. Например, в Техническом университете Эйндховена (Нидерланды) изучают возможности применения динамических сценариев светового и ландшафтного дизайна для деэскалации антисоциального поведения (снижение уровней возбуждения, стимулирование позитивного настроения, смещение и расширение внимания, облегчение социального поведения, повышение самосознания и усиление самоконтроля) [30]. Проект планируется к реализации в одном из развлекательных районов нидерландского города Эйндховена.

Изучение арт-терапевтических функций освещения в городской среде проводятся в Университете ИТМО (Россия). Совмещение света, цвета и звука для аудиовизуальной релакса-

ции открывает новые возможности в применении освещения и повышении качества жизни в современном городе [31, 32].

Одним из примеров практического применения освещения для снижения уровня антисоциального поведения является проект, реализованный в Нидерландах. Для города Роттердама Р. Теуниссенем (*R. Teunissen*) была создана социальная световая скульптура (проект *Broken Light*), кардинально изменившая атмосферу и отношение жителей к одной из улиц, которая до этого имела репутацию небезопасного места с высоким уровнем преступности. Благодаря этому, улица *Atjehstraat* сегодня интегрирована в социальное и культурное пространство города⁵.

VI. Новая коммуникативная культура и межкультурные коммуникации

Городское освещение обладает большим потенциалом в формировании основ новой коммуникативной культуры, основанной на принципах преодоления социальной дезинтеграции и отчуждения, нахождения общих смыслов, ценностей, идей для представителей разных культур и субкультурных сообществ с сохранением их самоидентичности [33–35].

В данном контексте значимую роль играют динамические и интерактивные возможности светового дизайна в общественном пространстве, которые, как правило, используются во временных проектах. В мировой практике существуют разнообразные примеры таких интерактивных световых событий. Ниже приведены лишь некоторые из них.

Широкую известность приобрёл проект *Marling* (автор – У. Хаг (*U. Haque*)), реализованный в Эйндховене в 2012 г. Данный перформанс визуализировал живые голоса жителей и создавал видимые образы городской коллаборации при помощи проецирования бесконечных вариаций такого взаимодействия. Помимо зрелищного эффекта, проект решал социальную задачу нахождения новых способов взаимных коммуникаций и участия людей в преобразовании окружающей среды.

⁵ Проект был представлен на соискание премии 10th Anniversary edition, city.people. light award 2003–2012.

В Тайбэе (Тайвань, Китай) в 2015 г. была создана арт-инсталляция *Treasure Hill* (автор – И-Цзюй Пань (*I-Ju Pan*)), которая предполагает активное взаимодействие: жители выступают одновременно и участниками, и авторами, и зрителями уникального светового шоу, т.к. самостоятельно управляют цветом и скоростью световых потоков через программное обеспечение.

VII. Интуитивная навигация

Современный человек живёт в мире, который представляет собой гетерогенное, непрерывно изменяющееся пространство, пронизанное множеством взаимосвязей и взаимозависимостей, пересекаемое нескончаемыми потоками информации и процессами, имеющими разную природу. В этой ситуации особую актуальность обретают разные способы гибкого структурирования любого рода среды (социальной, медийной, урбанистической, информационной и т.д.). Дизайнер-гуманист В. Папанек, отвечая на вопрос «Что есть дизайн?» утверждал: «Дизайн – это сознательные и интуитивные усилия по созданию значимого порядка» [18, с. 4]. С этой точки зрения, дизайн освещения должен создать человеку такие условия, которые позволяют ему обрести чувство внутренней уверенности (упорядоченности), несмотря на гетерогенность среды. Очевидно, что эта задача подразумевает не только возможность физической ориентации в пространстве, но и формирование определённой психологической ситуации, в которой человек осознаёт свою инициативность (одно из условий гуманистической практики).

В книге «*Cities Alive: Rethinking the Shades of Night*» описана стратегия освещения для Олимпийского парка в Лондоне, которая служит хорошим подтверждением эффективности метода интуитивной навигации. Концепция освещения для Олимпийского парка основана на использовании узлов и чётко обозначенных мест назначения в сочетании с освещёнными пешеходными путями. Реакция людей на освещённые и неосвещённые элементы позволила «запрограммировать» общественное пространство парка на естественное управление потоками людей. Одна из целей, которую ставили перед собой авторы проекта, заключалась в создании среды «интуитивной навигации» [29, р. 31].

6. Выводы

Гуманизация общественных пространств является важной составляющей развития современных городов. Значимая роль в данном процессе гуманизации отводится сегодня дизайну среды и дизайну освещения. Поскольку гуманистичность общественного пространства – это качественный показатель, то одной из главных задач сегодняшнего дизайна становится нахождение и систематизация тех количественных методов, которые в совокупности способны породить данное качество. Эти количественные методы, помимо прочего, должны учитывать следующие факторы: 1) корреляцию освещения с особенностями социальных процессов и поведения людей; 2) разные группы пользователей и их проблематику (потребности, запросы, ожидания); 3) необходимость дезэскалации конфликтов и антисоциальной активности; 4) изменение окружающей среды (природной и урбанистической) в ближней и дальней перспективе; 5) культурно-просветительскую функцию освещения; 6) активно заявляющую о себе социальную потребность в новой коммуникативной культуре как способе преодоления социальной дезинтеграции и отчуждения; 7) социальный запрос на творческое взаимодействие людей друг с другом и с городским пространством.

Использование данных методов, во-первых, даёт возможность управлять процессом гуманизации общественных пространств, и во-вторых, делает этот процесс целенаправленным.

Известный исследователь философии и культуры Ренессанса Э. Гарэн выделяет в качестве базисного принципа гуманистического мировоззрения принцип гармоничного соединения личного и общественного, утверждаемый в условиях становления высокого самосознания личности [36]. Если рассматривать данный принцип применительно к дизайну освещения, то становится очевидным, что гуманизация общественных пространств – это не просто ещё один дизайн-метод, технологический приём или модный тренд. Она не может сводиться к простому улучшению условий пребывания человека в общественном пространстве и ограничиваться созданием комфортной, безопасной, экологичной для человека среды (эти характеристики, безусловно, очень важны,

и они должны учитываться автоматически). Гуманизация предполагает создание такой физической и психологической среды и таких условий, в которых человек обретает особый социальный опыт отношений с другими людьми, с окружающим миром, с природой и с самим собой. Этот социальный опыт строится на осознании человеком самого себя как личности, которая обладает уникальным набором качеств и занимает позитивно-деятельную и ответственную позицию по отношению к самому себе, обществу, окружающему миру, природе [19]. Иначе говоря, *показателем гуманистического качества среды являются образ мыслей, образ жизни, образ действий* тех людей, которые находятся в этой среде. В этом смысле гуманизация общественных пространств означает не только то, что «город возвращают людям» [7, р. 13], но и то, что человеку возвращают человека.

Заботу об экологии среды, психологическом комфорте и здоровье, возможности взаимодействия с другими людьми, с городом следует проявлять в создании таких внешних условий, которые мотивируют человека на саморазвитие его гуманистических качеств и одновременно предоставляют пространство для проявления этих качеств. Таким образом, улучшая качество жизни дизайн среды и дизайн освещения способны опосредованно улучшать человеческие качества самого человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Papanek, V. Design for the Real World: human ecology and social change. – Chicago: Academy Chicago Publishers, 1984. – 394 p.
2. Fuller, R.B. Grunch of Giants. – New York: St. Martin's Press, 1983. – 98 p.
3. Gehl, J. Life Between Buildings: Using Public Space / tr. J Koch. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1987. – 202 p.
4. Лекус Е.Ю. Пространство и время светового дизайна. Итоги Международной научно-практической конференции «Световой дизайн – 2016» // Светотехника. – 2017. – № 4. – С. 60–64.
5. Lekus, E.Y. Space and time of lighting design: the results of the international research-to-practice conference «Lighting design-2016» // Light & Engineering. – 2018. – Vol. 26, No. 1. – P. 135–140.
6. Дискуссия по проблеме светового дизайна // Светотехника. – 2018. – № 4. – С. 80–93.
7. Risom, J., Gehl, J., Swarre, B., Ahuactzin, V. Social life and public spaces // Territory of culture. Quarters of the Volokhonka / Olshan-

skaya E.V., Tsareva T.V. (eds). – Moscow: Project White City, 2014. – P. 12–20.

8. Gehl, J. Cities for People. – Washington: Covelo, London: Island Press, 2010. – 288 p.

9. Линч К. Образ города / Пер. с англ. В.Л. Глазыхев; Сост. А.В. Иконников; Под ред. А.В. Иконникова – М.: Стройиздат, 1982–328 с.

10. Нарбони Р. От светового урбанизма к ночному урбанизму // Светотехника. – 2016. – № 6. – С. 30–33.

11. Narboni, R. From light urbanism to nocturnal urbanism // Light & Engineering. – 2016. – Vol. 24, No. 4. – P. 19–24.

12. Narboni, R. Les éclairages des villes. Vers un urbanisme nocturne. – Gollion: Infolio editions, 2012. – 221 p.

13. Brandi, U., Geissmar-Brandi, C. Light for cities: lighting design for urban spaces. A handbook. – Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2007. – 167 p.

14. Schulte-Römer, N. Digitalizing Urban Lighting. Technological Change Raises Political. Issues by Transforming City Spaces // WZB Reports. – 2012–2013. – No. 1. – P. 28–30.

15. Deleuil, J.M. Eclairer la ville autrement, innovation et expérimentations en éclairage public. – Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009. – 295 p.

16. Casciani D., Rosso M. Experience of Lighting Sustainability in the Environment. In: Cumulus Helsinki Conference, Finland, May 2012. Helsinki. URL: https://www.researchgate.net/publication/308948048_ELSE_Experience_of_Lighting_Sustainability_in_the_Environment (accessed 17 August 2017)

17. Fromm E. To have or to be? – New York: Harper & Row, 1976. – 215 p.

18. Папанек В. Дизайн для реального мира / Пер. с английского. М.: Издатель Д. Арон, 2004. – 416 с.

19. Peccei, A., Ikeda, D., Gage, R.L. Before It Is Too Late. – Tokyo: Kodansha Int.; New York: Harper&Row, 1984. – 312 p.

20. Быстрянцева Н.В., Лекус Е.И., Матвеев Н.В. Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 65–66.

21. Bystryantseva, N., Lekus, E., Matveev, N. The domestic school of light design: strategy and tactics // Light & Engineering. – 2016. – Vol 24, No. 1. – P. 21–23.

22. Burke, J. Lights down as heat sensitive lampposts come to the streets of Toulouse // The Guardian. – 2009. – 26 October. URL: www.theguardian.com/world/2009/oct/26/toulouse-heat-sensitive-lampposts (accessed 15 July 2017).

23. Bauman, Z. Globalization: The Human Consequences. – New York: Columbia, University Press, 1998. – 136 p.

24. Sassen, S. The Global City: New York, London, Tokyo. – Princeton: Princeton University Press, 1991. – 412 p.

25. Kaldor, M. Nationalism and Globalisation // Nations and Nationalism. – 2004. – Vol. 10, No. 1/2. – P. 161–177.

26. Brewer, M.B., Gardner, W. Who is this «We»? Levels of collective identity and self rep-

resentations // Journal of Personality and Social Psychology. – 1996. – Vol. 71, No. 1. – Pp. 83–93.

27. Быстрянцева Н.В. Критерии комплексной оценки качества искусственной световой среды города // Светотехника. – 2015. – № 2. – С. 26–29.

28. Bystryantseva, N. Criteria for comprehensive evaluation of the quality of a city's artificial light medium // Light & Engineering. – 2015. – Vol 23, No. 2. – P. 34–38.

29. Cities Alive: Rethinking the Shades of Night. – Arup, 2015. URL: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-rethinking-the-shades-of-night> (accessed 24 October 2018).

30. De Kort, Y. Spotlight on Aggression // ILI Magazine. – 2014. – Ed. 1. – P. 10–11. <https://www.win.tue.nl/~tozceleb/ILI%20magazine.pdf> (accessed 24 October 2018)

31. Матвеев Н.В., Прокопенко В.Т., Санынова Н.П., Фридман Д.А. Исследование влияния светомузыкальных спектаклей на психофизиологическое состояние человека // Светотехника. – 2016. – № 1. – С. 5–7.

32. Matveev, N.V., Prokopenko, V.T., Sanyunova, N.P., Fridman, D.A. Research into the influence of light-music performances on psychophysiological states // Light & Engineering. – 2016. – Vol. 24, No. 2. – P. 22–24.

33. Martin, J. N., Nakayama, T.K. Intercultural Communication in contexts. – London: McGraw-Hill, 2005. – 500 p.

34. Howarth, C. Representations, identity and resistance in communication // The Social Psychology of Communication / Hook, Derek, Franks, Bradley and Bauer, W. Martin (eds). – London: Palgrave Macmillan, 2011. – P. 153–168.

35. Lekus, E. Environmental identity: «space» vs «place» // SHS Web of Conferences – 2017 (LD-2017). – 2018. – Vol. 43. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184301005> (accessed 30 August 2018).

36. Garin, E. Italian Humanism. Philosophy and Civic Life in the Renaissance / tr. P Munz. – Oxford: Blackwell, 1965. – 225 p.



Лекус Елена Юрьевна, кандидат культурологии. Окончила СПбГХПА им. А.Л. Штигилица (2000 г.). Доцент Высшей школы светового дизайна Университета ИТМО и кафедры

искусствоведения Центра инновационных образовательных проектов СПбГХПА им. А.Л. Штигилица. Член творческого объединения светодизайнеров RULD, творческого объединения «Студия креативной вещи» и Ассоциации искусствоведов. Соавтор и художник скульптурного ансамбля «Первая скрипка». Лауреат Всероссийской выставки «DESIGN LAND'09». Автор более 40 научных публикаций

Евразийская светотехническая премия «Золотой Фотон» объявляет о старте второго сезона

В феврале 2018 года Евразийская светотехническая премия «Золотой Фотон» впервые определила лучших производителей и поставщиков услуг, и первый сезон «Золотого Фотона» подтвердил, что премия является эффективным инструментом, помогающим конечным заказчикам в выборе лучшей светотехнической продукции и партнеров для сотрудничества, а статуэтка «Золотой Фотон» – лучшая рекомендация и гарантия качества для потребителя.

Одним из нововведений очередного сезона станет расширение отраслевого присутствия: теперь премия будет проводиться не только для светотехнической, но и для электротехнической отрасли ЕАЭС, что отразится и в новом названии – Евразийская премия «Золотой Фотон» по светотехнике и электротехнике. Охват сегментов декоративного и технического освещения, умных домов, автоматизации зданий, СД-технологий и электротехники отражает актуальные тенденции на рынке, а также синхронизирует отраслевой профиль Премии с продуктовыми группами выставки *Interlight Moscow powered by Light+Building*.

«Премия является главной наградой в светотехнической области, и, безусловно, она должна отражать тенденции развития этой отрасли. Следуя за концепцией ведущей отраслевой выставки, мы расширяем границы Премии: автоматизация зданий, городов, новые технологии – важные и актуальные направления, которые нельзя игнорировать. Премия укрупняется, чтобы выявлять лучших в тех сегментах рынка, которые будут задавать тон не только сегодня, но и завтра», – отметил Владимир Габриелян, президент компании «Лайтинг Бизнес Консалтинг», учредителя премии.

Новый сезон продлится до сентября 2019 года, когда в рамках выставки *Interlight Moscow Powered by Light+Building* состоится торжественная церемония подведения итогов и награждения победителей Премии «Золотой Фотон».

Подать заявку на участие в Евразийской премии «Золотой Фотон» по светотехнике и электротехнике можно через сайт www.light-award.ru

Проектирование с использованием теплового моделирования промышленных светильников с бескорпусными СД¹

С. АТЕС, М.Б. ЮРТСЕВЕН, С. ОНАЙГИЛ

Стамбульский технический университет, Стамбул, Турция
E-mails: smete@itu.edu.tr; byurtseven@itu.edu.tr; onaygil@itu.edu.tr

Аннотация

По мере усовершенствования техники возрастает и световая отдача бескорпусных светодиодов с монтируемыми на печатной плате кристаллами (технология *Chip-on-Board*) (далее – бескорпусные СД). В данной работе, начиная со стадии проектирования, рассмотрено применение бескорпусных СД в светильниках с большой высотой подвеса, предназначенных для освещения промышленных предприятий, которое можно считать относительно энергоёмкой областью применения. Для производственного помещения в качестве опорных были выбраны светильники с однокристалльными СД, способные обеспечить требуемое качество освещения. Были проведены измерения фотометрических характеристик выбранных бескорпусных СД, после чего было рассчитано их количество, обеспечивающее такой же, как и у опорных светильников, световой поток. При помощи программы *CAD* был смоделирован опытный образец светильника с бескорпусными СД и ребристым пластинчатым радиатором, после чего были произведены расчёты теплового режима его работы. Затем этот опытный образец был изготовлен и испытан. Расхождения между результатами испытаний и теплового моделирования не превышали 7 %, что говорит о достоверности расчётов. Данное исследование служит примером последовательных действий, которые следует выполнять при создании светильников с бескорпусными СД. Кроме того, оно призвано продемонстрировать возможность использования бескорпусных СД в энергоёмких областях применения.

Ключевые слова: бескорпусные светодиоды, *Chip-on-Board* СД, тепловое моделирование, экспериментальное исследование.

1. Введение

В настоящее время светодиоды (СД) конкурируют с традиционными источниками света во многих областях применения благодаря таким своим достоинствам, как высокая световая отдача, большой прогнозируемый срок службы и многообразие оттенков белого света. С другой стороны, мощные СД источники света преобразуют в оптическое излучение только часть потребляемой ими мощности, тогда как оставшаяся мощность рассеивается в виде тепла [1–4]. Если эту тепловую энергию не отводить, то будет иметь место увеличение температуры изделия, что отрицательно сказывается на таких характеристиках СД, как световой поток, световая отдача и КПД [5]. Срок службы СД также зависит от температуры [6]. Было проведено множество исследований активных и пассивных систем

охлаждения, призванных уменьшить вредное воздействие тепла на СД [7–11]. На рынке предпочтительными являются пассивные системы охлаждения, что обусловлено такими их достоинствами, как простота изготовления, отсутствие потребности в техническом обслуживании, отсутствие подвижных деталей и энергопотребления, низкая стоимость и простота конструкции. Наиболее популярными пассивными системами охлаждения, которые используются производителями светильников, являются различные металлические рёбра.

При наличии подходящей системы охлаждения, мощные СД обеспечивают экономию электроэнергии, особенно в энергоёмких областях применения. К этим областям применения относится и светильники с большой высотой подвеса, предназначенные для освещения промышленных предприятий (далее – промышленные светильники). Как правило, эти светильники содержат большое количество однокристалльных мощных СД. В то же время, в промышленных светильниках уже начали применять бескорпусные СД с монтируемыми на печатной плате кристаллами (технология *Chip-on-Board*) (далее – бескорпусные СД), световые отдачи которых со дня на день увеличиваются. Кроме того, в последнем случае количество источников света, требующихся для обеспечения заданного значения светового потока, оказывается меньшим, чем при использовании светильников с однокристалльными СД. Это обстоятельство может привлечь внимание к светильникам с бескорпусными СД в связи с присущими им простотой механической конструкции и экономическими преимуществами. С другой стороны, у бескорпусных СД отвод тепла происходит с малой поверхности, что делает необходимым наличие в светильнике системы охлаждения, проектирование которой должно осуществляться с использованием компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

В данной работе подробно описан процесс разработки светильника с бескорпусными СД: выбор используе-

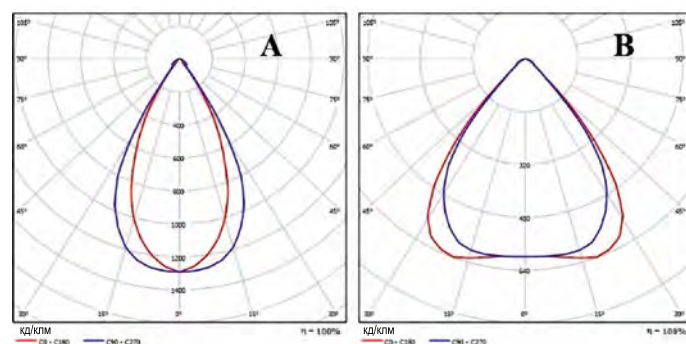


Рис. 1. Кривые силы света опорных промышленных светильников с большой высотой подвеса с однокристалльными СД

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

Результаты анализа промышленных светильников с большой высотой подвеса с однокристалльными СД

Светильник	Средняя освещённость, лк	Равномерность освещённости	Световой поток светильника, лм	Электрическая мощность, Вт	Световая отдача, лм/Вт	Количество светильников, шт.	Потребляемая энергия, Вт/(м ² ·100 лк)
А	315	0,722	25000	182	137,4	36	0,83
В	303	0,600	25000	200	125	36	0,95

мого в качестве объекта сравнения опорного светильника, выбор и измерение характеристик бескорпусных СД, определение количества бескорпусных СД, компьютерное моделирование тепловых процессов, экспериментальные исследования и подтверждение правильности расчётов. Следует отметить, что значения тепловой энергии были получены экспериментально, а не рассчитаны как некий процент от потребляемой электрической энергии, и при тепловом моделировании использовались именно эти реальные результаты измерений.

2. Опорные светильники, выбор и измерение характеристик бескорпусных СД

Анализ производился применительно к производственному помещению размером 50×50 м с потолком высотой 12 м. Высота рабочей поверхности, пограничная зона (расстояние между стенами и расчётной сеткой), расстояние между рабочей поверхностью и светящейся поверхностью светильника были равны, соответственно, 1, 1,5 и 9 м. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола считались равными, соответственно, 70, 50 и 20 %. Коэффициент технического обслуживания считался равным 0,80.

В выбранном производственном помещении следовало обеспечить среднюю освещённость 300 лк и равную 0,60 равномерность освещённости, что соответствует требованиям стандарта *EN12464-1: 2011*, п. 5.8.3, для механического производства [12]. При выборе опорных светильников с однокристалльными СД допустимые отклонения от средней освещённости были приняты равными 5 %. Для проведения расчётов использовалась программа проектирования освещения *DIALux* [13]. Было проанализировано большое количество имеющихся на рынке промышленных светильников с большой высотой подвеса с однокристалльными СД, и в результате в качестве опорных были выбраны два из них, которые обеспечили выполнение вышеупомянутых требований. Кривые силы света выбранных опорных светильников и результаты расчётов приведены на рис. 1 и в табл. 1 соответственно.

Как следует из табл. 1, опорные светильники имеют одинаковые световые потоки, равные 25000 лм. Это значение было выбрано в качестве целевого при разработке промышленного светильника с большой высотой подвеса с бескорпусными СД. Был выбран и приобретён на рынке бескорпусный СД источник света, который был снабжён всей необходимой документацией и имел большой световой поток. Характеристики этого бескорпусного СД при разных значениях питающего тока и разных температурах охлаждаемой платы были измерены при помощи терморегулируемой интегрирующей сферы диаметром 1 м, имеющейся в фото- и радиометрической лаборатории энергети-



Рис. 2. Терморегулируемая интегрирующая сфера и измерительное оборудование

ческого института Стамбульского технического университета [14]. Эта терморегулируемая интегрирующая сфера и вспомогательное оборудование показаны на рис. 2. Измерялись напряжение, ток, световой поток, мощность оптического излучения, коррелированная цветовая температура (КЦТ) и общий индекс цветопередачи (ИЦП). Температура в точке пайки, являющаяся основным параметром при расчёте температуры *p-n*-перехода, измерялась при помощи хромель-алюмелевой термопары. Электрическую мощность, тепловую мощность, КПД и световую отдачу рассчитывали, соответственно, по формулам (1), (2), (3) и (4). Значения характеристик, полученные посредством измерений и расчётов, приведены в табл. 2.

$$\begin{aligned} \text{Электрическая мощность,} \\ \text{Вт} = \text{Напряжение, В} \times \text{Ток, А.} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Тепловая мощность,} \\ \text{Вт} = \text{Электрическая мощность,} \\ \text{Вт} - \text{Мощность оптического излучения, Вт.} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{КПД, \%} = \frac{\text{Мощность оптического излучения, Вт}}{\text{Электрическая мощность, Вт}} \times 100. \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Световая отдача, лм/Вт} = \\ = \frac{\text{Световой поток, лм}}{\text{Электрическая мощность, Вт}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Как следует из табл. 2, увеличение температуры отрицательно сказывается на световом потоке, световой отдаче, мощности оптического излучения и КПД. Световая отдача и КПД уменьшаются также и при увеличении тока пита-

Значения характеристик, полученные посредством измерений и расчётов

Питающий ток, мА	Характеристика	Температура охлаждаемой платы, °С					
		25	35	45	55	65	75
350	Температура в точке пайки, °С	29,3	38,7	48	57,5	66,7	76,3
	Напряжение, В	33,14	32,98	32,82	32,67	32,53	32,38
	Ток, А	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	Световой поток, лм	1963	1940	1916	1891	1865	1837
	Мощность оптического излучения, Вт	5,81	5,75	5,69	5,62	5,55	5,48
	КЦТ, К	3859	3868	3881	3893	3908	3924
	ИЦП	83,6	83,6	83,5	83,5	83,5	83,4
	Электрическая мощность, Вт	11,60	11,54	11,49	11,43	11,38	11,33
	Тепловая мощность, Вт	5,79	5,80	5,80	5,81	5,83	5,86
	КПД, %	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48
	Световая отдача, лм/Вт	169,2	168,1	166,8	165,4	163,8	162,1
700	Температура в точке пайки, °С	35,9	45,2	54,5	64	73,3	82,7
	Напряжение, В	34,39	34,22	34,05	33,89	33,73	33,59
	Ток, А	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Световой поток, лм	3695	3648	3598	3547	3492	3436
	Мощность оптического излучения, Вт	10,95	10,82	10,69	10,55	10,4	10,25
	КЦТ, К	3884	3895	3908	3922	3937	3957
	ИЦП	83,2	83,1	83,1	83,1	83,0	82,9
	Электрическая мощность, Вт	24,08	23,95	23,83	23,72	23,61	23,51
	Тепловая мощность, Вт	13,13	13,13	13,14	13,17	13,21	13,26
	КПД, %	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44
	Световая отдача, лм/Вт	153,5	152,3	151,0	149,5	147,9	146,1
1050	Температура в точке пайки, °С	43,4	52,8	62,1	71,3	80,7	89,8
	Напряжение, В	35,40	35,22	35,05	34,88	34,73	34,58
	Ток, А	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	Световой поток, лм	5236	5161	5082	5002	4918	4825
	Мощность оптического излучения, Вт	15,57	15,35	15,15	14,91	14,68	14,42
	КЦТ, К	3916	3925	3939	3956	3973	3998
	ИЦП	82,8	82,8	82,7	82,7	82,7	82,6
	Электрическая мощность, Вт	37,16	36,98	36,80	36,63	36,47	36,31
	Тепловая мощность, Вт	21,59	21,63	21,65	21,72	21,79	21,89
	КПД, %	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40
	Световая отдача, лм/Вт	140,9	139,6	138,1	136,6	134,9	132,9

Питающий ток, мА	Характеристика	Температура охлаждаемой платы, °С					
		25	35	45	55	65	75
1400	Температура в точке пайки, °С	51,9	60,9	70,3	79,4	88,7	98
	Напряжение, В	36,27	36,09	35,93	35,77	35,62	35,47
	Ток, А	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	Световой поток, лм	6588	6486	6379	6260	6143	6017
	Мощность оптического излучения, Вт	19,62	19,32	19,03	18,68	18,34	17,98
	КЦТ, К	3948	3962	3979	3996	4018	4043
	ИЦП	82,5	82,5	82,4	82,4	82,3	82,3
	Электрическая мощность, Вт	50,78	50,53	50,30	50,08	49,86	49,65
	Тепловая мощность, Вт	31,16	31,21	31,27	31,40	31,52	31,67
	КПД, %	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37	0,36
	Световая отдача, лм/Вт	129,7	128,4	126,8	125,0	123,2	121,2

ния. КЦТ и ИЦП тоже зависят от температуры и тока питания. Учитывая отрицательное влияние больших токов питания на характеристики СД, ток питания был выбран равным 1050 мА, что обеспечило большую световую отдачу и одновременно позволило получить изделие, экономически эффективное с точки зрения количества бескорпусных СД. Если принять во внимание потери оптического излучения и КПД устройства управления, то световая отдача будет меньше измеренных значений световойдачи бескорпусного СД.

Желательное значение температуры в точке пайки было выбрано равным 60 °С, что позволяло избежать отрицательного влияния высокой температуры на характеристики бескорпусных СД и, в то же время, не требовало применения очень крупногабаритных радиаторов. Посредством интерполяции значений светового потока, измеренных при 52,8 и 62,1 °С, было получено, что при токе 1050 мА и температуре в точке пайки 60 °С световой поток будет равен 5100 лм. Затем, при помощи уравнения (5) было рассчитано количество СД в светильнике с бескорпусными СД (исходные данные для проведения расчётов: световой поток опорного светильника – 25000 лм, коэффициент отражения имеющихся на рынке отра-

жателей – примерно 85 %, световой поток бескорпусного СД, измеренный при токе питания 1050 мА и температуре в точке пайки 60 °С, – 5100 лм), которое оказалось равным 5,8, так что количество бескорпусных СД было выбрано равным 6:

$$\begin{aligned} \text{Количество бескорпусных СД, шт.} &= \\ &= \frac{25000 \text{ лм}}{5100 \text{ лм} \cdot 0,85} = 5,8. \end{aligned} \quad (5)$$

3. Тепловое моделирование и экспериментальные исследования

3.1. Тепловое моделирование

В данной работе для проведения теплового моделирования использовалась коммерческая программа для моделирования с применением методов вычислительной газодинамики. Имеющий устройство для подвеса ребристый пластинчатый радиатор, который должен обеспечить равную 60 °С температуру в точке пайки, был сконструирован с использованием предварительного теплового моделирования; при этом учитывались производственные возможности. В результате были выбраны следующие размеры базовой пластины радиатора: 290×221×14 мм. Высота радиатора равна 76 мм, толщина ребра составляла 1 мм, а количество рёбер оказалось равным 26. На рис. 3 представлена 3-мерная модель радиатора, на которой показаны смонтированные на радиаторе бескорпусные СД.

При проведении теплового моделирования старались по возможности точно задавать свойства материалов, из которых изготовлены детали, и значения теплового сопротивления. Материалы деталей и их теплопроводности приведены в табл. 3. Для упрощения теплового моделирования, печатная плата считалась состоящей из одного слоя алюминия, а бескорпусной СД считался состоящим из двух слоёв: СД кристалла и его защитного покрытия. Теплопроводности защитного покрытия СД [15], нержа-

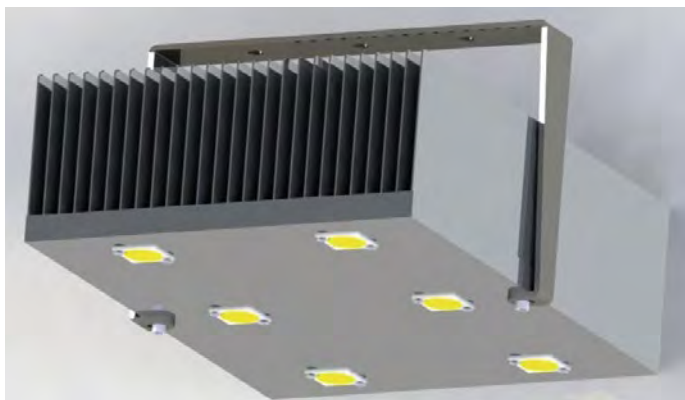


Рис. 3. Трёхмерная модель светильника с пластинчатым ребристым радиатором

Теплопроводность материалов, из которых изготовлены детали

Материал	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Al 1050 (радиатор)	222
Al 5052 (печатная плата)	140 (при 273 К)
SiC (СД кристалл)	Между 150 и 126,6 (при 293–473 К)
Наружное покрытие СД	0,2
Нержавеющая сталь 304 (устройство для подвеса)	16,2

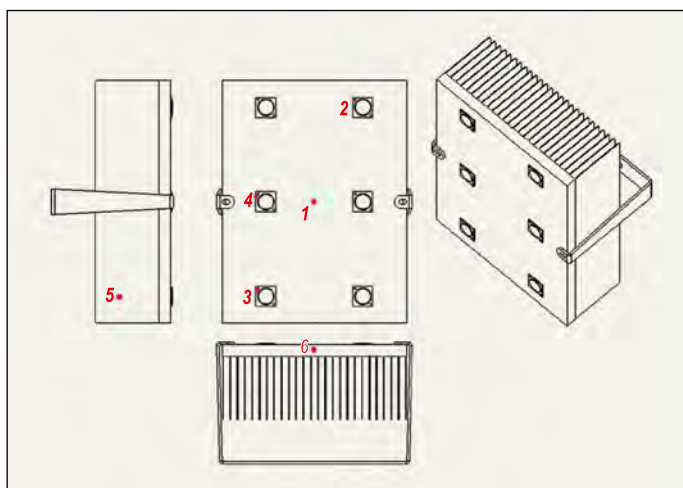


Рис. 4. Точки измерения температуры

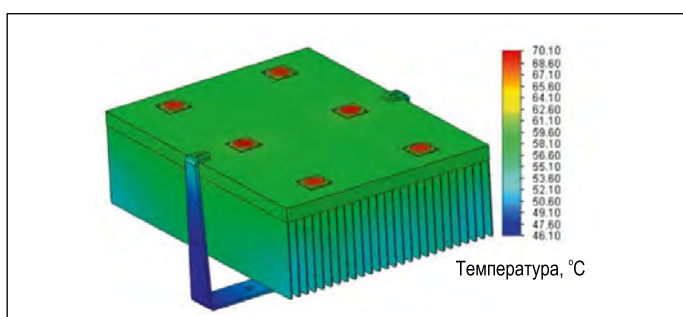


Рис. 5. Рассчитанное распределение температуры

вующей стали 304, из которой изготовлено устройство для подвеса [16], и алюминия 1050, из которого изготовлен радиатор [17], были выбраны равными, соответственно, 0,2, 16,2 и 222 Вт/(м·К).

Тепловое сопротивление теплопроводной пасты между печатной платой и радиатором, равное примерно $0,17 \text{ K}\cdot\text{cm}^2/\text{Вт}$, было взято из каталога производителя для наименьшего значения давления ($5 \text{ Н}/\text{cm}^2$) [18]. Тепловое сопротивление между устройством для подвеса и радиатором было принято равным $3,3 \text{ K}\cdot\text{cm}^2/\text{Вт}$, а тепловое сопротивление между кристаллом СД и печатной платой, оказавшееся равным $0,9 \text{ K}\cdot\text{cm}^2/\text{Вт}$, было получено, исходя из приведённого в спецификации на выбранный бескорпусной СД теплового сопротивления между p - n -переходом и точкой пайки. При проведении теплового моделирования температура воздуха считалась равной $24 \text{ }^\circ\text{C}$. Тепловая мощность бескорпусного СД, для 6-ти СД оказавшаяся равной $129,84 \text{ Вт}$, была определена для тока пи-

тания 1050 mA и температуры в точке пайки $60 \text{ }^\circ\text{C}$ на основе данных, приведённых в табл. 2.

Анализ чувствительности к размерам сетки был выполнен с использованием различных конфигураций сетки, которые приведены в табл. 4. Максимальная температура оказалась зависящей от количества элементов сетки. В данной работе использовались результаты, полученные в случае сетки № 4, так как при дальнейшем увеличении количества элементов не наблюдалось сколь-нибудь заметного изменения максимальной температуры.

В тепловой модели были указаны 6 точек измерения температуры (рис. 4). Посредством теплового моделирования были определены равные, соответственно, $59,7$, $59,7$ и $60,4 \text{ }^\circ\text{C}$, значения температуры в точках 2, 3 и 4, соответствующих точкам пайки различных бескорпусных СД. Эти полученные в результате теплового моделирования значения температуры согласуются с равной $60 \text{ }^\circ\text{C}$ температурой в точках пайки, которая использовалась на первой стадии проектирования при определении значений светового потока и тепловой мощности. Рассчитанное распределение температуры приведено на рис. 5.

3.2. Экспериментальные исследования

Опытный образец светильника был изготовлен и испытан в целях проверки правильности методов, использовавшихся при проектировании и тепловом моделировании промышленного светильника с большой высотой подвеса с бескорпусными СД. Вначале из куска алюминия был изготовлен радиатор, у которого была сглажена шероховатость поверхности, на которой должны были монтироваться СД. Были просверлены крепёжные отверстия. Изготовленный радиатор показан на рис. 6.



Рис. 6. Изготовленный радиатор

Анализ чувствительности к размерам сетки

Сетка	Количество исходных элементов сетки (<i>solid mesh elements</i>), шт.	Полное количество элементов сетки, шт.	Максимальная температура, °С
1	273705	753648	68,9
2	403717	1188612	69,4
3	520764	1492682	70,0
4	663822	1864318	70,1
5	1170087	3271968	70,1
6	1683470	4615745	70,1

После этого была произведена сборка светильника, которая состояла из следующих этапов (рис. 7):

1. Очистка поверхности изопропиловым спиртом, необходимая в связи с тем, что появляющиеся в процессе изготовления загрязнения поверхности отрицательно сказываются на процессе теплопередачи.

2. Припаивание термопар в точках пайки бескорпусных СД.

3. Нанесение термопасты между печатной платой с бескорпусными СД и радиатором, с тем чтобы улучшить теплопередачу.

4. Монтаж бескорпусных СД на радиаторе.

5. Сборка электрической схемы и закрепление устройства для подвеса светильника.

Изготовленный опытный образец светильника был испытан в лабораторных условиях. Светильник подвешивали таким образом, чтобы он ничего не касался, как это и было при проведении компьютерного теплового моделирования (рис. 8). При проведении измерений, скорость и температура воздуха контролировались измерительными приборами с использованием двух датчиков для изменения температуры воздуха и одного датчика термоанемометра. В процессе измерений температура воздуха составляла 24–24,5 °С, а скорость воздуха не превышала 0,04 м/с. Для того, чтобы можно было сравнить результаты измерений и теплового моделирования, термопары были установлены в показанных на рис. 4 точках опытного образца. Изменение температуры во времени регистрировались при помощи цифрового мультиметра. Датчики и вся измерительная установка в целом показаны на рис. 9.

Измеренные зависимости температуры от времени приведены на рис. 10, из которого следует, что температура

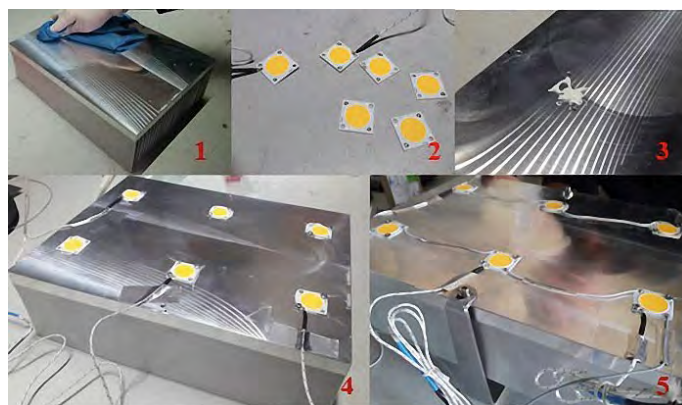


Рис. 7. Этапы сборки опытного образца светильника с бескорпусными СД

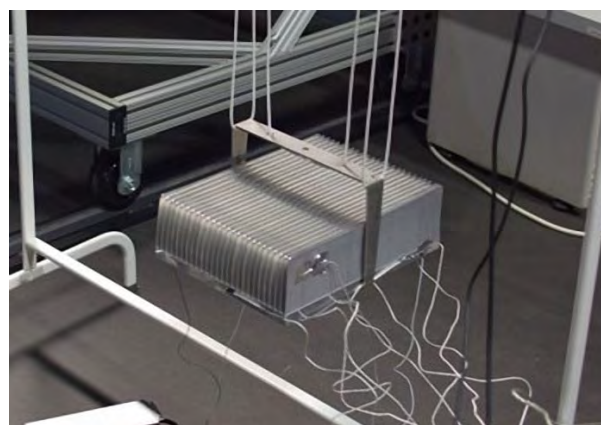


Рис. 8. Подвешенный опытный образец светильника



Рис. 9. Датчики и измерительная установка в целом

Результаты измерений и расчётов

Характеристика	Значение
Полная электрическая мощность, подводимая к устройствам управления, Вт	246
Полная электрическая мощность, подводимая к СД, Вт	218,5
КПД устройств управления, %	88,8
Мощность оптического излучения, Вт	94,8
Световой поток, лм	31200
КЦТ, К	3923
ИЦП	82,42
КПД СД, %	43,4
Световая отдача СД, лм/Вт	142,8
Тепловая мощность, Вт	123,7

со временем возрастает вплоть до наступления термического равновесия. Сравнение наибольших из зарегистрированных разными термопарами значений температуры и соответствующих результатов теплового моделирования будет проведено в разделе 4.

Световой поток, мощность оптического излучения, КЦТ и ИЦП измеряли в интегрирующей сфере диаметром 2 м после достижения опытным образцом термического равновесия (рис. 11). Питание опытного образца осуществлялось при помощи двух отдельных устройств управления, каждое из которых обеспечивало постоянный ток 1050 мА. Напряжения на СД также измеряли для каждой из этих схем по отдельности, а полную электрическую мощность, подводимую к СД устройствами управления, определяли умножением тока на измеренные значения напряжения. КПД устройств управления определяли делением подводимой к СД электрической мощности на электрическую мощность, подводимую к устройствам управления. Кроме того, при помощи уравнений (3), (4) и (2) определяли, соответственно, КПД, световые отдачи и тепловые мощности СД. Результаты измерений и расчётов приведены в табл. 5. Сравнение результатов измерений светильника и измерений характеристик одного бескорпусного СД будет проведено в разделе 4.

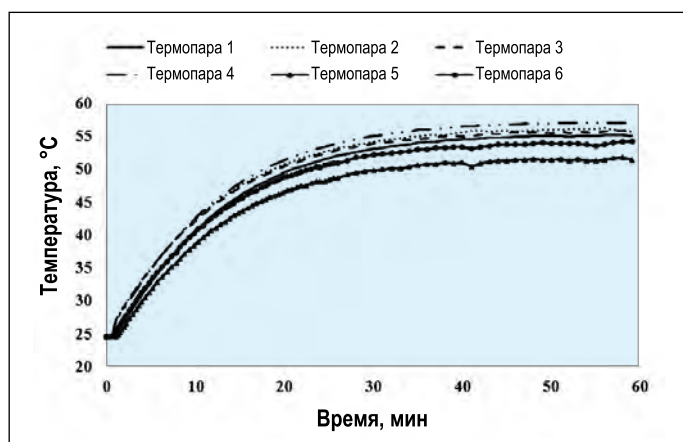


Рис. 10. Зависимости температуры в точках измерения от времени

В данной работе поэтапно описан процесс создания промышленного светильника с большой высотой подвеса с бескорпусными СД. Результаты измерений, произведённых в точках измерения температуры опытного образца светильника, и данные, полученные методом теплового моделирования, приведены в табл. 6. Наибольшее расхождение между результатами теплового моделирования и измерений составило $-6,9\%$, что можно считать приемлемым и говорит о правомочности сделанных допущений и тепловой модели.

Измеренные в начале работы значения характеристик одного бескорпусного СД были распространены на шесть СД. Расхождение между расчётами, произведёнными на основе результатов измерений характеристик бескорпусного СД, и измеренными характеристиками опытного образца светильника приведены в табл. 7. В этом случае приведённые в табл. 6 расхождения между результатами теплового моделирования и результатами измерений можно объяснить различиями между характеристиками одного бескорпусного СД, которые были измерены в начале работы, и характеристиками шести бескорпусных СД, которые были использованы в опытном образце светильника. Кстати, в каталоге производителя характеристики СД приведены с допусками ($\pm 7\%$ для световых потоков выбранных бескорпусных СД).

