

# СВЕТО ТЕХНИКА

Тема номера: «Свет в музее»



# СВЕТО ТЕХНИКА



Для детей и их родителей



УДАЧНОГО ПУТЕШЕСТВИЯ ПО СТРАНИЦАМ  
НАШЕГО НОВОГО ЖУРНАЛА!

[www.l-e-journal.com](http://www.l-e-journal.com)

## От редакции

### Уважаемые читатели!

Вы держите в руках первый специальный выпуск журнала, основанный на авторских редакциях докладов на конференции «Свет в музее», состоявшейся с 18 по 20 апреля 2018 года в Санкт-Петербурге в Государственном Эрмитаже. Редакция журнала верит, что такая форма публикации займёт важное место в работе журнала. Для создания специального выпуска необходимы два условия: во-первых, наличие важной и актуальной научно-технической проблемы и, во-вторых, наличие организации, способной объединить усилия специалистов для решения этой проблемы. В данном случае этими организациями стали Государственный Эрмитаж, ВНИСИ им. С.И. Вавилова и Научно-технический совет светотехнической отрасли «Светотехника», которые при поддержке Российского комитета Международного совета музеев (ИКОМ России) и обеспечили возможность проведения конференции «Свет в музее».

Освещение музейных предметов должно обеспечивать возможность их адекватного зрительного восприятия, но при этом оказывать минимальное отрицательное воздействие на сохранность этих предметов. Проектировщик освещения всегда стремится разрешить дилемму: хорошо видеть коллекцию сегодня или «хорошо» видеть её в будущем. Противоречивость этих требований, призванных удовлетворить потребности современников и защитить интересы будущих поколений, приводит к тому, что в отличие от обычной практики нормирования освещения, при которой оговаривается минимальный допустимый уровень освещённости, в случае музейного освещения обычно нормируется максимальное допустимое значение освещённости. При этом совершенно новые перспективы в музейном освещении открывает использование светодиодов, в спектре которых отсутствует максимально разрушительное для произведений искусства УФ-излучение.

На конференции прозвучали почти 30 докладов по всем направлениям освещения в музеях и были организованы два круглых стола: «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях» и «Осветительное оборудование для освещения музеев». В настоящем выпуске опубликованы статьи, написанные по материалам докладов, как сотрудников музеев, сформулировавших требования к освещению и обозначивших проблемы, с которыми они сталкиваются при организации освещения музейных предметов, так и светотехников и светодизайнеров, анализирующих возможности современного светотехнического оборудования и описывающих подходы к решению задач экспозиционного освещения.

*В.П. Будаков*

*Главный редактор журнала «Светотехника», д.т.н.,  
действительный член РАЭН, профессор*

## 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. Быстрияева**, 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. Будак**, д.т.н., проф.; BudakVP@gmail.com

Зам. главного редактора и научный редактор англоязычной версии

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

Ответственный научный редактор специального выпуска

**Е.И. Розовский**, к.т.н.; lamptech@mail.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 24.09.18. Подписано в печать 25.10.18  
Формат 60×88 1/8. Печ.л. 10,00. Тираж 2115

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

# 2018

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

## «СВЕТ В МУЗЕЕ»

<b>От редакции</b> .....	<b>1</b>	<b>Койнов С.В., Ходырев Д.М.</b> Музейное освещение – подход, пример и направление движения.....	<b>65</b>
<b>Бизнес и инновации</b> .....	<b>18, 44, 64, 70, 81</b>	<b>Стахарный С.А.</b> Органические светодиоды – инновационный источник света.....	<b>71</b>
<b>Богданов А.В., Смирнов В.А.</b> Почему необходима ревизия норм экспозиционного освещения.....	<b>5</b>	<b>Воробьев Н.Р.</b> Световая драматургия как элемент комплексного подхода при создании музейных экспозиций и выставочных проектов.....	<b>76</b>
<b>Кузьякин Б.Г.</b> Особенности освещения экспозиций в Государственном Эрмитаже.....	<b>10</b>	<b>ХРОНИКА</b>	
<b>Волгина Л.Е.</b> Свет в музее: опыт и проблемы.....	<b>14</b>	<b>Серый Е.С., Сибрикова И.А.</b> Освещение в музее: комплексный и осмысленный подход.....	<b>82</b>
<b>Новаковский Л.Г.</b> Освещение произведений живописи, графики, полиграфии, фотографии – проблемы и возможные решения.....	<b>19</b>	<b>Серый Е.С.</b> Круглые столы: поиск баланса.....	<b>86</b>
<b>Щепетков Н.И.</b> Архитектурное освещение в музеях.....	<b>28</b>	<b>РАБОТА ОТРАСЛЕВОГО НТС</b>	
<b>Шахпарунянц А.Г., Розовский Е.И., Черняк А.Ш., Федорищев П.А.</b> Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы.....	<b>36</b>	<b>Снетков В.Ю., Серый Е.С.</b> Научно-технический совет на платформе конференции.....	<b>88</b>
<b>Винкельс К.</b> Реализация концепции экспозиционного освещения как средства художественной выразительности на примере выставки «Русская бессонница».....	<b>40</b>	<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	
<b>Черняк А.Ш., Кузнецова А.Б., Барцева А.А.</b> Измерения параметров освещения залов и экспонатов Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи.....	<b>45</b>	<b>Освещение</b> музеев и экспозиций.....	<b>4</b>
<b>Баев С.С., Кузьмин В.Н., Томский К.А.</b> Исследование воздействия оптического излучения на материалы музейных экспонатов и требования к измерительным приборам.....	<b>50</b>	<b>Участники</b> конференции «Свет в музее», здание Реставрационно-хранительского центра Государственного Эрмитажа в Санкт-Петербурге, внутреннее освещение музея Кимбелла в Форт-Уэрте, США.....	<b>1 с. обл.</b>
<b>Аладов А.В., Закгейм А.Л., Черняков А.Е.</b> Светодиодное музейное освещение: возвращение к естественному свету.....	<b>56</b>	<b>Журнал</b> «Светотехника» для детей и их родителей.....	<b>2 с. обл.</b>
<b>Белякова М.П.</b> Работы по модернизации освещения в зале № 277 Государственного Эрмитажа.....	<b>62</b>	<b>GALAD</b> Ника LED для экспозиционного освещения.....	<b>3 с. обл.</b>
		<b>МСК БЛ ГРУПП:</b> Мы делаем мир ярче.....	<b>4 с. обл.</b>



Международная  
светотехническая  
корпорация



БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП

# Освещение музеев и экспозиций



galad.ru  
bl-g.ru

# Почему необходима ревизия норм экспозиционного освещения

А.В. БОГДАНОВ, В.А. СМЕРНОВ

ФГБУК «Государственный Эрмитаж», Санкт-Петербург  
E-mail: bogdanov@hermitage.ru

## Аннотация

В современном мире одними из основных функций музеев являются организация сохранения произведений искусства и организация их представления для посетителей музеев. Но так как современная экспозиция строится на основе искусственного освещения, то необходимо организовывать это освещение правильно, так как в ином случае это может негативно сказываться на сохранности экспонатов. В статье излагаются взгляды на критерии профессиональной организации освещения предметов искусства, т.к. это всегда компромисс между хранителями и светотехниками. Также авторами предпринята попытка раскрытия процессов организации музейного освещения и дана обобщённая характеристика имеющихся норм и правил, на основе которых это освещение реализуется. Сформулированы основные причины необходимости переосмысления этих норм и правил (а может быть, даже и их пересмотра) в связи с появлением новых современных светодиодных источников света.

**Ключевые слова:** музей, светотехника, классификация музейных экспонатов, обеспечение сохранности музейных экспонатов, нормы освещённости, экспозиционное музейное освещение, естественное освещение, искусственное освещение, светодиодные источники света, воздействие света на экспонаты, оптимальных условий восприятия изобразительного искусства.

## 1. Введение

Культурное развитие человека предполагает посещение разнообразных мероприятий, в том числе и музеев, которые работают круглый год. Именно музей наиболее интересен в плане освещения, ведь здесь нужно создать правильную композицию и её подсветку, чтобы посетители приходили снова и снова [1].

Освещение музеев предполагает учёт многих нюансов, без которых невозможно добиться качественной подсветки разнообразных выставок и предметов искусства. При этом следует помнить, что, так или иначе, современная экспозиция строится на искусственном свете.

Практически всегда музеи, какой бы направленности и специфики они не были, имеют одну единственную цель – обучение. В них проводятся разнообразные выставки, целью которых является приобщение людей к культурным ценностям, а также демонстрация достижений в различных сферах человеческой деятельности: начиная с искусства и заканчивая археологией. Поэтому для музеев наиболее важна система освещения, так как только благодаря ему можно достичь желаемого результата – акцентировать внимание посетителей на элементах выставки. Музейное освещение по праву считается самым сложным из всех остальных типов освещения.

В музеях свет должен выполнять следующие функции:

- полноценно освещать демонстрируемые предметы;
- создавать акцентирующее освещение в зависимости от цели экспозиции;
- обеспечивать полноценное освещение помещений, чтобы люди могли свободно в них передвигаться;
- выгодно выделять предметы искусства или иные изделия выставки на фоне музейного помещения.

Создать качественную подсветку экспонатов в музеях довольно сложно по следующим причинам:

- экспозиционные пространства в музеях должны быть просторными;
- в одном помещении экспозиция может быть размещена различными способами: вдоль стен, по центру на специальных витринах и пьедесталах или в обоих вариантах;
- каждое помещение в плане организации в нём подсветки должно опираться на определённые нормы и тре-

бования, которые приведены в регламентирующей документации.

- не всегда возможно качественно организовать естественное освещение в музейных помещениях из-за специфики расположения здания. Кроме того, естественное освещение изменяется в течение года в зависимости от сезона и погодных условий.

- для того, чтобы освещение экспозиции было качественным, система освещения в помещениях музея должна быть универсальной, чтобы обеспечивать качественное освещение вне зависимости от размещения экспозиции;

- при некачественном проектировании и подборе светотехнического оборудования для устройства систем освещения очень легко можно нарушить нормы освещённости и требования к организации подсветки предметов искусства. При создании освещения необходимо опираться не только на требования и нормы, о которых мы поговорим несколько ниже, но и на предназначение самих выставок.

Превалирующее большинство музеев по всему миру, а также выставок и галерей, организуют экспозиции изобразительного искусства. Для них самое большое значение имеет создание художественной подсветки. При этом главной целью здесь является организация правильного светового образа экспонатов экспозиции для оказания мощного эмоционально-психологического воздействия на посетителей. В такой ситуации музейное освещение вынужденно искать компромисс между двумя диаметрально противоположными полюсами: обеспечением сохранности выставочных объектов (например, картин, которые имеют определённые ограничения по дозе<sup>1</sup> и которые в результате продолжительного воздействия света могут обесцвечиваться и разрушаться) с одной стороны и необходимостью адекватно демонстрировать шедевры с другой стороны [1].

Неправильное освещение (сильное, яркое, содержащее инфракрасное и ультрафиолетовое излучение) оказывает губительное воздействие на экспонаты, обладающие слабой светостойкостью. Чтобы избежать тако-

<sup>1</sup> Применительно к музейному освещению, это интеграл по времени от освещённости за определённый промежуток времени.

Классификация музейных экспонатов по светостойкости [2]

Наименование экспонатов и материалов	Группа светостойкости	Группа цветовых характеристик	Форма
Живопись:			
масло, темпера	II	3,4	Плоская
акварель, пастель	III	3,4	Плоская
Графика:			
чёрно-белая	III	1	Плоская
цветная	III	3,4	Плоская
Иконопись	III	3,4	Плоская
Рукописи, книги, газеты	III	1	Плоская
Фотографии	III	1,3	Плоская
Марки	III	4	Плоская
Драгоценности	I	3	Объёмная
Монеты, медали, ордена	I	2	Рельефная
Значки	I	4	Рельефная
Оружие	I	2	Объёмная
Одежда, ткани, gobелен, кружева, ковры, мех, кожа	III	2,4	Плоская
Кость	II	2	Объёмная
Фарфор, керамика, стекло, эмаль	I	2,3	Объёмная
Утварь:			
стеклянная, металлическая	I	4	Объёмная
деревянная	II	4	Объёмная
Скульптура:			
мраморная, гипсовая, чугунная	I	1	Объёмная
бронзовая	I	2	Объёмная
Мебель:			
деревянная	II	3	Объёмная
с бронзовыми деталями	I	2	Объёмная
Минералы, горные породы	I	1,2,3	Объёмная
Чучела	III	4	Объёмная
Техническое оборудование	I	1	Объёмная

го негативного развития событий, существуют определённые требования для организации правильного художественного освещения. Такие требования включают в себя подбор освещения по следующим параметрам:

- Цветопередача. Правильно подобранная цветопередача источника света наилучшим образом сможет передать колористическое решение выставленных полотен или иных видов произведений искусства.

- Плотность светового потока (освещённость). Данный показатель при его больших значениях может приводить к быстрому обесцвечиванию экспонатов.

- Расстояние экспозиции от источника света. Поступающий с небольшого расстояния, постоянный и направленный световой поток способен нагревать освещаемую поверхность, что, опять же, может привести к порче красок и полотна.

Принимая во внимание тот факт, что предметы художественного искусства приобретают ценность с течением времени, которое их же и разрушает, создание музейного освещения такого рода требует высочайшего профессионализма, а также обширных знаний в областях искусствоведения и светотехники. Только в такой ситуации могут быть не только соблюдены требования и нормы, но и приняты во внимание индивидуальные особенности каждого демонстрируемого на выставке предмета искусства. В этой ситуации мастерство светотехника и современное оборудование – главный после самих экспонатов залог успеха художественных музеев и выставок [1].

## **2. Экспозиционное музейное освещение**

Кроме художественного освещения в музеях часто используют экспозиционную подсветку для акцентирования внимания посетителей на определённых участках помещений.

Перед таким освещением выставочных залов музеев ставятся следующие требования:

- качественная демонстрация объекта, чтобы посетители смогли полностью рассмотреть все его элементы и нюансы: цвет, материал, фактуру;
- учёт физиологических особенностей зрительного анализатора человека;

- опять-таки, сохранность демонстрационных объектов. Под действием света бумага становится жёлтой, органические элементы распадаются, а химический состав красок подвергается необратимым изменениям.

При этом, чтобы не переутомлять человеческое зрение, экспозиционная подсветка должна уберечь посетителей от слепящего воздействия светильников для освещения картин, всевозможных бликов. Кроме того, следует позаботиться о дизайне осветительных конструкций: искусно скрыть их, если это дворцовый интерьер, и сделать максимально лёгкими и незаметными в выставочном пространстве.

При подборе источников света для освещения картин в галерее или музее прежде всего необходимо руководствоваться частными задачами. Лампы накаливания, традиционные и галогенные, имеют преимущество – сплошной спектр, который обеспечивает идеальную цветопередачу с равным 100 индексом цветопередачи. Но законодательство прямо запрещает их приобретение для учреждений культуры, финансируемых из государственного бюджета. Стоит помнить, что из-за таких требований, предъявляемых музейному освещению, стандартные методы в данной ситуации не смогут приносить желаемого результата, а скорее наоборот, могут ускорить порчу выставленных экспонатов. Здесь нужно учитывать не только нормы уровня освещённости, а также ГОСТы на применяемое осветительное оборудование, но и массу дополнительных факторов. К примеру, при выставке картин при создании оптимального освещения важно учитывать фактуру и цвет стен, а также архитектурные особенности самого выставочного помещения и расположение оконных проёмов. Идеальными условиями для экспонирования разнообразных произведений искусства является помещение, которое полностью закрыто от естественного освещения [1].

## **3. Установленные нормы музейного освещения**

Все системы освещения, установленные в музеях, направлены на наиболее эффективную демонстрацию выставленных экспонатов, а также на их сохранение. Всё это гарантируют

нормы освещённости, которые указаны в специальной документации, но они составлены для ламп накаливания и не могут служить руководством при использовании светодиодных светильников.

В данной ситуации, в отличие от производственных, общественных и жилых помещений, где нормы представлены как минимальные значения, для музеев они приведены в своём максимуме. Это означает, что указанные нормы нельзя превышать.

При этом каждый тип экспоната имеет свои ограничения по освещённости [1, 2]:

- газетная бумага, ткани, акварели имеют максимальный уровень освещённости в 50 лк;
- масляная живопись – 150 лк;
- драгоценные камни и металлы – 500 лк.

Помимо этого, имеющиеся требования предписывают сведение к минимуму в световом потоке инфракрасного и ультрафиолетового излучений. Ультрафиолетовое излучение способно оказывать прямое негативное воздействие через разрушение молекулярных связей, а инфракрасное – косвенное, провоцируя старение материалов вследствие увеличения скорости протекания химических реакций при повышенной температуре. Причём наибольшую опасность несёт именно ультрафиолетовое излучение.

Отечественные нормы, рекомендации и требования, а также ГОСТы разрабатывались тогда, когда ещё не было в полной мере изучено пагубное влияние света на некоторые объекты искусства. Поэтому сегодня в мире наблюдается чёткая тенденция к пересмотру норм для музейного освещения.

По одной из рекомендаций, музейным экспонатам после непрерывной экспозиции в течение 2–3 лет нужно давать «отдых». Это позволяет лучше продлить срок их сохранности, а также в некоторой степени нивелирует негативное влияние постоянного освещения в течение нескольких лет.

Очевидно, что наибольшее влияние на художественные объекты оказывает не столько уровень освещённости, сколько количество поглощаемой ими энергии. Поэтому сегодня для каждого отдельного объекта предлагается установить свою норму облучённости.

В силу этого, системы естественного и искусственного освещения экспо-

Рекомендуемые уровни освещённости для основных помещений музеев и экспонатов [2]

Объект освещения	Рекомендуемая средняя освещённость, лк	
	В горизонтальной плоскости на уровне 0,8 м от пола	На экспозиции или рабочих поверхностях
<b>А. Помещения</b>		
Общее освещение экспозиционных помещений, в которых все основные экспонаты освещаются особо	50	
Общее освещение помещений с крупной объёмной экспозицией, а также помещений, в которых основной экспозицией является мебель, отделка или убранство	50–100	
Общее освещение исторических, естественно-исторических музеев	50	
Общее освещение технических музеев	200	
Вестибюли, проходы и лестницы для посетителей	50	
Запасники (в проходах)	50	
<b>Б. Экспонаты, стоящие отдельно, а также на стенах, стендах, столах, стеллажах, в витринах</b>		
Экспонаты I группы светостойкости, имеющие особо мелкие детали (например, ювелирные изделия, монеты и т.д.)		300–500
Экспонаты I группы светостойкости, (например, мраморная скульптура, фарфор, образцы оружия и т.д.)		200–500
Экспонаты II группы светостойкости (например, масляная живопись, изделия из дерева, слоновой кости и т.п.)		75–150
Экспонаты III группы светостойкости (например, акварель, темпера, пастель, ткани, рукописи и т.д.)		30–50
<b>В. Рабочие места персонала музеев</b>		
Рабочие столы в запасниках		200
Стенды с экспонатами в запасниках		30

зиционных залов и фондохранилищ музеев следует рассматривать в качестве факторов, в той или иной степени нормирующих экспозиционный цикл. Как видим, в плане организации освещения музейного типа существуют достаточно много нюансов, норм и требований, учёт которых обязателен, если вы хотите добиться сохранности выставляемых объектов.

Сегодня признано, что наилучшими условиями для демонстрации произведений изобразительного искусства является помещение с отсутствием естественного освещения. Это связано не только с тем, что солнечный свет несёт в себе определённую долю ультрафиолетового излучения, которое пагубно влияет на состояние художественных полотен. Отсутствие бликов от окон на предметах искусства, отсутствие дополнительного наружного освещения – всё это позволяет

реализовать наиболее качественное и полноценное освещение предметов экспозиции [1]

Но в тоже время, в роли музеев очень часто выступают исторически сложившиеся здания:

- особняки;
- дворцовые сооружения; а иногда и
- вокзалы.