Полученные результаты говорят о необходимости определения характеристик бескорпусных СД источников света, которые предполагается использовать, в самом начале процесса проектирования. Затем следует осуществить тепловое моделирование, с тем чтобы подтвердить способность системы охлаждения обеспечить требуемые значения температуры. И наконец, достоверность результатов теплового моделирования следует проверить посредством измерения характеристик опытного образца, который должен быть изготовлен перед началом серийного производства. Другой результат данного исследования состоит в том, что при подходящей системе управления тепловыми процессами бескорпусные СД можно использовать в мощных светильниках как альтернативу однокристалльным СД, которые обычно используются в представленных на рынке светильниках. Это позволит сократить как количество СД в светильнике, так и количество конструктивных проблем. С другой стороны, принимая оптические потери равными 15% , опытный образец светильника с бескорпусными СД,

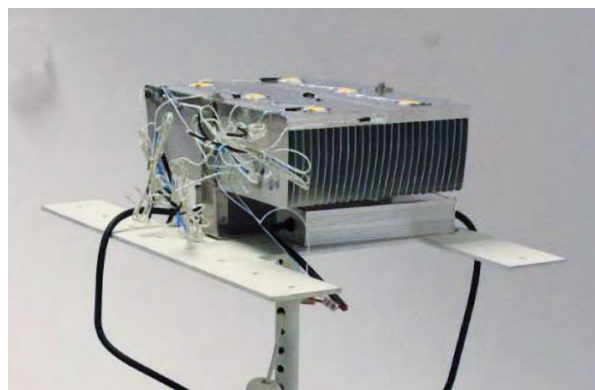


Рис. 11. Измерение характеристик опытного образца светильника в интегрирующей сфере диаметром 2 м

Сравнение значений температуры, определённых экспериментально и в результате теплового моделирования

Номер термопары	Эксперимент, °С	Тепловое моделирование, °С	Расхождение, %
1	55,16	58,47	-6,0
2	56,20	59,67	-6,2
3	55,83	59,66	-6,9
4	57,05	60,37	-5,8
5	51,78	54,63	-5,5
6	54,25	57,52	-6,0

Таблица 7

Сравнение измеренных характеристик опытного образца светильника и результатов расчётов на основе результатов измерений бескорпусных СД

Характеристика	Опытный образец	Расчёты на основе результатов измерений бескорпусных СД	Расхождение, %
Мощность оптического излучения, Вт	94,8	91,2	3,8
Электрическая мощность, Вт	218,5	221	-1,1
Тепловая мощность, Вт	123,7	129,84	-5,0
Световой поток, лм	31200	30600	1,9
КПД СД, %	43,4	41,2	5,1
Световая отдача СД, лм/Вт	142,8	138,4	3,1
КЦТ, К	3923	3936	-0,3
ИЦП	82,42	82,73	-0,4

который был разработан и испытан в рамках данной работы, имеет световую отдачу, равную 108 лм/Вт. Это меньше световых отдач светильников с однокристалльными СД, которые в данной работе использовались для сравнения. Однако главная цель данной работы заключалась в подтверждении правильности результатов теплового моделирования посредством сравнения их с результатами измерений характеристик опытного образца промышленного светильника с бескорпусными СД, в основу создания которого были положены результаты измерений характеристик одного бескорпусного СД. Правильность метода, который был использован в данном исследовании, была подтверждена результатами проведённого анализа. Этот метод, начиная с его самого первого этапа, можно использовать и при разработке светильников, преследующей иные цели, такие как увеличение световой отдачи и т.д.

Данная работа финансировалась исследовательским фондом Стамбульского технического университета, проект № 39766.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yung, K.C., Liem, H., Choy, H.S., Lun, W.K. Thermal performance of high brightness LED array package on PCB // Int. Communications in Heat and Mass Transfer.– 2010. – Vol. 37ю – P. 1266–1272.
2. Cheng, T., Luo, X., Huang, S., Liu, S. Thermal analysis and optimization of multiple LED packaging based on a general analyti-

cal solution // Int. Journal of Thermal Sciences.– 2010. – Vol. 49. – P. 196–201.

3. Ye, H., Mihailovic, M., Wong, C.K.Y., van Zeijl, H.W., Gielen, A.W.J., Zhang, G.Q., Sarro, P.M. Two-phase cooling of light emitting diode for higher light output and increased efficiency // Applied Thermal Engineering.– 2013. – Vol. 52. P. 353–359.

4. Deng, X., Luo, Z., Xia, Z., Gong, W., Wang, L. Active-passive combined and closed-loop control for the thermal management of high-power LED based on a dual synthetic jet actuator // Energy Conversion and Management.– 2017. – Vol. 132. – P. 207–212.

5. Yurtseven, M.B., Mete, S., Onaygil, S. The effects of temperature and driving current on the key parameters of commercially available, high-power, white LEDs // Lighting Research & Technology.– 2016. – Vol. 48. – P. 943–965.

6. Bridges, J. Extend the life of LEDs through thermal design – Part I (Magazine), www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-12/issue-4/features/developer-forum/extend-the-life-of-leds-through-thermal-design-part-i.html. (2015, accessed 15 February 2018).

7. Lu, X., Hua, T., Liu, M., Cheng, Y. Thermal analysis of loop heat pipe used for high-power LED // Thermochimica Acta.– 2009. – Vol. 493. – P. 25–29.

8. Liu, Y. On Thermal Structure Optimization of a Power LED Lighting // Procedia Engineering.– 2012. – Vol. 29. – P. 2765–2769.

9. Li, J., Ma, B., Wang, R., Han, L. Study on a cooling system based on thermoelectric cooler for thermal management of high-power LEDs // Microelectronics Reliability.– 2011. – Vol. 51. – P. 2210–2215.

10. Deng, Y., Liu, J. A liquid metal cooling system for the thermal management of high power LEDs // Int. Communications in Heat and Mass Transfer.– 2010. – Vol. 37. – P. 788–791.

11. Chen, I.Y., Guo, M., Yang, K., Wang, C. Enhanced cooling for LED lighting using ionic wind // Int. Journal of Heat and Mass Transfer.– 2013. – Vol. 57. – P. 285–291.

12. EN12464–1: 2011. Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places.

13. DIALux. <https://www.dial.de/en/dialux/> (accessed 01 April 2018).

14. Energy Institute. <http://www.enerji.itu.edu.tr/en> (accessed 10 April 2018).

15. Kolodeznyi, E.S., Ivukin, I.N., Serebryakova, V.S., Bougrov, V.E., Romanov, A.E. Thermal Analysis of Phosphor Containing Silicone Layer in High Power LEDs // Materials Physics and Mechanics.– 2014. – Vol. 21. – P. 283–287.

16. Matweb – AISI Type 304 Stainless Steel. <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=mq304a> (accessed 10 April 2018).

17. Righton – Aluminium – 1050 H14. <http://www.righton.co.uk/PDF/Aluminium/Sheet%209010%20White%20-%20693%20Grey%20-%201050%20H14.pdf> (accessed 10 April 2018).

18. Kerafol – Keratherm Thermal Management Solutions. www.kerfol.com/fileadmin/user_upload/Thermalmanagement/downloads/2017/Kerfol_Katalog_Keratherm_FINAL.pdf (accessed 10 April 2018).

«PerfectWhite» COB-светодиоды с регулируемым спектром

Источники света с регулируемым спектром излучения – важная часть человекоцентричного освещения, и именно к ним относятся новые ИС серии «PerfectWhite» компании Luminus, которая дополнила серии ИС «Sensus» и «AccuWhite». Эта целенаправленная разработка превосходит традиционные ИС по качеству света. «PerfectWhite», свет которых очень похож на свет ГЛН (3000 К), получили одобрение светодизайнеров после испытаний, проведённых в рамках выставок «light + building» и «Lightfair». И хотя спектры этих ИС фактически совпадают (компания Luminus удалось заполнить зелёно-голубой (циановый) провал), цветовая точка СД «PerfectWhite» лежит несколько ниже линии чёрного тела, и в результате их свет не имеет свойственных ГЛН зелёно-жёлтого оттенка и наличия ИК и УФ составляющих излучения.



«Именно спектральные характеристики излучения делают ГЛН столь привлекательными, особенно для больниц и музеев, – сказал Том Йори, вице-президент компании Luminus по освещению. – В отличие от других полноспектральных СД, излучающих вредное ближнее УФ излучение, «PerfectWhite» даёт свет, воспринимаемый как свет ГЛН, что обеспечивается заполнением зелёно-голубого (цианового) провала, характерного для привычных СД».

В ряд уникальных по спектру серий COB-СД компании Luminus также входят «AccuWhite» и «Sensus».

Спектр СД «PerfectWhite» рассчитан давать индекс цветопередачи R_a , гарантированно больший 95 при типичном значении 98.

Светодизайнеры и создатели дисплеев постоянно нуждаются в изделиях с высокими R_a и индексами по $TM-30-15$, которые можно было бы использовать в наиболее ответственных случаях внутреннего освещения. При этом СД «AccuWhite» обеспечивают следующие значения индексов по $TM-30-15$: R_f (индекс точности воспроизведения цвета) = 95 и R_g (индекс цветовой гаммы) = 100, достигая при этом световой отдачи до 125 лм/Вт при температуре контрольной точки $T_c = 85^\circ\text{C}$.

А СД «Sensus» ориентированы на потребности предприятий розничной торговли, стимулируя покупателей посредством создания более волнующей, оживлённой и захватывающей атмосферы (когда белый выглядит белее, а хроматические, такие как синий и красный, выглядят ярче и привлекательнее). Спектры излучения этих СД, с коррелированными цветовыми температурами 3000 и 3500 К, обеспечивают высокий индекс цветовой гаммы ($GAI\ BB15$ достигает 20) и цветовую точку, расположенную ниже линии чёрного тела, что позволяет людям более контрастно воспринимать как чистые яркие белые цвета, так и более насыщенные хроматические. И хотя чистый белый свет дают и другие СД, СД «Sensus» делает это, не жертвуя световой отдачей, достигающей 148 лм/Вт при $T_c = 85^\circ\text{C}$.

«Наши три технологии формирования спектра служат основой для дополнительной настройки спектров, в которой особенно нуждается человекоцентричное освещение, – сказал Йори. – Хотя в этой области известно ещё далеко не всё, мы уже работаем с промышленными партнёрами над получением света, который бы обеспечивал прекрасное освещение (чтобы люди могли бы хорошо видеть) и был бы благоприятен для здоровья людей (чтобы они себя прекрасно чувствовали)».

led-professional.com
31.10.2018



Сехер Амес (Seher Ates), М. Сс. (2012 г.). Окончила Технический университет Илдиш, Турция (2009 г.). Ассистент и аспирант (Ph. D.) Стамбульского технического университета. Область научных интересов: терморегулирование мощных СД, термический анализ систем охлаждения, пассивные методы охлаждения и использование тепловых трубок в осветительных приборах с СД



Мустафа Бекер Юртсевен (Mustafa Berker Yurtseven), М. Сс. (2006 г.), Ph. D. (2017 г.). Окончил Стамбульский университет (2003 г.). Область научных интересов: фотометрические и радиометрические измерения СД, терморегулирование и статистический анализ



Сермин Онайгил (Sermin Onaygil), М. Сс. (1983 г.), Ph. D. (1990 г.), проф. Научный сотрудник Энергетического института Стамбульского технического университета, руководитель отделения по планированию и регулированию потребления энергии. Член-учредитель Турецкой национальной комиссии по освещению, в настоящее время является председателем этой комиссии. Представитель Турции в отделении 4 МКО, в работе

которого принимает активное участие в качестве заместителя руководителя этого отделения. Научные интересы: общее освещение, а также дорожное освещение и освещение тоннелей, автоматизация и обеспечение энергоэффективности

Новые требования к энергетической эффективности и маркировке светотехнической продукции в Российской Федерации

Т.А. РОЖКОВА¹, Е.А. СЫСОЕВА²

¹ Центр сертификации электрических ламп и светотехнических изделий, Саранск

² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (НИУ «МГУ им. Н.П. Огарёва»), Саранск

E-mail: sysoewa@mail.ru

Аннотация

Приводятся основные положения Постановлений Правительства РФ от 15 апреля 2017 г. № 450 и от 10 ноября 2017 г. № 1356, касающиеся светотехнической продукции. Рассматривается необходимость введения в действие на территории ЕАЭС технического регламента ЕАЭС о требованиях к энергоэффективности энергопотребляющих устройств. Показано, что введение новых требований к энергоэффективности и эксплуатационным характеристикам ламп и светильников общего назначения, а также к информированию потребителей о классе энергетической эффективности продукции направлено на снижение энергозатрат на освещение и негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, энергопотребляющая продукция, лампы общего назначения, светильники, энергетическая маркировка, классы энергетической эффективности, эксплуатационные характеристики, стандарты, директивы и регламенты Европейского Союза.

Введение

В соответствии с мировыми тенденциями в области энергосбережения и повышением энергетической эффективности продукции пункт 1 статьи 10 Федерального закона [1] (ФЗ) предусматривает обязательное содержание информации о классе энергетической эффективности товаров, производимых на территории РФ, импортируемых в РФ для оборота на территории РФ, в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках; пункт 6 статьи 48 ФЗ отмечает обязательность установления требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения.

Согласно указанным статьям ФЗ, Правительством РФ последовательно принимаются нормативно-правовые акты об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности энергопотребляющей, в том числе светотехнической, продукции, целью которых является уменьшение энергозатрат на освещение и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

В Постановлении Правительства РФ (далее – Постановлении) [2] установлены виды товаров (с учётом их характеристик), включая бытовые электрические лампы, и утверждён перечень принципов (правил) определения производителями и импортёрами класса энергетической эффективности товаров. Установленные в Постановлении [2] значения показателей энергоэффективности, используемые при определении класса энергетической эффективности энергопотребляющей продукции, в частности бытовых электрических ламп, были гармонизированы с действующими стандартами установления классов энергетической эффективности соответствующих товаров в европейских государствах.

Постановлением [3] утверждены требования к осветительным устройствам и электрическим лампам, содержащие минимально допустимые значения световой отдачи (энергоэффективности) электрических ламп и светильников для общего освещения.

Регулирование энергетической эффективности светотехнической продукции: инновации в отечественной практике

В Постановлении [2] применяются следующие обозначения для классов энергетической эффективности продукции: «A», «B», «C», «D», «E», «F», «G». Как известно, классы «A» и «G» должны применяться для обозначения

продукции – отнесённой, с учётом её характеристик, к одной категории – с наибольшей и наименьшей энергетической эффективностью соответственно.

По мере появления на рынке товаров с наибольшей энергетической эффективностью, значительно превышающей установленную для класса «A», в Постановление [2] вносились изменения для установления дополнительных классов энергетической эффективности: сначала «A+», а затем «A++» – для обозначения товаров с наивысшей энергетической эффективностью (по возрастанию – «A+», «A++»). Страны ЕС также использовали аналогичные классы энергетической эффективности продукции, характеризующие её энергоэффективность на стадии эксплуатации [4]. Так, например, в ЕС, для маркировки этикеткой энергоэффективности высокоэффективных электрических ламп и светильников, отвечающих по энергетическим показателям наивысшим требованиям рынка, был принят Регламент [5], которым установлены ещё два класса энергоэффективности: «A+» и «A++».

В последние годы, в результате мирового технического прогресса, появились и достигли технологической зрелости новые эффективные технологии, которые существенно превосходят традиционные по экономической эффективности, экологичности и качественным параметрам. На мировом рынке появились товары с наивысшей энергетической эффективностью, значительно превышающей уровень, установленные для классов «A+» и «A++», в связи с чем возникла необходимость указания класса энергетической эффективности такой продукции.

С целью совершенствования системы информированности общества о качестве и энергоэффективности энергопотребляющей продукции, в том числе электрических ламп,

и ускорения смещения рынка в сторону энергоэффективных технологий с 1 января 2018 года вступило в силу Постановление [6], в соответствии с которым внесены изменения в Постановление [2].

Постановление [6] устанавливает классы энергетической эффективности «А+», «А++», «А+++» для обозначения энергопотребляющей продукции с наивысшей энергетической эффективностью (по возрастанию – «А+», «А++», «А+++»), т.е. устанавливает возможность применения дополнительного класса энергоэффективности «А+++».

Другим важным изменением, внесённым Постановлением [6] в Постановление [2], является расширение перечня видов товаров, на которые распространяется требование о содержании информации о классе энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках. Постановлением [2] обязательность обозначения класса энергетической эффективности распространялась только на бытовые электрические лампы, а именно на лампы накаливания мощностью до 100 Вт и лампы люминесцентные низкого давления. Постановлением [6] требование к содержанию информации о классе энергетической эффективности распространяется теперь на все виды ламп электрических общего назначения, т.е. кроме бытовых ламп в эту группу источников света дополнительно вошли лампы для профессионального освещения, например для освещения офисов, общественных зданий и сооружений, производственных помещений и т.д.

Для выполнения требований Постановления [6] необходимо наличие нормативных документов РФ, регламентирующих единые правила и требования к перечню показателей, относящихся к энергоэффективности электрических ламп общего назначения, содержащих методы определения классов эффективности электрических ламп и требования к этикетке энергетической эффективности.

Для измерения показателей светотехнических изделий, в том числе относящихся к показателям энергоэффективности, могут применяться методы измерений согласно ГОСТ [7, 8].

В отношении маркировки и информации в части потребления энергии бытовыми электрическими лампами

разработаны ГОСТ [9, 10]. Однако эти стандарты нуждаются в актуализации, так как в последнее время возникли новые, более совершенные осветительные технологии, методы оценки энергоэффективности которых в них не отражены.

Другим действующим на территории РФ документом по маркировке и информации в части потребления энергии изделиями, в том числе бытовыми лампами, является Приказ Минпромторга РФ [11], в котором установлены правила определения производителями и импортёрами класса энергетической эффективности товара и иной информации о его энергетической эффективности. Установленные этим Приказом правила определения класса энергетической эффективности бытовых ламп аналогичны методам оценки, установленным в ГОСТ [9], гармонизированы с Директивой [12] (в отношении энергетической маркировки бытовых ламп), которая в 2010 г. была отменена и заменена базовой Директивой [13] (об указании в маркировке и в стандартной информации об изделии сведений о потреблении энергопотребляющими изделиями энергии и других ресурсов), которая, в свою очередь, была отменена с 1 августа 2017 г.

Следует особо подчеркнуть, что ЕС проводит постоянную работу в части разработки новых директив и регламентов по энергоэффективности и энергомаркировке энергопотребляющих, в том числе светотехнических, изделий.

В государствах-членах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на энергопотребляющую продукцию, в том числе светотехническую, применяются обязательные единые технические регламенты. На территории ЕАЭС на низковольтное оборудование и технические средства, в число которых входят светотехнические изделия, действуют два технических регламента: [14], гармонизированный с Директивой [15] (в отношении сближения законодательства государств-членов по низковольтному оборудованию¹) и [16], гармонизированный с Директивой [17] (в отношении сближения законодательства государств-членов по

электромагнитной совместимости²). Кроме того, с 1 марта 2018 г. на территории ЕАЭС действует технический регламент ЕАЭС [18], который гармонизирован с Директивой [19] (по ограничению содержания в изделиях вредных веществ, а именно шести опасных веществ: свинца, ртути, кадмия, шестивалентного хрома, полибромированных дифенилов и полибромированных дифенилэфиров).

Соблюдение требований технических регламентов обеспечивается применением на добровольной основе межгосударственных стандартов либо национальных (государственных) стандартов, если межгосударственные стандарты пока не разработаны. В этой связи следует подчеркнуть, что на территории ЕАЭС технический регламент ЕАЭС о требованиях к энергоэффективности энергопотребляющих устройств (ТР ЕАЭС), разработанный с учётом последних директив и регламентов ЕС, до настоящего времени не утверждён и находится на межгосударственном обсуждении и согласовании [20].

Член ЕАЭС Республика Беларусь приняла решение об ужесточении национальных требований к энергетической эффективности энергопотребляющей продукции и с 1 июля 2018 г. ввела требование об обязательном подтверждении соответствия параметров энергетической эффективности энергопотребляющей продукции, которое будет действовать до вступления в силу ТР ЕАЭС. Данное требование распространяется как на светотехническую продукцию, производимую в Республике Беларусь, так и на продукцию, ввозимую на данную территорию, а именно на лампы с ненаправленным светораспределением бытовые, лампы люминесцентные без встроенного балласта и лампы разрядные высокой интенсивности. Для осуществления процедуры оценки соответствия в Республике Беларусь введены в действие: стандарт [21]; стандарт [22], в котором указано, что он соответствует Делегированному регламенту [23], дополняющему Директиву [13] в отношении энергетической маркировки электрических ламп и светильников, и стандарт [24], в котором указано, что он учитывает требования Регламента [25]. Как было

¹ С 20.04.2016 Директива [15] заменена на вновь принятую Директиву 2014/35/EU.

² С 20.04.2016 Директива [17] заменена на вновь принятую Директиву 2014/30/EU.

отмечено выше, базовая Директива [13] в ЕС была отменена, и с 1 августа 2017 г. в ЕС был принят новый Регламент [26], по энергетической маркировке энергопотребляющих изделий.

В целях установления единых требований на территории стран ЕАЭС в области энергетической эффективности светотехнической продукции и для выполнения требований Постановления [6] при оценке энергетической эффективности изделий представляется необходимым введение в действие ТР ЕАЭС. Одновременно с вступлением в действие ТР ЕАЭС будет решаться вопрос и о целесообразности разработки межгосударственных стандартов, являющихся доказательной базой выполнения требований ТР ЕАЭС по установлению единых правил и требований к перечню показателей, относящихся к энергоэффективности электрических ламп, методам определения классов энергетической эффективности электрических ламп и требованиям к этикетке энергетической эффективности.

Кроме Постановления [6], с целью дальнейшего сокращения затрат на освещение и снижения негативного воздействия на окружающую среду, с 1 июля 2018 г. введено в действие Постановление [27], в котором актуализированы требования к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока. Введение данного постановления связано с тем, что действующие минимальные требования по энергетической эффективности к осветительным устройствам и электрическим лампам, установленные Постановлением [3], не соответствующим достигнутому в настоящее время уровню развития осветительных технологий, поэтому с введением в действие Постановления [27] Постановление [3] утратило силу. Постановление [27] вносит новые требования к энергоэффективности и эксплуатационным характеристикам ламп и светильников общего назначения, используемым в цепях переменного тока в целях освещения, которые будут осуществляться в два этапа: первый этап – с 1 июля 2018 г. по 31 декабря 2019 г., второй этап – с 1 января 2020 г. На этапах 1 и 2 лампы и светильники должны соответствовать установленным требованиям к энергоэффективности и эксплуатационным характеристикам. На этапе 2 уровень

потерь активной мощности в пускорегулирующей аппаратуре светильников для общественных и производственных помещений с люминесцентными или индукционными лампами не должен превышать 8 %.

Учитывая, что Постановление [27] было опубликовано на сайте Правительства РФ 15 ноября 2017 г., у предприятий-изготовителей светотехнической продукции было необходимо время (до 1 июля 2018 г.) провести аналитическое сравнение действительных значений световой отдачи (энергоэффективности) изделий, достигнутых в производстве и нормируемых в нормативно-технической документации, с регламентируемыми Постановлением минимально допустимыми значениями световой отдачи (энергоэффективности). По результатам проведённого сравнения предприятиям надлежит проводить комплекс работ по внесению соответствующих изменений в нормативно-техническую документацию в том случае, если показатели, достигнутые в производстве, не ниже нормируемых Постановлением, или же принять решение о доработке изделий по уровню параметров до соответствия требованиям Постановления с последующей актуализацией нормативно-технической документации. Аналогичная работа должна быть проведена и по приведению эксплуатационных характеристик ламп и светильников общего назначения в соответствие с требованиями данного Постановления.

Заключение

Требования, установленные в Постановлениях [6, 27], будут: существенно снижать потребление энергии светотехническими изделиями; способствовать повышению качества искусственного освещения; ускорять продвижение на рынок энергетически эффективных и высококачественных изделий; способствовать созданию системы информированности общества о качестве и энергоэффективности энергопотребляющей, в том числе светотехнической, продукции; содействовать проведению информационно-рекламных мероприятий, разъясняющих экономическую выгоду от использования энергоэффективной продукции; создавать реальные барьеры для допуска на рынок неэнергоэффективных и некачественных изде-

лий и обеспечивать соответствие отечественной продукции требованиям европейского рынка по энергоэффективности и маркировке, которое необходимо для продвижения российской светотехнической продукции на международный рынок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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».
2. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 года № 1222 «О видах и характеристиках товаров, информация о классе энергетической эффективности которых должна содержаться в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках, и принципах правил определения производителями, импортёрами класса энергетической эффективности товара».
3. Постановление Правительства РФ от 20 июля 2011 года № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения».
4. Абрашкина М.Л., Сысоева Е.А. Требования к энергетической эффективности, маркировке и экодизайну светотехнической продукции: европейский опыт // Светотехника.– 2017.– № 3. – С. 42–45.
5. 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 // Official Journal of the European Union.– 26.09.2012. – L 258. – P. 1–20.
6. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2017 года № 450 «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1222».
7. ГОСТ Р 55702–2013 «Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров».
8. ГОСТ Р 54350–2015 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний».
9. ГОСТ Р 54992–2012 «Лампы бытовые. Показатели энергетической эффективности».
10. ГОСТ Р 54993–2012 «Лампы бытовые. Показатели энергетической эффективности».
11. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 29 апреля 2010 года № 357 «Об утверждении Правил определения производителями и импортёрами класса энергетической эффективности товара и иной информации о его энергетической эффективности».

12. Commission Directive 98/11/EC of 27 January 1998 implementing Council Directive 92/75/EEC with regard to energy labelling of household lamps // Official Journal of the European Union.– 10.03.1998. – L 71. – P. 1–8.

13. Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products // Official Journal of the European Union.– 18.06.2010. – L 153. – P. 1–12.

14. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования». URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/902299536> (дата обращения: 01.06.2018).

15 Directive 2006/95/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 Low Voltage Directive. URL: <http://www.procertificate.ru/standard/directive-2006-95-ec.html> (дата обращения: 01.06.2018).

16. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств». URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/902320551> (дата обращения: 01.06.2018)..

17. Directive 2004/108/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility. URL: <http://www.icqc.eu/userfiles/File/directiva%202004%20108%20ec%20emc.pdf> (дата обращения: 01.06.2018)..

18. Технический регламент Евразийского экономического союза от 18 октября 2016 года № 113 «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» (ТР ЕАЭС 037/2016). URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71474288/> (дата обращения: 01.06.2018).

19. Directive 2011/65/EU RoHS of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. URL: http://www.schmidt-export.ru/sites/default/files/pdf/ce_cert/2011-65_rohs-en.pdf (дата обращения: 01.06.2018)..

20. Проект технического регламента ЕАЭС «О требованиях к энергетической эффективности энергопотребляющих устройств». URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/tehnreg/deptexreg/tr/Pages/projectsVnutrigos.aspx> (дата обращения: 01.06.2018)..

21. СТБ 2460–16 «Лампы люминесцентные без встроенного балласта, лампы разрядные высокой интенсивности, балласты и светильники для таких ламп. Энергетическая эффективность. Требования». URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/6266836.aspx> (дата обращения: 01.06.2018)..

22. СТБ 2461–2016 «Лампы и светильники электрические. Энергетическая эффектив-

ность. Маркировка». URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/6267016.aspx> (дата обращения: 01.06.2018).

23. 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 // Official Journal of the European Union.– 26.09.2012. – L 258. – P. 1–20.

24. СТБ 2476–2016 «Лампы с ненаправленным светоизлучением бытовые. Энергетическая эффективность. Требования». URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/6285489.aspx> (дата обращения: 01.06.2018).

25. Commission Regulation (EC) No 244/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps // Official Journal of the European Union.– 24.03.2009. – L 76. – P. 3–16.

26. Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2017 setting a framework for energy labelling and repealing Directive 2010/30/EU // Official Journal of the European Union.– 28.07.2017. – L 198. – P. 1–24.

27. Постановление Правительства РФ от 10 ноября 2017 года № 1356 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения». URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71710952/> (дата обращения: 01.06.2018).



Рожкова Татьяна Александровна, инженер. Окончила в 1976 г.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. Ведущий специалист Центра сертификации

электрических ламп и светотехнических изделий



Сысоева Евгения Александровна, доктор экон. наук, доцент. Окончила в 1998 г. Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. Профессор кафедры статистики, эконо-

нометрики и информационных технологий в управлении НИУ «МГУ им. Н.П. Огарёва»

А.Г. Шахпаруняц стала вице-президентом МКО



Анна Геннадиевна Шахпаруняц, генеральный директор ООО «ВНИСИ» избрана вице-президентом совета директоров Международной комиссии по освещению (МКО). Выборы состоялись 17 октября 2018 г. В процедуре голосования участвовали 23 представителя Национальных комитетов – аналогов Российского национального Комитета (РНК), который традиционно выступает в МКО от лица нашей страны. При одном воздержавшемся и одном голосе «против», кандидатура А.Г. Шахпаруняц была поддержана подавляющим большинством.

Таким образом, Россия будет представлена в руководстве организации, чьё значение для развития светотехнической отрасли в мире невозможно переоценить. Примечательно, что за всю историю существования МКО нашу страну до 2008 г. представлял только один человек – академик Академии электротехнических наук РФ, Геннадий Рубенович Шахпаруняц.

После смерти отца Анна Геннадиевна, возглавив ООО «ВНИСИ», достойно продолжила дело всей его жизни.

А.Г. Шахпаруняц вступит в должность в январе 2019 г.

bl-g.ru
18.10.201

Осветили спортзал для будущих чемпионов

МСК «БЛ ГРУПП» осветила Центр боевых единоборств «Витязь». Спортивный клуб, в котором занимаются дети из Суворова и ближайших к нему населённых пунктов Тульской области, открылся после ремонта. Одним из аспектов благоустройства стала модернизация освещения спортивного зала.

Проект был реализован совместно с проверенным партнёром Корпорации – компанией «Русский Свет». Были установлены светильники торговой марки «GALAD» модельные линейки «Эверест LED», «Арклайн Эконом LED», «Юниор LED» и серии «ДПО». «GALAD» – торговая марка светотехнической продукции, изготавливаемой на отечественных предприятиях МСК «БЛ ГРУПП».

Открытие клуба после ремонта стало темой обсуждения в СМИ федерального уровня.

bl-g.ru
26.10.2018

Солнечный луч как инструмент проектирования архитектурной формы

Н.Л. ПАВЛОВ

МАРХИ (ГА), Москва
E-mail: pavlovn@mail.ru

Аннотация

На материале архитектуры Древнего Египта, Западной Европы и России показаны закономерности построения важнейших архитектурных форм: обелисков, пирамид, статуй, шатров и шпилей. Продемонстрировано, что для этих и некоторых других архитектурных форм источником проекции выступает Солнце¹ или его изображение в виде золотого шарика. При этом инструментом вертикальной проекции «от Солнца» выступает солнечный луч.

Ключевые слова: солнечный луч, проекция от Солнца, угол проекции.

1. Введение

Тема солнца, его света, его луча как физического явления и как источника жизни на земле рассматривается практически всеми естественными науками: астрономией, физикой, химией, биологией и т.д. Изучается его влияние на строение и свойства неживой и живой материи, на климат, на жизнь растительного и животного мира и, конечно, на человека. Оказалось, что в условиях нашей, относительно недавно сформировавшейся, техногенной цивилизации различные виды излучения Солнца¹ влияют и на функционирование большинства технических систем.

В традиционных культурах, развивавшихся многие тысячи лет, солнце и его свет сформировали целый комплекс донаучных и религиозных представлений. И эти представления во многом определили развитие общечеловеческой культуры.

Роль солнца и солнечного света применительно к архитектуре, к искусственно созданной среде, сформированной зданиями, сооружениями и их комплексами, исследована доста-

¹ По требованию автора, в ряде случаев слово «солнце» в статье пишется с прописной буквы (Солнце). – Прим. ред.

точно подробно. В ряде случаев эта роль определена соответствующими техническими и медицинскими нормами в части ориентации, инсоляции и т.п. В профессиональной архитектурной среде обычно рассматривается роль солнца в презентации общего и детального облика здания, в создании наиболее выигрышных условий восприятия его архитектуры. В таком аспекте сегодня можно говорить о влиянии солнца и его света на современное архитектурное формообразование.

В традиционных культурах роль солнца в построении архитектуры, помимо очевидных технических, биологических и других «утилитарных» факторов, определялась смысловой установкой, исходящей из природной роли солнца в жизни этого мира. Исходя из этой установки, в течение многих тысячелетий сформировалась система бытовых и религиозных представлений о божественной, творящей роли Солнца. Характерное для традиционных культур представление о Солнце как творце всего сущего может послужить ключом к раскрытию смысла и построения целого ряда архитектурных приёмов, определявших формообразование от глубокой древности и до нашего времени.

2. Обелиски, пирамиды и статуи в Древнем Египте

Когда разговор заходит о роли солнца в построении архитектуры, для

начала совершенно естественно обратиться к архитектуре Древнего Египта, где солнечный культ преобладал почти три тысячи лет. Начало доминирования культа Солнца отмечено уже в эпоху Древнего царства при фараоне Джосере, известном своим заупокойным комплексом с первой большой ступенчатой пирамидой (XXVIII в. до н.э.)².

Начнём с построения обелиска. В рассматриваемом нами аспекте, этой теме уделено совсем не так много внимания. Обелиск, как солнечный луч, упавший на землю, отмечен ещё Геродотом. В новое время об этом упомянул в своём египетском дневнике верный солдат императора Наполеона будущий писатель Анри Стендаль.

Наша задача – показать, какими архитектурными приёмами достигался этот эффект. Начнём с самой формы обелиска. Его четырехгранный столп имеет расширение граней сверху вниз от 1,5 до 0,5°. В классическом обелиске царицы Хатшепсут он почти точно составляет 35°, то есть видимый угловой размер солнца, стоящего в зените. Пирамидальная вершина того же обелиска, которую греки называли «пирамидион», имеет верхний образующий угол 30°, то есть угол, равный двум часам движения солнца по небосводу³. Верхняя часть рёбер столпа была обтянута белым золотом или электром (электроном), как называли его древние греки⁴. Таким же золотом была обтянута пирамидальная вершина обелиска.

Вершина обелиска, а в ряде случаев – она же вместе с окантованными белым золотом рёбрами, буквально представляла вертикальный солнечный луч. На местности всегда можно было найти точку, в которую был направлен луч, отразившийся от пирамидальной вершины обелиска. У ранних обелисков грани пирамидального навершия делались слегка выпуклыми

² Мнения учёных до сих пор расходятся в датировке от XXVIII до XXVII века до н.э. [1, р. 265; 2, р. IX; 3, с. 12]

³ В древности и средневековье дневное время исчислялось 12-ю часами по аналогии с солнечным годом, в котором содержалось 12 лунных месяцев. До изобретения в эпоху эллинизма водяных и гораздо позднее, в эпоху средневековья, механических часов, часы дневного времени, в разное время года имели разную протяжённость. Тем не менее, с помощью солнечных часов, известных в Египте ещё в эпоху Древнего царства, а также с помощью специальных наблюдений движения солнца по небосводу, достаточно просто было определить средний угол солнечного часа. Есть сведения, что представление о 24-х часах суточного времени появилось в Египте уже в XIX веке до н.э.

⁴ В Египте так называемое «белое золото» до сих пор имеет самое широкое распространение.

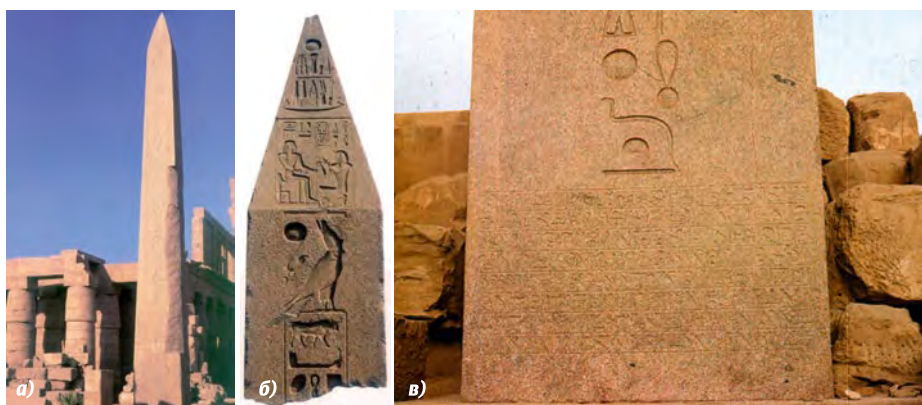


Рис. 1. Обелиски: а – Тутмоса III, б – Рамзеса II; в – Хатшепсут

(вспарушенными). В результате, отражение солнечного луча от выпуклой золочёной грани было видно почти всё дневное время. Особый эффект обелиски, стоявшие перед входным пилоном храма, создавали на восходе солнца. Они были выше стен храма. Их вершины первыми освещались лучами восходящего солнца. Не случайно на подножии своих обелисков Хатшепсут писала: «Их лучи озаряют Обе Земли, когда отец наш восходит между ними».

Отдельная тема – изображения и тексты, вырезанные на гранитных гранях обелиска. На гранях пирамидиона представлен фараон, преклонивший колена перед троном своего отца – солнечного бога. На верху граней самого столпа представлен «серех» – условное изображение дворца с Хором-соколом. От этого небесного дворца и до подножия обелиска ниспадает божественный текст. Древние египтяне, так же, как и овладевшие научным знанием люди XX века,

полагали, что солнечный луч содержит в себе некую информацию. В их случае это был текст божественного, солнечного происхождения. Текст завершался иероглифом «джет» – вечность (рис. 1).

Упав на землю и окаменев, превратившись в гранитный столп, солнечный луч становился «памятником вечности». Так именовали египтяне свои сакральные сооружения: пирамиды, храмы, обелиски, стелы, статуи⁵.

Шагающие, стоящие, сидящие, лежащие статуи (сфинксы), представляющие в разных видах сына Солнца – фараона, имеют своей исходной формой обелиск. Все они вписываются в абрис обелиска, у пирамидального завершения которого верхний образующий угол составляет около 30°. Многие шагающие статуи буквально

⁵ Ср. с общепринятыми современными терминами «памятник истории», «памятник культуры», «памятник архитектуры», «памятник письменности» и т.п.

но выходят из обелиска, представленного в виде стелы за их спиной. Солнечный луч, упавший на землю, порождает детей Солнца – фараонов. В знаменитом храме в Абу Симбеле солнечный луч наглядно врезается в скалу и порождает в ней фигуру Рамзеса II (рис. 2а).

Динамика позы статуи в большинстве случаев соотносится с её близостью к святилищу. Чем ближе к святилищу, тем больше творческая мощь луча бога солнца и тем святее земля, на которую он падает. В святилище и перед ним бог и фараон представлены шагающими. Перед пилоном храма воздвигнута тронная статуя фараона – сына бога, царя земного. В аллее сфинксов порождённый солнечным лучом фараон предстаёт с телом льва – царя природы.

Абрис сфинкса проектируется «от Солнца» углом 15°, то есть часовым ходом Солнца по небосводу. У солнечного сфинкса с головой овна абрис, спроектированный углом 15°, дополнялся наглядным абрисом обелиска, спроектированным верхним образующим углом 30°. Верхним основанием этого абриса служил покрытый белым золотом каменный диск, водружённый между рогами овна. Этот золотой диск наглядно представлял Солнце как источник проекции, как божественного творца овноголового сфинкса, который покровительствует изображению фараона, размещённому под его бородой.

Для зодчего и адепта веры в Амона-Ра сфинкс представлялся порождением Солнца – солнечной проекцией. Для резчиков по камню, которые вы-

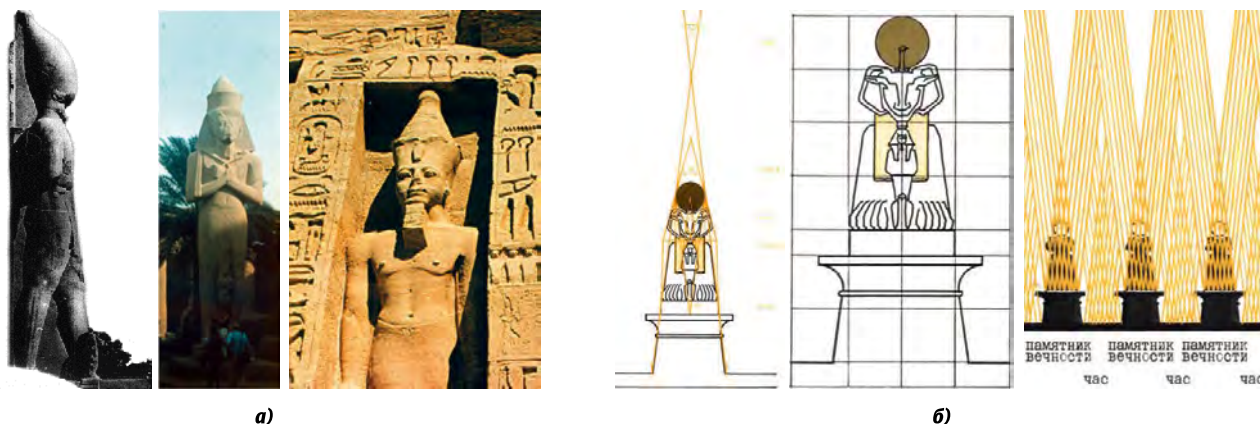


Рис. 2: а – статуи Рамзеса II в храме Ипет Сут* и в Абу Симбеле; б – лучевое и модульное построение сфинксов перед западным пилоном храма Ипет Сут

* Храм, известный нам как храм Амона-Ра в Карнаке, в Древнем Египте именовался Ипет Сут – Избранный местами пребывания бога. Храм известный нам как храм в Луксоре в Древнем Египте именовался Ипет-Рес – Гарем бога.

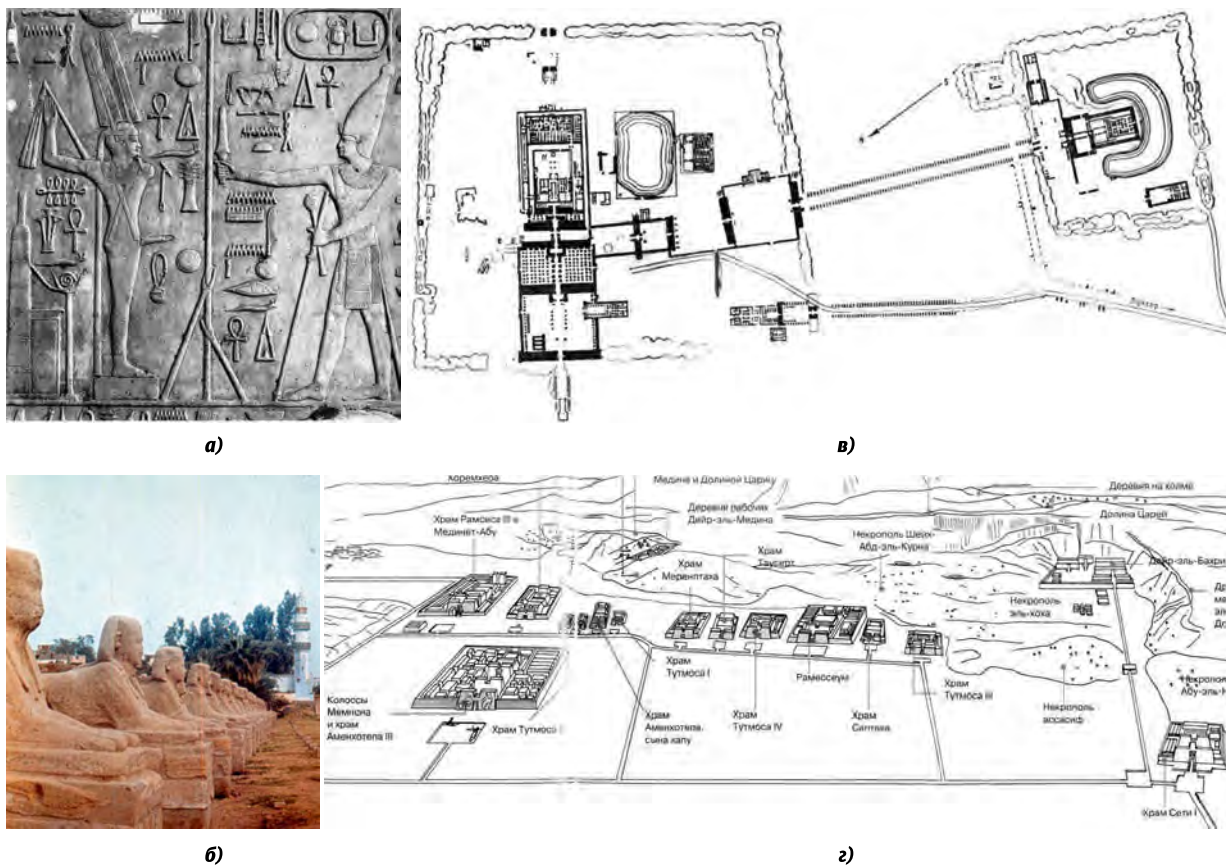


Рис. 3: а, б – Амон в ипостаси итифаллического Мина лучом-семенем порождает сфинксов с головой фараона – «детей своих»; в, г – аллеи сфинксов утверждают ритуальный ход бога – подателя жизни в системе храмов восточного и западного берегов Нила

рубали сфинкса из каменного блока по модульной сетке, золотой диск выступал как сакральный модуль, равный царскому локтю – 52,5 см.