В ситуации, когда в помещениях всё же имеются окна, их предпочтительнее плотно закрывать или зашторивать. При этом на стёкла следует наклеить специальные плёнки, способные поглощать ультрафиолетовое излучение. Но невозможно, а часто и не нужно, полностью затемнять дневной свет. Его отсутствие меняет архитектуру здания, мешает воспринимать здания как произведения искусства. Следовательно, необходим компромисс между естественным

и искусственным освещением. Поиск этого компромисса и является искусством музейного светотехника. Поэтому для музейных помещений и хранилищ в настоящее время предъявляются следующие требования:

- жёсткое соответствие нормам, которые в большинстве своём опираются на старые исследования;
- создание светового потока с качественной цветопередачей;
- высокая адаптируемость помещений к различным уровням естественного освещения;
- устранение создаваемого осветительными приборами вредного воздействия;
- удобство и правильность размещения выставляемых экспозиций.

Только руководствуясь этими требованиями, можно создать оптимальное и качественное по своим техническим характеристикам музейное освещение.

К музейным помещениям, а также к выставляемым в них экспозиционным объектам, должны предъявляться жёсткие требования. Эти требования необходимо разработать. Руководствуясь ими, можно будет создать оптимальную подсветку для любого объекта (художественного, биологического и т.д.). Эти нормы и требования должны неукоснительно соблюдаться музеями всех типов.

Поскольку презентация картины или скульптуры требует достаточно высокой освещённости, в то время как сохранность экспонатов обеспечивается при её низком уровне, музейное освещение – это всегда компромисс: правильное решение здесь следует искать между двумя полюсами. Стандартные методы освещения и действующие нормативы указывают лишь верное направление, но не дают готовых ответов. Ситуацию осложняет то, что в каждом отдельном случае наряду с нормами приходится учитывать и массу других факторов. Так, например, для создания оптимальных условий восприятия изобразительного искусства имеют значение цвет и фактура стен, архитектурные особенности помещения, расположение окон, суточные и метеорологические изменения освещённости экспозиционного пространства. Далее, обязательно учитываются размеры арт-объекта и его расположение относительно окон и других экспонатов, но говоря уже о том, что невозможно достойно представить любое произведение искусства без проникновения в замысел автора. Идеальный световой микроклимат для каждого отдельного экспоната внутри экспозиции всегда создаётся усилиями целой группы профессионалов, куда входят светотехники, специалисты по монтажу, искусствоведы [3].

На сегодня из-за быстрого прогресса в области производства и внедрения в системы освещения таких источников света как светодиоды, нормы законодательных и разрешительных документов, разработанных применительно к уже пережившим свой век источникам света, устарели и не могут быть опорой для разработчиков проектов освещения.

Действующие в РФ нормы разработаны давно и носят, в большинстве своём, экспериментальный оттенок, так как на тот момент, когда они создавались, влияние освещения на

материалы не было должным образом изучено.

Сегодня во всём мире намечается чёткий курс на пересмотр общепринятых норм экспозиционного освещения. Исследования, инициативно проводимые в Германии, не дают согласиться с работниками музеев и картинных галерей, заявляющими, что после трёх лет экспозиции необходимо давать «отдых», так как в таком случае они сохраняются намного лучше. Экспертами выяснено, что большое значение имеет даже не сам уровень освещённости, а соответствующее облучение, величина которого определяется в каждом случае отдельно. Но существует много известных примеров, когда акварельные произведения находятся в стандартных условиях при открытом естественном свете более ста лет и не утрачивают своих свойств, опровергая любые нормы. На самом деле, определение оптимального освещения для каждого экспоната должно включать в себя и определение оптимальной нормы его облучённости, что зависит от химического состава экспоната.

Музейные экспонаты (произведения живописи, графики, скульптуры, прикладного искусства, предметы этнографии, археологии и др.) весьма разнообразны по размерам, фактуре, могут быть плоскими или объёмными, цветными или чёрно-белыми, светостойкими и не светостойкими, располагаться на полу, стенах, в специальных стендах, витринах, шкафах, вертикально, горизонтально или наклонно.

Классификация экспонатов в зависимости от их светостойкости, цветовых характеристик и формы приведена в табл. 1. По светостойкости все экспонаты разделены на 3 группы: I – высокой, II – средней и III – низкой светостойкости, а по цветовым характеристикам – на 4 группы: 1 – ахроматические или серые, то есть не имеющие выраженной цветовой характеристики; 2 – одноцветные, имеющие по всей поверхности более или менее одинаковый цвет; 3 – многоцветные тональные, в которых цветовой тон поверхности меняется, но можно выделить преобладающий; 4 – многоцветные пёстрые, для которых можно считать равноценными все цветовые тона [2].

Следует учитывать, что среди видов минералов, отнесённых к той или

иной группе светостойкости, могут быть отдельные типы, светостойкость которых другая. Например, драгоценные камни, в основном, относятся к группе высокой светостойкости, но некоторые из них (аквамарин, аметист, alexandrit, бирюза) менее устойчивы к воздействию света. Более низкую светостойкость могут иметь также и отдельные виды красок, стёкол, керамики и т.д.

Оптимизация систем освещения помещений музеев с учётом требований хранения и экспонирования должна решаться на основе норм освещённости, приведённых в табл. 2 [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всё об освещении. 1PoSvetu.ru, ©2015.  
<https://1posvetu.ru/svetodizajn/osveshchenie-muzeev.html>
2. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. М.: ГосНИИ Реставрации, 1995 г. – 17 с.
3. Специфика экспозиционного освещения в музее. Световое оборудование.  
[https://svetpro.ru/htm/informations/osvechenie\\_v\\_musee\\_infol.html](https://svetpro.ru/htm/informations/osvechenie_v_musee_infol.html)  
<https://svetpro.ru/htm/ekspoz.htm>  
<https://www.sveto-tehnika.ru/ru/fullarticles/pages/fullarticles/museum-lighting>



**Богданов Алексей Валентинович**, кандидат технических наук, доцент. Окончил Ленинградский электротехнический институт связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (1984 г.).

Заместитель генерального директора Государственного Эрмитажа



**Смирнов Владимир Александрович**, окончил Ленинградский электротехнический институт им В.И. Ульянова (Ленина) (1980 г.). Ведущий инженер отдела главного

энергетика Государственного Эрмитажа

# Особенности освещения экспозиций в Государственном Эрмитаже

Б. Г. КУЗЯКИН

Государственный Эрмитаж, СПб  
E-mail: kusyakin@hermitage.ru

## Аннотация

В статье содержится краткий обзор особенностей освещения экспозиций в Государственном Эрмитаже. Цель этой публикации – сориентировать возможных участников работы над проектами освещения эрмитажных экспозиций в том, с какими проблемами или ограничениями им предстоит иметь дело и какого рода требования к освещению экспозиций будут предъявляться со стороны музея.

**Ключевые слова:** Государственный Эрмитаж, экспозиционное освещение, освещение экспозиций.

В статье содержится краткий обзор особенностей освещения экспозиций в Государственном Эрмитаже. Цель этой публикации – сориентировать возможных участников работы над проектами освещения эрмитажных экспозиций в том, с какими проблемами или ограничениями им предстоит иметь дело и какого рода требования к освещению экспозиций будут предъявляться со стороны музея.

Цель данной публикации – обозначить те особые условия, которые могут осложнять или затруднять работу как дизайнера, так и проектировщика освещения экспозиций в Государственном Эрмитаже. Тема освещения экспозиций, важнейшая для всякого музея, для Эрмитажа является особо актуальной. Эрмитаж традиционно и впереди всех по оснащённости самыми современными системами, и, нередко, среди отстающих – в силу своей огромности. У нас существуют в работающей экспозиции и витрины с системами освещения начала 60-х гг. прошлого века, и светодиодные системы последних поколений. То же можно сказать и о концепциях, которые закладывались в создание всех этих систем: от наивного «надо вкрутить лампочку побольше» до планирования контролируемого распределения света в экспозиционном пространстве.

От конференции «Свет в музее», работа которой происходила в пери-

од с 18 по 20 апреля 2018 г. на территории нашего музея, мы ожидали не только возможности обсудить текущее состояние дел, связанных с заявленной тематикой, но и возможности воспользоваться плодами её работы в нашей практике. В Эрмитаже существует немалое число экспозиций, освещение которых не может быть признано удовлетворительным. Однако во многих случаях, положение можно улучшить благодаря применению современных систем освещения, так как прогресс в этой отрасли заметно ускорился за последние десятилетия, а реализация научных достижений перешла из стадии экспериментов в стадию серийного производства и выхода на рынок осветительного оборудования массы светодиодных приборов самого разного назначения и качества. Причём эволюция источников света движется в направлении, благоприятном для музейной практики: осветительные приборы становятся меньше, экономичнее, они более эффективны и безопасны, менее заметны.

Условия, о которых идёт речь, за небольшим исключением, не являются уникальными. По большей части – это обычные проблемы освещения экспозиций в старых дворцовых зданиях. Уникально их сочетание в одном музейном комплексе, умноженное на масштабы одного из крупнейших музеев мира, где период между реконструкциями отдельных участков экспозиции может измеряться десятками лет.

Первая и очевидная особенность, которую надо держать в уме во время всех дальнейших обсуждений на тему «что делать со светом в Эрмитаже?», – это то, что экспозиции нашего музея расположены в комплексе разновременных и различных по первоначальному назначению зданий: от дворца князя Меншикова, первого дворца в строящемся Санкт-Петербурге, до реставрационно-хранительского центра, многоэтапное строительство которого ещё не завершено. Исторические сооружения, которые ныне занимает музей, находятся под охраной как

памятники архитектуры, и это диктует очень жёсткие условия их использования, ограничивающие возможность их приспособления под нужды действующей экспозиции, в том числе, и со стороны освещения. Слово «приспособление» здесь ключевое, потому что даже то здание, которое проектировалось в XIX веке уже специально как музей, современным представлениям об освещении экспозиции не соответствует, как, собственно, и современным представлениям об экспозиции. Филиал Эрмитажа на Императорском фарфоровом заводе расположен на верхнем этаже железобетонного производственного здания, восточное крыло Главного штаба, где располагались различные министерства, возводилось как корпус для правительственных учреждений.