В аллее перед входом в храм с запада, со стороны Нила, фиксировавшей космический путь Амона-Ра с востока на запад, алтарный постамент сфинкса спроектирован с верхним углом 15° . Падая на алтарный постамент, солнечный луч порождал овноголового сфинкса – «памятник вечности». В промежутке между постаментами часовое смещение солнечного луча, с углом, равным 15° , фокусировалось двумя карнизами. В промежутке между сфинксами, солнечный луч углом, равным 15° , отмерял на земле час реального времени – час жизни. Один из гимнов солнечному богу свидетельствует:

«Ты далеко, но лучи твои на земле. Ты пред людьми, Твоё движение».

В аллеях сфинксов, где Амон выступал как податель жизни Мин, он шествовал в итифаллическом виде на юг к женским храмам: сначала в храм своей супруги Мут, а затем в храм Гарем бога в Луксоре. Интересно что, выходя из своего храма, бог свора-

чивал на юг, налево, «по зову сердца» и шёл по аллее сфинксов к храму жены. Выходя из храма супруги и направляясь в храм Гарем бога, он опять сворачивал налево. Минуя храм своего сына Хонсу, бог снова сворачивал налево и шёл по аллее сфинксов до самого храма в Луксоре. На этом пути он ронял на землю не просто луч, а луч-семя. Здесь, падая на алтарный постамент, часовой солнечный луч углом, равным 15° , порождал сфинкса с головой фараона – сына солнца. В промежутках между сфинксами солнечный луч порождал реальную растительную жизнь – плодовые деревья, которые были посажены в специальные кюветы между сфинксами. Ход Амона-Мина – подателя жизни был зафиксирован грандиозной системой ритуальных аллей на обоих берегах Нила (рис. 3):

«Ты шествуешь как отец, создавая детей своих, производящий наследников, сокровенный для детей своих. ... Супруга его – почва, которую он оплодотворяет» (Лейденский папирус). *«Семя бога добро, вышедшее пред ним»* – зодчий Инени о царице Хатшепсут ([5, с. 330], [8, с. 56], [6, с. 59]).

Западноевропейская египтология исследует памятники архитектуры, исходя из переведённых текстов и археологических данных, в том числе, по данным раскопок, то есть «от земли». Подход к проблеме построения пирамид также мыслится «от земли»: тщательно измеряются параметры основания и угол наклона граней по отношению к основанию.

При таком подходе как-то непроизвольно упускается тот очевидный факт, что построение пирамиды мыслилось египтянами не «от земли», а «от Солнца», от главного божества. Понятно, что при таком подходе, адекватном представлениям создателей пирамид, за исходную точку проекции следует принимать вершину пирамиды и рассчитывать не угол наклона грани к основанию, а образующий угол при вершине – угол солнечной проекции, творящей пирамиду.

Именно вершина пирамиды, также как и навершие обелиска, венчалась особым, покрытым золотом камнем – сияющим на солнце пирамидионом. Грани пирамиды облицовывались белым известняком из каменоломен Туры, расположенных напротив Гизы

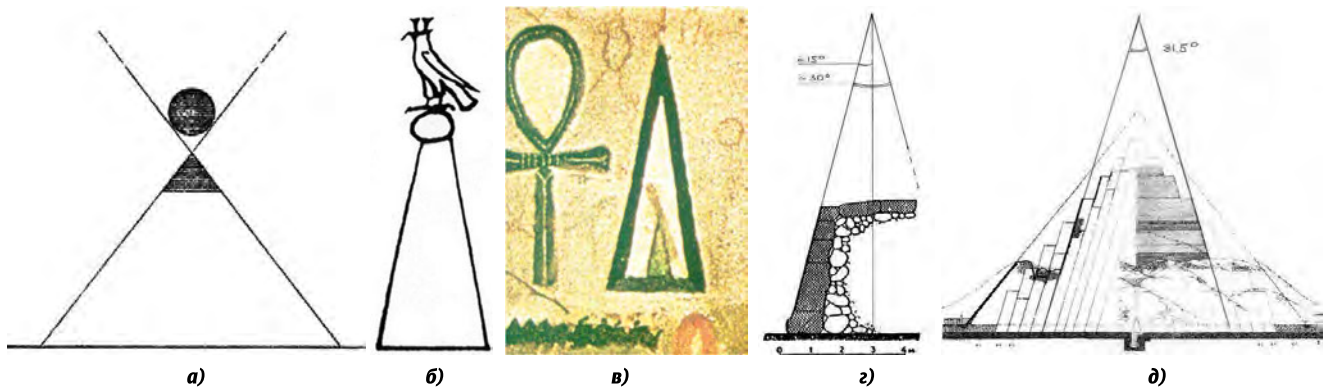


Рис. 4. Древние египтяне мыслили и строили пирамиды «от Солнца» с углом, близким к 30° : а, б – схема проекции «от Солнца» внешнего абриса пирамиды; в – древнеегипетские изображения пирамиды; г – построение традиционного надгробия – мастабы; д – построение внутренней структуры пирамиды первого фараона IV династии Снофру, XXVII–XXVI в. до н.э.

вверх по течению Нила. Так же, как и навершие обелиска, вершина пирамиды сияла отражённым белым золотом лучом дневного светила.

Здесь важно отметить один важный факт, который при описании пирамид обычно рассматривают только с конструктивной точки зрения: пирамида имела не один, а два верхних образующих угла.

Один угол – это очевидный для всех образующий угол, который определял внешний абрис пирамиды. Этот угол – угол проекции внешнего абриса граней у больших пирамид Древнего и Среднего царства – колебался около значения 52° в диапазоне от 45 до 70° .

Другой угол – это скрытый в теле пирамиды образующий угол её внутренней структуры как правило, близок к 30° . Этот угол со времени первых династий присутствует в построении мемориальных надгробных сооружений – мастаб. Особенно важно то, что этот угол и его проекция от Солнца присутствует в самых разных изображениях пирамид. В ряде случаев, порождающая жизнь роль солнца и внутри пирамиды, и по её кон-

туру зафиксирована зелёным цветом – цветом растительной жизни. Это факт свидетельствует о том, что древние египтяне мыслили и строили пирамиду как сооружение с верхним образующим углом, близким к 30° .

Конечно, построить большую пирамиду с верхним образующим углом, близким к 30° , и со стороны основания 200 м у египтян не было никакой возможности. При таком размере основания высота пирамиды увеличилась бы более чем в два раза, и каменные блоки в основании пирамиды, вырубленные из известняка или песчаника, просто не выдержали бы нагрузку. В поздние эпохи, когда необходимость в гигантских пирамидах отпала, небольшие пирамиды с верхним образующим углом, близким к 30° , и завершением из белого камня строились в массовом порядке (рис. 4, 5).

3. Шатры и шпили в Западной Европе

Европейцы, посетившие Египет в середине XV века, изображали пирамиды в Гизе с верхним образую-

щим углом, близким к 30° , то есть так же, как их мыслили древние египтяне. В средневековой христианской Европе не было такого развитого культа солнца, как в Древнем Египте. Но, в глубине традиционной народной культуры с древнейших времён жило представление о солнечном божестве, творящем жизнь своим светоносным лучом. Совершенно естественно, что увенчанные золотым шариком шатры над храмами виделись солнечным лучом, благословляющим землю, церковь и человека. Европейские города представлялись миру великолепием множества шатров и шпилей. Среди них были и шатры, которые имели верхний образующий угол, близкий к 30° .

Очевидно, что вывезенные из Египта римскими цезарями и Наполеоном обелиски совершенно естественно, хотя и во многом неосознанно, воспринимались европейцами как порождение Солнца. В Древнем Риме и позднее в папской Италии обелиски устанавливались перед храмами. В Европе и даже в Италии солнечных дней гораздо меньше, чем в Египте.

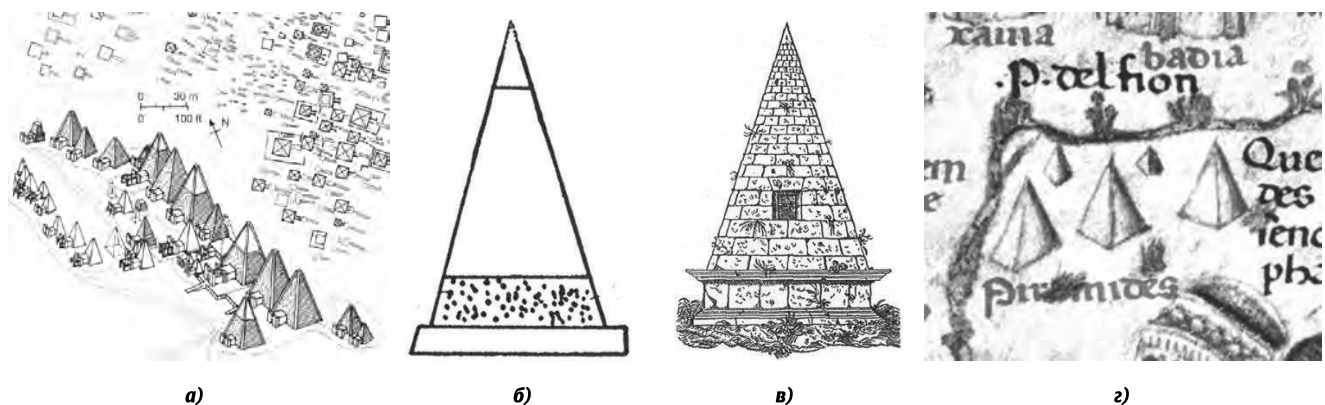


Рис. 5: а – малые пирамиды в Мероз, первые века до н.э.; пирамида в рисунках древнеегипетского художника (б) и западноевропейского художника XV в. (в, г)

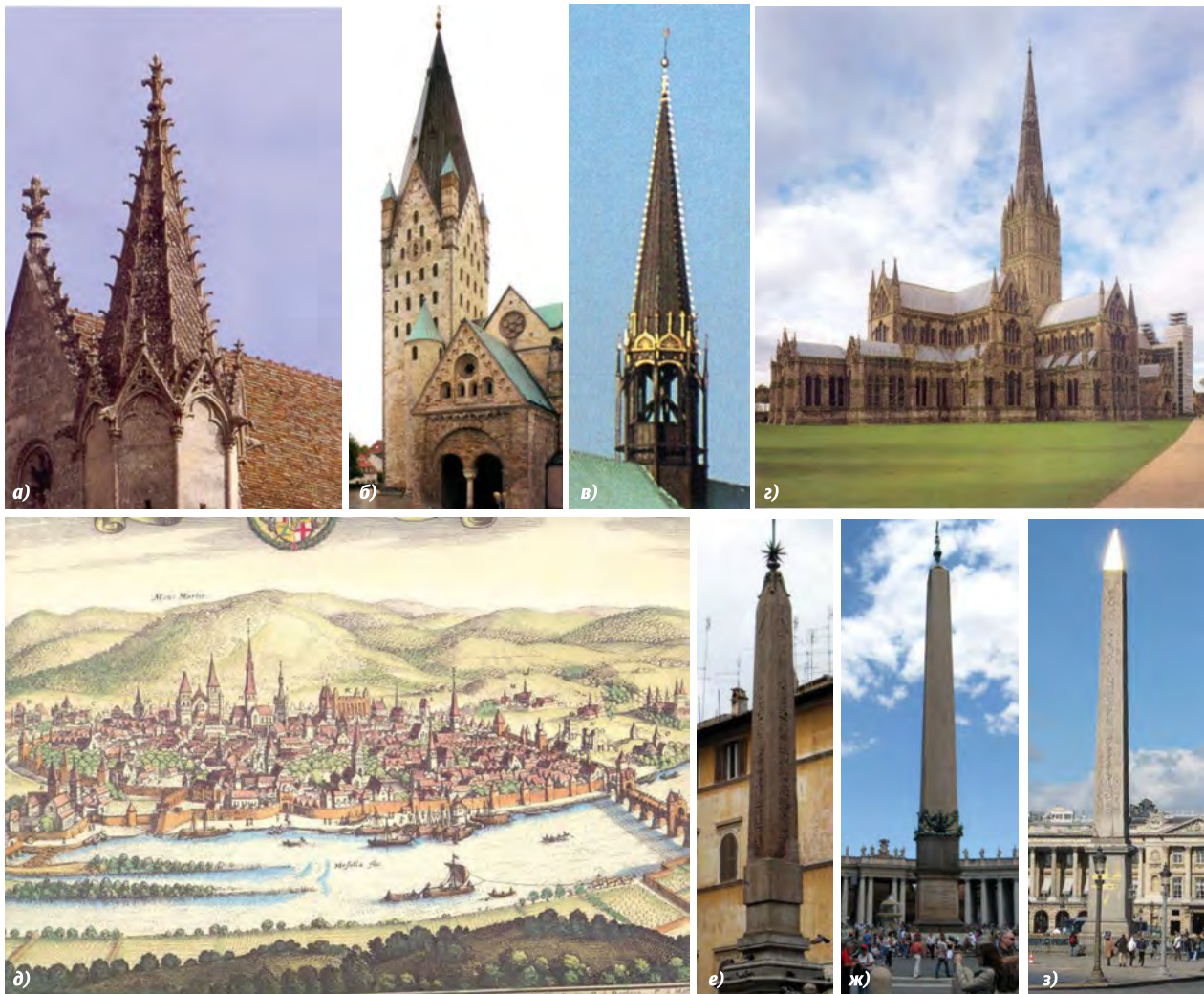


Рис. 6: а – церковь в аббатстве Сен Жермен де Фли, Франция, XIII в.; б – церковь Святого Патроклуса Зост, Германия, начало XIII в.; в – церковь Мариенкирхе, Любек, Германия, начало XIV в.; г – Собор Девы Марии, Солсбери, Англия, XIII–XIV в.; д – шатры и шпили над городом Трир, Германия; е – египетский обелиск перед городской церковью, Рим, Италия; ж – египетский обелиск на площади перед собором св. Петра, Рим, Италия; з – египетский обелиск на Площади Согласия, Париж, Франция

Так же, как и шатры храмов, обелиски для наглядности увенчивались золотым солнечным шариком или изображением солнца с исходящими от него лучами. В Париже на месте гильотины, на которой в эпоху Великой французской революции казнили тысячи людей, со временем поставили египетский обелиск, а площадь переименовали в Площадь Согласия. И уже в наше время завершение обелиска – пирамидон – сделали таким же сияющим, каким он был в Древнем Египте (рис. 6).

4. Шатры, шпили и обелиски в России

В России шатрами издревле венчались храмы, царские хоромы и крепостные башни. В России не было белого золота, но была осина. Простые по форме кровли крыли осиновым тём-

сом, а сложные – осиновым лемехом. Осина – дерево водостойкое. По прошествии двух-трёх лет осиновая кровля приобретает серебристый цвет. На фоне холодного северного неба в лучах холодного северного солнца осиновая кровля выглядит серебряной.

По мере становления массового каменного строительства, шатровые церкви получили широкое распространение. В России, так же, как в Западной Европе, и даже чаще, верхний образующий угол шатров был близок к 30°. В верхнем основании шатра устанавливался уже не деревянный, а медный или золочёный шарик. Шатёр проектировался от золотого солнечного шарика. Не случайно в текстах, описывающих заказ на строительство, а позднее и в отчётах по обмерам, высота храма определялась «до яблока». Шарик мог сочетаться с округлой золочёной главкой (маковкой), сиявшей

на солнце и наглядно представлявшей светило при пасмурном небе. Интересно, что золотой шарик под крестом воздвигался не только над шатрами, но и над куполами.

Понятно, что строившие на Руси иностранные мастера, воспитанные в европейской традиции шатров и спилей, вполне органично воспринимали и развивали русскую шатровую традицию [9, с. 140–141]. Англичанин Христофор Галовой надстроил шатром Спасскую башню Московского Кремля. В верхнем основании шатра он утвердил всё тот же золотой шарик. От золотого шарика по рёбрам восьмигранного шатра Галовой протянул вниз цепочку выпуклых изразцов, чередующихся по цвету: жёлтый-зелёный. По рёбрам шатра пробежал искрящийся блик. Сегодня эта тема получила современное развитие – по рёбрам шатра поверх изразцов протя-

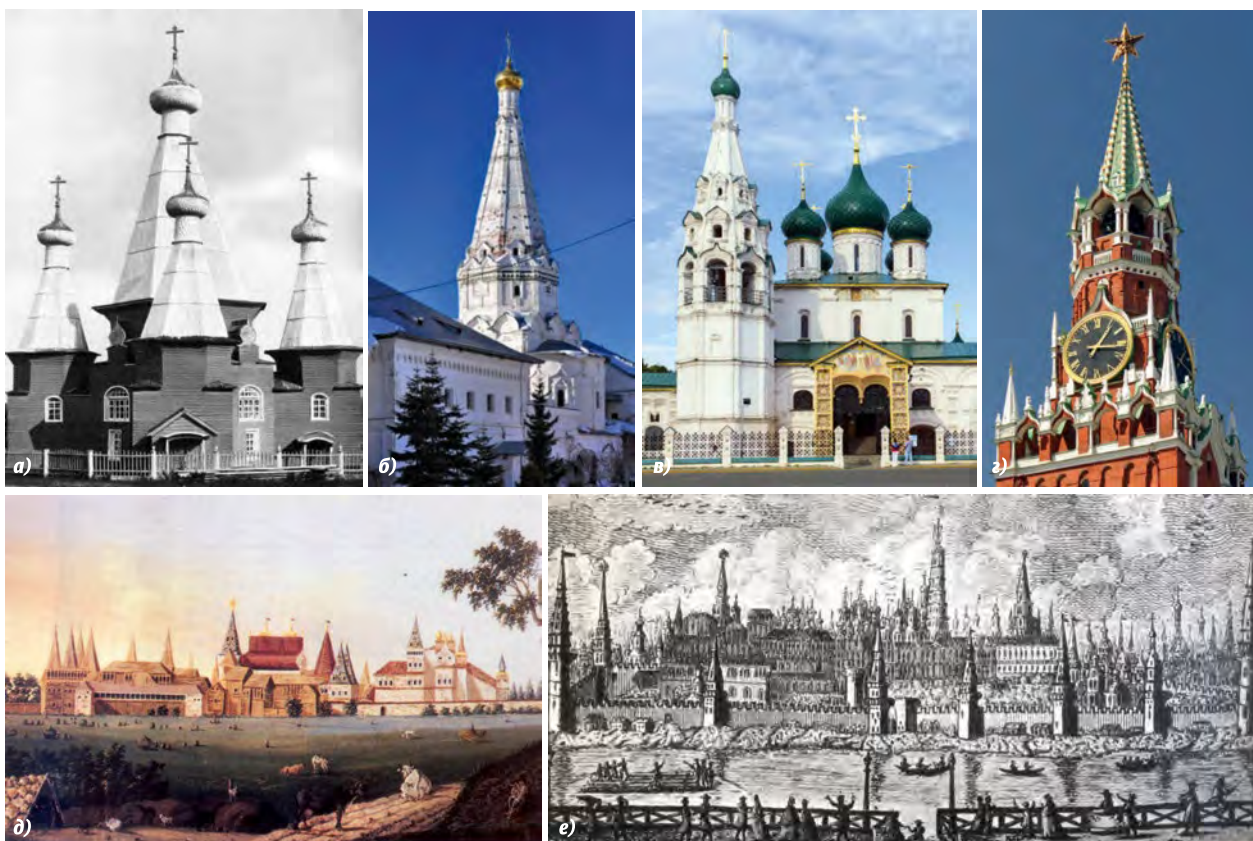


Рис. 7. Шатры в русской архитектуре: а – церковь Троицы в посаде Нёнокса, начало XVIII в.; б – церковь Зосимы и Савватия, Троице-Сергиева лавра, начало XVII в.; в – церковь Ильи пророка, Ярославль, середина XVII в.; г – Спасская башня, Москва, Кремль; д – шатры над дворцом царя Алексея Михайловича в селе Коломенском под Москвой, середина XVII в., акварель Дж. Кваренги, XVIII в.; е – шатры над Кремлём, гравюра, XVIII в.

нуги трёхцветные цепочки ламп иллюминации. Здесь можно заметить, что и рубиновую звезду с золотыми раскладками можно расценивать как специфический вариант золотой лучистой звезды, которую католики водружали на египетские обелиски.

Вплоть до 30-х годов прошедшего столетия русские города устремлялись

в небо навстречу Солнцу множеством шатров, на вершинах которых солнце было представлено золотым шариком (рис. 7).

Санкт-Петербург строился Петром I в подражание традиции Северной Европы, в которой предпочтение отдавалось не шатрам, а шпилям. Вполне понятно, что в Петербурге, где ко-

личество солнечных дней в году чуть больше 60-ти, так же, как в Северной Европе, хотелось «проткнуть» пасмурное небо солнечным лучом. Понятно и то, что шпили Петропавловского собора и Адмиралтейства увенчивались золотым шариком, а по смыслу, возможно, неосознанному, проектировались сверху вниз, от изображения сол-



Рис. 8. Шпили и обелиски в русской архитектуре: а – шпиль над Петропавловским собором, Санкт Петербург, начало XVIII в. (а); б, в – шпиль над Адмиралтейством, Санкт Петербург, начало XIX в.; г – обелиск в честь побед графа Румянцева-Задунайского, Санкт Петербург, конец XVIII в.; д – Святые ворота Михайловского монастыря, Великий Устюг, начало XVIII в.; е – обелиск в честь 300-летия дома Романовых, Москва, начало XX в.

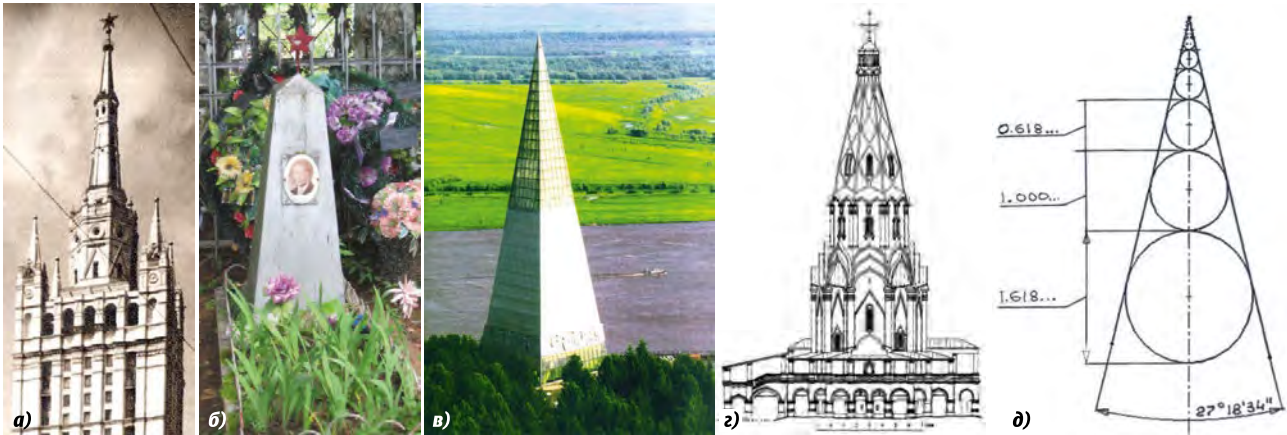


Рис. 9. Шпили, обелиски и шатры в России второй половины XX – начала XXI века: а – высотное здание на Кудринской площади, Москва, середина XX в.; б – обелиск на могиле сельского милиционера, Вологодская область, начало XXI в.; в – мемориал нефтяникам Югры, Западная Сибирь, конец XX в.; г, д – верхний угол проекции в построении шатра от золотого «яблока»: шатёр церкви Вознесения в селе Коломенском, Москва, середина XVI в. (г) и схема угла проекции «золотого сечения» (д)

нца. На вершине обелиска, поставленного в честь побед графа Румянцева над турками, под царским орлом совершенно естественно появился золотой солнечный шарик. Шпили в России нашли своё понимание. В народе они воспринимались как диковинная разновидность шатра.

В первой половине XVIII века «мода» на шпили докатилась до далёкой северной провинции. На Святых воротах Михайловского монастыря в Великом Устюге зодчий установил три медных шпиля. Медь со временем окисляется, зеленеет, и рачительный хозяин, не задумываясь, красит её зелёной краской. Над центральным пролётом шпиль увенчивался медным шариком с крестом. Над боковыми входами на шпилях и сейчас, после реставрации, сияют лучистые светила, такие же, как в Риме на египетских обелисках перед храмами (рис. 8).

В XIX и XX вв. обелиски в России ставились как памятники героям и важным историческим событиям. Но даже на вершине странного по форме обелиска в честь 300-летия дома Романовых присутствует некое подобие каменного шарика. Во время Великой Отечественной войны и в первое время после неё на могилах погибших солдат ставились фанерные обелиски. Нередко они увенчивались наскоро выпиленной из фанеры звездой. Со временем на могилах солдат стали устанавливать бетонные обелиски, увенчанные золочёной звездой. Луч Солнца должен освящать могилу героя, павшего за Родину (рис. 9).

Осталось только попытаться понять: почему и в Древнем Египте,

и в средневековой Европе, и на Руси именно верхний образующий угол обелиска, пирамиды, шатра непременно тяготел к 30° . И здесь надо вспомнить одну фундаментальную закономерность, известную в архитектуре и не только в ней. Простейшее представление этой математической закономерности, которую принято именовать «золотым сечением», обычно даётся в виде разделённого на две части отрезка прямой, в котором меньшая часть относится к большей части так же, как большая часть относится к целому. В числовом виде это соотношение представляется как ряд: $0,618\dots : 1,00 : 1,618\dots$ Это гармоничное соотношение было известно в Античной Греции, а эмпирически оно применялось и ранее. Теоретиками Ренессанса, XIX и XX веков золотое сечение представлялось или одномерно – линейным рядом – или двумерно – соотношением размеров прямоугольников.

Кроме архитектуры и произведений искусства эта пропорциональная закономерность постоянно обнаруживалась в построении природных тел: кристаллов, растений, животных и человека. Сегодня эта закономерность обнаружена в построении орбит планет Солнечной системы [4, с. 256–284]. В 1916 г. великий русский учёный и философ Павел Флоренский писал: «... золотое сечение есть закон **ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ**, и именно, как уяснено ранее, выражает строение **ЦЕЛОГО** как такового» [7, с. 485].

Если представить соотношение золотого сечения трёхмерно, то получится размещённый на одной общей оси бесконечный ряд сфер, радиусы которых соотносятся, как $\dots : 0,618\dots$

$1,00 : 1,618\dots : \dots$ (рис. 9д). Верхний образующий угол для такого ряда сфер составит примерно $27^\circ 18' 34''$, то есть в грубом приближении – 30° . И это один из онтологических аспектов темы. Другой онтологический аспект обусловлен устройством нашего глаза – оптимальным углом зрения, который в градусах определяется примерно теми же размерами. Этими параметрами определяется всё восприятие человеком окружающего мира. В частности, на этом основана система ориентации человека на местности и выбор траектории движения. Если это предположение верно, то получается, что в процессе эволюции природа создавала по одним и тем же законам своё онтологическое построение, в том числе и онтологическое построение человека, которое определяет его пространственное восприятие окружающего мира. И этим можно объяснить общечеловеческое стремление к проектированию архитектурной формы от общечеловеческого светила – от Солнца – с верхним углом проекции, близким к 30° .

5. Заключение

Приведённый ряд наблюдений, базирующихся на широком круге примеров из различных культурных традиций, относящихся к разным историческим эпохам, позволяет выйти на некоторые обобщения.

В плане всеобщей истории мы видим, что два фактора – общие для всей планеты важнейшие природные основы жизни и общность человеческого мышления – естественно порождают сходное восприятие яв-

лений природы и сходное представление этих явлений природы в человеческой культуре, в том числе и в архитектуре. Из недавней истории мы знаем, что многие научные и технические открытия совершались почти одновременно и независимо друг от друга в разных странах.

В плане конкретного предмета исследования можно констатировать, что с самого начала своего становления человек ощущал животворную роль Солнца, воспринимал его как источник жизни. И это древнейшее представление, породившее в одних исторических ситуациях простое и естественное поклонение светилу, а в других – развитую религиозную систему, в полной мере подтверждается современной наукой. Вполне естественно, что сначала бессознательно, а затем и осознанно, солнечный луч мыслился как носитель блага жизни, в ряде случаев – как носитель божественной информации и, конечно, как божественное орудие, которое может не только давать жизнь, согревать или сжигать, но и творить. В нашем

случае, пожалуй, нет для человечества более выраженного в культуре всеобщего творящего явления природы, чем Солнце и его лучи.

Знаменитый греческий историк I–II века Плутарх констатировал: «*Одно небо над всеми народами, и у одного бога есть много имён*».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dieter, A. The Encyclopedia of Ancient Egyptian Architecture. – The American University in Cairo Press, 2003. – 274 p.
2. Smith, W.S. The Art and Architecture of Ancient Egypt. – Yale University Press, 1998. – 297 p.
3. Монте П. Вечный Египет. Цивилизации долины Нила с древних времён до завоевания Александром Македонским. – М.: Центрполиграф, 2017. – 415 с.
4. Очинский В.В. К концепции золотой пропорции в естествознании // Метафизика. Век XXI. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. – 285 с.
5. Тураев Б.А. История Древнего Востока, т. I. – Л.: ОГИЗ-СОЦЭЖИЗ, 1936. – 361 с.
6. Тураев Б.А. Рассказ египтянина Синухета и образцы египетских документальных автобиографий. – М.: Из-во скоропечатни А.А. Левинсон, 1915. – 77 с.

7. Флоренский П. Сочинения в четырёх томах. – М.: «Мысль», 2000. – т. 3(1). – 622 с.

8. Франк-Каменецкий И.Г. Памятники египетской религии в фиванский период. – М.: Из-во скоропечатни А.А. Левинсон, 1917. – 82 с.

9. Швидковский Д.О. Исторический путь русской архитектуры и его связи с мировым зодчеством. – М.: АРХИТЕКТУРА-С, 2016. – 511 с.



Павлов Николай Леонидович,

доктор архитектуры, профессор Московского архитектурного института, советник Российской академии архитектуры и строительных наук, советник правления Союза архитекторов России, член правления Союза московских архитекторов, действительный член Русского географического общества, Почётный работник высшего профессионального образования. Область научных интересов: теория и история архитектуры и градостроительства

доктор архитектуры, профессор Московского архитектурного института, советник Российской академии архитектуры и строительных наук, советник правления Союза архитекторов России, член правления Союза московских архитекторов, действительный член Русского географического общества, Почётный работник высшего профессионального образования. Область научных интересов: теория и история архитектуры и градостроительства

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ В 2019 ГОДУ (I квартал)

Дата	Название мероприятия	Место проведения
16-18.01	Nercon Japan - LED & Laser Diode Technology Expo Международная выставка с конференцией по светодиодам и лазерным диодам	Токио, Япония lightsearch.com
16-20.01	Lightovation: Dallas International Lighting Show Международная светотехническая торгово-промышленная выставка («зимняя»)	Даллас (Тех.), США lightsearch.com
05-09.02	Northern Light Fair 2019 Международная светотехническая торгово-промышленная выставка с конференцией по световому и мебельному дизайну	Стокгольм, Швеция lightsearch.com
27.02-01.03	Strategies in Light Международная конференция с выставкой по светодиодам и освещению светодиодами	Лас-Вегас (Нев.), США lightsearch.com
04-07.03	Фотоника. Мир лазеров и оптики - 2019 14-я Международная специализированная выставка оптической, лазерной и оптоэлектронной техники	Москва, РФ photonics-expo.ru
05-08.03	Shanghai Int'l Lighting Expo Международная светотехническая торгово-промышленная выставка с конференцией	Шанхай, КНР lightsearch.com
06-07.03	IALD Enlighten Asia Международная конференция по световому дизайну и смежным вопросам, организуемая Международной ассоциацией светодизайнеров	Токио, Япония iald.org
12-13.03	LEDucation Международная торгово-промышленная выставка с образовательной конференцией по светодиодам	Нью-Йорк, США lightsearch.com
13-15.03	LIGHT - International Fair of Lighting Equipment 27-я Международная торгово-промышленная выставка светотехнического оборудования с конференцией	Варшава, Польша lightsearch.com
19-21.03	Cabex - 2019 8-я Международная выставка кабельно-проводниковой продукции	Москва, РФ exponet.ru
	Phosphor Global Summit 17-я Международная конференция по широкой люминофорной тематике	Сан-Диего (Калиф.), США lightsearch.com
26-27.03	CS International Conference Международная конференция по индустрии сложных полупроводников	Брюссель, Бельгия lightsearch.com

Опыт применения освещения светодиодами на аэродромах США

В.В. ВОРОЖИХИН *, Е.Л. МОРЕВА, В.Г. СТАРОВОЙТОВ, И.Г. ТЮТЮННИК

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

(Финансовый университет), Москва

* E-mail: vorozhikhin@mail.ru

Аннотация

Цель работы: исследование опыта использования освещения светодиодами (ОСД) на аэродромах США с оценкой возможности и необходимости его использования в России.

Методы: анализ требований к освещению аэродромов; обзор и анализ особенностей развития ОСД аэродромов; анализ опыта применения ОСД аэродромов США; дедуктивный анализ и синтез оценки возможности и необходимости применения опыта США в сфере ОСД аэродромов в России.

Результаты: 1) проведён анализ проблем и возможностей развития ОСД аэродромов в США и рекомендаций американских специалистов по его применению; 2) приведены примеры использования и оценки по развитию ОСД аэродромов в США; 3) проведён обзор и анализ развивающегося рынка ОСД аэродромов в России.

Главные выводы: применение опыта США позволит повысить качество и надёжность предоставляемых услуг в сфере авиаперевозок, комфортность и безопасность полётов в России, а также конкурентоспособность российских аэропортов и – опосредованно – авиакомпаний.

Ключевые слова: освещение светодиодами, развитие сети аэропортов, особенности развития освещения светодиодами аэродромов (аэропортов), формирование нового рынка освещения светодиодами аэродромов (аэропортов).

1. Введение

1.1. Требования к освещению аэродромов

Ниша воздушных перевозок на международном рынке транспортных услуг – это перевозка пассажиров, дорогостоящих, скоропортящихся и опасных грузов или грузов с малы-

ми весогабаритными показателями на дальние расстояния с высокой стоимостью оплаты на килограмм веса. Любые непредвиденные задержки, не говоря уж об авариях и катастрофах, приводят к значительному и часто невозполнимому ущербу [1]. Поэтому столь значима надёжность обеспечения безопасности полётов, важнейшей частью которой являются визуальные сигналы, в том числе светотехнические огни.

Электросветотехническое обеспечение аэродромов входит в сферу деятельности аэропортов [1, 2]. Международные стандарты и рекомендуемая практика изложены в требованиях к проектированию и эксплуатации аэродромов [2] и правилах их сертификации [3]. В систему визуальных светотехнических огней входят:

- Система огней приближения.
- Посадочные огни взлётно-посадочной полосы (ВПП).
- Входные огни ВПП.
- Ограничительные огни ВПП.
- Осевые огни ВПП.
- Огни зоны приземления.
- Огни линии «стоп» у мест ожидания при рулении.
- Огни основной рулёжной дорожки и огни линии «стоп», исключая огни линии «стоп» у мест ожидания при рулении.
- Заградительные огни и др.

Схема электрической сети освещения аэродромов разрабатывается таким образом, чтобы при выходе из строя одного участка электросети пилот не оставался без визуальной ориентации и не искажалась световая картина ВПП. Характеристики электрических сетей для аэродромных огней и правила управления системами аэродромных огней хорошо известны [2, 3].

Аэропорты, взаимодействуя с авиакомпаниями, должны обеспечивать комфорт и безопасность полётов согласно регламентированному качеству услуг [4–6]. Важность инфраструк-

туры, являющейся частью системы безопасности воздушного движения, требует организации её защиты, которая регламентируется правилами охраны аэропортов (Постановление Правительства Российской Федерации от 01.02.2011 № 42 «Об утверждении правил охраны аэропортов и объектов их инфраструктуры»).

В соответствии со ст. 48 Воздушного кодекса Российской Федерации [7] оборудование, включая светотехническое, устанавливаемое на гражданских аэродромах, аэродромах совместного базирования гражданских воздушных судов и государственных воздушных судов и аэродромах совместного использования, должно соответствовать требованиям годности к эксплуатации, подтверждаемой соответствующим сертификатом годности к эксплуатации [8, 9].

В светотехнических системах США применяются разноцветные огни – красные, жёлтые, зелёные, синие и белые сигналы, для которых устанавливаются соответствующие кривые затемнения (согласно *Engineering Brief No. 67D*). Также используются бело-жёлтый и красно-жёлтый сигнальные огни. Используются огни разной интенсивности – низкой (малой, ОМИ), средней и высокой (высокой, ОВИ) [2, 3]. Консультативный циркуляр AC150/5340–30Н предусматривает замену трёхступенчатых регуляторов на пятиступенчатую версию. Разнообразие характеристик, высокие требования к яркости и надёжности создают для аэропортов потребность в ОСД и интеллектуальном управлении им. Узкий спектр излучения СД позволяет также организовывать совместную работу с разными оптическими, в т.ч. ИК, системами.

Помимо указанных огней, секторами рынка для ОСД служат светотехническое оборудование самолётов, зданий, сооружений и приаэродромных территорий [7]. При таком использовании СД становятся частью архитектурно-культурного оформления современных аэропортов. Они обеспечивают комфортное пребывание пассажиров в помещениях аэропорта, могут поддерживать передачу интернет-информации благодаря технологии «LiFi», по которой свет СД используется как носитель информации. В США уже сейчас широко применяются СД-ковры «*Luminous Carpet*» – средства навигации и свя-

Рис. 1. Процент использования осветительных средств со светодиодами на обследованных аэродромах [25]

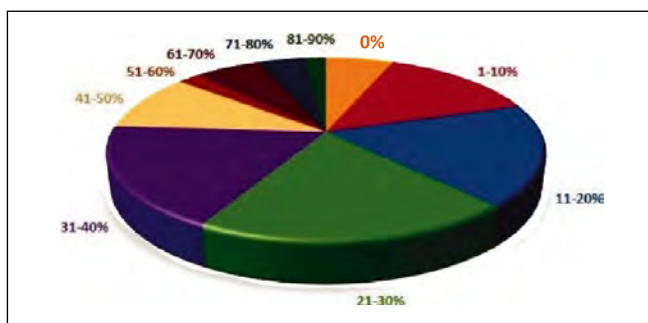
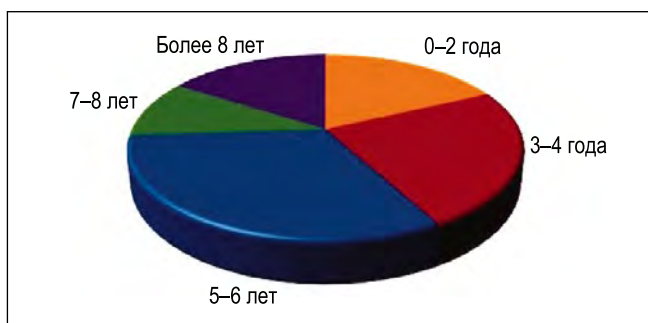


Рис. 2. Текущая длительность использования освещения светодиодами на обследованных аэродромах [25]



зи, указывающие путь в многоэтажных офисах, аэропортах, торговых моллах. Стрелками или текстовыми фразами они подсказывают направление движения людей и техники. «Умный» свет может обеспечивать безопасность, передавать информацию об аварии или звука выстрела в соответствующую службу. Такая система освещения уже успешно работает не только в аэропортах США, но и на улицах некоторых городов (к примеру, в Лос-Анджелесе).

В России интегрированные системы освещения, например, создаются на базе уличных светильников с СД Philips «RoadFlair» [10].

Необходимость в создании отечественных комплексов электросветосигнального оборудования в России была вызвана бурным развитием в 70-х гг. пассажирских и грузовых авиаперевозок и введением в эксплуатацию многоместных реактивных самолётов второго и третьего поколений ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76 и ИЛ-86. В 1971 г. СССР присоединился к ИКАО, разработавшей нормативы и правила унифицированных технических характеристик и параметров бортового и наземного оборудования для осуществления полётов в любых погодных условиях.

В то время оборудование аэропортов в СССР не отвечало требованиям ИКАО, что существенно тормозило развитие международных авиаперевозок. Только несколько крупных аэ-

ропортов были оснащены зарубежным оборудованием (чехословацкого или финского производства), что ставило гражданскую авиацию, аэродромы которой в отдельных случаях являлись аэродромами совместного базирования (с военно-воздушными силами), в опасную зависимость от зарубежных поставщиков [11].

Ситуация технологического отставания России повторяется через полвека, требуя для достижения конкурентоспособности в системе глобальных авиаперевозок [1] стратегического взаимодействия современных аэропортовых предприятий и авиакомпаний, применения инновационных решений (в частности, использования инновационных ОСД).

1.2. Развитие интеллектуальных технологий ОСД аэропортов

К достоинствам ОСД относится повышенная световая отдача светильников с СД, практическое отсутствие вредных веществ в них, высокие прочностные характеристики, повышенный срок службы и значительно меньшие массогабаритные показатели [12–14].

В США в 2013–2016 гг. был реализован пилотный проект по внедрению ОСД в крупнейшем международном аэропорту «PHL» (Филадельфия) [15]. Предварительно сотрудники «PHL» при содействии специалистов

программы «GATEWAY» Минэнерго США провели обследования и анализ потребления электрической энергии светотехническим оборудованием в зонах стоянок воздушных судов, перронных территорий, внутри зданий пассажирских терминалов – ожидаемая экономия электроэнергии составила почти 50 %.

Реализация проекта подтвердила расчёты – внедрение нового светотехнического оборудования позволило экономить значительные объёмы электроэнергии, оптимизировало распределение уровней освещенности в аэропорту под решение конкретных задач по обслуживанию воздушных судов, работе наземного оборудования, обслуживанию пассажиров и обеспечению безопасности полётов [16, 17].

Практическое использование нового СД-оборудования побудило Североамериканское светотехническое общество (IESNA) внести изменения в руководящие указания IESNA-RP-17–1987 («Освещение зоны обслуживания в аэропорту») и IESNA-RP-14–1987 («Освещение зоны автомобильной парковки автомобильных дорог аэропорта»): они были обновлены и объединены в едином документе IES RP-37–15, который даёт дополнительную информацию о важных преимуществах ОСД [18].