Ограничения технического характера, которые осложняют создание современных систем освещения в интерьерах исторических зданий, мы рассматривать не будем. Коснёмся другого аспекта такого рода ограничений – в какой мере позволительно вводить не просто в исторические, а большей частью созданные выдающимися архитекторами, интерьеры элементы современного инженерного оборудования с чисто современным и, иногда, довольно агрессивным дизайном.

С течением времени критерии в этой сфере эволюционируют. Например, на рубеже 70–80-х предложение ввести в интерьеры экспозиции французского искусства на втором этаже Зимнего дворца подвесной шинопровод встретило полное неприятие как со стороны хозяев экспозиции – отдела западноевропейского искусства, так и со стороны руководства музея, а также отдела главного архитектора. В течение десятков последующих лет мы использовали подвесные шины в исторических залах с сохранившейся отделкой интерьеров только на временных выставках. Это ограничение фактически перестало действовать совсем недавно, когда в романовской галерее после выставки произведений Яна Фабра шинопровод не был демонтирован, а остался как бы навсегда, и протестов это уже не вызвало – и музейщики, и посетители давно привыкли к такой форме осветительного оборудования, как шинопровод и висящие на нём светильники. Глаз современного посетителя музея уже приучен такого рода объекты, вкупе с прочей современной технической начинкой,

«выносить за скобки» воспринимаемой архитектурной среды.

По причине большого разнообразия и сложности подобных ситуаций в Эрмитаже, единого рецепта на этот случай у нас нет. Каждая ситуация обсуждается в индивидуальном порядке, и решение принимается в результате некоторого баланса между насущными потребностями работающего музея и стремлением всё сохранить и ничего не менять. При этом, каких-либо заранее определённых ограничений идейного характера не имеется. Могут быть приняты к обсуждению новшества не только технические, но и относящиеся к эстетической сфере. Главное – они не должны быть самодовлеющими, «придумка ради придумки», ради демонстрации технических возможностей компании-производителя, например, или драматической трансформации архитектурной среды, или самовыражения светодизайнера. Мы должны понимать, зачем, с какой целью предлагается то или иное решение, выходящее за рамки привычного, как оно помогает решить главную задачу – обеспечить адекватное восприятие выдающихся произведений искусства, представленных на экспозиции.

Практика показала, что наиболее продуктивным способом работы является обязательный этап натурного макетирования новых систем освещения, при котором комиссия в составе представителей научного отдела, курирующего экспозицию, отдела истории и реставрации памятников архитектуры, отдела главного энергетика и экспозиционно-оформительского отдела рассматривает установленные в реальной экспозиции осветительные приборы, а также конструкции, необходимые для их крепления, которые в этом случае могут быть представлены в виде фрагментов. Эта же процедура является обязательной и для всех новых, т.е. незнакомых нам, осветительных приборов. Связано это с тем, что по одним только техническим данным, чертежам и картинкам в каталоге учёному-искусствоведу трудно себе представить, как будет выглядеть светильник в интерьере, тем более, представить на основании графиков и диаграмм, как он будет освещать экспонат. Да и прочим специалистам технические характеристики, даже самые подробные, не дадут полного представления о реальном световом пятне от конкретного прибора, его равномерности, степени очерченности границ, наличии световых

колец, посторонних засветок, наличия светящихся во время работы щелей или отверстий на корпусе и т.п..

Помимо особого статуса охраняемой архитектурной среды, дворцовые помещения имеют и другие особенности.

Например, пропорции залов таковы, что осветительные приборы, установленные на карнизах, направлены на экспонаты под углом, недостаточно острым, чтобы блик отражался в пол или, по крайней мере, ниже глаз посетителя. Многие помещения имеют отделку стен из искусственного мрамора или иных блестящих материалов, в которой отражаются источники света, установленные над карнизом (а также, заметим и окна, выходящие на солнечную сторону здания). Следует также упомянуть, что карниза, как такового, в помещении может и не быть – в зависимости от архитектурного решения, вместо него может быть применена, например, плоская горизонтальная тяга, на которую шинопровод не устанавливать. А может присутствовать просто сложное сводчатое перекрытие без каких-либо горизонтальных членений стен. В такой ситуации иногда можно употребить подвесной шинопровод, который, к тому же, обеспечил бы освещение стен под правильным углом. Но потолок без лепки или росписи для дворцовых помещений большая редкость и, в большинстве случаев, не даёт возможности задействовать подвесную шину.

Шинопровод, установленный на стенах или подвесной, – не единственная форма организации систем освещения экспозиции. На временных выставках мы широко используем осветительные приборы на отдельных кронштейнах, которые устанавливаются на экспозиционных стендах. По мере необходимости такая форма задействована и на постоянной экспозиции. Примером экспозиции, освещённой подобным образом, является шатровый зал, где впервые в Эрмитаже для освещения живописи были применены светодиодные светильники второго поколения.

На экспозиции обычно присутствуют ещё два источника света, которые, в большинстве случаев, не помогают правильному устройству освещения. Это окна, большая часть которых, если говорить о парадных жилых помещениях, выходят на юго-восток или юго-запад и, по крайней мере, часть дня находятся под воздействием прямых

солнечных лучей. При этом перепады освещённости экспозиционных поверхностей раньше могли достигать нескольких сотен люксов в течении дня. Сейчас эта разница меньше за счёт применения светозащитных плёнок и штор, но всё равно существует. Дневной свет, само собой, – наименее контролируемая составляющая общей световой сцены.

Для Эрмитажа вопрос открытых, то есть не закрываемых светозащитными средствами, окон – достаточно болезненный и, время от времени, напряжённо обсуждаемый. Из окон дворцового комплекса открываются виды исключительной красоты на Дворцовую площадь, Неву, Стрелку Васильевского острова и Петропавловскую крепость. В каком-то смысле, это тоже часть исторического дворцового пространства. Вместе с тем, открытые окна в ряде случаев не просто мешают, но даже не дают возможности правильно организовать освещение экспозиции. Дворец строился как дворец, а не как картинная галерея. Иногда приходится определяться с приоритетами: что важнее рассмотреть посетителю – выдающееся произведение живописи или архитектурные красоты за окном. Руководством музея ответ на этот вопрос определён раз навсегда: «важнее всё и сразу». В каждом случае ищем компромисс (или паллиатив).

Ещё одним создающим помехи источником света в экспозиции являются исторические осветительные приборы (люстры и торшеры). В ряде помещений парадной анфилады они являются единственными источниками света. Их видовой признак – множество бликов, отражающихся во всех картинах, которые есть в зале. Эти осветительные приборы нередко проектировались или приобретались под конкретные интерьеры и являются неотъемлемой частью дизайна залов. Люстры могут тоже быть задействованы в общей световой сцене, особенно если этот источник контролируется (включение по частям, светорегулирование). Торшеры представляются наиболее вредной в смысле образования бликов формой исторических осветительных приборов, потому что у них источники света расположены ниже всех прочих. Они иногда представляют собой довольно монументальные сооружения из бронзы и цветного камня и могут просто украшать зал своим присутствием, но включать их можно только если на стенах нет объектов,

требующих рассматривания (картин, например). Самый «пострадавший» от попытки задействовать эту форму осветительных приборов для освещения экспозиции – зал Ван Дейка.

В некоторых случаях ряд проблем с освещением можно решить посредством установки дополнительных осветительных приборов на крюки для люстр под потолок, то есть выше самой люстры и так, чтобы не мешать её восприятию как произведения прикладного искусства. До недавних пор подобный приём у нас также считался запрещённым, но сейчас уже заложен в некоторые проекты. Это стало возможным, в частности, как следствие «светодиодной революции» и продолжающейся миниатюризации осветительных приборов, уменьшения их веса и потребления энергии.

Среди возможных технических решений освещения экспозиции, которые употребляются в музее, можно упомянуть такую форму, как подвесная шина с подсветкой потолка. Данная комбинация осветительных приборов используется, как правило, для создания определённого уровня общей освещённости или для целей архитектурной подсветки, в то время как светильники, установленные на этой же шине снизу, отвечают за локальную подсветку экспонатов. Это достаточно распространённый на наших новых экспозициях приём.

Перечень основных источников света, формирующих освещение музея, следует заключить освещением в витринах. В ряде залов, содержащих «витринные» экспозиции, этот источник можно рассматривать как основной. Подсветка витрин в Эрмитаже представлена всеми видами и способами. От осветительных приборов с люминесцентными лампами конца 50-х до систем освещения больших витрин с органикой в пазырыкском зале, где источники света установлены в соседнем помещении, а в витрины свет поступает по волоконным световодам длиной более чем 11 м – таким способом исключается возможность нагрева экспонатов и повышения температуры в зале. В романовской галерее и в зале Египта доживают свой век приснопамятные советские светильники под лампу накаливания НББ-341 таллинского производства. Когда-то они, благодаря фарфоровому патрону, цельнометаллическому корпусу и поворотному креплению, были практически единственными советскими светиль-

никами, не вызывавшими нареканий со стороны пожарной охраны, и устанавливались по всему музею в большом количестве, благо были ещё и недорогими. На постоянных экспозициях двух последних десятилетий преобладает подсветка с помощью оптоволоконных систем. Источники света в этих витринах – галогенные или светодиодные. Следует отметить, что данная схема устройства подсветки позволяет легко реконструировать световой блок под современный источник света. При этом сохраняется вся настройка световой сцены, меняется только генератор света (содержащий галогенную лампу на светодиодный).

Несложно заметить, что в качестве особо проблемной зоны в данном тексте фигурирует, главным образом, Зимний дворец, из чего не следует, что в остальных частях нашего музейного комплекса всё намного проще.

В Главном штабе тоже хватает проблем со светом, хотя там удалось, по крайней мере, на втором этапе реставрационных работ, избежать существенных ошибок. В этом комплексе мы впервые в нашем музее применили для освещения живописи светодиодные светильники, хотя основную массу осветительных приборов и здесь составляют приборы с галогенными лампами накаливания. Светодиодные светильники первого поколения и раньше применялись на отдельных экспозициях (отдел античного мира), где точность цветопередачи была не принципиальна.