Краткое обозрение стандартов Федерального управления гражданской авиации США (FAA) в части ОСД и энергоэффективности приведён в [19]. Персонал по управлению техническими операциями FAA контролирует системы освещения и визуальные индикаторы пути захода на посадку, а персонал аэропорта – огни ВПП, рулёжных дорожек и стоянок [20].

СД могут обеспечивать улучшенную цветопередачу, что важно в определении цветовой маркировки маршрутов движения, и, с помощью высокоэффективных управляющих устройств, мгновенно или постепенно включаться-выключаться практически при любой температуре.

В международном аэропорту Миннесоты «MSP» в декабре 2015 г. введена в строй солнечная электростанция мощностью 3 МВт [21, 22]. При реконструкции и модернизации светотехнического оборудования по проекту компании (по энергоэффективности и возобновляемой энергии) Ameresco 7700 светильников с МГЛ заменены на энергосберегающие с СД, что зна-

чительно снизило энергопотребление. При этом солнечная электростанция в настоящее время обеспечивает почти 20 % общей энергетической мощности аэропорта, сокращая выбросы парниковых газов на 6813 т в год. Всё это повышает надёжность и устойчивость освещения аэропорта, экономит значительные объёмы электроэнергии и позволяет выстраивать светотехническую систему аэропорта с высокой степенью независимости от внешних источников энергоснабжения.

1.3. Аэропорты и организации США, исследующие возможности применения ОСД для нужд аэропортов

На территории США расположено около 5000 аэропортов [23], из которых 3300 являются частью национальной системы аэропортов и имеют право на получение федеральных грантов для своего развития [25]. В США сопровождением развития воздушного транспорта занимается Совет по исследованиям транспорта (*TRB*), который предлагает инновационные, основанные на исследованиях, решения по улучшению транспортной деятельности. *TRB* совместно управляют Национальная академия наук США, Национальная Академия Инженерных наук США и Институт медицины США.

Цель настоящей работы – исследование опыта использования ОСД аэродромов (аэропортов) США с оценкой возможности и необходимости его использования в России.

2. Методы

Методологию нашего исследования по модернизации с помощью ОСД аэропортов России на основе опыта США составляли такие научные методы, как анализ, синтез и дедукция. Соответственно, проводились: анализ требований к освещению аэродромов; обзор и анализ особенностей развития ОСД аэродромов; анализ опыта применения ОСД аэропортов США; дедуктивный анализ и синтез оценки возможности и необходимости применения опыта США в сфере ОСД в России.

3. Результаты

Освещение аэродромов (*Airfield ground lighting, AGL*) обеспечивает

видимость ВПП и рулёжных дорожек. За прошедшее десятилетие сделаны значительные шаги по поддержанию этой деятельности на аэродромах США, и использование СД-технологий в *AGL* стало более распространённым (рис. 1 и 2).

Реконструкция системы *AGL* требует разработки качественной проектной документации. Приёмочное тестирование и ввод в действие *AGL* должны увязываться с каждым проектом строительства и действующими нормативами. При поэтапном вводе ОСД могут возникать вопросы совместимости светильников с СД на аэродроме с его существующей электрической инфраструктурой. Для гарантии совместимости с существующим оборудованием следует проводить согласование проектов и процедур установки светильников [24].

Приёмочная проверка системы освещения аэродрома должна включать её визуальную и физическую проверки, электрическое тестирование, светоизмерительное тестирование и системное испытание на отказ [25].

В *AGL* в разной пропорции используются светильники с СД разного назначения (боковые огни ВПП, огни осевой линии ВПП, огни освещения рулёжной дорожки, заградительные огни, огни зоны приземления и отрыва, идентификационные огни порога ВПП, аэродромные знаки и др.) [25].

При визуальной проверке определяется соответствие с проектом мощности системы электроснабжения (1-, 3- или 5-уровневой), ориентации и физического состояния, включая целостность и чистоту. При этом рекомендуется проверять 20 %-ю случайную выборку светильников. При обнаружении дефекта следует открыть и проверить ещё 20 % светильников. Все неисправные светильники следует отремонтировать и повторно проверить.

Электрическое тестирование гарантирует, что минимальные указанные нормативы выполнены, и даёт исходные данные для организации обслуживания. Измерение сопротивления изоляции схемы (50 МОм, по рекомендательному циркуляру AC150/5340–30Н) позволяет убедиться в отсутствии текущих потерь и используется для анализа динамики процессов в изоляции и условий использования. Периодически должны проводиться измерения полного сопротивления и мощности нагрузки системы. Электрооборудо-

вание «восприимчиво» к пыли и грязи, в частности, способствующих перегреву и преждевременному выходу из строя светильников.

В светоизмерительное тестирование (при принятии светильников в эксплуатацию) входят «стандартные» фотометрические измерения, соответствующие типу (назначению) тестируемого светильника.

Системное испытание на отказ позволяет в период прогонки – «выжигания дефектов» – выявлять некондиционные компоненты (источником отказов, как правило, являются электронные компоненты). Рекомендуется использовать период прогонки, в 5–10 раз превышающий нормальный ежедневный операционный период, обычно составляющий 12 ч.

Система приёмочных испытаний важна для практики управления запасами светотехнических активов и экономической стороной светотехнической системы. Рекомендуемый срок гарантий – 4 года, по AC150/5345–43Н, и критерии замены светильников – по AC150/5340–26С. Аэропорты также минимум два раза в месяц должны проверять светильники. Светильники в средней части ВПП, на рулёжных дорожках или в зонах приземления могут иметь большую интенсивность отказов из-за вибрации. Современные светильники с СД намного надёжнее их предшественников, требуя значительно меньшей частоты замен. Для управления гарантийными обязательствами необходимо фиксировать дату установки светильников и разработать послегарантийную стратегию (например, включающую сервисный договор, продлённый срок гарантии или выполнение внутренних ремонтов).

Проблемой является устаревание оборудования в связи с быстрым развитием СД-технологий, прежде всего для малых аэропортов, не имеющих возможности часто получать поддержку *FAA*. Проблема устаревания частично смягчается использованием адаптивной электроники.

Типичное эмпирическое правило для запасных частей – их 10 %-я доля от проектного количества, но с учётом долговечности СД-оборудования она может быть сокращена до 5 %-й (что также свидетельствует о преимуществе использования СД).

Экономическая сторона ОСД зависит от технических и эксплуатацион-

ных характеристик СД-оборудования. Снижение ожидаемых эксплуатационных расходов на ОСД аэродромов подтверждено сокращением затрат на обслуживание и уменьшением потребления энергии светильниками с СД.

Главное преимущество светильников с СД, содержащих безэлектrolитные конденсаторы в особо прочных алюминиевых корпусах, – длительные сроки эксплуатации, свыше 100 тыс. ч непрерывной работы. При этом сокращаются затраты на специальную технику (не нужно автокранов для обслуживания светильников на высоте до 50 м).

4. Обсуждение и выводы

В статье приведены: анализ требований к освещению аэродромов, особенностей развития ОСД аэродромов и опыта применения ОСД аэропортов США; дедуктивный анализ и синтез оценки возможности и необходимости применения опыта США в сфере ОСД аэродромов в России.

Существует ряд онлайн-инструментов для сравнения предполагаемых стоимостей жизненного цикла разных систем освещения [26], в том числе в России:

1. Минэнерго США (*DOE*) представляет несколько методик расчёта экономии энергии и необходимых затрат при реконструкции систем освещения аэропортов (URL: <http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/eepeccalculators.html>).

2. Нью-Йоркский государственный орган по исследованиям и разработкам в области энергетики (*NYSERDA*) предлагает электронную таблицу по расчёту стоимости жизненного цикла коммерческих систем освещения, которую можно адаптировать для оценки расходов на освещение аэродромов (URL: <http://www.nyserda.ny.gov/PageSections/Business-Partners/Commercial-Lighting/Ток-Partners.aspx>).

3. Компания *General Electric Lighting* предоставляет ряд простых инструментов для оценки затрат энергии и стоимости жизненного цикла (URL: http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/tools_software/toolkit).

4. Производитель аэродромного осветительного оборудования *ADB Airfield Solutions* предоставляет инструмент для работы с электронными таблицами для оценки рентабельности

инвестиций и стоимости жизненного цикла для ряда типов осветительных приборов с СД.

Наибольшую озабоченность по поводу ОСД у персонала обследованных аэропортов вызвала стоимость [25]. Примерно 75 % специалистов сказали, что стоимость ОСД – основной барьер на пути применения ОСД на аэродромах. Однако есть свидетельства и того, что в большинстве аэропортов США уже имеющееся ОСД на аэродромах обеспечивает 20–50 % их общего освещения [25]. Понимание важности возврата инвестиций (*ROI*), необходимых для перехода на ОД, помогает лицам, принимающим решения, выбирать лучший план действий по модернизации своих аэропортов. Целесообразно на каждом аэродроме определять размеры посадочных сборов для авиакомпаний с учётом возмещения затрат на внедрение современного ОСД [26, 27].

На основании материалов статьи можно заключить следующее:

- Современный уровень развития ОСД аэродромов (аэропортов) в России ниже, чем в США.

- Опыт применения этого ОСД в США представляет несомненный интерес для России, поскольку многие уже решённые проблемы в США можно учитывать при модернизации светотехнических систем аэропортов России.

- Организациям и учреждениям России в сферах науки, инноваций и эксплуатации высокотехнологичного оборудования следует участвовать в межпрофессиональном обсуждении разных проблем. Для активизации этого процесса могут использоваться научные публикации специалистов США, в том числе отчёты Национальной академии наук США.

- Использование опыта США позволит повысить качество и надёжность предоставляемых услуг в сфере авиаперевозок, комфортность и безопасность полётов в России, а также конкурентоспособность российских аэропортов и – опосредованно – авиакомпаний.

- Целесообразно использовать в России онлайн-инструменты, рекомендуемые специалистами США для оценки стоимости жизненного цикла светильников с СД с учётом существующих географических и климатических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паукратова А.Р. Оценка стратегического взаимодействия аэропортовых предприятий и авиакомпаний / Дисс... к-та экон. наук. – СПб: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», 2017. – 162 с.
2. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том I «Проектирование и эксплуатация аэродромов» – 7 изд.: Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2016. – 375 с.
3. Авиационные правила. Часть 139 «Сертификация аэродромов». Том II «Сертификационные требования к аэродромам», 2012. – 163 с.
4. ГОСТ Р 56118–2014 «Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности (СМБ-АД). Система менеджмента безопасности авиационного комплекса поставщиков обслуживания. Руководство по управлению безопасностью авиационной деятельности аэропортовых комплексов».
5. ГОСТ Р 55862–2013 «Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. СМБ авиационного комплекса (поставщиков обслуживания). СМБ авиационной деятельности поставщиков обслуживания: авиакомпании, аэропорты, организации по организации воздушного движения, учебные заведения, организации по техническому обслуживанию и ремонту. Общие положения».
6. ICAO Doc 9859 «Safety Management Manual», 8 Ed., (unedited advance version), 2018. – 172 p.
7. «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.08.2018).
8. Реестр выданных сертификатов светосигнального оборудования аэродромов, 2018–2с. URL: <http://favt.ru/public/materials/3/2/6/f/7/326f7c66f5b664ec878773f8efcd5e44.pdf> (дата обращения: 25.06.2018).
9. Методические рекомендации проведения сертификации светосигнального оборудования, устанавливаемого на сертифицированных аэродромах, предназначенных для взлёта, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов – (утв. Зам. Рук. Фед. Агентства воздушного транспорта 30.09.2017 г.). – 15 с. URL: <http://www.favt.ru/public/materials/1/2/9/f/6/129f655b7a4ed5ae3b87e3961bbb34dd.pdf> (дата обращения: 25.06.2018).
10. Неверская Н. Светильники не только светят и греют, но и охраняют, защищают и выращивают. URL: <http://www.forbes.ru/forbeslife/360381-cto-mozhet-svet-pyat-vozmozhnostey-sovremennyh-sistem-osveshcheniya> (дата обращения: 25.06.2018).

11. Майзенберг С.И. Создание комплексов электросветосигнального оборудования для гражданских и специальных аэродромов в 1972–1989 годах // Светотехника. – 2018. – № 3. – С. 84–91.

12. ГОСТ Р 56231–2014/IEC/PAS62722–2–1:2011 «Светильники. Часть 2–1. Частные требования к характеристикам светильников со светодиодными источниками света».

13. ГОСТ Р 55705–2013 «Приборы осветительные со светодиодными источниками света».

14. ГОСТ Р 54815–2011/IEC/PAS62612:2009 «Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В».

15. Terminal F Renovation and Expansion, Philadelphia Airport. URL: <https://www.airport-technology.com/projects/terminal-f-renovation-and-expansion-philadelphia-airport> (дата обращения: 25.06.2018).

16. SSL Evaluation: Philadelphia International Airport Apron Lighting // DOE/EE-1646. – October, 2015. – 2 p.

17. Philadelphia International Airport Apron Lighting: LED System Performance in a Trial Installation. – Pacific Northwest National Laboratory, 2015. – 34 p.

18. 2016 Guide to Airport Lighting. URL: <https://www.specgradeled.com/2016-guide-to-airport-lighting/> (дата обращения: 25.06.2018).

19. Lepine D. FAA Standards for LED Lighting and Energy Efficiencies, 2014. – 22 p. URL: <https://docplayer.net/32968558-Faa-standards-for-led-lighting-and-energy-efficiencies-dave-lepine.html> (дата обращения: 25.06.2018).

20. Thurber M. Airports. FAA Adapting To LED Lighting Push. URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2015-01-15/airports-faa-adapting-led-lighting-push> (дата обращения: 25.06.2018).

21. MSP Airport Solar PV and Energy Efficiency Project Overview – Presentation MSP&Ameresco, 2015. – 18 p.

22. Minneapolis-St. Paul international airport powers up Minnesota's largest solar energy project. URL: <https://www.ameresco.com/minneapolis-st-paul-international-airport-powers-minnesotas-largest-solar-energy-project/> (дата обращения: 25.06.2018).

23. Airport Research Needs: Cooperative Solutions / Special Report. – NAP, 2003. – 116 p.

24. Issues With Use of Airfield LED Light Fixtures. – NAP, 2012. – 35(43) p.

25. LED Airfield Lighting System Operation and Maintenance / ACRP Report 148, 2015. – 90 p.

26. Дос 9562 «Руководство по экономике аэропортов». 3 изд. – Международная организация гражданской авиации, ИКАО, 2013. – 167 с.

27. Дос 9082 «Политика ИКАО в отношении аэропортовых сборов и сборов за аэронавигационное обслуживание». 9 изд. – Международная организация гражданской авиации, ИКАО, 2012. – 44 с.



Ворожихин Влади-мир Вальтерович, кандидат экон. наук. Окончил в 1979 г. МЭИ. Веду-щий научный со-трудник Центра мониторинга и оценки экономиче-ской безопасности

Института экономической политики и проблем экономической безопасности Финансового университета



Морева Евгения Львовна, кандидат экон. наук. Окончила экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Зам. директора Института про-мышленной поли-тики и институци-

онального развития Финансового университета. Область научных интере-сов: инновационная экономика, региональ-ная интеграция, интеллектуальный капитал



Старовойтов, Владимир Гаври-лович, доктор экон. наук. Окончил МАИ (1979 г.) и Рос-сийскую академию народного хозяйст-ва и государствен-ной службы (2000 г.). Директор Центра

мониторинга и оценки экономической безо-пасности Института экономической поли-тики и проблем экономической безопасно-сти Финансового университета. Область научных интересов: стратегическое плани-рование и управление, экономическая безо-пасность, развитие контрактной систе-мы в сфере государственных и муниципальных закупок



Тютюнник Игорь Георгиевич, юрист. Окончил юридиче-ский факультет Московского нового юридического ин-ститута. Научный сотрудник Инсти-тута промышлен-ной политики и ин-

ституционального развития Финансового университета. Область научных интере-сов: промышленная политика, инновацион-ная деятельность, экономическая преступность

Новый алгоритм помогает быстрее выбирать люминофорные материалы для светодиодов

Джейко Бргоч (Jakob Brgoch), доцент кафедры химии Хьюстонского университе-та, и сотрудники



его лаборатории в октябре 2018 г. опубликовали в журнале «Nature Communications» статью о том, как компьютеры могут ускорять создание новых материалов (www.nature.com/articles/s41467-018-06625-z). Сканируя большое число химических соединений на предмет их основных свойств, они искали новый светопреобразующий материал, который можно было бы применить в белых СД.

Исследователи использовали компьютер для быстрого определения основных свойств большого числа соединений (для возможного синтеза подходящего люминофорного материала), таких как дебаевская температура и химическая совместимость.

Бргоч заявил, что этот проект продемонстрировал ценность того, что компьютеры способны предложить в части разработки высококачественных материалов, т.е. в области, в которой традиционно применялись метод проб и ошибок и простые эмпирические правила. «Проект подсказывает нам, куда следует смотреть, и направляет наши усилия по синтезу материалов», – сказал он.

Проект начался с составления списка из 118287 возможных неорганических люминофоров, содержащихся в Пирсоновской базе структур кристаллов (Pearson's Crystal Structure Database), который был сокращён алгоритмом до чуть более 2000 наименований. Ещё 30 с потребовалось на получение списка из примерно двадцати перспективных материалов. По словам Бргоча, без компьютера на это ушли бы недели.

Его лаборатория осуществляет как компьютерный анализ и прогнозирование, так и синтез, и после признания того, что борат натрия-бария является хорошим кандидатом, они изготовили это соединение. Оно оказалось стабильным и имело 95 %-ный квантовый выход. Однако излучаемый свет получался слишком синим для коммерческого использования. Это не обескуражило Бргоча: «Теперь мы можем использовать компьютеры для поиска люминофора, излучающего должным образом. Наша цель состоит не только в высокой световой отдаче СД ламп, но и в их лучших спектральных характеристиках при одновременном снижении стоимости».

При этом главное, по словам исследователей, заключается в том, что они продемонстрировали способность компьютеров значительно ускорять открытие новых материалов.

led-professional.com
23.10.2018

BL
Group

Международная
светотехническая
корпорация

БОУС ЛАЙТИНГ ГРУПП

Лидер светотехнической отрасли России

- Проектирование и дизайн
- Разработка и конструирование световых приборов
- Разработка программного обеспечения
- Производство
- Строительно-монтажные и пусконаладочные работы
- Управление освещением
- Эксплуатационное обслуживание
- Сбыт световых приборов и металлоконструкций



Россия, г. Москва,
проспект Мира, д. 106



bl-g.ru



(485) 785-37-40



Метод восстановления двунаправленной функции рассеяния, основанный на оптимизации распределения нормалей микрорельефа

Н.Н. БОГДАНОВ¹, Е.Ю. ДЕНИСОВ, А.Д. ЖДАНОВ, Д.Д. ЖДАНОВ,
И.С. ПОТЁМИН, В.Г. СОКОЛОВ

ИПМ им. Келдыша РАН, Москва, Университет ИТМО, Санкт-Петербург
E-mail: 'nbnbogdanov@corp.ifmo.ru

Аннотация

Работа посвящена разработке метода восстановления рассеивающих свойств шероховатой поверхности. Под шероховатой поверхностью в данном случае понимается граница раздела диэлектрик-воздух. Обычно эти свойства описываются с помощью двунаправленной функции рассеяния. Прямое измерение таких функций либо невозможно, либо его стоимость очень высока. Метод восстановления двунаправленной функции рассеяния, основанный на распределении высот микрорельефа, требует сложной процедуры подгонки и зачастую даёт не очень хорошие результаты. В предлагаемом решении шероховатая поверхность моделируется параметрической функцией, эмулирующей плотность распределения нормалей к граням микрорельефа поверхности. Результат оптимизации плотности распределения нормалей к граням поверхностного микрорельефа хорошо согласуется с ожидаемым.

Ключевые слова: Микрорельеф, двунаправленная функция рассеяния, шероховатая поверхность, диффузия, рендеринг, светопроводящие системы, полное внутреннее отражение, волновая оптика, лучевая оптика.

1. Введение

Светопроводящие оптические элементы с шероховатыми поверхностями широко применяются в приборах со сложным распространением света. Как правило, шероховатые поверхности применяют в двух случаях: либо для формирования специальной гониометрической диаграммы рассеяния светового излучения, либо для создания требуемого пространственного распределения яркости в различных светопроводящих устройствах, таких

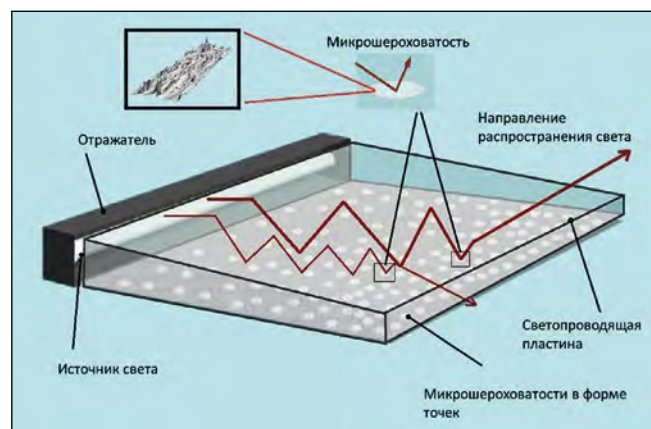
как системы подсветки жидкокристаллических дисплеев, приборные панели автомобилей, светодиодные светильники и др. При моделировании распространения света внутри материала светопроводящего элемента необходимо учитывать оптические свойства шероховатой границы раздела между двумя средами, тогда как оптические свойства всего элемента лишены смысла. Более того, эти свойства отличаются в зависимости от того, падает ли свет на границу раздела со стороны материала светопроводящего элемента или же свет падает на поверхность из воздуха. Поэтому для физически корректного моделирования такого рода устройств оптические свойства шероховатой поверхности необходимо учитывать индивидуально для каждой стороны.

На рис. 1 представлен пример использования шероховатой поверхности. На нижнюю поверхность светопроводящей пластины (СПП) нанесены пятна с микрорельефом. Эти пятна являются рассеивающими поверхностями. Они имеют относительно малый размер, и поэтому их иногда называют диффузными точками. Внутри СПП луч света распространяется согласно закону полного внутреннего отражения. После рассеяния на диф-

фузных точках луч отклоняется от направления зеркального отражения и может покинуть СПП. Изменяющаяся по поверхности СПП плотность распределения диффузных точек позволяет получить равномерное излучение по всей площади выходной поверхности.

Параметры рассеяния света шероховатой поверхности описываются двунаправленной функцией рассеяния (ДФР). Функция имеет сложное многомерное представление и зависит от множества параметров, таких как: направление падения света, направление наблюдения света и спектральный состав (цвет) излучения. ДФР является суперпозицией двух функций: двунаправленной функции отражательной способности (ДФОС) и двунаправленной функции пропускания (ДФП). Для плоских тонких образцов ДФР может быть измерена с помощью гониофотометра. В случаях, когда толщиной образца с микрорельефом можно пренебречь, его физически корректная модель может быть представлена как одиночная поверхность, на которую назначены свойства ДФР, полученной в результате измерений. Такая «поверхностная» модель, схематически представленная на рис. 2а, может быть применена для моделирования различных диффузных плёнок или фильтров. К сожалению, эта модель не применима, если толщина образца с микрорельефом важна для распространения света внутри прозрачного материала СПП. В таком случае должна использоваться «твердотельная» модель, показанная на рис. 2б. Это означает, что для корректного моделирования необходимо иметь две ДФР шероховатой поверхности, одна из которых описывает рассеивающие свойства при прохождении излучения из воздуха в стекло, а другая – из стекла в воздух.

Рис. 1. Пример использования шероховатой поверхности



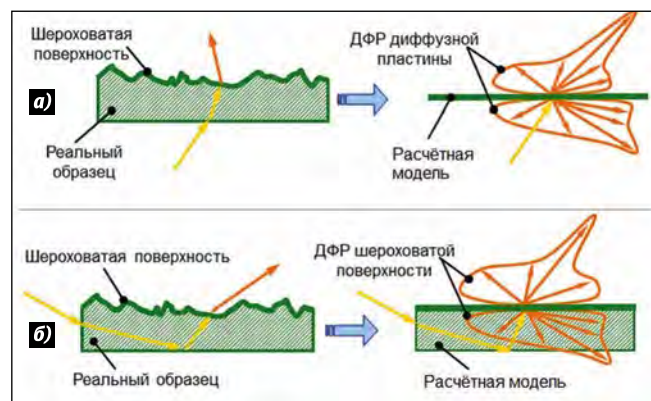
Главная проблема в том, что ДФР шероховатой поверхности СПП не может быть измерена напрямую. Этому есть несколько причин. Во-первых, это наличие многократных отражений между шероховатой поверхностью и другими поверхностями измеряемого образца. Во-вторых, невозможность осветить образец или детектировать свет под скользящими углами к шероховатой поверхности. Решение проблем дорогостоящее и требует специального оборудования для исключения многократных отражений между поверхностями и преломления на стороне, противоположной измеряемой шероховатой поверхности.

Многие исследователи занимаются решением сложной проблемы восстановления ДФР [1–8]. Ряд работ [1–5, 7] посвящён точному и физически корректному восстановлению путём сравнения с базой данных измерений ДФР MERL [9]. Эта база данных содержит функции отражения для 100 видов материалов. Авторы этой базы данных приводят описание своего метода получения ДФР [10], но возникает вопрос о корректности измерений. Сложно сказать, насколько точны измерения ДФР, приведённые в базе данных MERL, ввиду отсутствия информации о сертифицированном измерительном оборудовании. Вот почему возникает вопрос о достоверности измерений.

Следует также отметить, что в большинстве работ авторы рассматривают вопрос о восстановлении только двунаправленной функции отражательной способности (ДФОС), а не в целом двулучевой функции рассеяния (ДФР). Как правило, ДФОС применяется только к поверхностям, но этого не достаточно для точного моделирования, например, матового стекла.

Одним из альтернативных способов восстановления ДФР является компьютерное моделирование рассеяния света на границе микрорельефа среды образца [11]. Такой косвенный способ также имеет ряд недостатков. В частности, отклонение профиля поверхности может быть сопоставимо с длиной волны падающего света. Это означает, что расчёты должны осуществляться с учётом аспектов волновой оптики, которые, во-первых, очень сложные, и во-вторых, могут быть не достоверными из-за недостаточной точности измерений профиля поверхности.

Рис. 2.
«Поверхностная» модель диффузной пластины (а), «твердотельная» модель СПП (б)



В данной статье представлен комбинированный подход. В нём используется оптимизация ДФР, основанная на приближении формы к функции Гаусса и Коши, с ограниченным числом параметров. Такой подход обеспечивает более корректное восстановление ДФР, чем метод, предложенный в [11].

Авторы предлагают способ восстановления ДФР, который позволяет физически корректно моделировать сложные сцены с матированным стеклом. Для проведения экспериментов использовалось сертифицированное измерительное оборудование GCMS-4 [12], которое позволило провести физически точное измерение ДФР. В данном исследовании проводилось восстановление ДФР и результаты сравнивались с измерениями на оборудовании GCMS-4, поэтому можно быть уверенным, что полученные результаты являются физически корректными.

2. Численные методы восстановления ДФР

Существует несколько численных подходов к вычислению ДФР шероховатых поверхностей как на основе волновой оптики, так и на основе лучевого приближения. В предыдущем исследовании было описано решение, в котором поверхностный микрорельеф представлен в виде распределения высот в пределах репрезентативной области образца [11].

Восстановление ДФР пластины с шероховатой поверхностью было основано на использовании двух наборов измеренных данных: распределения высот микрорельефа и ДФР всего образца (ДФП и/или ДФО). Зачастую результаты восстановления были не очень хорошими и требовали комплексной оптимизации микрорельефа (изменения масштаба и филь-

трации профиля). Однако фильтрация не может гарантировать успешного решения задачи.

Новый подход основан на использовании только одного типа данных, а именно: ДФР (ДФП и/или ДФО), измеренной для всего образца. Несмотря на разницу с предыдущим алгоритмом, базовая модель нового подхода та же самая. Исходной информацией для восстановления ДФР является угловое распределение силы света, рассчитанное после преобразования лучей на границе двух сред, представленной в виде микрограней. Единственное отличие заключается в том, что микрогрань определяется как плотность распределения нормалей к поверхностям этих микрограней. Приложение *OPTOS MicroRelief tool* [13], интегрированное в программный комплекс *Lumicept* [14], обеспечивает корректные вычисления распределения силы света, рассеянного на микрорельефе.

Начальное распределение нормалей к микрограням рельефа, необходимое для моделирования распространения света, может быть восстановлено по измеренной ДФО образца. При отсутствии затенения соседних микрограней друг другом угловое распределение нормалей примерно в 2 раза уже, чем ДФО. Конечно, это является грубой аппроксимацией, но вполне может быть использовано в качестве начального шага для всей процедуры по восстановлению ДФР.

Для восстановления ДФР мы использовали реальный образец в виде плоскопараллельной пластины, у которой одна поверхность – полированная, а другая – шероховатая (матированная). Пластина освещалась коллимированным пучком света. Для каждого направления падения измерялась интенсивность отражённого и прошедшего света. Для упрощения измерения проводились в одной пло-

Рис. 3. Схема модели гониофотометра для измерения ДФР диффузной пластины



Рис. 4. Результаты измерений и расчёта ДФП

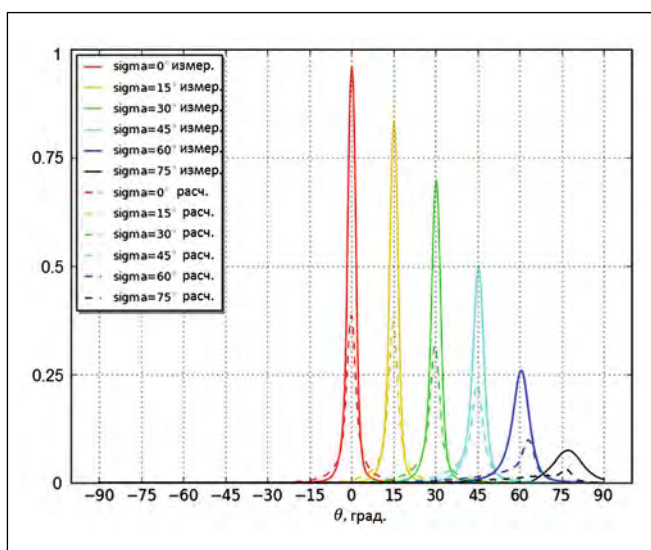
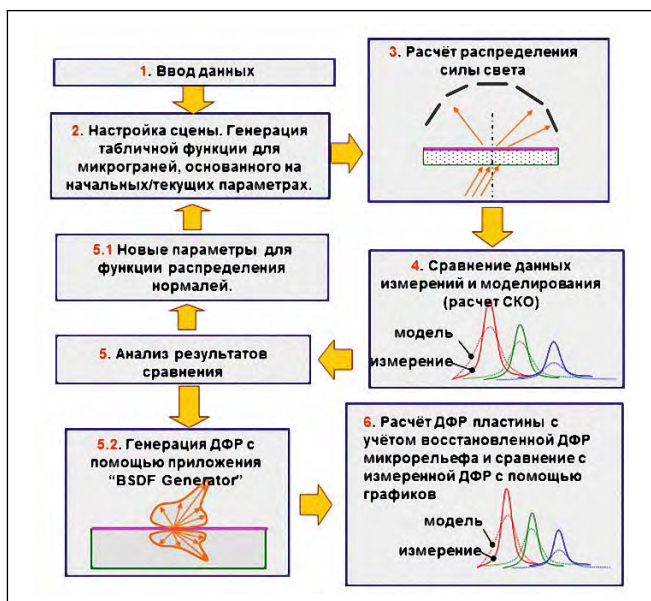


Рис. 5. Процедура оптимизации углового распределения нормалей к микрограням рельефа шероховатой поверхности



скости – в плоскости падения. Схема моделирования (рис. 3) очень близка к схеме измерения. Коллимированный пучок света с соответствующей апер-

турой и угловой расходимостью освещает пластину. Шероховатая поверхность образца моделировалась ДФО, рассчитанной с помощью модуля ге-

нерации ДФР, входящего в комплекс программ Lumiccept [15], используя плотность углового распределения нормалей. Рассеянный пластиной свет аккумулировался крутыми виртуальными детекторами, расположенными по заданной угловой сетке. Расстояния между детекторами и измеряемым образцом и радиус детекторов соответствуют характеристикам измерительной установки: взаиморасположению измеряемого образца и фотоприёмника, угловому и пространственному разрешению гониофотометра.

На рис. 4 представлены графики измеренной и рассчитанной ДФП в виде относительного углового распределения силы света, прошедшего через образец с одной шероховатой поверхностью. Объединённый график содержит ДФП для всех измеренных направлений падения света: 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° (σ – угол между нормалью к поверхности образца и направлением падения света). Направления падения на графике обозначены различными цветами. Отметим, что все измерения и расчёты проведены в плоскости падения. Сплошными линиями обозначены результаты измерений реального образца. Пунктирные линии соответствуют результатам моделирования образца с восстановленной ДФР. Видно, что есть существенная разница между результатами моделирования и измерений. Похожую тенденцию можно наблюдать и на графике с результатами по отражению света (не представлены в статье).

3. Алгоритм оптимизации восстановления ДФР, основанный на распределении нормалей

Главная причина отличий между результатами измерений и расчёта, показанных на рис. 4, состоит в том, что начальное восстановленное отклонение нормалей не подходит для реальной модели рассеяния света на образце. С другой стороны, угловое распределение нормалей является косвенным способом определения ДФР. Таким образом, разумно предположить, что оптимизация углового распределения нормалей к микрограням рельефа шероховатой поверхности позволит получить целевую ДФР образца.

Основная идея предлагаемого оптимизационного метода состоит в том,

что для восстановления искомой ДФР шероховатой поверхности достаточно использовать только один набор измеренных данных, например, характеристик пропускания всего образца или, другими словами, его ДФП. На рис. 5 представлена процедура оптимизации. Шероховатая поверхность определяется плотностью углового распределения нормалей к микрограням поверхности. Алгоритм оптимизации содержит следующие шаги:

1. На первом шаге вводится информация о размерах образца, показатель преломления, ДФП образца, начальные параметры для описания функции плотности распределения нормалей.

2. Второй шаг включает в себя настройку тестовой сцены, генерацию табличной функции для микрограней, основанной на начальных параметрах. После этого распределение микрограней добавляется в дополнительное приложение OPTOS MicroRelief [13], генерирующее соответствующую ДФР.

3. На третьем шаге вычисляется угловое распределение силы света для подготовленного образца.

4. Далее оптимизатор сравнивает результаты расчёта с результатами измерений и вычисляет среднеквадратическое отклонение (СКО).

5. Следующим шагом является анализ отклонения между оптимизированным и измеренным результатами, чтобы принять решение о продолжении или остановке процесса оптимизации.

5.1. Если желаемое отклонение не достигнуто, тогда оптимизатор меняет параметры плотности распределения нормалей и возвращается к шагу 2 для продолжения процесса.

5.2. Впоследствии, если отклонение приемлемо, генерируется финальная ДФР при помощи инструмента «BSDF Generator» программного комплекса Lumiccept [14].

6. Наконец, оптимизатор строит графики измеренной ДФР образца и рассчитанной ДФР образца с учётом восстановленной ДФР шероховатой поверхности образца.

Важной особенностью данного метода является то, что при восстановлении ДФР параметром оптимизации является распределение плотности нормалей к микрограням поверхности. Однако табличное определение распределения плотности нормалей не подходит для большинства опти-

Рис. 6. Общий вид функций Гаусса и Коши

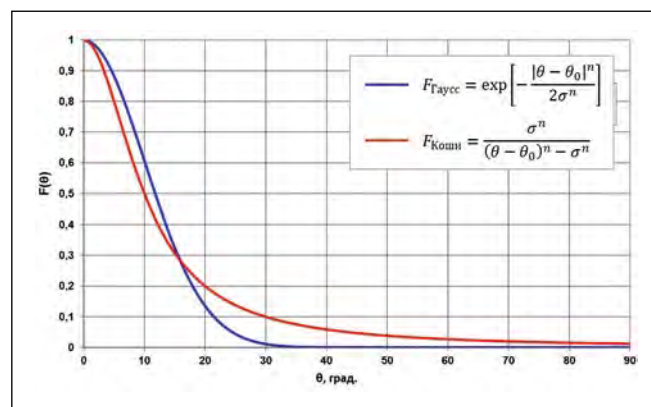
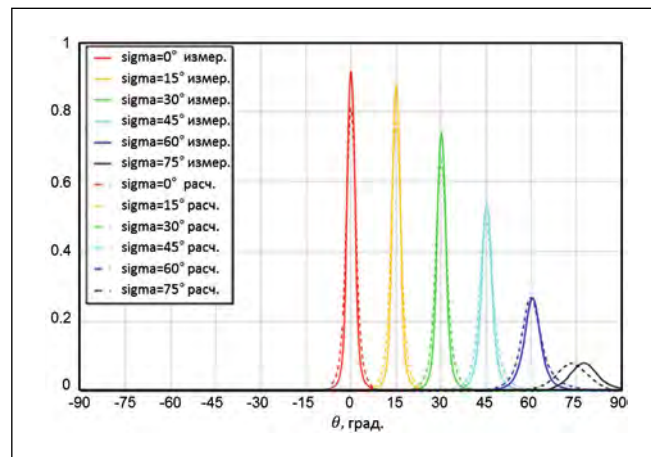


Рис. 7. Результаты восстановления ДФР, полученные ранее



мизационных инструментов, поскольку многопараметрические процедуры требуют очень много расчётного времени. Наиболее удобным представлением закона распределения является аналитическая функция с минимальным числом параметров. Проведённые авторами эксперименты позволили определить два наиболее подходящих в данном случае типа базовых функций: Гаусс-образная и Коши-образная. Для большинства случаев распределение Коши даёт более хороший результат, хотя для некоторых микрорельефов приближение Гаусса представляется лучшим. По мнению авторов, аппроксимация по Гауссу даёт хорошее согласование с измерениями ДФП в зонах с высокой прозрачностью (по крайней мере, с точки зрения среднеквадратического отклонения между результатами моделирования и измерения). Поэтому в процессе оптимизации разумно использовать оба типа функций. Общий вид функций Гаусса и Коши представлен на рис. 6. Хорошо видно, что распределение Коши шире в зонах дальних углов. Параметр θ_0 , определяющий сдвиг пика распределения вдоль оси углов, является довольно формальным, поскольку в большинстве случа-

ев плотность распределения нормалей имеет максимум при $\theta_0 = 0$. Но этот параметр зарезервирован для улучшенной оптимизации.

Учитывая то, что общее табличное представление функции плотности распределения нормалей не является хорошим решением для оптимизации, было выбрано альтернативное «гибридное» решение. Базовая функция плотности распределения нормалей может быть задана Гаусс-образной или Коши-образной, в то время как некоторые области функции могут быть заменены на локально табличную функцию. Краткое описание алгоритма можно представить следующим образом:

1. Предположим, что процедура оптимизации с аналитической функцией плотности распределения нормалей не может соответствовать ДФР в области, близкой к нулевому углу θ . Это означает, что плотность распределения нормалей в области нулевого углового отклонения должна быть представлена табличной функцией.

2. Затем оптимизатор добавляет несколько точек в табличное представление плотности распределения нормалей в этой области и продолжает оптимизацию смешанной функции. Если

Рис. 8. Результаты восстановления ДФР, основанные на Коши-образной функции

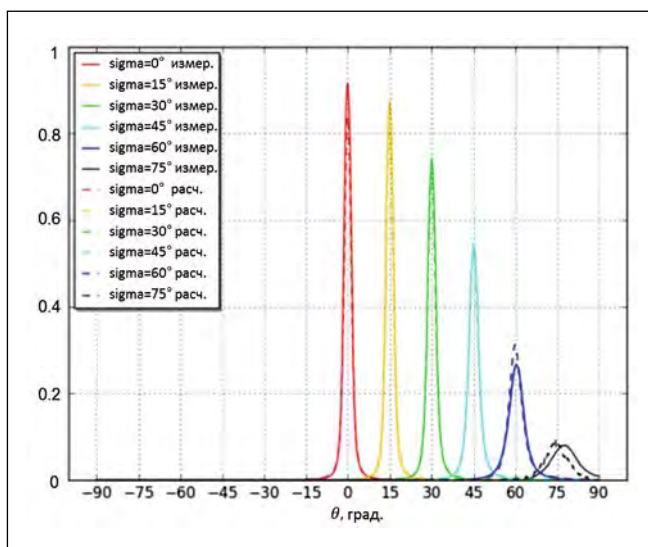
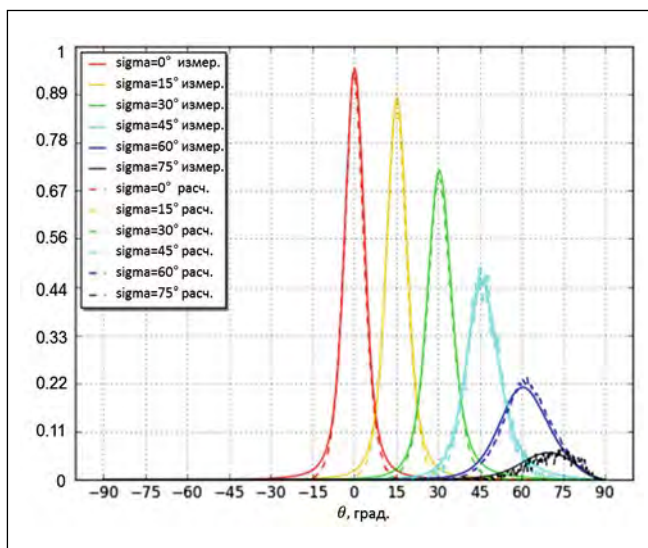


Рис. 9. Результаты восстановления ДФР, основанные на Гаусс-образной функции



число добавленных точек не высоко, процедура оптимизации может найти решение.

4. Сравнение методов восстановления ДФР, основанного на распределении высот и основанного на угловом распределении нормалей

Для тестирования нового метода были выбраны несколько проблематичных образцов, представленных в работе [15]. Эти образцы требовали сложной процедуры настройки, основанной на фильтрации и масштабирования измеренных микрорельефов, для некоторых был использован искусственно созданный рельеф. Ранее достигнутые результаты представлены на рис. 7.

Результаты восстановления ДФР, основанные на Коши-образной функции, представлены на рис. 8.

Результаты восстановления ДФР, основанные на Гаусс-образной функции, представлены на рис. 9.

Результаты оптимизации плотности распределения нормалей хорошо согласуются с желаемым результатом (по крайней мере, для исследуемых образцов). В большинстве случаев Коши-образная функция даёт приемлемые результаты, по крайней мере, не хуже, чем в случае с измеренным микрорельефом [16]. Функция распределения Гаусса в некоторых случаях также полезна. Всё это позволяет сделать вывод о том, что точные измерения микрорельефа в общем не требуются для восстановления ДФР шероховатой поверхности.

Использование плагина *OPTOS MicroRelief* [13] позволяет исключить *BPDF Generator Lumicept* [14] из процедуры оптимизации. Он ускоряет процесс оптимизации, поскольку не требуется генерация ДФР на каждом

шаге оптимизации, что требует значительных затрат времени на расчёты.

Попытка применения табличной функции плотности углового распределения нормалей в качестве оптимизационного параметра не удалась. Оптимизация многопараметрической функции является очень трудоёмкой задачей, и все преимущества, вызванные свободной формой задания плотности распределения нормалей, сводятся на нет замедлением и общей расходимостью процедуры оптимизации.

Можно наблюдать хорошее согласование между результатами измерений и моделирования для направлений падения, близких к нормали ($\theta = 0$), и приемлемое согласование результатов для других направлений падения. В данной работе были показаны результаты только для ДФП. Однако оптимизационная процедура может быть применена также и для отражения. Обычно оптимизация результатов ДФП улучшает и результаты ДФО.