Одним из самых сложных объектов с точки зрения освещения экспозиции остаётся дворец Меншикова.

В экспозиции этого отдела Эрмитажа есть небольшие и относительно невысокие помещения, где буквально нет места для установки осветительных приборов, т.к. стены и потолок плотно покрыты исторической отделкой, живописью и т.п., а также (местная уникальная особенность) голландскими изразцами.

Существуют на наших экспозициях и сложные места, где найти правильное решение очень трудно, по крайней мере, в рамках традиционных схем. Вот пример такой сложной ситуации: в зал экспозиции отдела истории русской культуры были перенесены после реставрации три картины большого размера. Единственный источник освещения в этом зале – люстра, так как электрооборудование проектировалось под витринную экспози-

цию, зал с сохранившейся отделкой, т.е. ничего нельзя повесить к потолку, ничего нельзя прикрепить к стенам, питания на карнизе нет, ширина зала сопоставима с размерами картин, углы отражения от приборов, установленных на карнизах, были бы такие, что все источники света отражались бы в картине.

В этой ситуации было принято решение располагать источники света внизу, чтобы блики уходили в потолок. После соответствующих экспериментов и показа натурального макета, одна из петербургских компаний сделала для нас напольные устройства со светодиодными источниками, с помощью которых проблема была решена. Этот опыт весьма полезен в связи с предстоящей в будущем необходимостью освещать большие живописные произведения в главном зале музея в Бирже, где это тоже практически единственный способ избежать отражений источников света в огромных картинах, висящих, к тому же, на блестящей стене.

В связи со сказанным, хочу обратить внимание на такую форму осветительного прибора, которая могла бы быть востребована в музее и не только в нашем, как перильное ограждение экспонатов, совмещённое с осветительным прибором нижней подсветки. Ранее попытки реализовать такую форму наталкивались на ограничения, связанные с относительно большими размерами источников света. Светодиодная революция и тенденция к уменьшению осветительных приборов, по всей видимости, уже предоставляет нам возможность преодолеть такие ограничения.

Следующая особенность наших экспозиций, которую надо учитывать при проектировании освещения, – это состав экспозиции, по большей части, смешанный. То есть, экспозиция содержит все типы произведений искусства, как изобразительного, так и прикладного. С точки зрения устройства освещения, при таком составе экспозиции возникают сложности, связанные с соединением материалов разных категорий светостойкости. Рядом могут находиться скульптура из мрамора, картина и, например, предмет мягкой мебели, обтянутой тканью, которой три сотни лет, или шпалера, ещё более старая. Мы стараемся группировать экспонаты таким образом, чтобы решать задачи освещения было удобно. Однако это не всегда возможно,

и в каких-то случаях будут востребованы специальные решения.

Кстати, о таких решениях можно сказать ещё пару слов. В большинстве случаев, даже самые мощные компании-производители стараются снабдить нас своей стандартной продукцией, разработки систем освещения «под конкретную ситуацию» все, по понятным причинам, стараются избежать. Можем довести до сведения всех желающих участвовать в улучшении освещения в Эрмитаже: стандартные позиции («повесить шину, включить светильники») у нас уже давно кем-то заполнены, а нестандартных сколько угодно. Будьте готовы думать и предлагать грамотные светотехнические проекты, а не просто продавать оборудование из каталога. Причём, это пожелание следует сопроводить предупреждением о том, что несерийное (то есть отсутствующее на рынке, экспериментальное, «самодельное») оборудование крайне нежелательно, т.к. создаёт потребителю проблемы с обслуживанием, запчастями и ремонтом, и в большинстве случаев является разовым.

Экспозиции с однородным в плане светостойкости материалом, как, например, экспозиция Императорского фарфорового завода, в Эрмитаже тоже есть, но скорее в виде исключения. И в основном комплексе зданий, и в Главном штабе есть специальные экспозиции живописи. В перспективных планах всех научных отделов, насколько мне известно, смешанный характер экспозиций сохраняется, что отражает характер нашего собрания. Эрмитаж себя позиционирует как музей-энциклопедия историко-культурного характера.

В целом, изложенного достаточно для того, чтобы представить себе ситуацию.

Ещё пару слов об общих и, казалось бы, всем понятных предметах, чтобы обозначить критерии (прошу прощения, если это выглядит банально).

Итак, музейный свет, музейное освещение – это что, вообще, такое? Его основное свойство заключается в том, что это контролируемый, управляемый свет. Если совсем-совсем просто, то:

а) Он светит, куда надо.

б) Он не светит, куда не надо.

Обе функции в равной мере важны. Или то же, но более развёрнуто:

а) Во-первых, освещение в музее должно обеспечить комфортное для посетителя восприятие экспонатов

и информационных материалов, размещённых на экспозиции, а также, например, архитектуры исторических интерьеров Зимнего дворца и т.д. – здесь, как всегда, дьявол в деталях. И во-вторых, освещение по своим физическим параметрам не должно быть причиной повреждения экспонатов в какой бы то ни было форме (нагрев, разрушение чувствительных пигментов – выцветание, запуск деструктивных фотохимических реакций в окисленных изделиях из металла, разрушение органики УФ-излучением и т.д.).

б) Освещение не должно создавать помехи для восприятия, ослеплять, выделять и подчёркивать светом объекты, отвлекающие от восприятия экспонатов, создавать области с паразитной засветкой, бликами и т.п. Для таких категорий экспонатов, как живопись, не допускается подсветка, «корректирующая» авторский замысел при помощи акцентированной подсветки отдельных частей картины или опытов с контрастами цветовой температуры, способными вызвать в восприятии «сдвиг» освещаемого объекта в тёплую или холодную сторону относительно общей среды. Сказанное не относится к зонам рекреации, вестибюлям, лестницам и т.д., где возможны не только перемены цветовой температуры, но и другие затеи с освещением. Исключаются только действия, ведущие к ослеплению посетителя ярким светом, или динамические световые эффекты, после которых, в соответствии с физиологией, потребуется адаптация глаз к нормальному освещению.

В результате правильно организованного освещения экспозиции должна быть построена определённая осмысленная световая сцена с правильным распределением света.

Правильное распределение света – показатель крайне важный, это, собственно итог работы дизайнера и светотехника. Даже при большой концентрации источников света можно создать ощущение тусклого и недостаточного для восприятия экспонатов освещения. К сожалению, это достаточно типичная для многих наших парадных залов картина, где, например, освещение было устроено путём интенсивной подсветки потолка. Свет при этом концентрируется на потолке – это самый яркий объект в помещении – и на полу. Область размещения экспонатов и иной визуальной информации,

т.е. стены, находятся в наименее освещённой зоне.

Так как особенностью органов восприятия человека является способность отстраиваться от наиболее сильного сигнала, экспозиционный ряд при таком способе освещения экспозиции будет казаться тусклым и плохо освещённым, даже если абсолютная величина освещённости на поверхности экспонатов существенно превышает норму.

В заключение ещё кое-что по поводу конференции, постфактум. При общей положительной оценке и безоговорочном признании необходимости этого мероприятия, следует отметить, что разделение на секции, всё же, не получилось оптимальным, лишив некоторых участников возможности обсудить вопросы, отнесённые к разным площадкам, где работа происходила в одно и то же время.

Состав участников получился слишком пёстрым – учёные, сотрудники музеев, бизнесмены, представители производителей или поставщиков оборудования, дизайнеры различного профиля – вся эта компания не очень хорошо находила общий язык: гуманитарии мучились, пытаюсь понять, «сколько люксов» будет правильно, кто-то откровенно использовал мероприятие в целях рекламы и т.д., но, как кажется, работа в общем потоке была бы более продуктивной, по крайней мере, в данном случае, на конференции «широкого охвата», по всем вопросам сразу.

Если о том же сказать в более положительном ключе – как, однако, много всяких разных людей «изголодалось» по определённости критериев в области оценки новейших источников света в музейном освещении! Надеемся на то, что продолжение следует.



**Кузякин Борис Григорьевич,** окончил Институт живописи, скульптуры и архитектуры им. Репина Академии Художеств СССР (Ленинград), факультет теории и истории искусства, специальность

«искусствовед» (1977 г.). В 1979 г. поступил на работу в Государственный Эрмитаж, в возглавляемый в то время В.А. Павловым экспозиционно-оформительский отдел (ЭОО) как художник-конструктор. В настоящее время – заведующий ЭОО (с 2003 г.).

# Свет в музее: опыт и проблемы

Л.Е. ВОЛГИНА

Государственная Третьяковская галерея, Москва  
E-mail: VolginaLE@tretyakov.ru

## Аннотация

Статья посвящена особенностям освещения музейных залов, реставрационных мастерских, фондохранилищ, опыту эксплуатации осветительного оборудования и организации светового оформления экспозиции в залах Государственной Третьяковской галереи. Сформулированы начальные направления работы по созданию технического задания на осветительное оборудование для акцентирующего освещения. Информация может быть полезна сотрудникам музеев, галерей и т.д. работающим в области экспозиционно-выставочной деятельности.

**Ключевые слова:** свет, акцентирующее освещение, музейные предметы, освещённость, светостойкость.

«Для художника или ремесленника свет одновременно и благословление, и проклятие – он неотделим от красоты искусства и вместе с тем способен физическим или химическим путём принести ему вред» – писал Томас Брилл в своей книге «Свет. Воздействие на произведения искусства» [1].

Эта дилемма стоит краеугольным камнем в музеях, галереях и везде, где занимаются хранением и демонстрацией коллекций любого направления и содержания: художественных, краеведческих, зоологических, ботанических, декоративно-прикладных и т.д.: нужно одновременно и показать коллекцию в наиболее эффектном представлении, и защитить экспонаты от вредного воздействия света.

Свет в музее или музейный свет, освещение музейных пространств – как не назови эту специфическую область светотехники, которая начала зарождаться, как только человечество начало собирать для потомков коллекции художественных ценностей и артефактов научной и исследовательской мысли своей эпохи. Под размещение коллекций были приспособлены замки, дворцы, общественные помещения, храмы, университеты – разместить разместили, а как сделать так, чтобы предметы было хорошо

видно, и в тоже время защитить коллекцию от света, влажности, грибка и других негативных факторов. Первоначально, посещение кунсткамер происходило, в основном, при дневном свете, но со временем коллекции стали общедоступными, и время работы музеев увеличилось, появилась необходимость в искусственном освещении.