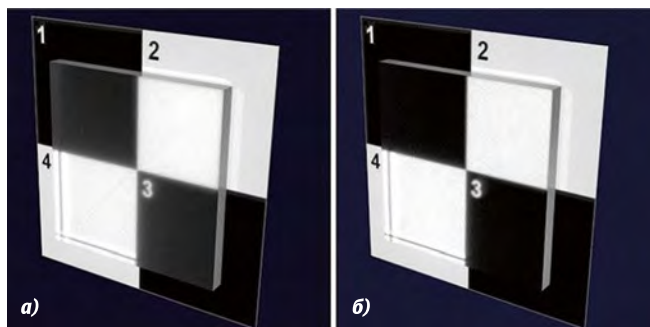
Кроме того, мы промоделировали построение фотореалистичного изображения пластины с шероховатой поверхностью. Вид пластины с ДФР шероховатой поверхности до оптимизации (т.е. когда изначально использовался измеренный профиль) представлен на рис. 10а. Вид пластины с оптимизированной ДФР представлен на рис. 10б.

Изображения, представленные на рис. 10, были синтезированы с использованием физически корректного рендеринга, в основе которого лежит метод трассировки лучей, реализованный в программном комплексе *Lumicept* [14]. Сцена состоит из пластины, на внешнюю поверхность которой назначена ДФР. Пластина помещается над шахматной подложкой и освещается набором источников света, создающих сложное диффузное освещение.

5. Выводы и результаты

В заключении можно отметить, что метод оптимизации плотности углового распределения нормалей для восстановления ДФР показывает хорошее согласование с желаемым результатом (как минимум, в рамках исследуемых образцов). В большинстве случаев использование Коши-образной функции как базовой функции оптимизации ДФР является более предпочтитель-

Рис. 10. Вид пластины с ДФР шероховатой поверхности до (а) и после (б) оптимизации



ным и в ряде случаев показывает гораздо лучшие результаты восстановления ДФР, чем метод восстановления ДФР по измеренному микрорельефу. Кроме того, альтернативной функцией оптимизации ДФР может служить и Гаусс-образная функция, которая в некоторых случаях может обеспечить более высокую скорость сходимости оптимизируемой ДФР к целевому значению. Это позволяет сделать вывод о возможности исключения измерений микропрофиля вообще для точного восстановления ДФР.

6. Благодарности

Данное исследование проведено при частичной поддержке грантов РФФИ № 16–01–00552 и № 17–01–00363, финансовой поддержке ведущих университетов РФ (субсидия 074-U01), а также компанией Integra Inc.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Seylan, N., Ergun S., Öztürk A. BRDF Reconstruction Using Compressive Sensing// 21st International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision 2013. – pp. 88–94.
2. Nielsen, J.B., Jensen, H.W., Ramamoorthi, R. On Optimal, Minimal BRDF Sampling for Reflectance Acquisition// ACM TOG 34(6).– 2015. – pp.1–11.
3. Doris Antensteiner, D., Štolc, S. Full BRDF Reconstruction Using CNNs from Partial Photometric Stereo-Light Field Data// Workshop on Light Fields for Computer Vision at ECCV-2017– 2017. – pp. 13–21.
4. Lu, F., Chen, X., Sato, I., Sato, Y. SymPS: BRDF Symmetry Guided Photometric Stereo for Shape and Light Source Estimation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Issue: 99. – pp.1–14.
5. Manmohan Chandraker, M., Bai, J., Ramamoorthi, R. On Differential Photometric Reconstruction for Unknown, Isotropic BRDFs// IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.– 2013. – vol. 35. – no. 12. – pp.2941–2954.

6. Chuua, S.Y., Wanga, X., Guoa, N., Tan, C.S. Performance of Range Gated Reconstruction: A Theoretical Analysis// Proc. of SPIE. – Vol. 10250. – pp.1–5.

7. Filip, J., Havlí, M., Vávra, R. Adaptive highlights stencils for modeling of multi-axial BRDF anisotropy// The Visual Computer.– 2017. – Volume 33. – Issue 1. – pp.5–15.

8. Chen, C., Dong, Y., Peers, P., Zhang, J., Tong, X. Reflectance Scanning: Estimating Shading Frame and BRDF with Generalized Linear Light Sources// OOPSLA '94.– 1994. – Volume 5. – Issue 4, Oct. 1994 – pp. 67–71.

9. MERL BRDF database <http://people.csail.mit.edu/wojciech/BRDFDatabase/>

10. Matusik, W., Pfister, H., Brand, M., McMillan, L. A Data-Driven Reflectance model// ACM Transactions on Graphics 22, 3(2003), 759–769.

11. Letunov, A.A., Barladian, B., Galaktionov, V.A., Ershov, S.V., Voloboy, A., Zueva, E.// Proc. 22nd Int. DAAAM Symp., pp. 1459 (2011).

12. Muracami Color Research Laboratory, <http://www.mrcr.co.jp/english/index.html>

13. Волобой А.Г., Галактионов В.А., Жданов Д.Д. Технология оптических элементов в компьютерном моделировании оптико-электронных приборов // «Информационные технологии в проектировании и производстве», № 3, 2006, с. 46–56.

14. Lumiccept – Hybrid Light Simulation Software, <http://www.integra.jp/en>

15. Zhdanov, D., Sokolov, V., Potemin, I., Voloboy, A., Galaktionov, V., Kirilov, N.// Opt. Rev.– 2014.– 21(5),– 642 (2014).

16. Sokolov, V.G., Zhdanov D.D., Potemin, I.S., Garbul, A.A., Voloboy, A.G., Galaktionov, V.A., Kirilov N., Reconstruction of scattering properties of rough air-dielectric boundary // Optical Review.– 2016.– 23(5). – pp. 834–841.



интересов: проектирование освещения

Богданов Николай Николаевич, инженер. Старший инженер ОАО «Интер РАО Светодиодные Системы». Аспирант кафедры «Технология визуализации» Университета ИТМО. Область научных



М.В. Келдыша РАН

Денисов Евгений Юрьевич, окончил в 1995 г. Факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова. Научный сотрудник Института прикладной математики им.



ИТМО. Область научных интересов: компьютерная графика, виртуальное прототипирование

Жданов Андрей Дмитриевич, инженер. Младший научный сотрудник ООО «Научно-технический вычислительный центр ИПМ». Аспирант кафедры «Технология визуализации» Университета



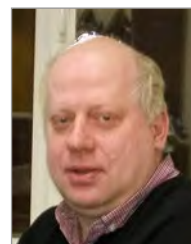
университета ИТМО. Область научных интересов: прикладная оптика, компьютерная графика, светотехника

Жданов Дмитрий Дмитриевич, кандидат физ.-мат. наук. Окончил в 1984 г. Ленинградский институт точной механики и оптики. Заведующий кафедрой «Технология визуализации» Уни-



верситета ИТМО. Область научных интересов: прикладная оптика, компьютерная графика, светотехника

Потёмин Игорь Станиславович, кандидат техн. наук. Окончил в 1984 г. Ленинградский институт точной механики и оптики. Старший научный сотрудник ООО «Научно-технический вычис-



ИПМ». Область научных интересов: компьютерная графика, прикладная оптика, светотехника

Соколов Вадим Геннадьевич, окончил в 1994 г. Ленинградский институт точной механики и оптики. Научный сотрудник ООО «Научно-технический вычис-

Визуально-когнитивный анализ многомерных данных для характеристики металломатричных композитов Al/SiC

А.Я. ПАК *, А.А. ЗАХАРОВА, А.В. ШКЛЯР, Т.А. ПАК

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИУ «ТПУ»), Томск

* E-mail: ayapak@tpu.ru

Аннотация

Приведены результаты обзора литературы о методах получения металломатричных композитов «алюминий-карбид кремния» (ММК Al/SiC). Проведены сбор, анализ и систематизация литературных данных, в ходе которых собранные текстовые сведения приведены в единую лексико-семантическую систему, а численные – в единую систему размерностей. Анализ литературных данных велся методом визуально-когнитивного моделирования, в результате чего определены методы формования ММК Al/SiC и режимные параметры, обеспечивающие наилучшие свойства материала (максимальный уровень теплопроводности и минимальный – теплового линейного расширения). Кроме того, в сравнении с литературными, приведены данные, полученные в проведённой серии экспериментов по получению ММК Al/SiC методом искрового плазменного спекания из SiC, синтезированного в атмосферной электродуговой плазме. В рамках заданной тематики авторам не известны аналоги такой системы анализа и визуализации данных – позволяющей вести анализ многомерных данных, что актуально для решения задач поиска взаимосвязи множества исходных параметров, характеризующих процесс получения ММК Al/SiC и совокупности свойств получаемого данного материала. Приведены данные для сравнения уровней теплопроводности современных («алюминиевых») осветительных приборов со светодиодами и образцов ММК Al/SiC.

Ключевые слова: обзор литературы, сбор и систематизация данных, многомерные данные, визуально-когнитивная модель, теплоотводящий элемент осветительного прибора, ММК Al/SiC, свойства, методы получения, режимы.

1. Введение

Осветительные приборы (ОП) потребляют значительную долю вырабатываемой в мире электроэнергии, составляющую, по разным оценкам, порядка 19 % [1]. Поиск путей снижения энергопотребления ОП без ущерба их потребительским свойствам можно считать одной из основных задач светотехники. При этом активно развивается направление разработки новых и совершенствования действующих технологий создания светодиодов (СД) и ОП с ними (ОП с СД). Существенный фактор, сдерживающий это развитие, – проблема эффективного теплоотвода от ОП с СД [2]. Применение металломатричных композитных материалов на основе алюминия и карбида кремния (ММК Al/SiC) в теплоотводящих элементах ОП может помочь решению этой проблемы.

Наиболее важными свойствами ММК Al/SiC следует считать относительно высокий коэффициент теплопроводности (КТ), 100–200 Вт·м⁻¹·К⁻¹ (нормальные условия), и низкий коэффициент теплового линейного расширения (КТЛР), порядка (8–9)·10⁻⁶ К⁻¹, [3]. При этом теплофизические и механические свойства ММК Al/SiC существенно зависят от ряда факторов: объёмная доля SiC; морфология и средний размер частиц SiC; относительная плотность и пористость материала; фазовый и гранулометрический состав прочих примесей; метод формования и обработки заготовок под конкретное изделие. Различия в направленности между отдельными взятыми исследованиями по получению и анализу свойств ММК Al/SiC не позволяют сформировать целостный подход к ускорению поиска методов производства данного материала (изделий из него) с заданными свойствами. Комплексные междисциплинарные исследования свойств ММК Al/SiC могут послужить методологи-

ческой основой научно-обоснованных технологий изготовления теплоотводящих элементов для силовых электроприборов, в частности мощных ОП с СД [4]. Традиционно обзор литературы по методам получения и свойствам ММК Al/SiC содержит текстовые и (или) числовые данные в виде таблиц, а также одномерных зависимостей, связывающих попарно отдельные свойства ММК Al/SiC с одним из параметров, характеризующих получение данного материала, как, например, в обзорных работах [3, 4]. В этой связи важной проблемой поиска нужных закономерностей и прогнозирования свойств материалов, в том числе ММК Al/SiC, является их представление в виде совокупности одномерных зависимостей типа $y=f(x_1)$, $y=f(x_2)$ и т.д., в то время как аргументы данных функций могут характеризоваться наличием физических связей, в том числе неочевидных, а число анализируемых параметров может быть около 5–10. В силу того, что при сопоставлении результатов исследований множества анализируемых параметров не являются полностью пересекающимися или полными, сравнительный анализ с применением аналитических методов весьма затруднён.

Для преодоления подобной трудности предложено использовать средства визуальной аналитики, успешно применённые в решении ряда практических задач по анализу многомерных эмпирических данных [5, 21]. В качестве средств визуальной аналитики, в этом случае, предложены визуальные модели, использующие возможности визуального восприятия для когнитивной интерпретации многомерных данных. Визуальной моделью является воспринимаемый образ, сопоставленный с исходными данными по предварительно определённым правилам – метафоре визуализации, интерпретация которого приводит к формулированию гипотезы ответа на вопрос исследования. Методика использования средств визуальной аналитики позволяет осуществлять верификацию такой гипотезы с привлечением интерактивного управления визуальной моделью.

Современные обзорные работы по данной тематике свидетельствуют о фрагментарности характера исследований, посвящённых, как правило, решению той или иной конкретной задачи по достижению требуемого свой-

ства материала на основе ММК Al/SiC путём изменения какого-либо параметра [4]. Согласно опубликованным обзорным работам в рассматриваемой области, актуальным представляется проведение комплексных междисциплинарных исследований, связывающих свойства изделий из ММК Al/SiC не только с составом (химическим, фазовым, гранулометрическим) и структурой, но и с методом его получения и особенностями применяемых режимов. Таким образом, разработка многомерной визуальной модели анализа разнородных данных для комплексной оценки и прогнозирования свойств ММК Al/SiC, а также развитие графических методов с привлечением к аналитике когнитивной составляющей представляется крайне актуальной задачей, решение которой требуется для развития технологий создания и применения теплоотводящих элементов на основе ММК Al/SiC для применения в силовых приборах, в том числе осветительных.

В настоящей работе применён метод визуального когнитивного анализа многомерных разнородных данных, а именно сведений из отечественной и зарубежной литературы в отношении методов получения и свойств ММК Al/SiC [5]. В результате построена модель на базе «Autodesk 3D Max», справедливость которой проверена экспериментально путём получения ММК Al/SiC методом искрового плазменного спекания (ИПС). При этом разработанная модель не претендует на полноту сведений отечественной и зарубежной литературы, но при этом не имеет принципиальных ограничений по расширению состава исходных данных и их непрерывному пополнению. Таким образом, разработанная модель может стать новым методом хранения, анализа и проверки экспериментальных данных (в данном случае по ММК Al/SiC) и стать постоянно пополняемой альтернативой периодически проводимым обзорным исследованиям.

2. Методы

Особенностью исследуемых в данной работе исходных данных является большое число разнородных источников информации, в качестве которых выступают публикации, содержащие сведения об экспериментальных исследованиях в заданной

области, и связанные с этим обстоятельством разнородность и противоречивость сведений. При подготовке к анализу исходных данных был произведён поиск и отбор статей отечественных и зарубежных издательств, содержащих сведения о методах получения и свойствах ММК Al/SiC. Следует отметить, что на данном этапе исследований, авторы не претендуют на полноту представленных в их модели сведений со ссылкой на всех ключевых авторов, работающих в области ММК Al/SiC. В ходе анализа литературных данных заполнялась таблица, содержащая следующие поля: номер записи (1); номер источника первичных данных по списку используемой литературы (2); год выхода публикации (3); страна организации, с которой аффилирован первый соавтор работы (4); температура T [K], при которой производились измерения свойств ММК Al/SiC (5); КТ материала λ [Вт·м⁻¹·К⁻¹] (6); КТЛР δ [ppm/K¹] (7); объёмная доля SiC v [%] (8); относительная плотность полученного материала ρ [%] (9); средний размер частиц добавки SiC χ [мкм] (10); метод формования ММК Al/SiC (11); температура формования T_s [K] (12); давление формования P_s [МПа] (13); продолжительность формования t_s [мин] (14); рабочий ток установки I [A], формующей ММК Al/SiC (15); тип данных: экспериментально измеренные или смоделированные и рассчитанные (основная часть этих данных представлена в таблице).

Исходя из структуры таблицы, видно, что можно выделить три основные категории данных: численные, текстовые, отсутствующие. Численные данные приводились к единой размерности и округлялись в процессе внесения в таблицу. В случае указания автором диапазона значений в таблице вносились в две разные строчки границы диапазона. В случае наличия графических зависимостей, из которых не все оговорены в тексте работы, производилась оцифровка зависимости по нескольким точкам. В рамках работы не выработан подход к внесению данных о бимодальном распределении частиц SiC по размерам ввиду того, что разделение данных на две строки представляется некорректным,

¹ 1 ppm = 1 млн⁻¹ или 1 мд. Далее в статье размерность 1/K по умолчанию не указывается.

как и указание диапазона, и в результате принято решение указывать в таблице среднее арифметическое значение двух мод распределения частиц по размерам; причём в представленных данных присутствует один подобный источник информации.

Текстовые данные вносились в результате анализа лексико-семантического ядра тематики: к примеру, разные типы пропитки (инфильтрации) – под высоким давлением, в разреженной среде и прочие разновидности («подметоды») – объединялись в единое понятие «Infiltration». При этом осуществлялся поиск общепринятого текстового понятия; так, названия стран приведены в формате двухбуквенного международного классификатора.

При отсутствии тех или иных данных в работе в таблицу вносилась отметка в виде прочерка «-». В случае определения данных, на которых автор не заостряет внимание, но которые очевидным образом следуют из контекста работы, зависимостей и рассуждений в ней, то они вносились в соответствующее поле. К примеру, при отсутствии сведений о температуре ММК Al/SiC, при которой измерялась теплопроводность, принималось значение нормальной комнатной температуры (25 °C), а при приведении экспериментальных зависимостей и аппроксимирующих линий экспериментальные точки вносились в таблицу как «измеренные данные», а точки, определённые по аппроксимированным данным за пределами интервала экспериментальных данных, – как «смоделированные данные».

В результате анализа литературных источников в таблицу исходных данных для построения модели внесены сведения из источников [6–19]. Кроме литературных источников в таблицу исходных данных внесены сведения о проведённых экспериментальных исследованиях по получению ММК Al/SiC методом ИПС с использованием полученного в атмосферной электродуговой плазме [20] SiC (кубическая модификация β SiC, чистота 99 %, средний размер частиц 12 мкм).

Созданная для решения задачи анализа литературных источников визуальная модель (рис. 1–3) служит пространственной реализацией метода параллельных координат, который предлагается применять при визуализации многомерных данных [21]. В со-

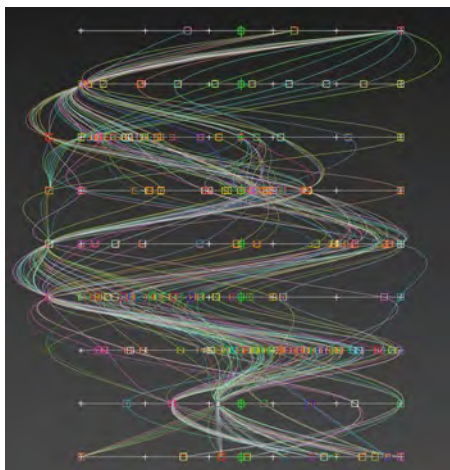


Рис. 1. Диаграмма многомерных данных, описывающая свойства ММК Al/SiC (КТ и КТЛР) в зависимости от метода формирования композита, объёмной доли и среднего размера частиц SiC с указанием года достижения заявленного результата

ответствии с метафорой визуализации, с каждым информативным объектом, содержащим опубликованные сведения об отдельном экспериментальном исследовании, сопоставлен набор точек в пространстве визуальной модели, объединённых в упорядоченный граф. Интерпретация информации, представленной в визуальной модели, использует механизмы визуального сопоставления объектов, а также такие закономерности восприятия, как принципы константности, целостности и обобщённости.

Преимущество предложенной в данной работе визуальной модели – возможность одновременного представления и отображения в воспринимаемом образе данных разного типа, в том числе многомерных или же с отсутствующими значениями некоторых переменных. Возможность интерактивного управления свойствами полученного образа данных позволяет определять/генерировать гипотезу исследования в ходе проведения анализа. Это позволяет многократно эксплуатировать уже построенный образ (визуальную модель) данных, в том числе для получения ответов на новые вопросы.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Свойства ММК Al/SiC

На рис. 1 представлена диаграмма многомерных данных, содержащая сведения о свойствах ММК Al/SiC: зависимостях КТ и КТЛР от метода формования

композиата, объёмной доли и среднего размера частиц SiC. Там же нанесена хронологическая шкала для оценки динамики развития рассматриваемой тематики во времени. Временная шкала диаграммы охватывает последние 25 лет; в ходе анализа распределения данных во времени, в пределах проанализированных работ, можно заключить, что 25 лет назад основным методом формования ММК Al/SiC был метод инфильтрации (в разных его проявлениях в зависимости от давления). В течение последних 15 лет, в пределах проанализированных данных, методу инфильтрационного формования ММК Al/SiC составляет конкуренцию метод ИПС. Видимо, с течением времени относительно редкие до последнего десятилетия установки ИПС всё больше находят применение в получении объёмных ММК.

КТ, согласно анализируемым данным, составляет $40\text{--}252 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, преимущественно $118\text{--}252 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$. Этот диапазон выходит за пределы характеристик алюминия, не модифицированного SiC, в сторону большей или меньшей теплопроводности. В этой связи можно заключить, что в рамках представленных анализируемых работ модифицирование алюминия SiC не всегда повышает КТ финальной композиции, очевидно, из-за пористости сформованного ММК Al/SiC, неравномерности распределения керамической составляющей, её неоптимальных фазового и гранулометрического составов.

В рамках рассматриваемой модели удалось выделить часть рассматриваемого массива данных, соответствующую наибольшим значениям КТ: $220\text{--}252 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$. Этому диапазону КТ соответствует на других осях ряд данных, которые можно считать оптимальными для достижения максимальных КТ: плотность 99–100 %, объёмная доля SiC 38–70 % и средний размер частиц SiC 100–125 мкм. Совокупность этих параметров определяет наилучшее качество материала по теплопроводности, причём некоторые из параметров могут влиять друг на друга: например, чем выше объёмная доля SiC, тем технически сложнее получить объёмный материал с плотностью 99–100 %. При этом, согласно проводимому анализу, часть этих данных – результат расчётов характеристик идеализированного

ММК Al/SiC, а часть получена экспериментально.

Следует отметить, что рассматриваемый массив данных, соответствующий наилучшим (наибольшим) расчётным и экспериментальным уровням КТ, соответствует одновременно не наилучшему диапазону значений КТЛР (13–17 ppm). Это свидетельствует о серьёзном недостатке знаний в части оптимизации состава, структуры и, соответственно, свойств ММК Al/SiC. Тем более, что доминирующее большинство расчётных и экспериментальных работ в рассматриваемой области сообщают о свойствах ММК Al/SiC в условиях комнатных температур, что не раскрывает в полной мере потенциал данного композита в условиях термоциклирования в широком диапазоне температур, соответствующем возможным экстремальным условиям эксплуатации ММК Al/SiC.

Выделение массива данных, характеризующихся наименьшим (наилучшим) значением КТЛР (порядка 5–6 ppm), соответствует преимущественно диапазонам КТ $150\text{--}170 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ и объёмной доли SiC 71–100 % (отметим, в рамках рассматриваемой модели, данный диапазон представлен его границами – 70 и 100 %). Кроме того, выделение этого массива соответствует отсутствию данных (преимущественно) о плотности получаемого материала и среднем размере частиц SiC. По совокупности проанализированных данных об основных свойствах ММК Al/SiC можно заключить о невозможности на сегодняшний день достичь максимальной теплопроводности при минимальном тепловом линейном расширении стандартными методами и несовершенстве технологий получения данного композита. В основе этой проблемы, очевидно, лежит взаимосвязь между фазовым и гранулометрическим составами ММК Al/SiC: наибольшее содержание SiC (в пределе, до 100 % доли SiC) обеспечивает наименьший КТЛР, но формование (спекание) материала с доминированием доли SiC при относительно невысоких давлениях и температуре не обеспечивает высокого уровня относительной плотности (порядка 99–100 %).

Анализ условий формования приведён в следующем подразделе данной статьи.

3.2. Условия и методы получения ММК Al/SiC

Из анализа диаграммы многомерных данных видно доминирование двух методов формования ММК Al/SiC: ИПС и инфильтрации.

В рамках метода ИПС типичны температуры спекания от 813 до 883 К при давлениях в диапазоне 40–60 МПа (обычно). При этом типичное время спекания, в рамках этого метода, составляет 5–10 мин. В некоторых случаях применяется давление около 300 МПа при времени спекания до 37 мин. Наибольшие (лучшие) значения КТ в рамках рассматриваемого метода достигнуты именно при наибольшем давлении и наибольшей длительности спекания, но полученные таким образом образцы имеют средние уровни КТЛР: порядка 10–17 ppm. Поэтому можно считать, что на сегодня методом ИПС ещё не реализован потенциал ММК Al/SiC по уровню требуемых указанных свойств.

Методом инфильтрации получено множество экспериментальных образцов. Процесс обычно проходит при больших температурах, 973–1173 К, чем в методе ИПС, при относительно невысоких давлениях: порядка 1–2 МПа, в редких случаях до 10 МПа. Длительность процесса – около 30 мин. Из числа нами рассмотренных можно выделить работу [7], в которой минимальным КТЛР, 5–6 ppm, соответствуют КТ 225–250 Вт·м⁻¹·К⁻¹. Данные образцы получены при наибольшем из рассмотренных давлений, 10 Мпа, и относительно невысокой температуре, 1023 К. Объёмная доля SiC в образце составила около 70 %. Таким образом, в рамках метода инфильтрации, можно считать близкими к оптимальным параметры указанного выше эксперимента. Однако работа [7] имеет ещё ряд особенностей: авторы сначала спекают SiC в непрерывную 3D (объёмную) пористую структуру при 2673 К, и, видимо, поэтому не однозначен вопрос о среднем размере частиц в образце, т.к., по сути, SiC представлен на снимках с растрового микроскопа (в пределах разрешающей способности) в виде непрерывной монокристаллической структуры; после получения такой структуры поры в образце заполняются расплавленным алюминием при давлении окружающей газовой среды 10 МПа.



Рис. 2. Диаграмма многомерных данных, связывающая условия и методы формования объёмных ММК Al/SiC с основными свойствами материалов (КТ и КТЛР)

Видимо, именно такой подход позволил, с одной стороны, «удержать» наименьшим КТЛР, который обеспечивается «каркасом» из непрерывной целостной (видимо, поликристаллической) материи SiC, поры которой заполняет расплавленный алюминий. В работе [7] не указана относительная плотность образца, возможно, из-за сложности её определения при выбранном подходе к синтезу. Итак, в рамках инфильтрационного метода можно считать возможным достижение отличных характеристик ММК Al/SiC при низком КТЛР, 5–6 ppm, и КТ до (приблизительно) 250 Вт·м⁻¹·К⁻¹ при доле SiC около 70 %. Однако разнородность данного метода, обеспечивающая отличные показатели относительна сложна и состоит из нескольких ступеней, ключевую роль в которых играет возможность получения непрерывной объёмной пористой структуры SiC.

3.3. Экспериментальные исследования по получению ММК Al/SiC методом ИПС

Методом ИПС (посредством системы «SPS10–4» производства *GT Advanced Technologies*, США) в рамках настоящей работы были спечены 4 образца ММК Al/SiC с разной массовой долей SiC (2,5, 12,5, 25,0 и 50,0 %). В качестве исходных материалов использовался порошок кубической фазы SiC (β SiC) со средним размером частиц около 12 мкм, а также коммерческий порошок алюминия. SiC был получен в атмосферной



Рис. 3. Диаграмма многомерных данных, связывающая условия и методы формования объёмных ММК Al/SiC с основными свойствами материалов (КТ и КТЛР) для сравнения собственных экспериментальных данных со сведениями из литературных источников

плазме дугового разряда постоянного тока по разработанному в НИУ «ТПУ» методу. Проведено спекание образцов при температуре 833 К в течение 10 мин при давлении 60 МПа. Образцы исследованы с помощью рентгеновского дифрактометра «*Shimadzu XRD7000s*», растрового электронного микроскопа «*Jeol JSM 5700F*» и лазерного измерителя теплопроводности «*TA Instruments-DLF 1200*».

Судя по представленным на рис. 3 данным в формате визуально-когнитивного анализа, экспериментально получены результаты, соответствующие типичным для метода ИПС: КТ 115–190 Вт·м⁻¹·К⁻¹ у трёх образцов с меньшим содержанием SiC и около 55 Вт·м⁻¹·К⁻¹ у образца с наибольшим содержанием SiC. Такие уровни теплопроводности согласуются с мировыми опубликованными данными с учётом фазового и гранулометрического составов полученных образцов, а также – применяемого метода и режимных параметров.

3.4. Оценка возможностей применения теплоотводящих элементов на основе ММК Al/SiC в осветительных приборах по фактически достигаемой теплопроводности

Применяемые для охлаждения светодиодных устройств радиаторы на основе алюминия могут иметь

Основные данные, используемые для построения модели*

Литерат. источник	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	δ , ppm	ν , %	ρ , %	χ , мкм	Метод формования	T_s , К	P_s , МПа	t_s , мин
[6]	210	24	0	100	–	ИПС	873	300	37
	239	17	40		110				
	247	15	45						
	252	14	50						
	246	13	55	99					
	208	12	60	98					
	–	10	70	–	–				
	–	5	100	–	–				
[7]	182	9	46	–	–	Инфильтрация	1023	10	–
	250	7	54	–	–				–
	250	6	63	–	–				–
	225	5	70	–	–				–
	140	10	46	–	–				–
	175	9	54	–	–				–
	180	8	63	–	–				–
	170	7	70	–	–				–
[8]	130	11,2	50	99	23	Hot press	55	15	
	135	11,6		99	38				
	141	12,1		97	75				
	140	10,8		99	23				
	148	11,2		99	38				
	156	11,5		97	75				
[9]	38,5	–	50,4	97	8	Plasma spraying	–	–	–
	50,6	–	52,7	98	11		–	–	–
	69,8	–	51,6	98	17		–	–	–
	71,4	–	38,8	99	30		–	–	–

КТ 150–200 Вт·м⁻¹·К⁻¹ [22, 23], а современные отечественные и зарубежные теплопроводящие элементы на основе ММК Al/SiC – 150–170 Вт·м⁻¹·К⁻¹ (ряд зарубежных – до 200 Вт·м⁻¹·К⁻¹) [15]. При этом наибольшие достигнутые КТ образцов ММК Al/SiC, по изученным литературным источникам, составляют 220–252 Вт·м⁻¹·К⁻¹,

что выше, чем у типичных алюминиевых радиаторов, применяемых для охлаждения СД. Такой уровень теплопроводности позволяет обеспечивать надёжную и долговечную работу единичного СД с мощностью 50 Вт или группы плотноупакованных СД мощностью 3 Вт каждый [22, 23]. Соответственно, теплоот-

водящие элементы на основе ММК Al/SiC вполне подходят для использования в ОП с СД. Кроме того, относительно низкий КТЛР высоконаполненных ММК Al/SiC позволит применять устройства на их основе в экстремальных диапазонах термодинамики. Например, в условиях Арктики.

Литерат. источник	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	δ , ppm	ν , %	ρ , %	χ , мкм	Метод формования	T_s , К	P_s , МПа	t_s , мин		
[10]	153	–	–	–	0,3	Инфильтрация	973	0,4	–		
	155	–	–	–					–		
	154	–	–	–					–		
	156	–	–	–					–		
	157	–	–	–					–		
	162	–	–	–					–		
	163	–	–	–					–		
[11]	200	23	0	–	–		–	–	–	–	
	170	16,4	25	–	–		–	–	–	–	
	135	10,4	55	–	–		–	–	–	–	
	105	6,2	70	–	–		–	–	–	–	
	80	5	100	–	–		–	–	–	–	
[12]	221	–	58	–	167		1023	0,28	0,28	30	
	209	–	58	–	86,4						0,34
	203	–	60	–	56,8						0,40
	204	–	59	–	37,1						0,50
	194	–	58	–	23,4						0,60
	193	–	55	–	16,9						0,78
	154	–	53	–	8,9						2,1
[13]	190	–	0	–	100		–	–	–	–	
	225	–	70	–			–	–	–	–	
	237	–	70	–			–	–	–	–	
	180	–	–	–	20		–	–	–	–	
	210	–	–	–	50		–	–	–	–	
	220	–	–	–	200		–	–	–	–	
[14]	208	–	55	100	40		ИПС	833	50	5	
	211	–	60	100				833	50		
	204	–	58	97,4				833	45		
	185	–	56	92,8		833		40			
	192	–	56	93,7		823		45			
	165	–	53	87,5		813		40			
	220	–	50	100	100	833		50			
	224	–	55	100		833		50			
	208	–	58	96,3		833		45			
	197	–	55	91,2		823		40			
	181	–	53	88,7		813		45			
	173	–	52	86,6		813		40			

Литерат. источник	λ , Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	δ , ppm	ν , %	ρ , %	χ , мкм	Метод формования	T_s , К	P_s , МПа	t_s , мин
[15]	158	4,97	70	–	125	Инфильтрация	–	–	–
	162	5,14		–			–	–	
	161	5,32		–			–	–	
	156	–		–			–	–	
	154	5,97		–			–	–	
	150	6,31		–			–	–	
	149	–		–			–	–	
[16]	177	9,5	50	98,9	48	Casting	1073	50	–
	172	7,89	58	99,3	48				–
	138	7,74	71	97,5	28**				–
	125	6,33	71	97,8					–
	123	6,54	71	97,1					–
[17]	165	9,2	70	–	40	100	–		
[18]	190	10	50	–	28	Инфильтрация	1073	50	–
	125	7,5	70	–	28				–
	150	6		99,5	–				–
	140	7,5		99	–				–
	135			98	–				–
	120			97	–				–
146	10,5			39	–	–			
[19]	136	9,24	52	99	6	1173	0,1	–	
	118	8,45	62	–	–	–			
	–	188	–	0	98	ИПС	883	60	10
–	120	–	16,9	96					
–	131	–	21,4	97					
–	54	–	53,6	86					

*Данные в таблице могут отличаться от приведённых в первоисточниках из-за перевода в единую систему размерностей, округления и внесения в таблицу ряда данных, являющихся умозаключением авторов данной работы на основе анализа первоисточника.

** Приведённое значение – среднее арифметическое максимумов бимодального распределения частиц по размерам.

4. Заключение

В данной работе проведены сбор, систематизация и анализ литературных источников, касающихся методов получения и свойств ММК Al/SiC, а также характеристик теплопроводящих элементов ОП с СД. Особенность данного исследования – подход, основанный на визуально-когнитивной модели, содержащей массив многомерных разнородных текстовых и числовых данных. Созданная визу-

альная модель позволила: 1) отобразить многопараметрические гетерогенные данные с применением когнитивного потенциала пользователя; 2) выявить особенности наиболее распространённых методов синтеза ММК Al/SiC (в пределах имеющихся литературных источников), режимных параметров формования, а также фазовых и гранулометрических составов, обеспечивающие наилучшие результаты по КТ и КТЛР. В состав модели также вошли данные, полученные

в ходе экспериментального исследования ММК Al/SiC, подтвердившего основные литературные данные. Более того, визуальная модель позволила сформулировать новые гипотезы для исследования методов получения и свойств ММК Al/SiC. На сегодня авторы не знают примеров подобного подхода к обработке, анализу и хранению данных о тех или иных материалах, их свойствах, методах и режимных параметрах их получения. Они также считают метод визуально-

когнитивного моделирования применимым к решению поисковых аналитических задач в разных предметных областях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18–11–00215.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nardelli A. et al.* Assessment of Light Emitting Diodes technology for general lighting: A critical review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*– 2017.– № 75. – P. 368–379.

2. *Luo X. et al.* Heat and fluid flow in high-power LED packaging and applications // *Progress in Energy and Combustion Science.*– 2016.– № 56. – P. 1–32.

3. *Xiangzhao Zhang et al.* Review on Brazing of High Volume Fraction SiCp/Al Composites for Electronic Packaging Applications // *Rare Metal Materials and Engineering.*– 2017.– № 46(10). – P. 2812–2819.

4. *Коновалов А.В., Смирнов С.В.* Современное состояние и направления исследований металломатричных композитов системы Al/SiC // *Конструкции из композиционных материалов.*– 2015.– № 1(137). – С. 30–35.

5. *Zakharova A.A., Vekhter E.V., Shklyar A.V., Pak A.J.* Visual modeling in an analysis of multidimensional data // *Journal of Physics: Conf. Series.*– 2018. – Vol. 944. – P. 1–5.

6. *Mizuuchi K. et al.* Processing of Al/SiC composites in continuous solid–liquid co-existent state by ИПС and their thermal properties // *Composites: Part B.*– 2012.– № 43. – P. 2012–2019.

7. *Li S. et al.* Thermophysical properties of SiC/Al composites with three dimensional interpenetrating network structure // *Ceramics International.*– 2014.– № 40. – P. 7539–7544.

8. *Fei Teng et al.* Microstructures and properties of Al-50 % SiC composites for electronic packaging applications // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.*– 2016.– № 26. – P. 2647–2652.

9. *Gui M. et al.* Thermal conductivity of Al–SiCp composites by plasma spraying // *Scripta Materialia.*– 2005.– № 52. – P. 51–56.

10. *Nong X.D. et al.* Numerical analysis of novel SiC3D/Al alloy co-continuous composites ventilated brake disc // *International Journal of Heat and Mass Transfer.*– 2017.– № 108. – P. 1374–1382.

11. *Zweben C.* Metal–Matrix Composites for Electronic Packaging // *JOM.*– 1992. – P. 15–23.

12. *Molina J.M. et al.* Thermal conductivity of Al–SiC composites with monomodal and bimodal particle size distribution // *Materials Science and Engineering A.*– 2008.– № 480. – P. 483–488.

13. *Hong Guo et al.* Microstructure and thermophysical properties of SiC/Al composites mixed with diamond // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.*– 2015.– № 25. – P. 170–174.

14. *Chu K. et al.* Thermal conductivity of spark plasma sintering consolidated SiCp/Al composites containing pores: Numerical study and experimental validation // *Composites: Part A.*– 2010.– № 41. – P. 161–167.

15. *Каблов Е.Н., Щетанов Б.В., Шавнёв А.А., Нявкин А.Н., Чибиркин В.В., Елисеев В.В.* Свойства и применение высоконаполненного металломатричного композиционного материала Al–SiC // *Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского.*– 2011.– № 3(1). – С. 56–59.

16. *Hyo S. Lee et al.* Fabrication process and thermal properties of SiCp/Al metal matrix composites for electronic packaging applications // *Journal of materials science.*– 2000.– № 35. – P. 6231–6236.

17. *Qiang Zhang et al.* Thermal properties of a high volume fraction SiC particle-reinforced pure aluminum composite // *Phys. stat. sol. (a).*– 2005.– № 202(6). – P. 1033–1040.

18. *Lee H.S., Hong S.H.* Pressure infiltration casting process and thermophysical properties of high volume fraction SiCp/Al metal matrix composites // *Materials Science and Technology.*– 2003.– № 19(8). – P. 1057–1064.

19. *Junwu Liu at al.* Pressureless infiltration of liquid aluminum alloy into SiC preforms to form near-net-shape SiC/Al composites // *Journal of Alloys and Compounds.*– 2008.– № 465. – P. 239–243.

20. *Pak A. Ya., Rudmin M.A., Mamontov G. Ya. Bolotnikova O.A.* Electroarc Synthesis and Cleaning from Carbon Impurities of Cubic Silicon Carbide in the Air Atmosphere *Journal of Superhard Materials.*– 2018.– № 40(3). – P. 157–163.

21. *Zakharova A.A., Shklyar A.V.* Basic principles of data visual models construction, by the example of interactive systems for 3D visualization // *Scientific Visualization.*– 2014.– № 6(2). – P. 62–73.

22. *K. Ben Abdelmlek et al.* Optimization of the thermal distribution of multi-chip LED package // *Applied Thermal Engineering.*– 2017.– № 126. – P. 653–660.

23. *Y. Wang et al.* Heat dissipation of high-power light emitting diode chip on board by anovel flat plate heat pipe // *Applied Thermal Engineering.*– 2017.– № 123. – P. 19–28.

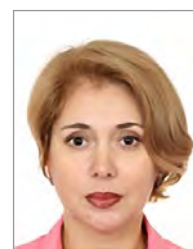


Пак Александр Яковлевич,

кандидат техн. наук. Окончил в 2011 г. ТПУ. Доцент Отделения автоматизации и робототехники

и начальник Органи-

зационного отдела Инженерной школы информационных технологий и робототехники НИУ «ТПУ». Область научных интересов: порошковые и композитные материалы, сбор и анализ литературных данных, анализ многомерных данных, электродуговой синтез



Захарова Алёна Александровна,

доктор техн. наук, доцент. Окончила в 1994 г. ТПУ. Про-

фессор Отделения автоматизации и робототехники Инженерной шко-

лы информационных технологий и робототехники НИУ «ТПУ». Область научных интересов: анализ многомерных данных, 3D-моделирование, промышленный дизайн



Шкляр Алексей Викторович,

инженер. Окончил в 1994 г. ТПУ. Стар-

ший преподаватель Отделения автоматизации и робототехники Инженерной шко-

лы информационных технологий и робототехники НИУ «ТПУ». Область научных интересов: когнитивная визуализация, компьютерная графика, интерпретация многомерных данных, визуальное восприятие



Пак Татьяна Александровна,

инженер. Окончила в 2011 г. ТПУ. Инже-

нер Отделения автоматизации и робототехники Инженерной шко-

лы информационных технологий и робототехники НИУ «ТПУ». Область научных интересов: электродуговые процессы, сварка, порошковые материалы

«Про свет» в дизайне среды. Взгляд педагога

Е.А. ЗАЕВА-БУРДОНСКАЯ¹, Ю.В. НАЗАРОВ²

¹МГХПА им. С.Г. Строганова, ²НОУ «Национальный институт дизайна»
E-mail: lenartt@gmail.com

*Вся же обличаемая, от света является: всё бо являемое свет есть.
Апостол ко Ефесеим, зачало 229. [Еф. 5, 9–19.]*

Аннотация

Область светодизайна как дисциплина профессионального образования входит в программу учебного проектирования на кафедре «Средовой дизайн» МГХПА им. С.Г. Строганова. В этой связи особое значение приобретает проблема разработки и совершенствования методики подготовки светодизайнеров в художественно-промышленном вузе. В качестве предлагаемого метода подготовки будущего специалиста рассматривается соединение традиционного художественного образования и приёмов проектирования предметно-пространственной среды с возможностями компьютерного дизайна. В процессе учебного проектирования учитываются светотехнические и технологические факторы, связанные со световым контентом среды. Данные области профессионального обучения имеют прямое отношение к проектной культуре, что позволило использовать междисциплинарный подход. Длительность выполнения светодизайнерского проекта составляет один семестр. Данная методика позволяет создать проектные концепции фрагментов городской среды с элементами светового контента. Приоритет художественной подготовки и навыки образного мышления, необходимые для моделирования объектов среды, способствуют высокому уровню исполнения и развивают эстетические навыки студентов. Светодизайн получает дополнительные перспективы развития с открытием на кафедре нового профиля подготовки специалистов в области Дизайна Мультимедиа, включающего основательную компьютерную поддержку. Всё это в совокупности позволит сформировать уникальную площадку для учебного проектирования, привлечь к студенческим проектам заинтересованные организации и талантливых педагогов.

Ключевые слова:

Световой дизайн, средовой дизайн, учебное проектирование, образовательная методика, художественное образование, компьютерный дизайн, световые инсталляции, междисциплинарный подход, проектная концепция, средовой подход.

Введение

Световой дизайн – область дизайна достаточно новая в проектной практике, но более молодая в системе высшего образования. Освоение новой тематики в учебном проектировании на кафедре «Средовой дизайн» МГХПА им. С.Г. Строганова – это, прежде всего, вопрос методологии. Область учебного проектирования, связанная со светодизайном, опирается на особенность творческого процесса, включающего инновационную дизайн-деятельность, ориентированную на потребителя дизайн-продукта, и требующую специальных исследований и научно-технических разработок.

Наиболее распространённым объектом учебного проектирования на кафедре – помимо ОУ – является динамичная городская среда праздничных и спортивных мероприятий, театрализованных шоу, фестивалей, рекламных промоакций. Чаще всего – это рекреативное экстерьерное пространство досуга современного горожанина. Выбранный формат реализации данной темы на кафедре – создание проектных концепций фрагментов городской среды со световым контентом. Использование концептуального подхода стало моделью образовательной методики подготовки светодизайнера на кафедре «Средовой дизайн».