В мире существует огромное количество музеев, галерей, салонов, выставочных залов с одной стороны, хранилищ предметов, составляющих коллекций, с другой стороны и реставрационных мастерских, лабораторий, консервационных и многих других служб, обеспечивающих поддержание музейных предметов в надлежащих состоянии и сохранности и дающих возможность их исследования с третьей стороны. Всё это в совокупности представляет собой функционал живого организма музея. Хранители коллекций, научные сотрудники разрабатывают и подготавливают темы выставочных проектов, реставраторы готовят музейные предметы к размещению в залах, дизайнеры проектируют



Рис. 1. Настройка акцентирующего освещения в зале Третьяковской галереи

архитектуру выставочного пространства. Предметы выставки размещают по своим местам и, к сожалению, чаще всего только на этом этапе приглашают инженеров-светотехников (художников по свету) для создания красивой и эффектной световой атмосферы на выставочной площадке.

Ответственность светотехника состоит в том, что он вносит последний, завершающий штрих перед вернисажем. Именно от постановки света зависит законченность оформления экспозиции. Любая выставка может остаться великолепной в памяти посетителей, а может пройти незамеченной. Дело здесь не только в уникальности представленных предметов, но и в том, как они будут преподнесены зрителю. Свет – это главнейший фактор, который влияет на восприятие выставки в целом.

От светотехника требуется создать интересные световые образы, оказывающие эстетическое и эмоционально-психологическое воздействие на зрителя, и обеспечить сохранность экспонатов выставки от воздействия видимой части спектра, ультрафиолетового и инфракрасного излучений (рис. 1).

Каждый музейный предмет, представленный в экспозиционном зале: плоский, объёмный, монохроматический, полихроматический, разнообразной фактуры поверхности, должен получить правильно подобранное освещение, напрямую зависящее от свойств своего материала.

Освещение выставочных залов складывается из двух основных составляющих: общее (рабочее) освещение и акцентирующее освещение. Общее (рабочее) освещение – это может быть комбинированное освещение, состоящее из естественного и искусственного (рис. 2) или только естественное или искусственное освещение.

Акцентирующее освещение выбирается после назначения выставочного пространства: для постоянной экспозиции коллекции или для временной тематической выставки. В зависимости от этого используются разные способы акцентирующего освещения, чтобы обеспечить хорошую видимость и сохранность музейных предметов.

Последние несколько лет, в области нормирования световых характеристик в музеях, галереях и вспомогательных музейных помещениях



Рис. 2. Слева – общее искусственное освещение зала № 35 1-го этажа, светлый фон. Справа – общее комбинированное (естественное + искусственное) освещение зала № 17 2-го этажа, светлый фон

(хранилищах, реставрационных мастерских и т.д.) отсутствует законодательная база, так как в 2016 г. был отменён ГОСТ 8.586–2001, Приложение Б которого содержало требования к освещению [2], и остались только рекомендации ГосНИИР по музейному хранению [3], которые требуют серьёзной доработки. Зачастую, при проведении временных выставок снижаются требования к сохранности музейных предметов, не учитываются группы их светостойкости. В погоне за блеском, светом и эффектностью, экспонаты во время краткосрочных выставок набирают большую дозу, которую могли бы набирать долгое время нахождения в постоянной экспозиции при более низких уровнях освещённости.

Постоянная экспозиция музейных предметов, выставленных в залах, – это представление равноценных и равнозначных объектов, которые имеют равные права на привлечение внимания публики, причём экспозиция не должна из-за большого объёма информации утомлять зрителей во время осмотра галереи. Поэтому в залах постоянной экспозиции художественных музеев акцентирующее освещение нужно использовать очень аккуратно и ненавязчиво (рис. 3), так чтобы не перейти границу театральности экспозиции (рис. 4), не отвлекать внимание посетителей световыми эффектами, влияющими на эмоциональное состояние и настроение зрителей. Дополнительное акцентирующее освещение в таких случаях может добавить лишнюю освещённость на экс-

понатах, что ухудшает их сохранность (рис. 5).

Временная выставка – это представление объектов, связанных между собой одной темой или идеей, вследствие чего создаётся значительное впечатление и оказывается эмоциональное воздействие на посетителей выставки.

Другая крайность при световом оформлении выставок – это использование только акцентирующего освещения без общего равномерного освещения, и такая модель освещения экспозиции обеспечивает активно воздействующие световые и психологические эффекты. Применение этого способа освещения, во всяком случае, для художественного музея с большой коллекцией работ, размещённых в постоянной экспозиции, спорно. У наблюдателя от напряжённой зрительной работы возникает утомляемость от сочетания «тёмный фон-светлый



Рис. 3. Зал графики. Освещённость экспонатов на высоте 1,6 м за счёт акцентирующего освещения составляет 60 лк

объект» (рис. 6), а чтобы рассмотреть подробности картин среднего и небольшого размера или предметы маленького размера посетители должны находиться на близком расстоянии от экспонатов, причём при скоплении посетителей, находящиеся в первом ряду мешают сзади стоящим. Плюс этого варианта освещения в том, что за счёт «эффекта контраста» можно понизить уровень освещённости экспонатов.

На рынке поставщиков светильников направленного света для акцентирующего освещения существует большое количество осветительного оборудования отечественного и зарубежного производства. В Третьяковской галерее, после открытия Инженерного корпуса и реконструк-

Рис. 4 Чередование «светлых» и «тёмных» зон в залах временных выставок создаёт эффект театральности выставочного пространства





Рис. 5. Слева: общее и акцентирующее освещение зала 2-го этажа, светлый фон. Справа: общее и акцентирующее освещение зала 2-го этажа, тёмный фон



Рис. 6. Слева: временная выставка, акцентирующее освещение без общего освещения зала, светлый фон. Справа: временная выставка, акцентирующее освещение без общего освещения зала, тёмный фон

ции основного здания в Лаврушинском переулке, а также в залах Новой Третьяковки на Крымском валу, применяется большое количество светильников различных производителей, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. За продолжительное время их эксплуатации был накоплен огромный опыт по установ-

ке светильников направленного света на шинопроводы, закреплённые на потолках выставочных залов и других конструкциях.

Рекомендации для музейных работников по выбору осветительного оборудования, дополнительных аксессуаров к нему и по размещению шинопроводов состоят в следующем:

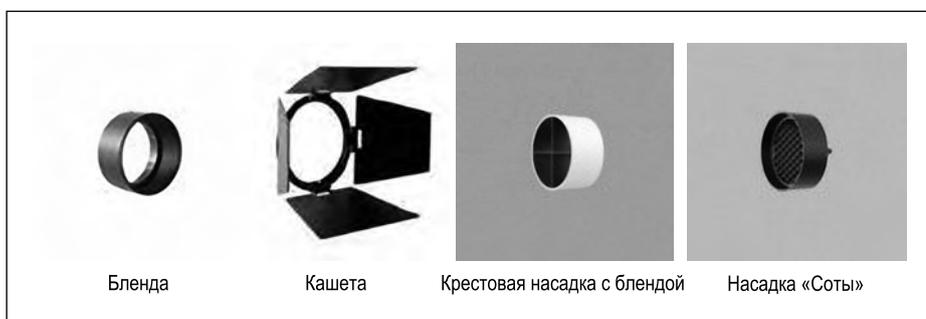


Рис. 7. Разновидности насадок к светильникам направленного света для защиты от засветок

1. Прежде чем остановить свой выбор на каком-либо светильнике для акцентирующего освещения, следует провести одновременное тестирование осветительного оборудования разных производителей, визуально и инструментально сравнить результаты, полученные на тематических образцах из коллекции музея.

2. При тестировании рекомендуется измерить пульсацию излучения осветительных приборов, проверить наличие ореола (засветки) вокруг светового пятна, попадающего на объект.

3. Свет, излучаемый светильниками, изготовленными разными производителями и имеющий одинаковую

цветовую температуру, подтверждённую документально, может зрительно представляться одинаковым, тогда как при тестировании светораспределения светильников световые пятна, создаваемые на белой поверхности, могут иметь различные оттенки белого цвета. Это важно учитывать при подборе цветовой гаммы интерьера выставочного помещения и внешнего оформления экспонатов.

4. Желательно, чтобы в комплект светильника входили различные бленды, кашеты, сотовые ячейки, крестовые насадки для защиты глаз посетителей выставки от ярких световых лучей, засветок и случайных бликов (рис. 7).

Светильники должны быть совместимыми с линзами, корректирующими световой пучок, насадками для кадрирования, овальнорисующими линзами и т.д.

5. Светильники направленного света должны обеспечивать возможность управления световыми параметрами при помощи устройств на корпусе светильника или по *WI-FI*, *Bluetooth* и т.д.

6. Современные светодиодные светильники направленного света могут иметь разные наборы регулируемых параметров: световой поток, цветовая температура, угол излучения, поворот светильника. Это интересные опции,

которые, однако, добавляют цену на изделия хорошего качества. Поэтому при выборе осветительного оборудования нужно определиться, регулировка каких параметров действительно необходима во время настройки акцентирующего освещения и отказаться от лишних опций.

7. Для высоких залов и больших пространств, в качестве светильников акцентирующего освещения можно использовать светильники, выполненные на базе театральных прожекторов или светильников для фотостудий (с использованием, при необходимости, защитных фильтров).

8. После выбора осветительного оборудования, следует определить место и способ установки шинпровода с учётом высоты помещения, архитектуры зала, характера коллекции, места размещения музейных предметов (на стенах, в витринах, на постаментах, в центре зала и т.д.).

Создание музейного освещения в выставочных залах зависит от особенностей здания, в котором размещены сам музей и его вспомогательные службы (реставрационные мастерские и хранилище коллекции). Установки общего и акцентирующего освещения в здании, которое приспособляется под музей, где интерьеры являются объектами экспозиционной деятельности, и в здании, построенном по специальному проекту, где учитываются все технологические потребности современной музейной деятельности, имеют технические отличия по размещению осветительного оборудования, особенно при наличии в залах и помещениях окон, световых фонарей.

Одними из важнейших составляющих освещения выставочных пространств и реставрационных мастерских являются применяемые там источники света. Организация общего рабочего освещения в этих помещениях должна быть максимально приближена по своим колористическим свойствам к естественному свету. Это является бесспорной необходимостью в художественных музеях, а для реставраторов важно, чтобы результат вечерней работы при искусственном свете не отличался от того, что реставратор увидит утром при естественном свете.

После поэтапного введения в действие закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эф-

фективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», вследствие постепенного вытеснения галогенных и люминесцентных источников света в пользу светодиодных, ассортимент ламп, используемых для освещения экспозиций, значительно уменьшился. Например, в Третьяковской галерее проводилась работа по модернизации электроосветительных установок Депозитария. Проектом была выбрана линейка светильников *REGO u REGO LED*, производства компании «Световые технологии» которые должны были заменить финские светильники, установленные ещё в 1983 г. Светильники для замены выбирались по габаритам, способу крепления к поверхности и по возможности не увеличивая электрическую нагрузку на сеть, увеличить освещённость на рабочих поверхностях (реставрация масляной и темперной живописи, общее освещение не менее чем 500 лк). Главным требованием к освещению реставрационных мастерских было достижение равномерного распределения света по рабочей поверхности, отличной цветопередачи, высокого уровня освещённости для выполнения работ высокой точности. Естественный свет в этих помещениях составляет значительную долю от общего освещения. По результатам проведённого сравнения между светильниками *REGO* с люминесцентными лампами улучшенной цветопередачи *LUMILUX DE LUXE T8 OSRAM* серии 954 и светодиодными светильниками *REGO LED* с разными цветовыми температурами были выбраны и установлены, светильники с люминесцентными лампами большей электрической мощности. Предлагавшиеся варианты светодиодного освещения подходили для бытового, офисного или промышленного использования, тогда как для музейного освещения нужна более широкая линейка имеющих доступную цену светодиодных источников света с фиксированными спектральными характеристиками, имитирующими естественный свет. На светодиодное освещение в здании Депозитария были переведены кабинеты, коридоры, технические помещения и помещения для хранения музейных предметов, в которых нет высоких требований к цветопроизведению, к высокоточной зрительной работе.

В заключение отметим, что к первоочередным задачам в области музейного освещения можно отнести следующее:

1. Проведение исследований музейных предметов, имеющих разную светочувствительность (светостойкость), в части воздействия излучений в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасных областях спектра для разработки нормативной базы, начало которой было заложено в ГОСТ 8.586–2001 (Приложение Б) [2], где была изложена тема нормирования параметров искусственного и естественного освещения в залах музеев, галерей, вспомогательных помещениях музеев (хранилища, реставрационные мастерские, упаковочные и т.д.). В части светостойкости музейных предметов и нормирования освещения и рекомендаций по организации освещения музейных пространств Приложение Б ГОСТ 8.586–2001 [2] разрабатывалось при участии лаборатории музейной климатологии ГосНИИР [4]. В Приложении Б было начато внесение корректировок по отношению к рекомендациям ГосНИИР «Музейное хранение художественных ценностей» [3].

2. Разработка методики, позволяющей производить измерения светотехнических характеристик непосредственно в выставочных залах на экспозиционных поверхностях предметов различной формы, размеров, конфигурации, с использованием минимального количества измерительных приборов для получения объективных данных для оперативного контроля световой среды. Организация поверки измерительных приборов в соответствии с ГОСТ Р 8.586–2016 [5].

3. На основании проведённых исследований и разработок, с учётом внедрения в музейную осветительную практику новых светодиодных источников света, создать государственный стандарт по нормированию характеристик световой среды в музеях.

4. Уточнение характеристик антибликовых стёкол, различных других защитных материалов (триплекс) на предмет поглощения излучения материалом, защищающим коллекционный предмет от воздействия всех составляющих спектра.

5. Создание или усовершенствование новых, энергоэкономичных, экологических источников света, которые заменят традиционные источники света, такие как мощные галогенные лам-

пы накаливания и люминесцентные лампы. Они должны иметь спектральные характеристики, эквивалентные по цветоощущению естественному свету, который должен присутствовать в течение рабочего дня в реставрационных мастерских и других технологических помещениях, где выполняются работы высокой точности, а также обеспечивать создание индивидуальной, неповторимой атмосферы и комфортной зрительной среды в залах музеев.

6. Создание удобных систем диспетчеризации и контроля заданных световых параметров в помещениях музеев для постоянных экспозиций и временных выставок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брилл Т. Свет. Воздействие на произведения искусства. М.: «Мир», 1983.– 304 с.
2. ГОСТ Р 8.586–2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений характеристик искусственного и естественного излучения для обеспечения сохранности музейных экспонатов. Методика поверки<sup>1</sup>. Приложение Б (обязательное). Нормируемые характеристики световой среды в музеях.
3. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. М.: ГосНИИ Реставрации, 1995 г.– 17 с.
4. И.В. Фомин, С.Ю. Зайчикова Технические средства контроля температурно-влажностного и светового режимов в музеях и памятниках архитектуры // В сб. Исследования в консервации культурного наследия. Выпуск 2. – М.: Индрик, 2008.– 22 с.
5. ГОСТ Р 8.586–2016. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений характеристик искусственного и естественного излучения для обеспечения сохранности музейных экспонатов. Методика поверки

<sup>1</sup> Заменён на ГОСТ Р 8.586–2016 [5], в котором Приложение Б отсутствует.



**Волгина Любовь Евгеньевна.** Окончила Московский энергетический институт по специальности «Светотехника и источники света» (1986 г.). Начальник отдела электро-

технического оборудования Государственной Третьяковской галереи

## Новый вице-президент МКО из России

Генеральный директор Всесоюзного научно-исследовательского светотехнического института имени С.И. Вавилова и президент Российского национального комитета Международной комиссии по освещению (МКО) Анна Шахпаруняц избрана Вице-президентом МКО.

Выборы состоялись 17 октября 2018 года. В процедуре голосования участвовали 23 представителя национальных комитетов. При одном воздержавшемся и одном голосе «против» кандидатура А.Г. Шахпаруняц была поддержана значительным большинством.

Таким образом, Россия будет снова представлена в высшем совете МКО, чье значение для развития светотехнической отрасли невозможно переоценить. Примечательно, что за всю историю работы Российского (а до этого – Советского) национального комитета МКО вице-президентом комиссии из нашей страны был только один человек – генеральный директор ВНИСИ, академик Академии электротехнических наук РФ, Г.Р. Шахпаруняц.

Международная комиссия по освещению (МКО), имеющая мощный научно-технический фундамент, координирует и проводит фундаментальные исследования в области светотехники и является центром по обмену опытом между всеми странами мира. С момента образования в 1913 году, МКО является высшим авторитетом по вопросам освещения, при-



знанной Международной организацией по стандартизации (ISO) в качестве международного органа по стандартизации в области освещения. СССР вошёл в состав МКО в 1935 году, и Российская Федерация, как правопреемник СССР, стала членом МКО, продолжив работу Советского национального комитета МКО.

В Российской Федерации, также как и в СССР, традиционно сложилась следующая практика формирования национального комитета: Президентом РНК является директор головного научно-исследовательского института в светотехнической отрасли – с 1959 г. это Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт, представителями страны в отделениях МКО (руководителями отделений РНК МКО) являются авторитетные специалисты научно-исследовательских организаций, промышленных предприятий и других структур, функционирующих в светотехническом секторе экономики России.

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

## Разработан процесс получения перовскитных светодиодов RGB

Перовскит – минерал с химической формулой  $CaTiO_3$  – хорошо известен благодаря своей кристаллической структуре. Атомы титана в перовските расположены в узлах моноклинной решётки, очень близкой к кубической, так как угол в вершине ромба всего на 40° отличается от 90°. В центрах псевдокубов располагаются атомы кальция.

Наночастицы перовскита способны генерировать свет высокой спектральной чистоты и интенсивности и имеют низкую себестоимость, благодаря чему их считают оптическим материалом следующего поколения для крупноформатных цветных дисплеев, сообщает портал ko.com.ua. Дальнейшему росту интереса к ним в индустрии будет способствовать разработанный в корейском научно-техническом институте UNIST простой метод извлечения трёх базовых цветов (красного, синего и зелёного) из этого наноматериала.

Предложенная техника позволяет свободно управлять спектром излу-

емого света, регулируя содержание галлоидных анионов. Добавляя растворитель, авторы уменьшали концентрацию анионов, добиваясь кристалльно чистых основных цветов, необходимых для получения высококачественного полноцветного изображения.

«Мы добавили неполярный растворитель, содержащий йод (I), бром (Br) и хлор (Cl) в раствор наночастиц перовскита, – объяснил Юн Цзинь Юн, автор статьи в журнале *Joule*. – в ходе реакции элементы, смешанные в неполярном растворителе, меняются местами с элементами в оригинальном перовските, что вызывает изменения в люминесценции».

«С помощью нашего простого метода мы получили люминесценцию, охватывающую весь видимый спектр от 400 до 700 нм, указал профессор UNIST Ким Ки-Хван. – Кроме того, с использованием анионно-обменных нанокристаллов были успешно изготовлены насыщенные и яркие светодиодные устройства RGB».

# Освещение произведений живописи, графики, полиграфии, фотографии – проблемы и возможные решения

Л.Г. НОВАКОВСКИЙ

ООО «Фарос-Алеф», г. Москва

E-mail: pharos-alef@yandex.ru

## Аннотация.

Приведён анализ основных проблем музейного освещения. Подробно изложены возможные технические решения; для преодоления отмеченных проблем по каждому виду демонстрируемых предметов изобразительного искусства. Приведены результаты исследований, заложенных в основу этих решений.

**Ключевые слова:** световая среда, равномерность распределения освещённости, живопись, скульптура, малые формы, блик, интерьер дворцовой архитектуры, роспись, лепнина, проекционная оптика, излучение.

## 1. Введение

Освещение музеев – одна из самых сложных задач, требующая принципиально разных подходов в зависимости от характера представленных экспонатов.