Рассматривая современный европейский дизайн в качестве аналога проектной практики, ориентированной на потребителя, можно отметить, что концептуальный дизайн (*conceptual design*) занимает одно из

ведущих мест [1]. Концептуальное проектирование как пример нелинейного процесса, отличного от традиционного «хорошего» дизайна, предполагает многомерный системный охват средовой проблематики, особенно в таких визуально и технологически ёмких междисциплинарных формах, как светодизайн. «Световой дизайн, как и архитектура, не является по отдельности ни искусством, ни наукой, а скорее производной от них отраслью» [2]. О «междисциплинарности светодизайна, как направленной профессиональной деятельности, стоящей на стыке искусства, дизайна, архитектуры и светотехники, о его диалектической природе и интеграционном характере» говорят исследователи, когда определяется стратегия и тактика формирующейся Школы отечественного светодизайна [3]. Но любая «школа» как профессиональная целостность всегда ориентирована на воспроизводство знаний и деятельности, и её статус был бы не полным без поддержки со стороны профессионального образования.

Стратегия учебного проектирования кафедры в сфере объектов светодизайна опирается на лучшие достижения теории и методологии разработки световой среды. Подобно принципу «художественных находок «дорогой оперы» в развитии массовой «самодеятельности». Это одна из задач несуществующего профессионального образования светодизайнеров» [4].

Подходы к световой архитектуре города (Гусев Н.М., Макаревич В.Г.) обрели полноценный методический формат в фундаментальных работах по современной световой урбанистике профессора Н.И. Щепеткова [5] (преподававшего курс светодизайна на кафедре Средовой дизайн в 2010-х гг.), авторов ряда учебников по вопросам дизайна архитектурной [6] и интерьерной [7] среды.

Вопросы семиотики (М. Червякова) и семантики (Ю.П. Волчок) световой тектоники архитектурного объекта вошли в ряд методических рекомендаций по совершенствованию композиционных решений образа ночного города, а также города с исторической стилистически насыщенной монументальной тканью (А. Приходько). Стадии создания «световой модели» архитектурного объекта [8] определены в рамках концепции световой панорамы города (Карпенко В.Е.). Более пол-



Рис. 1. «Проект световой среды инвент – пространства «COS.MOS» ко Дню космонавтики (ВДНХ, пав. Космос)», 2018 г. Инструментами светового зрелища стали световые инсталляции, приёмы 3D-мэппинга, архитектурная подсветка зданий, создавшие уникальную атмосферу музыкального фестиваля «COS.MOS» на территории ВВЦ, Москва. Программа Бакалавриат, профиль Дизайн среды. Авторы дипломного проекта: Галстян А.С., Гожая Е. Руководители: проф. Заева-Бурдонская Е.А., проф. Рузова Е.И.

но профессиональные компетенции светодизайнера очерчивают процесс эскизного проектирования освещения, стадии «Проект» и «Авторский надзор» (Макаров Д.) [9] с переходом в стадию прогнозирования развития профессии светодизайнера (Сизый С.) [10].

Комплексный подход к формированию световой среды города [11] (Н.В. Быстрянцева) и междисциплинарная природа светодизайна позволили рассматривать данную область как средство организации общественных коммуникаций и городской «сценографии» (Булыгина М.Н., Корзун Н.Л.), проводя параллели между светокомпозиционными приёмами и художественным пространством живописного полотна картины, киноэкрана, театральной сцены и архитектуры [12]. Открытость к инновациям сопредельных видов визуального искусства и областей науки становится наиболее оптимальной и перспективной проектной методикой в работе со световым контентом. На стыке архитектурного светодизайна и методов синтетических искусств выстраиваются инновационные подходы средовых объектов современного лайт-арта в формате световых инсталляций, арт-объектов и лэнд-арта (Карпенко В.Е.), световой одежды (Назаров Ю.В., Васильева Т.С.), театрального костюма с приоритетными техническими новинками миниатюрных ИС и источников питания, «архитектурный» подход

Хуссейна Чалаяна к проектированию одежды с приверженностью к новым технологиям [13].

Учебное проектирование на кафедре «Средовой дизайн» представляет собой междисциплинарную модель, тесно связанную с научно-техническими инновациями. Открытость к новизне позволила создавать художественные средовые концепции с элементами светодизайна различной тематики. Принцип концептуального проектирования предусматривает подход к среде как «процессу», где главным участником становится зритель, сходный с приёмами художественной театрализации пространства, опирающийся на классический метод «сценарного моделирования» (Сидоренко В.Ф.). Сценарий придаёт стабильной по природе световой среде зрительную динамику. Процесс проектирования светового контента лежит вне приёмов классического морфологического формообразования и находится в процессе своего становления. Важность театрализованного сценария – в возможной визуализации бестелесной, виртуальной по своей природе световой среды, погружающей нас в мир иллюзии. (Первым, кто заложил фундамент использования технических световых установок в художественном проектировании полномасштабной городской среды с учётом целостного сценария, является известный теоретик и практик светодизайна – Щепетков Н.И.) Данное исследование ограничено ана-

лизом эксклюзивных объектов городской среды, и не включает широчайшую область специальных сред, в том числе типовых (например, производственных), а также интерьера.

Учебные разработки динамичной световой общественной среды укрепили нацеленность кафедры на социально значимое проектирование. По словам американского дизайнера Джона Маэды «Будущее дизайна не в красоте иллюстраций, а в создании доступной для всех среды» [14].

Проект организации световой среды Музыкального фестиваля «COS.MOS» на территории ВВЦ – пример масштабного проекта светодизайна – концептуально новое, зрелищное, технически оснащённое мероприятие, удовлетворяющее неперенным условиям успешного event-маркетинга («событийный маркетинг») (Рис. 1). Фестиваль «COS.MOS» призван решить актуальную задачу территориального брендинга выставочной площадки ВВЦ с помощью наружной рекламы и оформления мероприятия.

«Одна из основных особенностей современных световых инсталляций – сочетание диодного полихромного света и web-технологий, что позволяет управлять световыми эффектами и динамикой на удалённом расстоянии» [15], разрабатывать проектный сценарий и тайминг мероприятия с учётом светового дня. Концепция «Геометрия космоса» основана на визуальном образе шестиугольника – образе

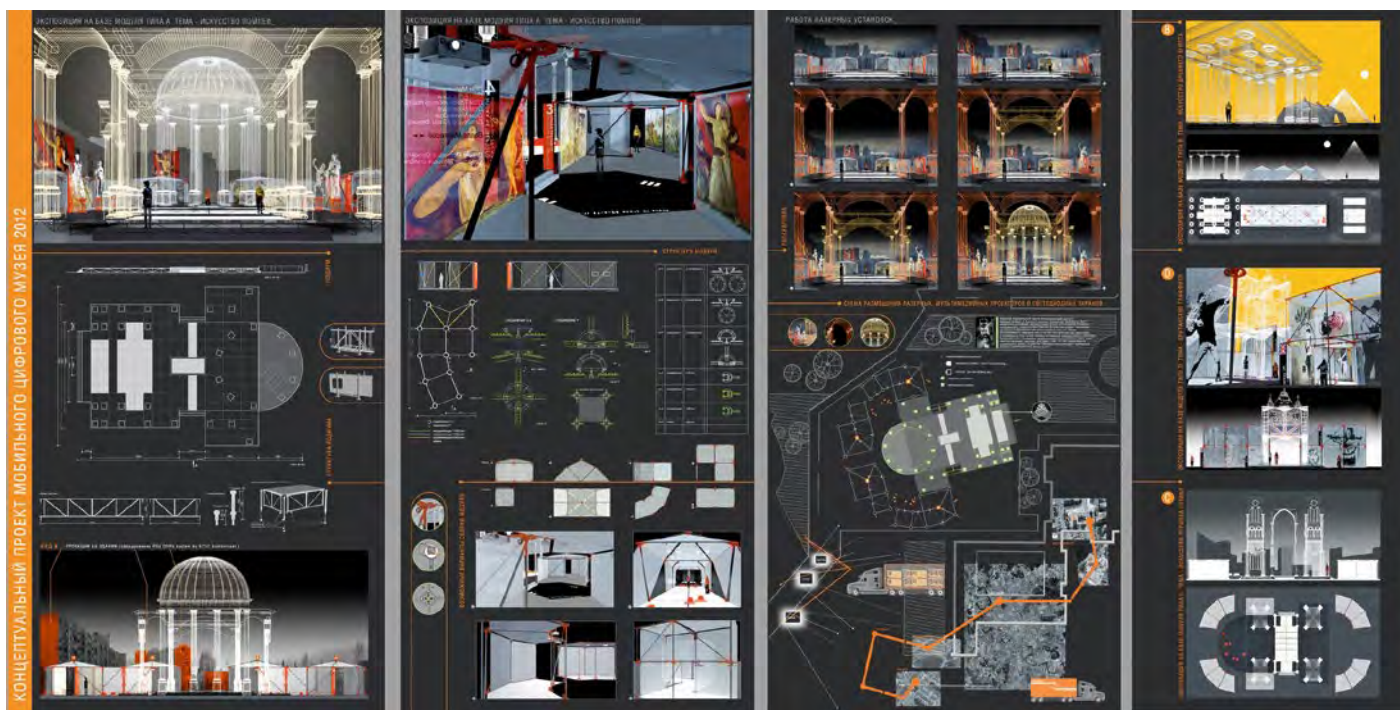


Рис. 2. «Концептуальный проект мобильного цифрового музея-2012», 2008. Запроектированные автором прогностического проекта технологии создания голографических архитектурных структур в городской среде рассчитаны на использование оборудования, запланированного к разработке и внедрению через 4 года после защиты проекта (2008). Программа Специалитет, профиль Дизайн среды. Автор дипломного проекта: Симатова О. Руководители: проф. Заева-Бурдонская Е.А., проф. Рузова Е.И.

Солнечной системы, Северного полюса, Сатурна, кристаллической решётки углерода – самого распространённого элемента во Вселенной. Модуль шестиугольника объединил весь средовой комплекс – от графического стиля и световых инсталляций – до световой навигации и видеомэппинга на фасаде павильона «Космос» с разработанным сюжетом и сценарием; от создания системы освещения – до архитектурной подсветки главных зданий фестиваля и светодизайна сценических площадок.

Оборудование Фестиваля – это три сцены, оснащённые светодиодными лентами типа IPx8. Подсветка входных групп с помощью светодиодных лент и СД-ламп. Инсталляции, функционирующие днём, подсвечены в тёмное время суток светодиодными лампами и лентами. Медиа-контент: 3DLP проекторы. Крупномасштабные визуализации на основе RGB лазерных систем Christie, световая система Christie® Freedom™, с масштабируемым лазерным источником света, оснащённым проекционной головкой с оптоволоконным соединением. Система Pandoras Box – сервер управления медиа-контентом и ходом мероприятия в реальном времени позволяет синхронизировать все видео- и аудио-источники. Phoenix

EP для управления контентом при показе на одной или нескольких панелях устанавливается непосредственно на совместимые дисплеи Christie, которые служат источником питания и подключается к сети по CATx кабелю. Варианты для экранов, вмонтированных в интерактивные стенды, – SecureTouch, ThruTouch.

Учебные задания студентов становились полигоном прогностического проектирования. (Рис. 2). «Возможная ситуация, когда проектировщики, разрабатывая идею нового продукта, игнорируют технико-технологические возможности и создают перспективный проект (новую функцию), оказывающегося нереализуемым или дорогостоящим. Проектирование в данном случае становится стимулом для разработки и освоения новых технологий, поиска решений, с помощью которых можно осуществить проект» [16]. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST (Япония) разработал устройство, использующее лазеры для создания объёмных изображений в открытом пространстве. Устройство создаёт «реальные» объёмные изображения с помощью луча лазера, фокусируемого с помощью линз в точках пространства над проектором путём создания в этих точках процесса плазменной эмиссии азота

и кислорода. Лазер работает в невидимом человеческому глазу диапазоне света, а эмиссия вызывает свечение. Благодаря ограниченной продолжительности проекции устройства способны воспроизводить трёхмерные фигуры, перемещая точку фокусировки. Не случайна в названии проекта цифра 2012, фиксирующая год создания данного оборудования, предназначенного для крупномасштабных проектов в городской среде.

Световой компонент в современном визуальном искусстве часто выступает в формате световых инсталляций, формирующих визуальную среду мероприятия. «Введение в сферу искусства понятия арт-объекта и инсталляции стало новацией XX в. Изначально этот эксперимент с уходом от утилитарности предмета ... заключается в предельном заострении «идеи вещи» и идеального соотношения в ней функции и формы» [17]. Воробьёвы горы – одно из красивейших мест в Москве, обрело новый облик благодаря световым арт-объектам в образной концепции фестивальной среды «Рождественский свет-2018» под девизом – «Орнамент – язык культурного общения» (Рис. 3). Орнамент был представлен как знаково-символическая система на основе геометрических фигур-символов – Круга



Рис. 3. «Проект праздничного оформления фестиваля «Рождественский свет-2018» в Москве», 2017. Заказчик: компания «Эдлайн Проект». В сюжетной канве сценарной модели проекта световых инсталляций преобладает образно-эмоциональный, стилистически выверенная тема этнодизайна. Программа Бакалавриат, профиль Дизайн среды. Автор дипломного проекта: Корлякова Д.А. Руководители: проф. Заева-Бурдонская Е.А., проф. Рузова Е.И.

(луч, нимб, спираль и т.д.) и Квадрата (треугольник, крест и т.д.). Была разработана единая модульная сетка для построения групп орнаментов с этнической символикой и цветографическими и композиционными характеристиками. Объём скульптурных арт-объектов решён с помощью приёма многослойности – т.н. «расслоения фасада», низких бордюрных объектов – с помощью «подъёма» элементов из плоскости в объём под разными

углами (приём «поднятого плана»). Модульный принцип позволяет регулировать размер и конфигурацию световых арок и порталов. В качестве конструктива была выбрана сетка из алюминия, ПЭТ (листовой пластик), полиметилметакрилат (ПММА). Технология освещения: *CHROMEX Steady LED rope lights* (36 LED/m; *Anti-UV treated*). LED цвета: Белый (051079), Синий (051082), Красный (051083), Зелёный (051081), Жёлтый (051084).

Световые оптические эффекты и иллюзии в объёмно-пространственной композиции, решаемые на уровне первичных творческих задач, отрабатываются в рамках учебных преддипломных спецкурсов (Рис 4). Дисциплина 3 курса «Формообразование в дизайне среды. Метод стилизации» помогает решать задачи проектной адаптации стиливой исторической формы к современным задачам среднего дизайна.

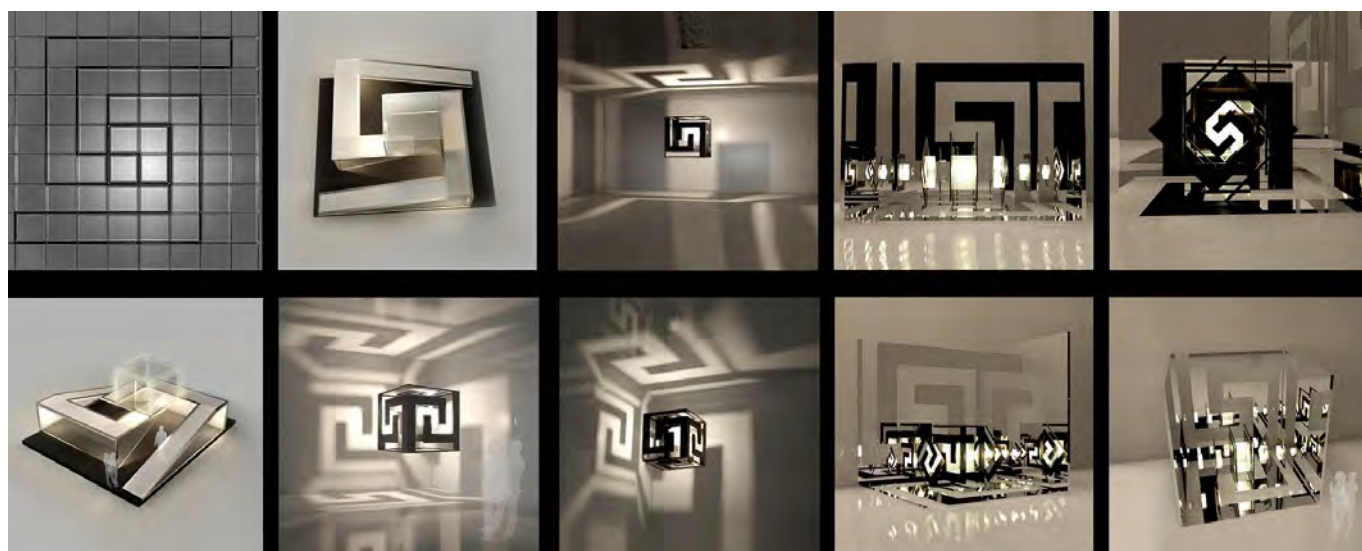


Рис. 4. Композиция на тему: «Проектная адаптация античного орнамента. Меандр», 2014. На примере надфункциональных инсталляций и арт-объектов реализуется композиция, рассматривающая возможности технологических инноваций с позиций художественного образа с приоритетом семантики формы, психоэмоционального звучания и т.д. Автор: Будаева А.Б. Преподаватель: проф. Заева-Бурдонская Е.А. Курс «Формообразование в дизайне среды». Программа Бакалавриат, профиль Дизайн среды.

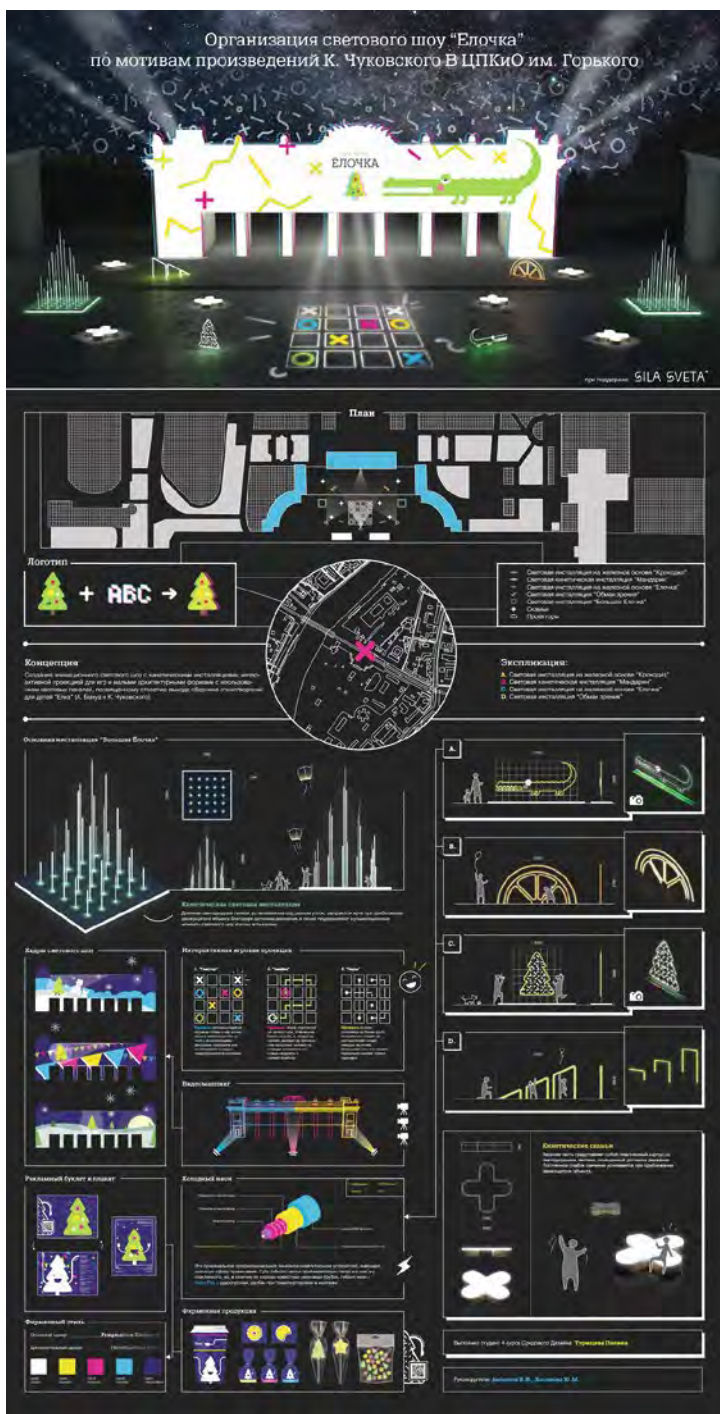


Рис. 5. «Проект Организации светового шоу «Ёлочка» по мотивам произведений К. Чуковского в ЦПКИО им. Горького», 2017. Заказчик: ООО «ЛЕБЛАН РУС». Концептуальные проекты курсовых заданий по заказам производства открыл путь к реальному проектированию в области светодизайна. Автор курсового проекта: Турищева П. Преподаватели: доц. Ампиров В.И., преп. Хасанова Ю.М. Программа Бакалавриат (4 курс), профиль Дизайн среды.

Критерием качества любого проекта чаще всего является его реализация. Дизайн в итоге призван приспособлять творческие идеи к практике, делать технологические инновации интересными зрителю. Успешное многолетнее сотрудничество кафедры с фирмой ООО «ЛЕБЛАН РУС» в рамках концептуального проектирования курсовых заданий и летней про-

изводственной практики стал путём к реальному проектированию в области светодизайна. Проект новогоднего анимационного светового шоу на площади ЦПКИО им. Горького, посвящённого 100-летию выхода сборника стихотворений для детей «Ёлка» (1918), создан по мотивам произведений А. Бенуа и К.И. Чуковского. (Рис. 5). Проект включал в себя кинетические

и стационарные световые инсталляции (светодиодные панели) с датчиками изменения яркости света в зависимости от движения человека, геопластика с интерактивными проекциями для подвижных игр, кинетическая мебель со светодиодными лентами, оснащёнными датчиками движения, малые архитектурные формы на основе световых панелей и видеомэппинг на центральную арку входа. В инсталляциях используется профессиональное линейное осветительное устройство – холодный неон – Neon Flex (Напряжение 90–120 Вольт, Частота 1 кГц).

Задачи практики ограничены эскизной проработкой проекта. Технико-технологические параметры и функциональные требования, предъявляемые к объекту, формулируются заказчиком в Техническом задании. Для световой инсталляции парковочного пространства перед Океанариумом на ВВЦ в Москве выбран сюжет Волны – динамичного символа океанических приливов и отливов, несущих в своих потоках глубоководных обитателей – жителей Океанариума. (Рис. 6). Технологически волна представляет собой перфорированный алюминиевый каркас с плоской светодиодной лентой по периметру перфораций. Скульптуры рыб выполнены из светодиодного провода (*LED Tapekolor Ribbon*). Оборудование: Каталог светотехнической продукции *CHROMEX «The white book of illumination» groupe Leblanc* 2014–2016.

Сад Эрмитаж в Москве был выбран площадкой для создания световой среды к празднованию 130-летия со дня рождения С.Я. Маршака. Проектная концепция охватила серию световых инсталляций «Герои сказок» и качели «Кошкин-дом», дополненных проекционной технологией видеомэппинга по экранизированным произведениям Маршака на здание театра Эрмитаж (Рис. 7). «Одним из направлений лайт-арта является проецирование с помощью медиа-систем на фасадные плоскости городских объектов кино-, видео-, анимационных образов, подчёркивающих или разрушающих тектонику здания, делающих средовые объекты «открытыми для интерпретации» [18].

Учитывая серьёзную анимационную составляющую, проект был проведён в рамках летней практики на базе нового профиля кафедры – Дизайн Мультимедиа. Различные виды

мэппинга: одиночная проекция, плоский мэппинг, объёмный или 3D-мэппинг позволили максимально реализовать естественный объём окружающего пространства. За основу построения 3D-мэппинга берётся любая из существующих 3D Show Platform. Этапы подготовки проекта: построение трёхмерной копии мэппинг-пространства; поиск наиболее выгодного варианта расположения проекторов и другого оборудования (световые приборы, лазерные и пиросистемы, динамические конструкции и т.д.); создание текстурных развёрток трёхмерных объектов и разработка видеоконтента (моушн-дизайн); программирование видеоконтента согласно сценарию; подключение физического проекционного и прочего оборудования; финальная коррекция и запуск шоу. 3D модели собираются непосредственно на платформе как конструктор. Сложные объекты импортируются из внешних систем 3D-моделирования, таких как 3D Studio Max, Maya, Cinema 4D, Vectorworks, Autocad и т.д. Задача расстановки видеопрокторов, исходя из их физических характеристик, значительно облегчается благодаря тому, что мэппинг-система берет на себя фотометрическую коррекцию заданных поверхностей, компенсируя отражающие свойства материалов и возможные наложения проекций друг на друга.

Конструкция световых инсталляций определена стилистикой продукции Leblanc. Оборудование: Каталог светотехнической продукции CHROMEX «The white book of illumination» groupe Leblanc 2014–2016.

Формирование методики учебного проектирования новой области дизайна – общественной среды с включением светового контента на кафедре Средовой дизайн МГХ-ПА им. С.Г. Строганова не балансирует между проектированием и программированием, «художественным и техническим», а строится на сочетании этих методов, имеющих разную выразительную природу. В едином междисциплинарном «котле варятся» в концептуальном формате проектировании классические подходы традиционного образно-стилевого формообразования, инновационного компьютерного программирования и достижения исследовательских проектных методов с использованием имматериалов. Данный метод проходит через всю си-

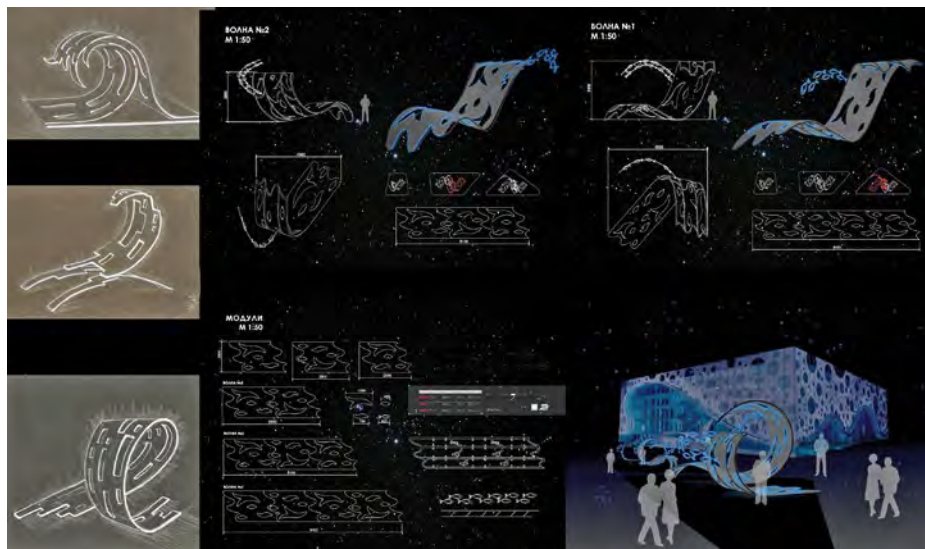


Рис. 6. «Концепция световой инсталляции на тему «Волна» для Океанариума на территории ВДНХ», 2015. Заказчик: ООО «ЛЕБЛАН РУС». Конструкция Волны решена на основе S-образных модулей, рассчитанных на 3-мерное скульптурное восприятие инсталляции в движении. Автор эскизного проекта: Кузнецова А.Г. Руководители: доц. Богатова Н.П., преп. Лобачева А.И.

стему заданий кафедры: от пропедевтических курсов и курсовых заданий на один семестр до краткосрочных проектных заданий на практику и дипломных работ. Это позволяет работать с достаточно широким спектром различных по функциональной специфике и масштабу городских пространства. Единой платформой всех проектов остаётся установка, провозглашающая «свет как искусство», с учётом важнейшего эргономического аспекта проектирования – ориентации на человека в его психоэмоциональной многоликости, динамичного восприятия в процессуальном характере организации среды, где человек остаётся главным действующим лицом. Общехудожественная подготовка, традиционное художественное образование сохраняет приоритет в формировании профессионального вкуса и становится основным фактором в формировании художественно-эстетических критериев отбора качества, оценки проекта. Учебник по пластическим видам творчества мало поможет дизайнеру. Через «руку» происходит формирование зрительных ощущений, навыков и далее фиксация интеллектуальных конструкций «красоты» и «совершенного» в проектном результате. Компьютерное моделирование и программная поддержка проектов остаются инструментом воплощения образа, складывающегося на уровне интеллекта, в «картинку», не претендую на образную природу творчества.

Один из важнейших аспектов развития светодизайна и методов подготовки светодизайнеров – это возможность для проектировщика проверить виртуальную разработку в ситуации, приближённой к «реальности». Это становится возможным только экспериментальным путём. Анализ отечественного и мирового опыта обогащает проектирование новыми экспериментальными данными, например, виртуальными лабораториями, оснащёнными установкой с широтой охвата 360°. Необходим «планетарий» светодизайнера, который смог бы воспроизвести дизайн-проект в объёме сферического пространства, позволяющим воспроизвести реальный масштаб окружающего поля, яркость и контрастную шкалу, т.е. ввести полученное на экране компьютера в ситуацию реальности. Но это тема отдельного исследования.

Серьёзное компьютерное моделирование в заданиях нового профиля кафедры «Дизайн Мультимедиа» позволит создавать виртуальную световую среду в параметрах, приближённых к реальному человеческому зрению с учётом факторов сезонных изменений, погодных условий, стилевого контекста окружения и т.д. Главным проектным принципом остаётся неизменно поиск путей интеграции художественного и технического начал, которые сейчас, к сожалению, остаются разорванными. Есть надежда, что инновационное проектирование све-



Рис. 7. «Концепция световой инсталляции к 130-летию С.Я. Маршака». 2017. Заказчик: ООО «ЛЕБЛАН РУС». Динамизм сценария тематических видео проекций, основанный на анимационных образах литературных произведений Маршака, сообщил знакомой среде сада Эрмитаж новые качества визуальной иллюзии, продолжив тему дематериализованной архитектуры, оживающей в образах знакомых сказочных героев. Автор эскизного проекта: Литвиненко В. Руководитель: ст. преп. Кузнецова Е.А. Учебная проектная практика. Программа Бакалавриат (2 курс), профиль Дизайн мультимедиа.

товой среды на новом профиле подготовки при солидной медиа поддержке традиционного художественного образования выделится в отдельную область дизайна и займёт достойное место в структуре учебного процесса Академии. В этом начинании серьёзную технико-технологическую помощь кафедре могут оказать профессионалы-инженеры, а потенциальные заказчики заинтересуются достигнутыми творческими результатами, что в итоге позволит кафедре Средовой дизайн стать уникальной проектной площадкой по созданию будущих реализуемых проектов.

Глоссарий

Дизайн среды – это формирование (проектирование и реализация) средовых ситуаций, объектов (городской, производственной и жилой среды) и систем, выполняемое с помощью профессиональных проектировщиков, производителей, целенаправленно ищущих специфику жизнедеятельности и особенности облика среды. Представляет собой сложный многостадийный процесс (предпроектный анализ, проектирование компонентов среды и среды в целом, учёт видоизменений среды в процессе эксплуатации и развития средовой ситуации),

требующий привлечения специалистов различного профиля – от архитекторов, дизайнеров и художников до технологов и экономистов [19].

Дизайн-концепция – основная идея будущего объекта, формулировка его смыслового содержания как идейно-тематической базы проектного замысла, выражающая художественно-проектное суждение дизайнера о явлениях более масштабных, чем данный объект; целостная идеальная модель будущего объекта, описывающая его основные характеристики [19].

Художественная образность в дизайне – идеально-чувственное предметное представление смыслов и идей, произведения дизайнерского искусства, возникающее в процессе формирования замысла, проектирования, создания и восприятия (освоения) продукта дизайн-деятельности; художественная модель, созданная воображением дизайнера, выражающая его отношение к действительности [19].

Композиция в дизайне – построение (структура) произведения дизайнерского искусства, расположение и связь его частей, обусловленные их компоновкой, отвечающей назначению и технической идее этого произведения и его художественному (образному) замыслу, отража-

ющему эмоционально-чувственные ожидания потребителя дизайнерского продукта [19].

Средовой подход (environment conception – англ.) – рассмотрение среды как результата освоения человеком его жизненного окружения. Соответственно деятельность и поведение человека принимаются как определяющий фактор, связующий отдельные элементы среды в целостность. С точки зрения методики С.п. – основная установка современного проектного мышления, *принцип формирования нашего предметного и пространственного окружения* как организационного единства всей системы визуально-чувственных и функциональных условий места» [19].

ЛИТЕРАТУРА

1. По материалам Design as a driver of user-centred innovation. Commission Staff Working Document, Commission of the European Communities, Brussels, 7.4.2009. <http://www.lookatme.ru/flow/posts/books-radar/119799-tektonicheskie-sdvigi-v-dizayne>
2. ru.wikipedia.org/wiki/Световой_дизайн
3. Быстрянцева Н., Лекус Е., Матвеев Н. Школа отечественного светодизайна: стратегии и тактики. «СВЕТОТЕХНИКА». – 2015. – № 4. – С. 65–66.
4. Щепетков Н. История и явь московского светодизайна. АМГТ (39) 2017, МАР-ХИ – С. 239–252.
5. Щепетков Н. Световой дизайн города, М.: «Архитектура-С», учебное пособие, 2006. – 320 с.
6. Дизайн архитектурной среды: Учебник для вузов / Г. Минервин, А. Ермолаев, В. Шимко, А. Ефимов, Н. Щепетков, А. Гаврилина, Н. Кудряшев – Москва: «АРХИТЕКТУРА-С», 2006. – 504 с.
7. Шимко В., Уткин М., Рунге В. «Архитектурно-дизайнерское проектирование интерьера (проблемы и тенденции). Москва: «АРХИТЕКТУРА-С», 2011. – 256 с.
8. Карпенко В. Световое проектирование городской среды. ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ ДВФУ. 2016. № 1 (26). – С. 78–93.
9. Макаров Д. Световой дизайн. Современное состояние. «СВЕТОТЕХНИКА», 2018, № 3. – С. 78–82.
10. Сизый С. Современное состояние и перспективы развития современного светодизайна. «СВЕТОТЕХНИКА», 2018, № 3. – С. 78–82.
11. Быстрянцева Н. Комплексный подход в создании световой среды вечернего города: автореф. ... дис. канд. арх. М.: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2015. – 27 с.

12. Карпенко В. Принципы и средства световой композиции в современном искусстве и дизайне среды. М.: МАРХИ, АМІТ 2 (35) 2016. – С. 1–11.

13. Васильева Т., Назаров Ю. Светодизайн одежды. Москва «СВЕТОТЕХНИКА», 2011, № 4. – С. 42–46.

14. Из отчёта «Дизайн в технологиях 2018». <https://vc.ru/35053-budushchee-dizayna-ne-v-krasote-illyustraciya-a-v-sozdani-dostupnoy-dlya-vseh-sredy>

15. Карпенко В. Принципы и средства световой композиции в современном искусстве и дизайне среды. М.: МАРХИ, АМІТ 2 (35) 2016. – С. 1–11.

16. Базилевский А., Барышева В. Дизайн. Технология. Форма. «АРХИТЕКТУРА-С», 2010. – 248 с.

17. Абакумов Л.И., Дергач Г.И. Арт-объекты в современном средовом дизайне. Международная научная конференция «XIX Царскосельские чтения», СПб. 2015. – С. 88–91.

18. Карпенко В. Принципы и средства световой композиции в современном искусстве и дизайне среды. М.: МАРХИ, АМІТ 2 (35) 2016. – С. 1–11.

19. Минервин Г.Б., Шимко В.Т., Ефимов А.В. и др. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник. – М.: Архитектура-С, 2004. – 288 с. http://archizona.ru/disain_illustrirovanniy_slovar_spravochnik.htm



Заева-Бурдонская Елена Анантольевна, кандидат искусствоведения, профессор. Окончила в 1987 г. Московское высшее художественно-промышленное училище (б.

Строгановское). И.о. зав. кафедрой Средовой дизайн МГХПА им. С.Г. Строганова Член СД России, член «Союза Художников России» Лауреат премии Москвы.



Назаров Юрий Владимирович, доктор искусствоведения, профессор. Окончил в 1972 г. Московское высшее художественно-промышленное училище (б. Строгановское). Ректор НОУ

«Национальный институт дизайна». Член-корр. Российской Академии художеств. Почётный Президент Союза дизайнеров России. Лауреат Государственной премии РФ. Заслуженный деятель искусств РФ

Встреча рабочей группы по взаимодействию в области развития светодиодных технологий в светотехнике стран членов БРИКС

27–31 августа 2018 года в г. Сямынь, (провинция Фуцзянь, Китай) прошло пятое заседание рабочей группы по взаимодействию в области развития светодиодных технологий в светотехнике стран членов БРИКС (BRICSSSL-WG), в которую вошли представители Бразилии, России, Индии, Китая и ЮАР. Организатором деятельности рабочей группы и данного мероприятия стала ассоциация *International SSL Alliance (ISA)*, основной целью которой является содействие устойчивому развитию и применению светодиодного освещения во всем мире. В настоящее время *ISA* насчитывает 89 членов с более чем 4000 ассоциированных членов. Консолидированный объем продукции участников ассоциации составляет около 70 % от глобального объема выпуска светодиодной индустрии. Россию в *ISA* представляет Ассоциация Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС).

Пятое заседание рабочей группы проходило в расширенном составе. Кроме представителей стран группы БРИКС в качестве наблюдателей присутствовали представители: Вьетнама, Малайзии, Таиланда и Беларуси. В совещании приняли участие делегаты из Министерства науки и техники Китая, Научно-исследовательского института оптоэлектроники г. Донгуан и Исследовательского университета в Нанкине (Китай).

Основные мероприятия включали в себя презентации докладов делегатов и их обсуждения, посещение научно-производственных компаний, знакомство с технологиями и обмен опытом. Делегаты представили презентации по вопросам развития светодиодной индустрии, выявили и обсудили новые тенденции, политики разработки, стратегии сотрудничества. В ходе обсуждения сравнивались характерные особенности данных процессов в различных странах.

Российскую делегацию АПСС представляли Александр Карев (МГК «Световые Технологии») и Антон Черняков (Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур Российской Академии наук).

В докладе А. Карева был проведен анализ современного состояния светотехнической отрасли России и показаны основные тренды на рынке светодиодных светильников. Доклад А. Чернякова был посвящен новым методам исследования характеристик светодиодов в лабораторных условиях. Оба доклада вызвали интерес у аудитории и сопровождались оживленной дискуссией при обсуждении.

В ходе обсуждения докладов, касающихся современных тенденций и проблем на рынках разных стран, было выявлено множество



во вопросов, одинаково актуальных для всех. Прежде всего, это проблема информирования и обучения потребителей осознанному и правильному выбору светодиодных изделий. Второе – необходимость защиты рынков от некачественной продукции. Здесь отмечалась необходимость повышения ответственности как зарубежных производителей некачественной продукции, так и импортеров, порой, сознательно закрывающих глаза на проблему.

В ходе дискуссии коллеги заинтересовались опытом работы в России ассоциации «Честная Позиция» и программы «Соответствие в светотехнике». В частности, президент Ассоциации *ABilumi* (Производители и импортеры светотехнической продукции Бразилии) Г. Блум высказал заинтересованность в обмене опытом и внедрении аналогичной практики на рынке Бразилии.

Практика реализации энергосервисных контрактов и проектов повышения энергоэффективности в освещении были основными темами докладов коллег из Индии (Р. Шарма и Н. Гупта).

Чрезвычайно продуктивно работают в области светодиодных технологий коллеги из Беларуси. Практические результаты были представлены в докладе г-на Ю. Трофимова – директора Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий Белорусской академии наук.

Весьма интересными оказался визит в компанию *Sanan* (Китай) и её фотобиологическое подразделение *Sanan Sino-Science Photobiotech Co., Ltd*. Были продемонстрированы практические результаты применения современных технологий выращивания растений в условиях светодиодной светокультуры в промышленных масштабах. После познавательной экскурсии на *Plant Factory*, планы Китая снабжать свое население зеленой продукцией, выращенной под светодиодным светом, уже не кажутся завышенными.

В целом, конференция была отлично организована и позволила участникам обменяться реальными опытом и знаниями, увидеть перспективные технологии, завести полезные знакомства и наметить планы по взаимовыгодному сотрудничеству.

А.В. Карев

МГК «Световые технологии»

Итоги дискуссии по проблеме светового дизайна. Резюме редакции

ЩЕПЕТКОВ Н.И., БУДАК В.П

Проблема очевидно актуальная, но сначала факт: светодизайн как профессия в виде незаконнорождённого дитя, по крайней мере в России, востребован и динамично развивается с разной скоростью, содержанием и результатами. Значит, у нас есть объективный социальный запрос на него и определённые технико-экономические возможности при государственно-рыночной экономике. Но, увы, нет пока юридической легализации в виде специальности, подтверждаемой государственным дипломом об образовании. Журнал «Светотехника» обращается к этой теме не в первый раз.

В дискуссионных статьях С.Н. Сизого и Д.Н. Макарова [1] и откликах на них читателей журнала [2–3] много самых разных и неоднозначных оценок и мыслей, которые вряд ли возможно привести к общему знаменателю. Авторская (С. Сизый) версия истории светодизайна в России (с рядом неточностей) и основ теории «эмоционального дизайна» (а каким он должен быть, если считать его одним из жанров искусства?) многократно дополнена (Д. Макаров) пугающе-напрягающими обязательствами «светодейзанер должен..., обязан..., должен...» – какое уж тут искусство и творчество, если ты всем вокруг должен?

Нам представляется, что светодизайн – всеобъемлющая по типологии объектов, перспективная и интереснейшая область профессионально-творческой и научной (на стыке нескольких дисциплин) деятельности по формированию жизненной среды: сегодня без электрического света в интерьере и экстерьере нормальную жизнь в цивилизованном мире (нецивилизованном мире в количестве четверти населения Земли обходится без электричества) трудно себе представить. Восприятие среды и архитектуры при всяком свете, его основополагающую и образную роль объемлет универсальное понятие «световая архитектура»: **вся архитектура световая**, а без света – ни-

какая [4], хотя нередко по материалу исполнения её называют деревянной, каменной, бетонной, металлической и т.п. **Свет, естественный и искусственный, делает архитектуру явью и выразительным искусством.**

Термин «световая архитектура» появился в 1906 г. (П. Ширбарт) [5] и был афиширован Н. Тейхмюллером в 1926 г. [6] благодаря ошеломившему не готовых к нему зрителей эффекту электрического света, до неузнаваемости изменившего зрительный образ окружающей среды и её объектов. Сегодня содержание термина расширилось. Стало со временем ясно, что свет – «строительный материал» зрительных образов, служащих основой архитектурных образов, до сих пор не презентованный по заслугам в теории и практике зодчества как фундаментальный, а дневной свет – ещё и независимый от человека фактор.

Естественный свет солнца и неба – объективное глобальное физическое явление, основа жизни на Земле, а архитектура – результат мизерных – по сравнению с земными масштабами – человеческих мероприятий для своих нужд. Земля тысячелетиями существовала в «океане» солнечного света и была, есть и будет **светопотребляющей**. Человек генетически мыслит дневными образами и наибольшую деятельную активность проявляет при дневном свете, создающем относительно гомогенное светопропространство от горизонта через зенит до горизонта.

Рукотворный электрический свет по природе тот же, что и естественный – это электромагнитное излучение в видимом диапазоне, но с иными параметрами. Он несопоставим по интенсивности и масштабу действия с дневным, но зато полностью прогнозируем, управляем и потенциально многообещающ. С его помощью мы оптически «вырываем» из космической тьмы, объемлющей каждый миг половину вращающегося земного шара, микроскопиче-

ские, по сравнению с дневными, дискретные пространства, т.е. создаём сомасштабные человеку гетерогенные светопропространства в приземном, обитаемом слое воздушной атмосферы, необходимые для жизнедеятельности. Это и есть сфера светодизайна [7] как второй «ипостаси» антропогенезированной среды и развивающегося раздела световой архитектуры. Принципиальное отличие её от «дневной» – архитектура становится **светозлучающей**: рукотворный свет рвётся в космос, неся информацию человечества внеземным цивилизациям. Надо утвердиться в том, что утилитарное, архитектурное, светорекламное и прочее искусственное освещение – лишь подразделы светодизайна, в основе которого (как и архитектуры) лежат утилитарные функции, но они во всех случаях должны по возможности получить визуальное выражение на эстетическом уровне. Утилитарная сущность светодизайна – удел науки, а художественная – как сверхзадача нового искусства, в котором «гармонию можно проверить алгеброй».

Фундаментальные, перспективные и комплексные проблемы светодизайна – научные, творческие и практические – к сожалению, мало кто сегодня понимает. Они «съеживаются» обычно для решения сиюминутных локальных задач проектируемого инженерами утилитарного освещения или автономно финансируемого «элитного» архитектурного освещения объектов и ландшафта, а также световой рекламы, где «чудодействуют» светодизайнеры. Бытующий дилетантский термин «световое оформление» для стационарных ОУ категорически неприемлем: светодизайнер, создавая проект освещения, не «оформляет» что-либо, а создаёт, **конструирует**, вольно или невольно, удачно или неудачно, **фрагмент искусственной визуальной среды** как трёхмерной реальности, которая радикально отличается оригинальной образной спецификой от генетически привычной для человека дневной образной среды с её объектами и организованными архитектурными пространствами в той же градостроительной или даже интерьерной ситуации. **Нет светодизайна без архитектуры**, он в её лоне, он – её **новый раздел**, а архитектура – его предметно-пространственная основа со сво-

ими профессиональными законами древнейшего и сложнейшего синтетического искусства. Это не принижение роли светодизайна, наоборот – его возвышение без необоснованного изъятия из сферы рождения, существования и развития. Поэтому светодизайнер должен (опять должен!) знать основы светотехники и архитектуры, что далеко не простая задача: нужны или два образования, или их качественный синтез в учебных программах, методиках и сроке обучения не менее 5 лет для бакалавра, как в архитектурных вузах, если дело дойдёт до государственного признания этой профессии. До тех пор, пока эти очевидные, логичные и системные факты не приобретут всеобщего признания, будет продолжаться любительский «винегрет» в терминологии, методиках, оценках и, соответственно, в результатах.

Итак, какими же, по мнению редакции, представляются участникам довольно обширной дискуссии перспективы развития и сопутствующие им проблемы отечественного светового дизайна? Во-первых, все, начинающиеся с «застрельщиков» дискуссии, говорят в основном о светодизайне города, хотя существует не менее актуальная, сложная, объёмная и неисследованная область светодизайна интерьера. Во-вторых, благодаря техническому прогрессу, надежды на электрический свет как на неисчерпаемый источник творческих и иных возможностей «просвечивают» во многих мнениях. В-третьих, едва ли не во всех отзывах много мировоззренческих пожеланий из разряда «вечного» вопроса русской интеллигенции – «что делать?» – с сопроводительными интересными комментариями, есть даже мотивы второго вопроса – «кто виноват?» (напр., у А.Г. Хаджина, А.Т. Овчарова), но обнаруживается дефицит ответов на самый актуальный вопрос «как делать?». Точнее, фрагментарные ответы всё же встречаются, но они – из «разных опер», их трудно объединить и систематизировать. Определённый интерес в них в том, что корреспонденты рассказывают об инициативно внедряемых в своих вузах образовательных программах (Н.В. Быстрянцева), эффективность которых ещё не проявилась, или актуальных для профессии, с их точки зрения, нерешённых научных вопро-

сах, в основном из области светотехники, ибо их относительно легче формализовать, просчитать, смоделировать, измерить (П.А. Смирнов, Н.И. Щепетков). Кто возьмётся за их решение? Результаты подобных исследований нужны для норм и методик светодизайнерского проектирования, а грамотно применённые к архитектуре и создаваемой среде, они смогут стать светокомпозиционными критериями и параметрами для творческого поиска и оценки проектных решений, т.е. наука органично поможет искусству. Другие участники обсуждения предлагают конкретные и реальные тактические шаги для легального становления светодизайна (Ю.Б. Айзенберг), пытаются уточнить компетенции светодизайнера (Д.Н. Макаров и др.) и вообще показывают широкую эрудицию и равнодушие к судьбе профессии. Это обнадеживает. Но вот в расшифровке её содержания и компетенций светодизайнера больше всего несовпадающих мнений. Значит, очень нужен стандарт профессии. Сомнительный опыт его неафишированной разработки отмечен Н.И. Щепетковым [3].

Стандарт этой красивой и перспективной профессии с долгими и трудными родами должен быть открыто и тщательно выверен в профессиональных сообществах архитекторов, светотехников, дизайнеров и других специалистов, имеющих отношение к светодизайну, и в первую очередь, опыт научной, практической и образовательной (в вузах) работы в этой области. Это трудоёмкая, масштабная организационная и крайне актуальная задача. Решать её имеет смысл при условии, что государство в лице Министерства науки и высшего образования РФ признает необходимость этой профессии для народного хозяйства, ибо всё начинается с подготовки специалистов в университетах и академиях, и даст соответствующие поручения избранным вузам разработать образовательные программы. К обсуждению стандарта целесообразно привлечь не только вузы, немногочисленные сохранившиеся НИИ и крупные фирмы с наукой соответствующего профиля, но и творческие союзы архитекторов и дизайнеров, светотехническое сообщество, НТС по светотехнике.

Ознакомить с проектом стандарта для его обсуждения (при условии его предоставления разработчиками) могут журналы «Светотехника» и «Академия» (издание Российской академии архитектуры и строительных наук).

Всех волнует, кто такой светодизайнер и в какой степени он инженер или художник, физик или лирик, как говорили в 60-е гг. XX в. В принципе, это важно лишь для составления учебных базовых образовательных программ – чему уделить больше внимания и учебных часов: светотехнике или искусству архитектуры? Если вспомнить, что В.Г. Макаревич [4] светотехнику предлагал ассоциативно сравнить с «бревнотехникой», т.е. с деревянной архитектурой, можно понять, что содержание многих общих терминов условно и ограничено. Светотехника изучает не только физические законы оптического излучения, но и психофизиологические основы зрительного восприятия света человеком. А на зрительных оценках, невозможных без света, зиждется почти вся оценочная база архитектуры как выразительного искусства в её теории и практике. Светодизайн попадает в «самое яблочко» синтеза этих научных дисциплин и их практического применения. Львиную долю сил и времени у практикующего архитектора нередко занимают вовсе не творческие проблемы. От этого страдает его менталитет и катастрофически упавший в России престиж когда-то уважаемой профессии: архитектуру считали искусством королей. Сегодня господствует примат строительства, хотя это лишь средство реализации архитектурных решений. Поэтому иногда наш зодчий уходит от архитектурного творчества в другие сферы – менеджмента, науки, управления, иногда в сугубо творческие, в «чистое искусство» – театр, кино, телевидение, прикладное или журнально-книжное оформление и т.д. Благо – «образование позволяет». У светотехника также есть выбор – от электрика до театрального светохудожника. Так что кем будет в итоге образованный светодизайнер – инженером-расчётчиком или творцом-композитором визуальных образов – зависит от него самого, его фундаментальной подготовки, таланта и его судьбы-планиды в про-

фессии. Примерно об этом говорят и некоторые участники дискуссии (Ю.В. Назаров).

Можно отметить лишь тот грустный для авторов-светодизайнеров и объективный факт (но для пользователей он, наоборот, не грустный, ибо обеспечивает перманентное разнообразие визуальной среды), что произведения светодизайна живут относительно недолго, особенно по сравнению с его «носителем» – архитектурой. По теории А. Гутнова [8] структуру города можно представить в виде трёх совмещённых систем: «каркас» (улицы и площади транспортного и пешеходного движения как наиболее устойчивые структуроформирующие элементы генплана), «ткань» (застройка межмагистральной территории) и «плазма» (дизайнерские элементы заполнения архитектурных пространств – малые формы, реклама, ОУ и т.п.). «Плазма» – самая изменчивая система. Но зато по ОУ «можно безошибочно судить о времени строительства здания и о его назначении», поскольку «возможности и мобильность света определяют его современность в архитектуре» [4].

Огромное значение в любой профессии имеет устоявшаяся терминология. Это видно и по дискуссии. В светотехнике она есть (словари

МКО и др.), в архитектуре также есть, но гораздо более обширная и не столь чёткая (словарей много), а жизнь стремительно реагирует на новые явления и понятия, приходящие в основном из других языков и смежных сфер деятельности, включая вызвавшие разногласия термины «светодизайн» и «светодизайнер». На стыке профессий это всегда дискуссионно. Особенно актуальны понятия, связанные с взаимодействием бурно внедряющегося цветного искусственного света, статичного и динамичного, в полихромную архитектурную и природную среду, что непосредственно касается деятельности светодизайнеров. Попытка напомнить об этом принципиальном «новшестве» (мы привыкли воспринимать окружающий мир при белом свете) предпринята в последнее время в [9].

Похоже, что судьба новой профессии по-настоящему заботит в России лишь редакцию и редколлегию журнала «Светотехника» (десяток других отечественных журналов на эту тему конца XX в. – начала XXI в. сошли, к сожалению, с дистанции), хотя уже ЮНЕСКО на весь мир объявило в 2018 г. новый ежегодный праздник 19 мая – Международный день света, причём в числе инициаторов этой акции была Россия. Как

же его готовить и отмечать без своих светодизайнеров?

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дискуссия по проблеме светового дизайна // Светотехника.– 2018.– № 3. – С. 72–82
2. Дискуссия по проблеме светового дизайна // Светотехника.– 2018.– № 4. – С. 80–93
3. Дискуссия по проблеме светового дизайна // Светотехника.– 2018. –№ 5. – С. 79–86
4. Гусев Н.М., Макаревич В.Г. Световая архитектура // М., Стройиздат, 1973. 248 с.
5. Neumann D. Architecture of the Night// Munich-Berlin-London/New-York.Prestel, 2002. 239 с.
6. Келер В., Лукхардт В. Свет в архитектуре. М., Госиздательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. 182 с.
7. Щенетков Н.И. Световой дизайн города// М. «Архитектура-С», 2006. 320 с.[Электронный ресурс] –http://lightonline.ru/files/docs/Tshepetkov_Lighting_design_of_city.pdf
8. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства//М., Стройиздат, 1994.
9. Мигалина И.В., Щенетков Н.И. Цвет в архитектурной среде//М. МАРХИ., 2018. 139 с.– [Электронный ресурс] – <http://znanium.com/catalog/product/1002297>.

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**



О Своде правил СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»

Окончание. Начало в №5

13	<p>14 Вводно-распределительные устройства, главные распределительные щиты, распределительные щиты, пункты и щитки Комментарий: Содержание пунктов 14.1 – 14.11 с дополнениями повторяет данные раздела «Вводно-распределительные устройства, главные распределительные щиты, распределительные щиты, пункты и щитки» Свода правил СП 31-110-2003. В разделе не учтены требования пожарной безопасности и улучшения эксплуатации электроустановок зданий. Целесообразно учитывать следующее: Устройство электрощитовых и кабельных помещений для главных распределительных щитов зданий 1. Отмеченное ниже относится к электроустановкам жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий. 1.1 В соответствии с таблицей 2 ГОСТ Р 51732-2001 «Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий» (сейчас это межгосударственный стандарт ГОСТ 32396-2013 с одноименным названием) [31] номинальные токи вводных аппаратов не должны превышать 630 А. В журнале «Новости ЭлектроТехники» № 2 2007 год в рубрике «Вопрос-Ответ» опубликовано разъяснение А.А. Шалыгина – автора Свода правил СП 31-110-2003 о возможности применения для электроустановок жилых и общественных зданий ГРЩ (НКУ по ГОСТ Р 51.321.1-2000) с нагрузками, превышающими 630 А [32]. 1.2 В ГРЩ с панельными щитами должны предусматриваться две отдельные вводные панели, разделенные перегородкой. В вводных панелях ГРЩ перед вводными аппаратами целесообразно предусмотреть шинные мостики для подключения к каждому вводу: – наружных питающих кабелей с указанием их количества, количества жил и сечения, – панели противопожарных устройств ППУ здания. При подключении двух вводов в один шкаф вводы следует разделять перегородкой. 1.3 Размеры электрощитового помещения определяются схемой ГРЩ (ВРУ) и соответствующей этой схеме количеством панелей одностороннего обслуживания. Панель противопожарных устройств ППУ здания следует располагать в электрощитовом помещении. Электрощитовые помещения целесообразно предусматривать также для электроустановок встроенных в здание помещений различного назначения, подключаемых к ГРЩ (ВРУ) здания. 1.4 Электрощитовое помещение целесообразно располагать на 1-м этаже у наружной стены здания. Электрощитовое помещение не следует размещать в подвале: – не разрешается в районах, подверженных затоплению, – в остальных случаях требуется гидроизоляция наружных стен и пола, – не обеспечиваются нормативные радиусы изгиба наружных питающих кабелей. При размещении электрощитового помещения внутри здания: – требуется противопожарная защита наружных питающих кабелей, прокладываемых в здании до ГРЩ или ВРУ, – затрудняется согласование ввода с кабельной сетью. В электрощитовом помещении нецелесообразно предусматривать окно, которое может быть источником проникновения огня извне и доступа посторонних лиц. Вход в электрощитовые помещения жилых зданий должен выполняться непосредственно с улицы (что предпочтительней) или из поэтажного внеквартирного коридора (холла). В общественных зданиях вход в электрощитовое помещение также должен выполняться с улицы (что предпочтительней) или из коридора, располагаемого на первом этаже. 1.5 Под электрощитовым помещением следует предусматривать кабельное помещение, обеспечивающее ввод наружных питающих кабелей. Высота кабельного помещения должна быть не менее 1,8 м. Вход в кабельное помещение предусматривается из подвала или через лаз, предусмотренный в полу электрощитового помещения. 1.6 В соответствии со статьей 35 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности: Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются в условиях стандартных испытаний. Наступление пределов огнестойкости несущих и ограждающих строительных конструкций в условиях стандартных испытаний или в результате расчетов устанавливается по времени достижения одного или последовательно нескольких из следующих признаков предельных состояний: – потеря несущей способности R, – потеря целостности E, – потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений I или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции W. Предел огнестойкости для заполнения проемов в противопожарных преградах наступает при потере целостности E, теплоизолирующей способности I, достижения предельной величины плотности теплового потока W и (или) дымогазонепроницаемости S. 1.7 Отметим следующее: – для электрощитовых и кабельных помещений, малых электрощитовых помещений в отечественных нормативных документах не нормируется требуемый предел огнестойкости ограждающих строительных конструкций, – главные распределительные щиты зданий, размещаемые в электрощитовых помещениях, должны обеспечивать электропитание противопожарных систем, аварийного освещения, системы оповещения и эвакуации людей во время пожара, диспетчеризации.</p>
----	--

13	<p>1.8 Пример, заслуживающий внимания. В пункте 5.10.11 свода Правил СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [33] указано, что помещение насосной станции должно быть отделено от других помещений противопожарными перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости REI45, при этом требование к огнестойкости дверей не нормируется. Для большинства групп помещений, указанных в таблице 5.1 свода Правил СП 5.13130.2009, продолжительность подачи воды во время пожара составляет 60 мин. Очевидно, что огнестойкость конструкций, ограждающих помещение насосной станции, электрощитовой здания и дверей также должны быть не менее 60 мин.</p> <p>1.9 В зданиях для обеспечения работы противопожарных систем и эвакуации людей при пожаре предел огнестойкости строительных конструкций, ограждающих электрощитовые и кабельные помещения, целесообразно принимать не менее REI 60, дверей EI60. Эти требования должны распространяться на малые электрощитовые помещения, диспетчерские, посты пожарной охраны, противопожарные насосные станции. Необходимость применения в электрощитовых помещениях дымогазонепроницаемых дверей определяется заданием на проектирование.</p> <p><u>Устройство малых электрощитовых помещений для распределительных и групповых щитов</u> 1. Противопожарные требования к этим помещениям по пределам огнестойкости аналогичны требованиям к электрощитовым помещениям. Преимущества устройства малых электрощитовых помещений взамен установки электрощитов в коридорах, на лестницах и других местах: – противопожарная безопасность устанавливаемого электрооборудования, в том числе электрощитов различного назначения и электропроводок, – отсутствует необходимость установки специальных противопожарных электрощитов, – удобство открытого монтажа электрощитов и электропроводок различного назначения, в том числе щитов и электропроводок слаботочных систем, – возможность установки в этих помещениях при эксплуатации здания дополнительных электрощитов и прокладки новых электропроводок, – наличие входа в каждое электрощитовое помещение из коридора, – возможность размещения указанных помещений по стоякам.</p> <p>2. Установку электрооборудования в электрощитах целесообразно предусматривать в металлических корпусах.</p> <p><u>Устройство шкафных конструкций (шкафов) для распределительных, этажных и групповых щитов и коммуникаций</u> 1. Письмо во ВНИИ противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС РФ: В соответствии с пунктами 6.26, 6.32 и 7.22 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [34] во встроенных шкафах, предусматриваемых при проектировании в коридорах и обычных лестничных клетках жилых, общественных и промышленных зданий, разрешена прокладка инженерных коммуникаций (электропроводки, трубопроводы водопровода, ливневой канализации, кондиционирования и отопления). В шкафах устанавливаются групповые и этажные электрощиты. В соответствии с пунктом 7.22 СНиП 21-01-97* ограждающие конструкции шахт и ниш (встроенных шкафов) должны соответствовать требованиям, предъявляемым к противопожарным перегородкам 1-го типа и перекрытиям 3-го типа. Просим сообщить о пределах огнестойкости дверей, закрывающих указанные выше шкафы с коммуникациями. В пункте 5.18 СНиП 21-01-97* этот вопрос не конкретизирован.</p> <p>2. Факсимильное сообщение ВНИИ противопожарной обороны от 16.07.2008 года № 43/3.3/1068ф: При определении предела огнестойкости дверей, закрывающих шкафы с коммуникациями, следует руководствоваться пунктом 5.14* СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».</p> <p>3. Из сообщения ВНИИ противопожарной обороны следует, что предел огнестойкости перегородок для шкафов с коммуникациями, в том числе для электропроводок, должен быть не ниже EI45 и дверей не ниже EI 30. В проектах предел огнестойкости перегородок и дверей шкафных конструкций целесообразно предусматривать равным EI60.</p>
14	<p><u>Устройство внутренних электрических сетей</u> Содержание пунктов 15.1 – 15.4 с дополнениями повторяет данные раздела «Устройство внутренних электрических сетей» свода правил СП 31-110-2003.</p> <p>Комментарии: В разделе не учтены требования действующих нормативных документов и в первую очередь ГОСТ Р 50571.5.52-2011 [27], отдельные выдержки из этих документов без указания источника информации и сохранения его текста снижают требования к электробезопасности людей. – пункт 15.2: противопожарные требования по выполнению электропроводок должны соответствовать нормативным, термин «высокий риск распространения пожара» отсутствует в нормативных документах, – пункт 15.3: Не рекомендуется размещать электропроводки на путях эвакуации людей, Указанный в пункте 15.3 текст не соответствует требованиям пункта 422.2.1 ГОСТ Р 50571.4.42-2012 / МЭК 60364-4-42:2010 «Электроустановки низковольтные. Часть 4.42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий», которым следует руководствоваться при проектировании [12], – пункт 15.4: требования по выполнению электрических сетей в зрелищных предприятиях, указанные в Правилах устройства электроустановок, устарели, – пункт 15.9: способы выполнения электропроводок, в том числе на лотках, указаны в ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Лотки активно применяются для выполнения электропроводок в различных помещениях зданий и их применение не следует ограничивать, – пункт 15.11: целесообразно исключить требования локализационной способности для стальных труб и коробов, прокладываемых открыто на лестничных клетках, – пункт 15.13: не следует допускать прокладку взаиморезервируемых противопожарных линий в одном коробе, на одной лотке, – пункт 15.15: целесообразно исключить требования локализационной способности для стальных труб и коробов, прокладываемых за подвесными потолками,</p>

14	<p>– пункт 15.17: сети противопожарных устройств и аварийного освещения следует прокладывать отдельно от других сетей. Часть требований пункта 15.17, в том числе прокладка сети к агрегату по обработке картофеля, устарели и приняты на основании позиции 3.101 «Инструкции по проектировании общественных зданий массового строительства» СН 543-82 [25], введенной в действие 1 июля 1982 года (34 года тому назад).</p> <p>Фактически следует руководствоваться пунктом 521.7 ГОСТ Р 50571.5.52-2011: «В одном кабеле, применяемом для устройства электропроводок, допускается наличие нескольких цепей при условии, что все проводники имеют изоляцию, соответствующую наивысшему из всех напряжений цепей».</p> <p>– пункт 15.21: требования таблицы 15.2 должны соответствовать всем применяемым способам электропроводок, в том числе на лотках,</p> <p>– пункт 15.23: выполнение электропроводок в ванных и душевых помещениях должно соответствовать требованиям 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» [35],</p> <p>Требования по выполнению электропроводок в уборных отсутствуют в ГОСТ Р 50571.7.701-2013,</p> <p>– пункт 15.29: пункт 15.27 указан неверно,</p> <p>– пункт 15.35: целесообразно расширить применение в зданиях штепсельных розеток с защитным устройством, закрывающим контакты при вынутой вилке,</p> <p>– пункт 15.43: зона 3 отсутствует в ГОСТ Р 50571.7.701-2013.</p> <p>В Свод правил СП 256.1325800.2016 необходимо внести указания по выполнению сетей к противопожарным электроприемникам и сетей аварийного освещения, см.ниже.</p> <p>Огнестойкие кабельные линии</p> <p>1. Огнестойкая кабельная линия (ОКЛ) - напряжением 0,4 кВ или слаботочная - включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> – огнестойкий кабель, – огнестойкие кабельные лотки или короба, – огнестойкие кабельные конструкции, предназначенные для установки лотков и коробов, – огнестойкие дюбеля и анкеры, предназначенные для монтажа огнестойких кабельных конструкций к стенам и потолкам, – огнестойкие ответвительные кабельные коробки компании ДКС с сохранением работоспособности при пожаре в течение 45 или 90 минут. <p>Прокладка ОКЛ может выполняться также в стальной трубе или открыто с применением огнестойких монтажных аксессуаров.</p> <p>2. Огнестойкая кабельная линия – это звено в цепочке:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электрощитовое помещение главного распределительного щита здания с пределом огнестойкости не менее REI60, – огнестойкая кабельная линия, – электроприемник. <p>3. Огнестойкая кабельная линия предназначена для обеспечения работы следующих систем и электроприемников:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Аварийное освещение: эвакуационное освещение, антипаническое освещение, освещение зон повышенной опасности, резервное освещение. – Питание светильников «Выход» и светильников, указывающих направление эвакуации при пожаре. – Питание системы оповещения при пожаре. – Противопожарные системы: насосные станции пожаротушения, станции автоматического пожаротушения, пожарные насосы, водяные и пенные установки пожаротушения, системы дымоудаления, системы подпора воздуха, аварийная вентиляция, пожарная сигнализация. – Лифты для пожарных подразделений. – Электрощиты для подключения пожарной техники, например, в автостоянках. – Оборудование пожарных постов и противопожарное оборудование, установленное в диспетчерских пунктах зданий. – Система автоматизации KNX или другая система автоматизации, обеспечивающая работу противопожарных устройств здания. – Электроприемники пожароопасных зон класса П-Па. – Охранная сигнализация. – Щиты операционных и отделений (палат) реанимации больниц, другие ответственные электроприемники медицинских помещений, указанные в задании на проектирование. <p>4. Область применения огнестойких кабелей 0,4 кВ приведена также в таблице 2 ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» [36].</p> <p>5. Объекты, в которых наряду с данными таблицы 2 ГОСТ 31565-2012, применяются огнестойкие кабели:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Метрополитены, – Атомные станции, – Другие объекты энергетики, – Объекты нефтегазовой отрасли, – Объекты железнодорожного транспорта, – Промышленные объекты, – Сельскохозяйственные объекты, – Аэропорты, – Вокзалы, – Музеи,
----	--

14	<ul style="list-style-type: none"> – Спортивные объекты, – Спецобъекты, – Объекты с применением слаботочных огнестойких кабелей, – Другие объекты. <p>6. Отмечается следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Отечественные предприятия выпускают огнестойкие кабели 0,4 кВ и огнестойкие слаботочные кабели. - Группа компаний «Севкабель» разработала и освоила производство огнестойких безгалогенных кабелей «Робастек» на напряжение 10 кВ. <p>7. В ГОСТ Р 50571.4.42-2012 / МЭК 60364-4-42:2010 [12] указано, что огнестойкие кабели следует применять в пожароопасных зонах класса П-Па. За исключением тех случаев, когда провода и электропроводки замоноличиваются в негорючий материал, электропроводки не должны распространять горение.</p> <p>Оборудование должно быть выбрано в соответствии со следующими требованиями:</p> <ul style="list-style-type: none"> – кабели должны быть огнестойкими, – трубные кабельные системы, классифицированные как нераспространяющие горение, – системы специальных кабельных коробов и каналов, классифицированных как нераспространяющие горение, – системы кабельных лестниц и систем кабельных лотков, классифицированных как нераспространяющие горение. <p>8. Применение огнестойких кабелей необходимо указывать в задании на проектирование.</p> <p>Требования к устройству электрических сетей указаны в статье «ГОСТ Р 50571.5.52-2011 (по выбору и монтажу электропроводок)», опубликованной в журнале «Светотехника» № 6 2015 год [37].</p>
15	<p>16 Электрическое отопление и горячее водоснабжение</p> <p>Содержание пунктов 16.1 – 16.18 с дополнениями повторяет данные раздела «Электрическое отопление и горячее водоснабжение» Свода правил СП 31-110-2003.</p>
16	<p>17 Учет электроэнергии, измерительные приборы</p> <p>Содержание пунктов 17.1 – 17.13 с дополнениями повторяет данные раздела «Учет электроэнергии и горячее водоснабжение» Свода правил СП 31-110-2003.</p> <ul style="list-style-type: none"> - пункт 17.9: из текста следует исключить слово «производственных», - пункт 17.10: следует добавить требование пункта 7.1.64 Правил устройства электроустановок: «Отключающие аппараты для снятия напряжения с расчетных счетчиков, установленных в квартирах, должны размещаться за пределами квартиры» [18].
17	<p>18 Основные технические требования к автоматическим системам учета, контроля и управления</p> <p>Содержание раздела 18 с дополнениями повторяет данные соответствующего раздела Свода правил СП 31-110-2003. Целесообразно проверить соответствие данных раздела 18 действующим нормативным требованиям..</p>
18	<p>Приложение А (рекомендуемое) Рекомендации по применению устройств защитного отключения дифференциального тока в электроустановках жилых зданий</p> <p>А.1 Общая часть</p> <p>Комментарий: Требования (а не рекомендации) по применению устройств защитного отключения, основанные на нормативных документах, должны быть обязательными и обеспечивать электробезопасность и пожарную безопасность людей в жилых и общественных зданиях.</p> <p>- пункт А.1.2</p> <p>Комментарий: Требование о том, что ток утечки электрических цепей, подключенных к УЗО, не должен превосходить 1/3 его номинального отключающего дифференциального тока справедливо лишь для синусоидальных токов. При синусоидальном токе номинальный неотключающий дифференциальный ток УЗО типов А и АС установлен в ГОСТ Р МЭК 60755-2012 «Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током» [38], равным половине номинального отключающего дифференциального тока. Если в главной цепи устройства защитного отключения протекает пульсирующий постоянный ток, значение неотключающего дифференциального тока (тока несрабатывания) УЗО типа А зависит от угла задержки тока. При угле задержки тока, равном 0°, неотключающий дифференциальный ток УЗО равен 0,35, при 90° - 0,25, при 135° – 0,11 его номинального отключающего дифференциального тока.</p> <p>Для гарантийного исключения ложных срабатываний устройств защитного отключения максимальный синусоидальный ток утечки в электрических цепях, подключенных к УЗО типов АС и А, должен быть меньше 0,5 его номинального отключающего дифференциального тока. Максимальный пульсирующий постоянный ток утечки в электрических цепях, подключенных к УЗО типа А, должен быть меньше 0,11 его номинального отключающего дифференциального тока. Значения токов утечки электрооборудования приведены в нормативных документах или могут быть получены от изготовителей электрооборудования.</p> <p>При отсутствии этих данных применяется пункт 7.1.83 Правил устройства электроустановок [18]: Ток утечки электроприемников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.</p> <p>– пункт А.1.3</p> <p>Комментарий: В тексте пункта указаны значения переменного дифференциального тока неотключения и тока отключения для УЗО типа АС, принятые по таблице 10 ГОСТ Р МЭК 60755-2012 [38]. Значения постоянного пульсирующего дифференциального тока несрабатывания и тока срабатывания для УЗО типа А следует принимать по таблице 11 ГОСТ Р МЭК 60755-2012.</p>

18	<p>– пункт А.1.6 Комментарий: УЗО необходимо применять:</p> <ul style="list-style-type: none"> – для розеточных сетей с номинальным током, не превышающим 20 А, квартир, коттеджей, индивидуальных домов, садовых домиков в соответствии с требованиями пунктов 411.3.3 и 415.1 ГОСТ Р 50571.3-2009 [39], – для передвижного оборудования с номинальным переменным током, не превышающим 32 А, которое используют вне здания также в соответствии с требованиями пунктов 411.3.3 и 415.1 ГОСТ Р 50571.3-2009 [39], – для ванных и душевых помещений в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50571.7.701-2013 [35]. <p>– пункт А.1.7 Комментарий: В соответствии с требованием пункта 411.4.5 ГОСТ Р 50571.3-2009 «Защитное устройство дифференциального тока (УДТ) не должно применяться в системе TN-C».</p> <p>– пункт А.2.1 Комментарий: В соответствии с пунктом 415.1 ГОСТ Р 50571.3-2009 УЗО относится к дополнительной защите в случае отказа одной из мер для основной защиты (защиты от прямого прикосновения) и (или) защиты при повреждении (защиты при косвенном прикосновении) или неосторожности пользователей.</p> <p>– пункт А.4.1 Комментарий: По имеющимся данным технические условия на УЗО, соответствующие требованиям нормативных документов, не согласовываются с Ростехнадзором.</p> <p>– пункт А.4.11 Комментарий: Пункт следует исключить из СП 256.1325800.2016. Применение УЗО следует выполнять в соответствии с требованиями действующих норм.</p> <p>– пункты А.5.1 и А.5.4 Комментарий: Пункт А.5 целесообразно исключить из Свода правил СП 256.1325800.2016. Применение УЗО в индивидуальных домах и дачных домиках должно соответствовать нормативным требованиям. В пункте 6.6.5 ГОСТ 32395-2013 «Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия» [40] указано, что на вводе щитков, устанавливаемых в деревянных домах, следует применять автоматические выключатели дифференциального тока АВДТ. Комментарий: – в соответствии с требованием пункта 6.6.5 на вводе в щиток, устанавливаемый в деревянных индивидуальных домах и деревянных садовых домиках, следует предусматривать селективный автоматический выключатель дифференциального тока АВДТ с номинальным отключающим дифференциальным током 100 или 300 мА. При этом сохраняется требование об установке в щитке выключателей АВДТ или ВДТ с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА, к которым подключаются штепсельные розетки с номинальным током, не превышающим 20 А, в том числе розетки наружной установки [39], – на вводе в щиток, устанавливаемый в деревянных индивидуальных домах и деревянных садовых домиках возможна установка автоматического выключателя дифференциального тока АВДТ с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА. При этом в щитке исключается дополнительная установка выключателей АВДТ или ВДТ, к которым подключаются штепсельные розетки с номинальным током, не превышающим 20 А. Указанные выше требования целесообразно применять также в электроустановках кирпичных индивидуальных домов и садовых домиков.</p>
19	<p>19 Защитные меры безопасности – пункт 19.1 Комментарий: В соответствии с пунктом 410.3.3 ГОСТ Р 50571.3-2009 [39] к основным защитным мерам относятся: автоматическое отключение питания, двойная или усиленная изоляция, электрическое разделение, сверхнизкое напряжение. Раздел 19 целесообразно дополнить требованиями по применению системы защитного уравнивания потенциалов и дополнительного защитного уравнивания потенциалов.</p>

В заключение

1. Для применения при проектировании и монтаже электроустановок жилых и общественных зданий целесообразно выполнить корректуру свода правил СП 256.1325800.2016.

2. Из текста свода правил СП 256.1325800.2016 необходимо исключить требования, не соответствующие требованиям стандартов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа». – М.: Стандартинформ, 2016.

2. Свод правил СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

3. ГОСТ Р 50571.28–2006 (МЭК 60364–7–710:2002) «Электроустановки зданий. Часть 7–710. Требования к специальным установкам. Электроустановки медицинских помещений». – М.: Стандартинформ, 2007.

4. Свод правил СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования».

5. ГОСТ Р 55710–2013 «Освещение внутри зданий. Нормы и методы измерений». – М.: Стандартинформ, 2014.

6. Свод правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*». – М.: ОАО ЦПП, 2011.

7. Паиковский Р.И. «Искусственное освещение медицинских учреждений». // «Светотехника». – 2016. № 4. – С. 70–71.

8. ГОСТ 21.608–2014 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения» – М.: Издательство стандартов, 2002.

9. Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности». Раздел 5. Требования пожарной безопасности к световому оповещению и управлению эвакуацией людей. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

10. ГОСТ Р 55842–2013 (ИСО 30061:2007) «Освещение аварийное. Классификация и нормы». – М.: Стандартинформ, 2014.

11. ГОСТ Р 50571.5.56–2013 / МЭК 60364–5–56:2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–56. Выбор и монтаж электрооборудования. Системы обеспечения безопасности». – М.: Стандартинформ, 2014.

12. ГОСТ Р 50571.4.42–2012 / МЭК 60364–4–42:2010 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–42. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий». – М.: Стандартинформ, 2013.

3. Выдержки из нормативных документов целесообразно указывать полностью с указанием источника информации и сохранением его текста.

4. Откорректированный Свод правил СП 256.1325800.2016 исключит необоснованные требования экспертных организации по проектированию и монтажу электроустановок жилых и общественных зданий.

13. ГОСТ Р 50571.29.2009 (МЭК 60364–5–55:2008) «Электрические установки зданий. Часть 5–55. Выбор и монтаж электрооборудования. Прочее оборудование». – М.: Стандартинформ, 2009.

14. Паиковский Р.И. «Аварийное освещение. Нормативные документы». // «Светотехника». – 2016. № 6. – С. 62–66.

15. EN12464–1:2002 Light and Lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places.

16. ГОСТ Р 53780–2010 «Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке». – М.: Стандартинформ, 2011.

17. Паиковский Р.И. «О применении светильников с люминесцентными лампами и электронными ПРА». // «Светотехника». – 2014. № 3. – С. 33.

18. Правила устройства электроустановок седьмого издания. Разделы 6, 7 – М.: НЦ ЭНАС, 2003..

19. ГОСТ Р 54944–2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности». – М.: Стандартинформ, 2013.

20. Письмо Роспотребнадзора от 01.10.2012 года № 01/11157–12–32 «Об организации санитарного надзора за использованием энергосберегающих источников света».

21. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». – СПб: Центр охраны труда, 2003.

22. Свод правил СП 118.13330.2012 (СНиП 31–06–2009) «Общественные здания и сооружения» – М.: Стандартинформ, 2013.

23. Паиковский Р.И. «Категории надежности электроснабжения многоквартирных жилых и общественных зданий». // «Светотехника». – 2015. № 3. – С. 59–61.

24. ВСН 59–88 / Госгражданстрой «Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования». – М.: Стройиздат, 1990.

25. СН 543–82 «Инструкция по проектированию общественных зданий массового строительства». – М.: Стройиздат, 1982.

26. Паиковский Р.И. «Панель противопожарных устройств здания». // «Светотехника». – 2016. № 3. – С. 76–78.

27. ГОСТ Р 50571.5.52–2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5–52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». М.: Стандартинформ, 2013.

28. Журнал «Новости ЭлектроТехники» 2014 год № 6 – С. 52.

5. С вводом в действие 2 марта 2017 г. свода правил СП 256.1325800.2016 не отменен Свод правил СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий», поэтому при проектировании следует применять СП 31–110–2003 с исключением ошибок, указанных выше в тексте отзыва.

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

30. ГОСТ 31996–2012 «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66, 1 и 3 кВ». – М.: Стандартинформ, 2014.

31. ГОСТ 32396–2013 «Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий». – М.: Стандартинформ, 2014.

32. Информационно – справочное издание «Вопрос – ответ», приложение № 6 журнала «Новости ЭлектроТехники», 2007 год. – С. 42–43.

33. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» и изменение № 1 СП 5.13130.2009. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009, 2011.

34. СНиП 21–01–97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». – СПб: ДЕАН, 2003.

35. ГОСТ Р 50571.7.701–2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 7. Требования к специальным установкам и местам их размещения. Раздел 701. Помещения для ванн и душевых комнат». – М.: Стандартинформ, 2014.

36. ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности». – М.: Стандартинформ, 2013.

37. Паиковский Р.И. «ГОСТ Р 50571.5.52 / МЭК 60364–5–2:2009 (по выбору и монтажу электропроводок)». // «Светотехника» – 2015. № 6. – С. 41–47.

38. ГОСТ Р МЭК 60755–2012 «Общие требования к защитным устройствам, управляемым дифференциальным (остаточным) током». – М.: Стандартинформ, 2013.

39. ГОСТ Р 50571.3–2009 «Электроустановки низковольтные. Часть 4–41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током». – М.: Стандартинформ, 2011.

40. ГОСТ 32395–2013 «Щитки распределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия». – М.: Стандартинформ, 2014.

Р.И. Паиковский
инж.-проектировщик, корр. журнала
«Светотехника» в Санкт-Петербурге

XXIV Международная светотехническая выставка в Москве

С 6 по 9 ноября 2018 года в Московском Экспоцентре на Красной Пресне состоялась очередная Международная выставка освещения, систем безопасности, автоматизации зданий и электротехники – «*Interlight Moscow powered by light+building*». Экспозиция размещалась в павильонах «Форум», 1, 7 (кроме нижнего яруса) и 8. Кроме этого, впервые часть экспозиции наружного освещения была размещена прямо на улице между павильонами «Форум» и 1. В выставке приняли участие 428 фирм из 22 стран – значительно меньше, чем в прошлом году. Наибольшее количество экспонентов было из России, Китая, Гонконга и Кореи.

К сожалению, продолжилась тенденция ухода с выставки крупнейших отечественных экспонентов (зарубежные покинули её уже много лет назад). Так, на выставке не были представлены казанский завод «Ферекс», «остатки» «Световых технологий» («остатки» – потому что на выставке прошлого года был небольшой стенд с демонстрацией лишь очень малой части ассортимента этой интереснейшей фирмы), «Атомсвет», «Светлана-Оптоэлектроника», «Оптоган» и другие.

В этом году выставка проходила под лозунгом «Больше, чем свет!», поэтому на ней были шире представлены системы управления освещением, аппаратура включения, электроустановочные изделия и светотехнические материалы.

Не нарушая традицию предыдущих обзоров, остановимся на наиболее интересных объектах по разделам: источники света, световые приборы, электротехнические и прочие изделия.

1. Источники света

На выставке впервые не было ни одного стенда, посвящённого специально источникам света. Даже в экспозиции Китая, всегда поражающей разнообразием форм и модификаций компактных люминесцентных ламп, не удалось обнаружить сколько-нибудь заметных и интересных новых типов традиционных ИС.

Всероссийский НИИ источников света им. А.Н. Лодыгина демонстрировал новую для себя продукцию – устройства управления для СД, печатные платы для различных устройств как на стеклотекстолитовой, так и на алюминиевой основе, и другие изделия. Все они выполнены на самом современном уровне, высокое качество их подтверждено испытаниями, но всё же это не источники света. Новые источники света на стенде НИИИС всё-таки присутствовали: хорошие линейные светодиодные модули на алюминиевых печатных платах.

Одно из очень немногих в России предприятий, способных выра-

шивать кристаллы для светодиодов и выпускать собственные светодиоды очень неплохого качества, – «Протон» (г. Орёл) – в этот раз показывало только световые приборы, а не светодиоды.

Тем не менее, на многих стендах были широко представлены светодиодные лампы, среди них – достаточно оригинальные. Изучение каталогов предприятий, экспонировавших такие лампы, показало, что к настоящему времени созданы практически все заменители традиционных ламп накаливания (в том числе и галогенных), компактных и линейных люминесцентных ламп, многих типов ДРЛ.

Можно сказать, что сегодня стабилизировались параметры светодиодных ламп. Для ламп прямой замены ЛОН, ГЛН и КЛЛ максимальная световая отдача 80–90 лм/Вт, срок службы 25–30 тысяч часов. Для линейных

Рис. 1. Фрагменты стендов фирм «Включай», «Экола» и Uniel



Рис. 2. Мощные светодиодные лампы фирмы IEK

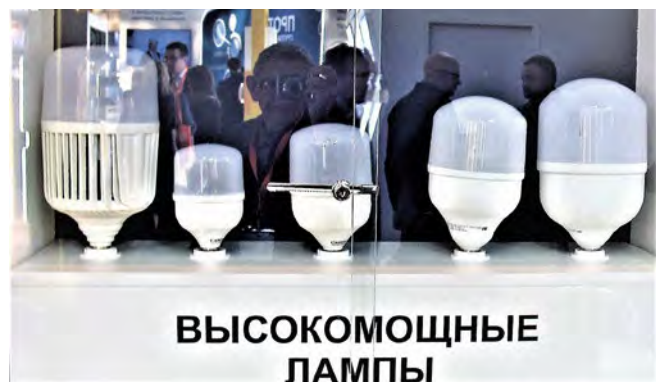


Рис. 3. «Филаментные» лампы разных фирм



ЛЛ встречаются значения световой отдачи до 120 лм/Вт и срока службы до 50 000 часов (очень редко – 100 000 часов). Для отдельных светодиодных модулей иногда попадались значения до 180 лм/Вт.

Наиболее широкий ассортимент светодиодных ламп-заменителей был представлен на стендах российских предприятий *IEK*, «Экола», *Uniel*, «ТДМ Электрик», «Включай» («*VKL Electric*»), «Эра». Во всех без исключения лампах используются импортные светодиоды, чаще всего – китайские, сборка готовых ламп часто производится в России. Параметры ламп у всех фирм примерно одинаковые.

На рис. 1 показаны фрагменты стендов фирм «Включай» (Самара), «Экола» и *Uniel* (Москва). Видно, что ассортимент представленных ламп полностью охватывает ЛОН, КЛЛ, ГЛН без отражателей (цоколи *G4*, *G9*) и с отражателями (цоколи *GU5,3*, *GU10*). Фирмы представили новые серии ламп: «Экола» – серию «Премиум», «Включай» – серию «Танго», *UNIEL* – серию «Яркая». Интересно, что лампы новых серий всех фирм имеют коэффициент пульсации светового потока менее одного процента.

На рис. 2 показана серия мощных светодиодных ламп фирмы *IEK* для прямой замены ДРЛ мощностью до 400 Вт в готовых светильниках. Лампы делаются с цоколями *E40* или *E27* с переходником на *E40*. Лампы имеют довольно массивные радиаторы, обеспечивающие хороший теплоотвод от светодиодов. Световой поток лампы мощностью 200 Вт (на фото крайняя



Рис. 4. «Филаментные» лампы-светильники фирмы *Sun-Lumen*



Рис. 5. Фрагменты стенда фирмы «Арлайт»



Рис. 6. Светодиодные модули с отражателями и радиаторами (*Vossloh Schwabe*, Германия)



Рис. 7. Лампы с цоколем *GX 53* («Экола»)



Рис. 8. Цены светодиодных ламп («Народная продукция»)

слева) равен 13400 лм, то есть равен световому потоку ДРЛ 250.

Практически все фирмы, экспонировавшие светодиодные лампы, представляли их и в исполнении «филамент», то есть со светящим телом в виде нитей старых ламп накаливания. Такие лампы имеют параметры, близкие к параметрам ставших уже обычными светодиодных ламп: световая отдача 70–80 лм/Вт, срок службы

25–30 тысяч часов. Колбы филаментных ламп имеют иногда самые причудливые формы (рис. 3). В этом отношении особенно выделялась российская фирма «*Sun-Lumen*», показавшая светильники в виде «начинки» филаментных ламп (рис. 4).

Как и лампы прямой замены, светодиодные ленты присутствовали практически на всех стендах крупных фирм. Ленты сегодня производятся

Рис. 9. «Вертикальный ретрофит» (МСК «БЛ Групп»)



Рис. 10. Аэродромные светильники (МСК «БЛ Групп»)



Рис. 12. Взрывозащищённый светильник («Лед Эффект»)



длиной до 50 м, на напряжение 12, 24 или 220 В, самых различных цветов, в том числе и четырёхцветные (RGB + белый) с отдельной регулировкой каждого цвета. Светотехнические параметры лент (естественно, в «голом виде»), а также мощных светодиодных модулей, представленных на многих стендах, несколько выше, чем у ламп: световая отдача до

150 лм/Вт (для модулей даже до 180). На рис. 5 показаны фрагменты стендов фирмы «Арлайт» с образцами светодиодных лент и пультов управления ими.

Немецкая фирма *Vossloh Schwabe* представляла мощные светодиодные модули в сборке с отражателями и радиаторами (рис. 6). Мощность таких модулей – до 27,5 Вт, световая отда-

ча – до 180 лм/Вт, типы КСС самые разные – от К до Ш. диаметр отражателей – от 50 до 110 мм. Фирма экспонировала также модули для растениеводства с двумя типами спектра излучения, линейные и точечные модули для офисных и производственных светильников.

Достаточно широко были представлены плоские светодиодные лампы с цоколем GX53 (рис. 7), реже – более мощные с цоколем GX70. Только на стенде фирмы «Экола» таких ламп были десятки типов. Эти лампы используются во встраиваемых потолочных и настенных светильниках мощность ламп – до 16 Вт, причём лампы мощностью более 12 Вт делаются со встроенными радиаторами (как правило, невидимыми в готовых светильниках или после установки светильников на потолках или стенах).

Фирма «Экола» представляла не только осветительные лампы, но и лампы для облучения растений и птицеводства. Эти лампы имеют специально подобранный спектр излучения и успешно применяются для досветки рассады, повышения яйценоскости кур и т.п.



Рис. 11. Мачта с мобильной кроной (МСК «БЛ Групп»)



Рис. 13. Уличный светильник («Лед Эффект»)



Рис. 14. Проектор «Зенит» («Лед Эффект»)



Рис. 15. Офисный напольный светильник «Стрела» («Лед Эффект»)

Рис. 16. Уличный светильник ДКУ 03 («Зенит», Могилёв)



Многие фирмы дают гарантию на лампы до пяти лет, а российская фирма «Гуд Лайт» даже 7 лет.

Продолжается отмеченная в прошлом году тенденция снижения стоимости светодиодных ламп. Фирма «Народная продукция», как и на выставке 2017 года, выставляла свою продукцию с ценниками (действующими для оптовых покупателей (рис. 8)). Видно, что цена светодиодных ламп сегодня уже меньше, чем цена КЛЛ с равным световым потоком. И этот факт вместе с отмеченным выше практическим отсутствием пульсаций светового потока у новых серий светодиодных ламп свидетельствует о том, что эра КЛЛ заканчивается.

2. Световые приборы

Если светодиодные лампы были представлены на относительно небольшом количестве стендов, то световые приборы со светодиодами (светильники всевозможных форм и назначения, прожекторы мощностью от 10 до 1500 Вт, облучатели) демонстрировались сотнями фирм.

Одним из наиболее интересных в этом направлении был самый большой стенд выставки – созданный в 2018 году из широко известных



Рис. 17. Фрагмент стенда фирмы «Зенит» (Могилёв)

и ранее предприятий Международной Светотехнической Корпорации «БЛ Групп». На стенде были представлены светильники для уличного (как функционального, так и декоративного), экспозиционного, производственного освещения, а также системы управления освещением. В части уличного ос-

Рис. 18. Фрагмент стенда фирмы «Брайтэлек»



Рис. 19. ПСО-03
мощностью 850 Вт
(«Протон», город Орёл)



Рис. 20. Светильники наружного освещения
(«СД Свет»)



Рис. 21. Светильники с вторичными отражателями («Завод светотехнической продукции», Липецк)

вещения, кроме отмеченных в обзоре прошлогодней выставки светильников «Победа», Алькор», «Кварц», демонстрировались новые серии: «Геспер», «Омега», «Факел», «Кордоба», «Альфа», модульные светильники «Ундер» и прожекторы «Фортиус» и др. Оригинально выглядел декоративный уличный светильник «Вертикальный ретрофит» (рис. 9).

На стенде МКС «БЛ Групп» отлично было показано экспозиционное освещение: увеличенная репродукция известной картины освещалась светодиодными светильниками «Ника», «Афродита», «Венера», снабжёнными дополнительными опциями, позволяющими изменять форму светового пучка в соответствии с формой освещаемой картины, защитный угол, цветовую температуру излучения. Све-

тильники устанавливаются на шинпроводах и имеют несколько степеней свободы, что обеспечивает очень высокое качество освещения.

Кроме уличного и экспозиционного освещения, на стенде МСК «БЛ Групп» были показаны высококачественные светильники для офисных помещений, облучатели для теплиц, аэродромные светильники «Глиссда» (рис. 10).

Часть экспозиции корпорации размещалась на улице. Среди «уличных» экспонатов отметим опору с мобильной кроной (рис. 11).

Интересной была экспозиция фирмы «Лед Эффект». Здесь, прежде всего, обращали на себя внимание светильники серии «Кедр.2», в которых применена оригинальная технология безрёберного теплоотвода *FINFREE*. За счёт применения специальных композитных материалов с очень высокой теплопроводностью и низкой плотностью удалось создать серию светильников с толщиной корпуса всего 7 мм (рис. 12 и 13). Светильники выпускаются во многих конструктивных вариантах, в том числе во взрывозащищённом исполнении. Мощность светильников – от 50 до 270 Вт, световая отдача – до 140 лм/Вт, срок службы – до 50 000 часов, коэффициент пульсации светового потока – менее 1 %, тип КСС – Д или Ш. В светильниках используются светодиоды фирм *NICHIA*, *OSRAM* или *CREE*; количество светодиодов – от 144 до 576 штук. Вторичная оптика разработана и производится самой фирмой. Степень защиты – *IP 67*.

Другой интересной экспозицией фирмы «Лед Эффект» были мощные прожекторы «Зенит» (рис. 14). Мощность прожекторов 600 и 900 Вт, они предназначены для замены про-



Рис. 22. «Карманные фонарики» («ТДМ Электрик», Москва)

жекторов с МГЛ мощностью 1000 и 2000 Вт. Тип КСС – К или Г (по заказу). В прожекторах используются светодиоды фирмы *NICHIA* (288 и 462 штук); световая отдача – 130 лм/Вт. Устройство управления выносное, позволяющее плавно регулировать силу света, может располагаться на расстоянии до 50 м от светильника.

Ещё один интересный экспонат этой фирмы – напольный офисный светильник «Стрела Т» (рис. 15) с распределением света вбок и вниз или вбок, вниз и вверх. Каждое направление включается и регулируется независимо, что позволяет создавать наиболее комфортные условия освещения. Тип КСС во всех направлениях – Д.

На стенде фирмы «Лед Эффект» было ещё много интересного: от светильников для ЖКХ до автоматической системы управления наружным освещением.

Как и на предыдущей выставке, интересную продукцию показало предприятие «Зенит» из Могилёва (Белоруссия). Здесь следует отметить светильники для функционального уличного освещения ДКУ 03 (рис. 16). Особенность этой серии светильников – сочетание светодиодов с вторичной оптикой и без оптики, благодаря чему получены КСС, обеспечивающие максимальную равномерность освещения дорожного полотна. Кроме серии ДКУ 03 на стенде были показаны светильники декоративного наружного освещения, светильники для освещения пешеходных переходов, а также лампы со светодиодами для замены ЛЛ и ГЛН (рис. 17). Многочисленные дипломы, а также экспорт светильников во многие страны дальнего зарубежья свидетельствуют о высоком качестве продукции этого предприятия.

Новые изделия были показаны неизменным участником всех московских выставок «Интерсвет» – предприятием «Брайтэлек» (Москва) (рис. 18). Часть экспозиции предприятия находилась на открытой площадке между павильонами.

Предприятие «Протон» (город Орёл) в этом году вместо своей традиционной продукции – светодиодов и модулей – представляло световые приборы с ними. Из экспозиции выделялся модульный прожектор ПСО-03 мощностью 850 Вт, предназначенный для замены прожекторов с НЛВД 1000 Вт (рис. 19). Световой

Рис. 23. Автономный светильник («ТДМ Электрик», Москва)



Рис. 24. Часть экспозиции в павильоне 7



поток прожектора – 100000 лм, тип КСС – Г или К; прожектор может работать в диапазоне температур от минус 40 до плюс 50 °С. Основные области применения – предприятия атомной промышленности и «Газпрома».

Очень широкий ассортимент светодиодных светильников и прожекторов самых разных конструктивных исполнений демонстрировался на стендах компаний *IEK*, «Экола», *Wolta*, «СД Свет» (рис. 20), «Владасвет», «Цетрстройсвет», липецкого «Завода светотехнической продукции» (рис. 21),



Рис. 25. Бытовые светильники фирмы *Odeon Light*



Рис. 26. Прожектор мощностью 1350 Вт (*Fael Luce*, Италия)



Рис. 27. Фрагмент стенда фирмы «Арлайт»



Рис. 28. Фрагменты стенда фирмы «Арлайт»



Рис. 29. Элементы систем управления Vossloh Schwabe (Германия)

«Элетех». Однако принципиально новых изделий по сравнению с выставкой прошлого года здесь обнаружить не удалось.

На стенде «ТДМ Электрик» выделялись неэкспонировавшиеся в прошлые годы миниатюрные переносные

светильники («карманные фонарики»), рис. 22). Именно этот вид светотехнической продукции оказался первым, в котором светодиоды полностью вытеснили лампы накаливания. Здесь же впервые была показана целая серия автономных светильников для туристов (на рис. 23 показана лишь одна из серии таких светильников).

В павильоне 7 демонстрировались в основном светильники бытового назначения и декоративные светильники. Как и все последние годы, поражает разнообразие форм и конструкций, совершенно нереальных при использовании традиционных источников света (рис. 24).

На общем фоне выделялись светильники фирмы *Odeon Light* (рис. 25).

Итальянская фирма *Fael Luce* представляла прожекторы мощностью до 1500 Вт с симметричными и асимметричными КСС (рис. 26). Фактический световой поток прожектора с симметричным светораспределением мощностью 1350 Вт – 170000 лм, осевая сила света – 20400 кд/кдм. Для прожектора с асимметричным светораспределением (отклонение максимум

ма КСС от оси 60°) при мощности 1000 Вт фактический световой поток равен 118000 лм, максимальная сила света – 3200 кд/кдм. Прожекторы предназначены для освещения больших открытых пространств (аэродромов, стадионов и т.п.).

Как и по источникам света, фирма «Народная продукция» экспонировала свои изделия с ценниками (для оптовиков). Удивительно, что по сравнению с прошлым годом цены несколько увеличились. Например, «ультратонкая панель» ЛП 02 мощностью 36 Вт (595×595 мм) в прошлом году стоила 616,86 рублей, а в 2018-м – 676,2 рубля. Но даже и эта цена – меньше, чем на светильник с ЛЛ 4×18 Вт, который и заменяется названной панелью.

3. Управляющие устройства, системы управления освещением, электроустановочные изделия, светотехнические материалы

В соответствии с названием нынешней выставки, на ней значительно шире, чем в прошлые годы, были представлены электротехнические изделия, причём не только относящиеся к светотехнике непосредственно.

Наиболее полные ассортименты устройств управления для светодиодов, аппаратуры включения других источников света и систем управления были показаны фирмами «Агрострейд» (Санкт-Петербург), «Арлайт» (Москва), *Vossloh Schwabe* (Германия), *Helvar* (Финляндия, на стенде фирмы «Сонес») (рис. 27, 28, 29 и 30).

Системы управления всех фирм в основном однотипные: все системы позволяют управлять световым потоком, цветностью излучения, снабжены



Рис. 30. Фрагмент стенда фирмы «Сонес» (Москва)

датчиками освещённости и присутствия (или движения). Большая часть систем управления базируется на международных стандартах *DALI*, *DMX* и 1...10 В. Практически все устройства управления имеют защиту от подачи напряжения 380 В, коротких замыканий, от грозовых зарядов. Многие системы имеют обратную связь, то есть получают информацию о состоянии светильников, времени их работы, линий электропередачи для них. Управление системами осуществляется либо по проводам, либо бесконтактно (ИК передатчики и приёмники, радиосигналы).

Хорошие системы управления были показаны на стендах МСК «БЛ Групп» (разработки входящей в МСК фирмы «Светосервис-Электромеханика»), «Айти Умный город» (Москва), НПП «Электроника» (Чебоксары), «Трансвита» (Великий Новгород), «ЛайтАп» (Москва), НПК «ТрансЭТ» (Санкт-Петербург), «Эры», «ТДМ Электрик», «Зенита» (Могилёв) и других.

Очень неплохие устройства управления показал новичок в этой области – НИИИС им. А.Н. Лодыгина. Кстати, только на стенде НИИИС они назывались именно устройствами управления – в соответствии с ГОСТ, на всех остальных – «драйверами» (чаще всего) или «блоками питания».

Фирма *Leec* представляла изделия, непосредственно не относящиеся к светотехнике – передвижные генераторы переменного тока, то есть миниэлектростанции мощностью до 15 кВт (рис. 31). В небольших населённых пунктах, лагерях геологов и археологов, временных посёлках строителей такие генераторы вполне могут обеспечивать не только освещение, но и работу других потребителей электроэнергии.

Значительно шире, чем на предыдущих выставках, были представлены светотехнические материалы. Кроме постоянных участников последних лет – фирм «Полигаль-Восток», *Polinter*, *Gi Plast* – их показывали предприятия НПП «Альтаир», «Экстрозионные линии» и другие предприятия. К категории «материалы» можно отнести и продукцию Никольского завода светотехнического стекла (Пензенская область) (рис. 32).

Несколько предприятий («Светоч» из Санкт-Петербурга, *Khatod* из Италии и др.) экспонировали алюминиевые профили и радиаторы – необходи-

Рис. 31. Переносные электрогенераторы (фирма *Leec*)



Рис. 32. Часть стенда Никольского завода светотехнического стекла



мые полуфабрикаты для изготовления светодиодных светильников. Вторичную оптику для этих светильников показали *Ledil* (Финляндия), НПП «Альтаир», *Vossloh Schwabe* (Германия), «Лед Эффект» (Москва). Приятно отметить, что российские предприятия научились разрабатывать и производить всевозможные линзы из поликарбоната и кремнийорганического материала (силикона).

Электроустановочные изделия бытового назначения были очень широко представлены на стендах «ТДМ Электрик», «Эра», *Uniel*, «Кунцево Электро», *Lezart* (Турция), *Quel* («Европрофиль», город Зарайск Московской области). На этих стендах кроме ЭУИ бытового назначения демонстрировались также кабели, кабельные каналы, силовые разъёмы и другие электротехнические изделия.

Электроустановочные изделия производственного назначения, как всегда, наиболее полно были показаны в экспозиции немецкой фирмы *VJB*. В частности, здесь впервые были представлены герметичные разъёмы и кабели для подключения осветительных приборов наружного освещения со степенью защиты IP 67.

Фотометрическая аппаратура, на прошлогодней выставке представленная довольно широко, в этом году демонстрировалась только одной фирмой – «Интех Инжиниринг» из Санкт-Петербурга. В основном здесь повторялась экспозиция прошлого года, однако были и новинки – спектрометр *MK350N+* и пульсометр *MF250N*. Оба прибора позволяют производить снятие спектра излучения, измерять освещённость, коррелированную цветовую температуру, общий и частные индексы цветопередачи, коэффициент пульсаций освещённости, имеют встроенное программное обеспечение для подключения компьютеров, планшетов и смартфонов.

В целом выставка «Интерсвет 2018», несмотря на значительное сокращение количества экспонентов, оставила неплохое впечатление.

Очередная международная светотехническая выставка в Москве будет ждать посетителей менее чем через год – с 10 по 13 сентября 2019 года.

Варфоломеев Л.П.,
член редколлегии журнала
«Светотехника», канд. техн. наук

Заседание редколлегии журнала «Светотехника»

В рамках проходившей в Москве выставке «*Interlight Moscow powered by Light+Building*» 8 ноября прошло заседание редакционной коллегии журнала «Светотехника».

Повестка заседания – доклад главного редактора профессора Будака Владимира Павловича о результатах работы журнала в 2018 году и перспективах на 2019 год.

В своём выступлении Владимир Павлович отметил, что основными достижениями наших журналов в уходящем году стали:

1. Успешное завершение участия в конкурсе научно-технических журналов страны, проводимого Минобрнаука в 2017–2018 гг., так как журнал «Светотехника/*Light&Engineering*» объявлен одним из победителей этого конкурса.

2. Журнал заказал, получил и опубликовал четыре крупных обзорных статьи, известных специалистов мировой светотехнической науки. Это статьи – Апресяна Л.А. «Эффективные электродинамические параметры нанокompозитных сред и теория гомогенизации», В.В. Белова «Оптическая связь на рассеянном или отражённом лазерном излучении», Дарулы С. «Обзор современного состояния и перспектив стандартизации в области естественного внутреннего освещения» и Кохановского А.А. ««Простой способ определения характеристик снега на основе результатов измерений коэффициента отражения».

3. Журнал опубликовал чрезвычайно важную статью профессора Векленко Б.А. «Природа фотона и квантовая оптика», получившей большой международный отклик среди специалистов.

4. Журнал организовал и провёл большую актуальную дискуссию о современном световом дизайне, завершённой заключительной статьёй от редакции в журнале № 6 в 2018 году. В дискуссии приня-



ли участия 15 специалистов. Учитывая большой интерес к этой проблеме, решено продолжить обсуждение этой темы в 2019 году.

5. Журнал заказал серию статей (14 статей), посвящённых финансово-юридическим проблемам в энергосбережении. Эти статьи будут опубликованы в журнале «*Light&Engineering*» в № 4 в 2018 году и № 1 в 2019 году.

Важным и новым в работе журнала был выпуск специального дополнительного номера, посвящённого освещению музеев, по материалам конференции «Свет в музее» в Государственном Эрмитаже в апреле 2018 года. В подготовке конференции и её проведении приняли активное участие члены редколлегии.

В выступлении генерального директора Шерри Наталии Сергеевны отмечалась работа молодёжной редакции по выпуску журнала для детей и их родителей. Журнал рассказывает о природе света, важности для прогресса страны электрического освещения и интересной науке «Светотехника».

Наталия Сергеевна отметила, что в этом году завершилась большая подготовительная работа по разра-

ботке нового сайта журнала «Светотехника/*Light&Engineering*», предоставляющего значительные возможности для улучшения работы редакции и связи с авторами, рецензентами и подписчиками.

В заключение выступил шеф-редактор профессор Айзенберг Юлиан Борисович, рассказавший о работе редакции по увеличению корреспондентских пунктов в зарубежных странах, расширению контактов с зарубежными авторами и составлению планов заказных статей зарубежных авторов на 2019 год.

В каждом докладе отмечались мероприятия по дальнейшему развитию журнала в тех же направлениях, что и в 2018 году.

Важным и новым было решение об увеличении числа выпусков журнала «*Light&Engineering*» с 4 до 6 в 2019 году.

Подготовлен проект распоряжения по редакции, который направлен для улучшения её работы.

Редколлегия приняла решение о проведении последующих заседаний проводить в первый день начала выставки «Интерлайт».

Зав. редакцией Титаренко М.И.

Interlight Moscow – больше чем свет!

6–9 ноября 2018 года в ЦВК «Экспоцентр» с большим успехом состоялась 24-я Международная выставка освещения, электротехники, автоматизации зданий и систем безопасности *Interlight Moscow powered by Light + Building*. Выставка является одним из самых значимых и востребованных деловых событий в сфере светотехники, электротехники и автоматизации зданий.

На выставке были продемонстрированы такие тематические направления как: Технический свет; Декоративный свет; LED технологии; Компоненты; Электрические лампы; Электротехника; Автоматизация зданий и умный дом; Интегрированные системы безопасности; Технологии для умного города. Экспозиция заняла 4 павильона ЦВК «Экспоцентр»: 1, 7 (залы 3, 4, 5), 8 (залы 1, 2) и павильон «Форум», а также уличное пространство с экспозицией «Свет в городе».

Выставка *Interlight Moscow 2018* это: 447 экспонентов из 21 страны

22885 профессиональных посетителей из 51 страны

31920 уникальных посещений за 4 дня

Ведущие игроки рынка среди участников

Традиционно выставка *Interlight Moscow* демонстрирует широкую географию участников, чем подтверждает свой статус международного мероприятия. В этом году в выставке приняли участие экспоненты из: Белоруссии, Бельгии, Великобритании, Венгрии, Германии, Гонконга, Индии, Испании, Италии, Казахстана, Киргизии, Китая, Польши, Республики Корея, России, Словакии, Тайваня, Турции, Финляндии, Франции, Чехии.

Экспозиция российских компаний светотехнической отрасли была представлена такими бесспорными лидерами, как: АЛЛЮР, ООО; Арлайт РУС (*Arlight*); БЛ ГРУПП, МСК, ООО; Группа СД (SDSBET и Сервис Девайсес); Лед-Эффект; Майтони; Со-некс, ООО; ТЕХНОЛАЙТ ТМ; Центр-стройсвет; ASD, LLT, INhome, Russia; FAVOURITE; IEK GROUP; LEDVANCE; Larte Luce; MAKEL; TDM ELECTRIC; UNIEL; WOLTA и другие.

Среди представителей зарубежных компаний свою продукцию на выставке представили мировые бренды: BJB GmbH & Co. KG; Fael Luce; KAPID (Korean Association for Photonics Industry development) – в качестве организатора национального павильона Республики Корея; KHATOD Optoelectronic S.R.L.; LED Linear GmbH; LEDS C4; Mono Elektrik Malzemeleri; POLINTER; TP Elektrik Malzemeleri; Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH; ZAMEL Sp.z.o.o. и многие другие.

Деловая программа

Неотъемлемой частью выставки *Interlight Moscow powered by Light + Building* является насыщенная деловая программа, целью которой является развитие двух ключевых направлений – светотехники (*Light*) и автоматизации (*Building*):

На протяжении всех четырех дней работы, посетители получили не только теоретические, но и практические знания на открытых деловых площадках: Электротехнической Академии, *Interlight Design Academy*, *TechTalk*.

Известные российские и международные представители индустрии дизайна, светодизайна и архитектуры выступили с лекциями на *Interlight Design Academy*. Ежегодный конкурс «Российский светодизайн» с каждым годом привлекает всё больше работ и внимания светодизайнеров. Ещё одним притяжением для посетителей стала новинка года – тренд-зона «Световой куб».

Открытая образовательная площадка «Электротехническая академия» объединила мероприятия, посвященные тематике «Электротехника». Четырехдневная программа представила серию лекций, семинаров и мастер-классов от представителей компаний с опытом реализации больших проектов (*IEK, Arlight, Interra, iRidium*, Ай-Ти «Умный город»). Стратегический партнёр площадки – ГК ИЕК.

Впервые в России состоялся *Intersec Forum Russia* при официальной поддержке Центра компетенций по развитию городской среды Минстроя России и при участии IBM,

PwC, Panasonic, Cisco, Siemens, KNX International, Лаборатории Касперского и других лидеров отрасли.

«Форум позволяет ключевым игрокам рынка представлять свои разработки и достижения, а также делиться накопленным опытом» в своём приветствии отметил Заместитель Министра строительства и ЖКХ РФ Чибис Андрей Владимирович.

12-й, уже традиционный, международный *LED Forum* с каждым годом демонстрирует расширение сфер применения светодиодных технологий. В рамках *LED Forum* состоялось торжественное подписание меморандума о сотрудничестве между компанией *Panasonic* Россия и Российским Государственным Аграрным университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Помимо этого, *Interlight Moscow 2018* это площадка для отраслевых мероприятий партнёров выставки: Научно-технического совета светотехнической области (НТС «Светотехника»); Международной комиссии по освещению – МКО, Всесоюзного научно-исследовательского светотехнического института им. С.И. Вавилова (ВНИСИ); Российской ассоциации электротехнических компаний (РАЭК); Этической хартии бизнеса на светотехническом рынке (АПСС) и Открытие Всероссийского молодёжного форума «Урбантех» (НИТУ «МИСиС»).

Interlight Moscow продолжает заданный курс на развитие световой части выставки и усиление разделов: электротехника, автоматизация зданий и интегрированные системы безопасности. Вместе с выставкой совершенствуется и деловая программа: число тематических бизнес-площадок увеличивается, а количество посетителей ежегодно растёт.

Следующая выставка *Interlight Moscow* состоится с **10 по 13 сентября 2019 года** в ЦВК «Экспоцентр», Москва.

До встречи на юбилейной 25-ой выставке *Interlight Moscow*!

Больше информации на сайте:

<https://interlight-moscow.ru.messefrankfurt.com/moscow/ru/press/news.html>

80 лет Артёму Ерёмовичу Атаеву

Поздравляем с 80-летним юбилеем дорогого Артёма Ерёмовича Атаева – заслуженного профессора Национального Исследовательского Университета «МЭИ», доктора технических наук, действительного члена Академии электротехнических наук, лауреата государственной премии республики Мордовии!

В 1962 году А.Е. Атаев практически одновременно окончил ЭТФ МЭИ и Физмат МГУ имени М.В. Ломоносова. С этого же года он начинает работу на кафедре промышленной электроники МЭИ, воспитанником которой является. В 1970 году Артём Ерёмович успешно защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук, посвящённую исследованию путей создания газоразрядного источника электронов с ртутным катодом. Он продолжал проводить научно-исследовательские работы с экспериментами и расчётными моделями, получил большое число свидетельств на изобретения, что помогло подготовить и в 1984 году защитить докторскую диссертацию по вполне светотехнической теме «Процессы зажигания и оптимизация на их основе конструкций газоразрядных источников излучения высокого давления». В дальнейшем профессор Атаев занимался физико-математическими моделями закономерностей развития разряда, теорией зажигания и влияния процессов развития и горения на светотехнические параметры разрядных источников света, многофункциональными разрядными лампами с регулируемым спектром излучения, разработкой методов расчёта характеристик светового поля на базе светового вектора, проблемами энергосбережения в светотехнике. По этим темам он руководил аспирантами, 8 человек из которых успешно защитили кандидатские диссертации.

К настоящему времени список научных трудов юбиляра содержит 180 публикаций, в том числе монографию «Зажигание ртутных разрядных источников излучения высокого давления» и главу в книге «История электротехники». Атаев А.Е. долгие годы являлся председателем Совета по защитах докторских диссертаций по специальностям «Светотехника» и «Оптические электронные приборы и комплексы», а также членом Совета по защитах докторских диссертаций радиотехнической специальности.



За время работы в МЭИ Артём Ерёмович подготовил и читал лекции по дисциплинам: «Ионные приборы», «Физика плазмы», «Физические основы электроники», «Вычислительная техника в инженерных расчётах», «Методы расчёта электронных схем», «Вакуумная и плазменная электроника» и «Основы светотехники». Проводил все виды занятий от расчётных заданий до подготовки бакалавров и магистров. Организовал и долгие годы руководил студенческим семинаром, посвящённым расчёту характеристик светового поля. Этот семинар явно способствовал повышению интереса студентов младших курсов к дисциплине «Основы светотехники» и в целом к светотехнической специальности.

В 1985 году А.Е. Атаев был избран заведующим кафедрой светотехники МЭИ, которую он возглавлял 17 лет. Ему удалось создать на ней творческую и дружескую атмосферу. Кафедра за это время только укрепила свой общероссийский, а также международный авторитет и в научном, и в образовательном аспектах. По его инициативе наша специальность вошла в общее для всего факультета направление, которое ныне называется «Электроника и нанoeлектроника». В рамках светотехнической специальности родилась перспективная и привлекающая молодёжь специализация «Световая архитектура, дизайн и реклама», дисциплины которой вошли и в действующие учебные планы подготовки бакалавров и магистров, был организован Центр подготовки и переподготовки «Прикладная светотехника».

Атаев А.Е. десять лет был деканом факультета Электронной техники, долгие годы являлся членом учебно-методического объединения по светотехнике, вице-президентом Российского светотехнического общества и заместителем председателя Национального комитета Международной комиссии по освещению (МКО). Все последние годы он являлся членом Совета Д.212.157.12 по защитах докторских диссертаций нескольких специальностей факультета и членом ГЭК по защитах выпускных квалификационных работ. Активно участвует в международных и российских светотехнических конференциях и в течение многих лет занимался решением вопросов и проблем ежегодной международной светотехнической выставки Интерсвет в Экспоцентре на Красной Пресне в качестве постоянного члена оргкомитета. В рамках этой выставки, он организовал и проводил научно-техническую конференцию «Молодые светотехники России» с конкурсом докладов, Почётными грамотами и денежными премиями победителям, выпускал сборник тезисов докладов конференции. Много лет был членом редакционной коллегии нашего научно-технического журнала. В 1993 году Атаев А.Е. избран действительным членом Академии Электротехнических наук России. В 2003 году Атаев А.Е. стал заслуженным профессором НИУ «МЭИ» и лауреатом государственной премии республики Мордовия и получил Почётную грамоту МКО.

Большие заслуги и высокие посты не мешают профессору Атаеву быть скромным, отзывчивым, оптимистичным и доброжелательным в общении человеком, как с руководителями всех уровней, так и с товарищами по работе и студентами. В сложных ситуациях все они могли и могут рассчитывать на его порядочность, помощь и поддержку.

Ещё раз поздравляем нашего замечательного юбиляра и желаем ему много добра и света! Желаем больше здоровья и удачи и самому Артёму Ерёмовичу, и его жене – Ольге Олеговне, и обязательно новым поколениям Атаевых: детям – Александру и Анне, а также внукам и внукам.

**Редакция журнала, преподаватели
и студенты кафедры светотехники
НИУ «МЭИ»**

Открытое заседание отраслевого научно-технического совета «Светотехника»

8 ноября 2018 года в рамках Международной выставки *Interlight Moscow powered by light+building* состоялось Открытое заседание научно-технического совета светотехнической отрасли (НТС «Светотехника») – общественного института, объединившего ведущих специалистов российской светотехники из научных, производственных и образовательных организаций. НТС сегодня это 68 участников из 34 ведущих российских организаций отрасли, включая 14 научных и образовательных учреждений. За 2018 год состоялось 2 общих открытых заседания НТС и 10 заседаний Бюро и секций НТС.

Заседание было посвящено вопросам стандартизации, нормирования и измерений в области светотехники в России. Модераторами выступили вице-президент МСК БЛ Групп Н.Н. Бордюжа и главный редактор журнала «Светотехника / *Light & Engineering*» В.П. Будак.

Первой, с докладом «Стандартизация в области светотехники – приоритетное направление деятельности Отраслевого Совета» выступила заместитель председателя НТС «Светотехника», генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова А.Г. Шапаруняц. Анна Геннадьевна отметила, что НТС стал важным инструментом формирования и реализации государственной политики по всем направлениям развития светотехнической отрасли. Консолидация и объединение профессионалов отрасли способствует развитию базы профильных стандартов, а также позволяет определять те области светотехники, нормативы либо отсутствуют, либо морально устарели. За прошедший год ярко выделились три таких направления.

Первым стало музейное освещение. 18–20 апреля 2018 г. в Санкт-Петербурге прошла Научно-техническая конференция «Свет в музее», организаторами которой выступили Государственный Эрмитаж, НТС «Светотехника» и ВНИСИ им. Вавилова. Конференция подтвердила необходимость изучения и актуализации требований к освещению в му-

зеях и методов их контроля. Сегодня стандартов для музейного освещения, адекватных современным реалиям, нет. Последнее известное исследование в области восприятия и сохранности музейных экспонатов было проведено МКО в 2004 году, но и оно не отвечает современному состоянию техники, существенно изменившейся с появлением и широким внедрением светодиодного освещения. В рамках конференции состоялось расширенное заседание НТС, на котором была учреждена секция «Освещение музеев» под руководством заместителя генерального директора Эрмитажа к.т.н. А.В. Богданова.

Вторым приоритетным направлением деятельности НТС было названо межгосударственное и международное сотрудничество. Внимание, уделяемое проблемам освещения руководством и странами-участницами ЕАЭС, подтверждается, в частности, учреждением в экономическом пространстве Евразийского экономического союза «Евразийской светотехнической платформы», решение о создании которой было принято 17 сентября 2018 года на заседании Совета ЕАЭС. В настоящий момент направлены предложения в План Национальной стандартизации (ПНС-2019) на актуализацию действующих и разработку отсутствующих стандартов, подтверждающих соответствие требованиям Технических Регламентов ЕАЭС.

Одним из заметных результатов международного сотрудничества стало проведение в Москве первого в России обучающего семинара МКО на базе ВНИСИ им. Вавилова и при поддержке НТС «Светотехника». В центре внимания семинара было применение международного стандарта по измерениям CIE S025:2015 в светотехнических испытательных лабораториях и национальных метрологических институтах по всему миру.

Третья перспективная область в отечественной стандартизации в области светотехники – это тепличное освещение. Переживающее сегодня настоящий бум, освещение

теплиц остро нуждается в нормировании и контроле качества осветительных приборов. Россия стала первой страной, получившей стандарты для светодиодных фитооблучателей в теплицах. Была направлена заявка в Международную Электротехническую Комиссию (МЭК) о разработке международного стандарта «Освещение растений в сооружениях защищённого грунта. Термины и определения», получившая предварительное одобрение. Предполагается, что данный стандарт должен получить статус МЭК-МКО. Учитывая значение и перспективы развития темы тепличного освещения, НТС выступил с инициативой проведения международной научно-практической конференции «Светодиодное освещение: из фитотрона в теплицу» осенью следующего года. Конференция будет проведена при поддержке МЭК и МКО и обещает стать главным научным светотехническим мероприятием года.

Кроме указанных выше областей деятельности, большое внимание уделялось развитию системы подготовки кадров для светотехнической отрасли и разработке профессиональных стандартов. В октябре этого года были утверждены в Министерстве труда и социальной защиты РФ разработанные нами профессиональные стандарты «Специалист по разработке световых приборов со светодиодами» и «Специалист по световому дизайну и проектированию инновационных осветительных установок».

Далее, с докладом «Развитие стандартизации и метрологии в светотехнике. Текущее состояние и взгляд в будущее» выступил заместитель руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии А.П. Шалаев.

Докладчиком были обозначены ключевые изменения в деятельности по стандартизации, введенные за период с 2012 по 2018 годы. Открытость деятельности по стандартизации предполагает участие всех заинтересованных сторон в процессе разработки, введение правила консенсуса при разработке докумен-

тов по стандартизации и создание инструмента комиссии по апелляциям. Применение документов по стандартизации в закупках означает преимущественное осуществление закупок продукции по требованиям, установленным в национальных стандартах. Использование ссылок на национальные стандарты Российской Федерации и информационно-технические справочники в нормативных правовых актах делает их обязательными для применения. Появилась возможность проведения экспертизы стандартов организаций и технических условий в профильных технических комитетах по стандартизации.

Были озвучены основные задачи, стоящие сегодня перед Росстандартом. Несмотря на значительный рост общего числа стандартов в Федеральном информационном фонде стандартов, крайне важна работа по актуализации устаревших стандартов (возраст которых превышает 20 лет при среднем возрасте стандарта на сегодня – 11 лет) и дальнейшая гармонизация национальных и межгосударственных стандартов. Особое внимание было уделено перспективным программам стандартизации по приоритетным направлениям. Также, среди приоритетов, было названо активное сотрудничество с МЭК, в том числе в области стандартизации светотехники. Однако, полная гармонизация с международными стандартами во всех сферах экономики с отказом от принятых национальных документов по стандартизации была названа неприемлемой, а разумный уровень гармонизации был обозначен в 55–75 % в зависимости от отрасли.

Было отмечено, что в разработку стандартов активно включилось бизнес сообщество. Средняя доля таких стандартов по всем отраслям промышленности уже достигло 17 % от общего числа принятых за год стандартов. В области же светотехники этот показатель достиг 39 %. В рамках доклада был раскрыт механизм государственного субсидирования затрат на разработку стандартов за счёт средств разработчика в приоритетных областях развития стандартизации.

Антон Павлович особо обратил внимание на ключевую роль технических комитетов по стандартизации при разработке стандартов

и на активную позицию членов ТК 332 «Светотехнические изделия». Было отмечено, что фонд стандартов в области светотехники на сегодняшний день составляет 184 стандарта, из которых 42 % являются межгосударственными. Уровень гармонизации с международными стандартами составляет 64 %, что значительно превышает средний показатель по отраслям экономики России.

Несмотря на достигнутые высокие показатели, докладчик указал на необходимость активизации работы межгосударственного технического комитета (МТК 332) «Светотехнические изделия», дальнейшую актуализацию фонда стандартов и реализацию совместных инициатив с МЭК. Наиболее перспективными направлениями в области стандартизации светотехники докладчик назвал освещение автомобильных дорог общего пользования, облучательную светотехнику для агропромышленного комплекса и направление органических светодиодов.

Президент Федерации интеллектуальной собственности С.Ю. Матвеев в своём докладе рассказал о технологиях управления нематериальным капиталом для науки и рынка и ещё раз обратил внимание собравшихся на необходимость грамотной защиты интеллектуальной собственности и важность патентной деятельности. Также, были приведены примеры из международной практики и обозначены негативные последствия игнорирования или несвоевременного применения современных инструментов защиты интеллектуальной собственности в области патентования новых разработок, в том числе и стандартов.

Одним из самых ожидаемых докладов Совета стало выступление президента Международной комиссии по освещению (МКО) доктора Йоши Оно, посвящённый межлабораторным сличительным испытаниям светодиодных источников света.

На сегодняшний день, в разных частях света действуют различные системы надзора за рынком, системы обязательной и добровольной сертификации, правила государственных и корпоративных закупок и системы маркировки изделий. Краеугольным же камнем всех таких систем является вопрос подтверждения фактических характеристик

изделий заявленным производителем характеристикам и взаимное признание протоколов испытаний лабораторий, где осуществляется тестирование.

Только межлабораторные сличительные испытания могут обеспечить проверку фактической точности или неопределённости измерений конкретной лабораторией для конкретных эталонов и измеряемых величин. Д-р Оно рассказал о международных сличительных испытаниях 2013 года, в которых приняли участие 110 лаборатории из 18 стран, среди них – одна лаборатория из России (ВНИСИ), а также о международных сличениях 2017 г., итоговые результаты которых будут представлены в 2019 г. Важно отметить, что последние включали в себя измерения по новому международному стандарту МКО S025.

Директор ВНИИОФИ А.С. Батурин в своём докладе «Фотометрия – новые вызовы: переопределение единиц СИ и светодиодные источники». Андрей Сергеевич рассказал о современном состоянии и перспективах системы единиц СИ, а также о результатах международных сличений и о работе по созданию эталонных источников оптического излучения на основе светодиодов. Было отмечено, что главным событием в мире метрологии станет XXVI Генеральная конференция по мерам и весам, на которой будут пересмотрены и уточнены определения основных единиц СИ с целью окончательного перехода от использования вещественных эталонов к универсальным формулам определения тех или иных величин. В числе этих величин – базовая единица СИ кандела. В случае утверждения и подписания проекта девятого издания Международной системы СИ, она вступит в действие в мае 2019 г.

По ходу ведения заседания, докладчики ответили на вопросы представителей светотехнического сообщества.

Закончилось открытое заседание НТС «Светотехника» подведением итогов и обозначением планов на будущий год.

**Учёный секретарь НТС
«Светотехника» В.Ю. Снетков
Исполнительный директор НТС
«Светотехника» П.А. Федорищев**

Итоги года: награждение сотрудников и членов редколлегии журнала на заседании НТС «Светотехника»

Торжественным награждением началось традиционное открытое заседание отраслевого научно-технического совета (НТС «Светотехника») на выставке *Interlight Moscow* 8 ноября 2018

На заседании НТС был оглашён приказ № 291 МРО Российской академии естественных наук о том, что Георгию Валентиновичу Боосу, президенту МСК «БЛ ГРУПП», председателю Научно-технического совета светотехнической отрасли России (НТС «Светотехника»), заведующему кафедрой светотехники НИУ «МЭИ», кандидату технических наук, доценту, лауреату Государственной Премии РФ присвоено звание действительного члена академии по Московскому региональному отделению. Участники заседания тепло поздравили нового академика.

Приветствие от Евразийской экономической комиссии зачитал Член Коллегии (министр) по промышленности и агропромышленному комплексу Евразий-

ской экономической комиссии Александр Михайлович Субботин.

Участники НТС тепло поздравили с пятидесятилетним юбилеем работы в журнале «Светотехника» шеф-редактора Юлиана Борисовича Айзенберга. От имени Фонда Мира академиком РАХ Александром Викторовичем Дубровиным Ю.Б. Айзенбергу был вручен орден «За Веру и Верность».

Уже традиционно в рамках заседания прошло награждение по итогам 2018 года лучшего автора – Леонида Григорьевича Новаковского, лучшего рецензента – Алексея Александровича Коробко и лучшего корреспондента журнала – Евгения Самуиловича Серого. Тёплые слова в адрес награждённых произнёс главный редактор журнала «Светотехника» Владимир Павлович Будак.

Е.С. Серый

Корреспондент журнала «Светотехника»



Наши преимущества:

- Широкий ассортимент
- Сертифицированная продукция
- Изготовление кронштейнов по индивидуальному техническому заданию или эскизу

Качество
Надежность
Оперативность



Россия, г. Москва,
проспект Мира, д. 106



opora-e.com



(495) 785-37-40



«LED Industry Kit Gen. 2» - освещение производственных помещений

Компания Vossloh-Schwabe постоянно совершенствует свою продукцию, расширяя её потребительские свойства и области применения. Как пример - второе поколение сборных светодиодных модулей «LED Industry Kit Gen. 2», предназначенных для освещения производственных помещений, складов, спортивных сооружений. Новые модули состоят из нескольких компонентов:

Светодиодная плата с контактными зажимами:

- рабочий ток: 350, 500, 700, 1050 мА;
- максимальная световая отдача: 184 лм/Вт;
- цветовая температура: 3000, 4000, 5000 К.

Прозрачная оптика из поликарбоната:

- высокая эффективность: до 92%;
- стойкость к удару: IK08/5 Дж;
- степень защиты: IP65 (с силиконовым уплотнением).

Радиатор алюминиевый анодированный для платы:

- отверстия для установки платы и оптики под самонарезающие винты.

Алюминиевый анодированный бокс для блока питания:

- пластиковые боковые крышки;
- уплотнительные прокладки под крышки;
- степень защиты: IP65 (в собранном состоянии).

■ БОЛЬШОЙ СРОК СЛУЖБЫ :

> 54000 часов (L90/B10)

■ МОЖНО ВСТРОИТЬ БЛОК ПИТАНИЯ

■ 5 ЛЕТ ГАРАНТИИ

■ ТОЧНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ЦВЕТА: 3 SDCM

■ ТРИ ВИДА ОПТИКИ