Более того, концепция освещения всегда находится в зависимости от архитектурных особенностей здания, в котором расположены экспонаты.

Особенно сложно выстроить правильное освещение в музеях-дворцах, поскольку первоначально архитектура этих зданий была подчинена другой задаче, да и техника освещения, соответствующая времени проектирования и строительства, принципиально отличается от того, чего требует музейное освещение. В результате возникает ряд, на первый взгляд, неразрешимых проблем: обеспечение равномерности распределения освещённости при значительной разнице в удалённости элементов объекта от осветительного прибора (ОП), устранение возможности появления на живописных работах бликов достаточно высокой яркости, создаваемых источниками света, днём – естественными, а вечером – искусственными, а также бликов на защитном стекле витрин

при демонстрации малых форм из-за крайне неудачного встроенного освещения и расположения встроенных источников света, освещение скульптур в условиях ограниченного демонстрационного пространства, не позволяющего управлять процессом формирования тени.

Да и сами ОП – люстры, бра, торшеры и т.п., которые в контексте интерьера являются украшением, чаще всего создают препятствие формированию необходимых световых полей, подчёркивающих убранство дворцовых залов, например, потолков с лепниной или росписями.

Все эти проблемы действительно кажутся неразрешимыми, однако появление в последнее время новых источников света – светодиодов (СД), при правильном их использовании в комплексе с последними достижениями в области оптики, информационных систем и систем управления, позволяет не только разрешить возникшие задачи, но и сделать это без видимого изменения классического интерьера дворца.

## 2. Освещение произведений живописи

Сохранность живописных экспонатов музеев обеспечивается нормами освещённости. В отличие от производственных, учебных и других помещений, где устанавливаются нижние допустимые показатели, для музеев определяются верхние границы норм, которые не должны превышать ни при каких условиях. Для каждого типа экспонатов установлены свои уровни освещённости [1]. Так, например, для ткани, газетной бумаги и акварели она не должна превышать 50 лк, для масляной живописи – 150 лк, а для драгоценных металлов и камней – 500 лк.

Если говорить о живописи, то очевидно, что эти значения явно не соответствуют условиям, при которых

картины написаны, а следовательно, мы видим совсем не то, что было задумано художником, да ещё и с искажённым цветом.

Анализ условий написания работ показывает, что диапазон уровней освещённости достаточно широк. Вот что пишет по этому поводу Леонардо да Винчи [2]: «Для портретов имей особую мастерскую – двор продолговатый, четырёхугольный шириною в десять длиною в двадцать локтей со стенами, крашеными в чёрную краску, с кровельным выступом по стенам и полотняным навесом, устроенным так, чтобы, собираясь или распускаясь, смотря по надобности, служил он защитой от солнца. Не натянув полотна, пиши только перед сумерками или когда облачно или туманно. Это свет совершенный». Реконструкция этих условий показывает, что освещённость на мольберте может находиться в диапазоне 400–600 лк. Ван Гог, надев соломенную шляпу и разместив на её полях свечи, ряд работ писал ночью, утверждая при этом [3]: «Часто мне кажется, что ночь гораздо живее и богаче красками, чем день». Моделирование этих условий показывает освещённость 15–20 лк. Тот же Ван Гог работал над пейзажами днём при освещённости мольберта 3500–4500 лк.

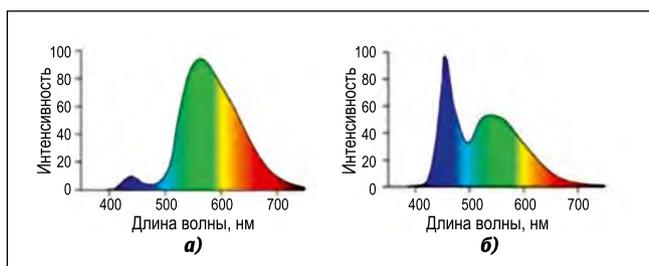
Так что же мешает нам видеть живопись глазами автора? Дело в том, что при освещении требуется исключить или свести к минимуму присутствие в спектре ОП агрессивных составляющих – ультрафиолетового и инфракрасного излучения, так как первое оказывает прямое разрушительное действие (распадаются молекулярные связи), а второе косвенно способствует старению материалов, ускоряя химические реакции посредством увеличения температуры. Причём опасность ультрафиолетового излучения усугубляется тем, что оно обладает так называемым кумулятивным эффектом – свойством накопления результатов его воздействия.

Всё это имеет значение в случае естественного освещения либо при использовании ОП с традиционными источниками света – лампами накаливания, галогенными лампами накаливания, люминесцентными или металлогалогенными лампами, но теряет актуальность при переходе на СД источники света [4].

Известные способы устранения противоречий при освещении живописи

Противоречия, возникающие при освещении	Традиционные методы
Увеличение уровня освещённости до соответствующего написанию работы при обеспечении абсолютной сохранности живописного (культурного) слоя	Нет решения
Обеспечение равномерной освещённости при относительно близком расположении источников света	Нет решения
Обеспечение переменной цветовой температуры при максимально высоком ИЦП	Нет решения
Устранение бликов от источников света при различных условиях освещения	Изменение положения осветителя на нижнее
Управления контрастом при различных размерах освещаемого объекта	Управление формой светового пучка
Обеспечение универсальности исполнения при относительно небольшой цене	Конструкторско- технологические решения

Рис. 1. Спектральные характеристики СД с различной коррелированной цветовой температурой. а – СД тепло-белого света, б – СД холодно-белого света



Использование люминесцентных источников света нежелательно также и из-за значительной пульсации светового потока и относительно низкого значения индекса цветопередачи (ИЦП), обусловленного «полосатостью» спектра излучения [4]. Однако на смену «вредным» для арт-объектов традиционным источникам света сегодня приходят получившие широкое распространение достаточно мощные белые СД, доля ультрафиолетового и инфракрасного излучения в спектре которых сведена до безопасных для всех видов красителей значений или устранена совсем, как это показано на рис. 1.

Очевидно, что обеспечение сохранности экспонатов – это важнейшая

проблема, и формулирование в связи с появлением казалось бы безопасных источников света новых требований к условиям содержания и демонстрации предметов изобразительного искусства – проблема, требующая серьёзных исследований. В свою очередь, совершенствование нормативной базы должно позволить подойти к проблемам музейного освещения с других, более гибких позиций, суть которых состоит в том, что каждое произведение искусства, будь то живопись, скульптура, фреска, мозаика, инсталляция и т.п., уникально по своей сути и требует при освещении индивидуального подхода. Общим моментом здесь служит лишь требование обеспечения равномерности

освещённости объекта и максимального ИЦП, удовлетворение которого – одна из серьёзнейших проблем искусственного освещения.

Все остальные характеристики, такие как:

- абсолютные значения освещённости, которые могут варьироваться, в частности, в силу разных расстояний наблюдения, например, фрески, мозаичного панно или картины;

- цветовая температура результирующего излучения, которая может варьироваться в силу различных условий и времени суток при создании работы;

- подлежащие удалению блики от источников света и элементов интерьера, которые могут варьироваться из-за разных условий освещения;

- уровень контраста, т.е. соотношение яркостей объекта и фона, на котором этот объект рассматривается;

- должны максимально соответствовать условиям создания освещаемого объекта, а следовательно, могут сильно отличаться, т.е. должны быть переменными.

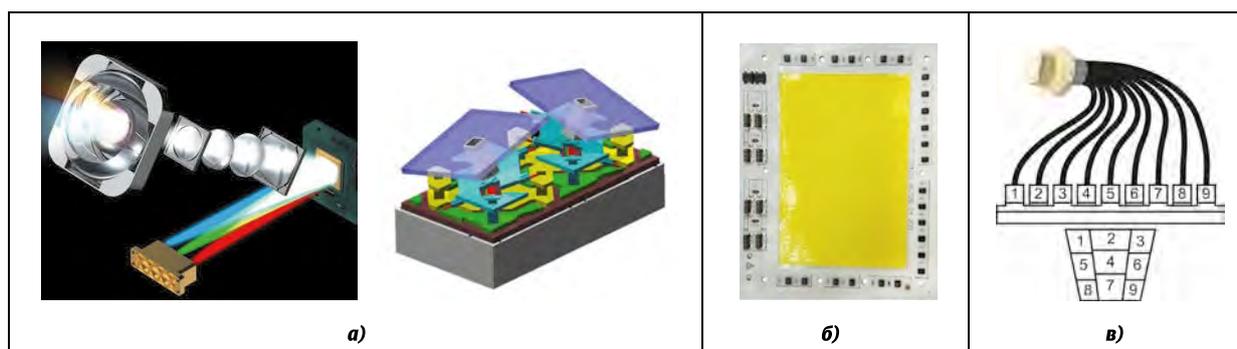


Рис. 2. Альтернативные технические решения для обеспечения равномерности освещённости: а – DMD+DLM технология, б – набор СД матриц с дифференцированным управлением активными элементами, в – волоконно-оптический преобразователь изображения на гибких жгутах с дифференцированным входом

Из сказанного следует, что правильное освещение произведения изобразительного искусства требует разрешения целого ряда противоречий, перечисленных в табл. 1, из которой видно, что это возможно только с помощью реализации принципиально новых подходов к конструкции осветителей и формирования особой световой среды для каждого экспоната, и именно поэтому музейное освещение считается наиболее сложным.

Очевидно, что обозначенные противоречия должны быть разрешены в едином техническом решении, т.е. в единой конструкции ОП. Понятно также, что сами ОП в зависимости от конкретных условий их использования могут быть построены на разных технических принципах. Поэтому в рамках этой статьи рассмотрены принципиальные технические решения для преодоления этих противоречий и вопросы их интеграции в конструкциях реальных ОП.

### 3. Обеспечение равномерности распределения освещённости на плоскости картины

Как уже отмечалось, достижение высокой степени равномерности распределения освещённости на плоскости картины – это одна из основных проблем музейного освещения и, как следствие, одна из основных задач при создании ОП, обеспечивающего эту равномерность.

Анализ технических возможностей решения этой задачи показал, что существуют, по меньшей мере, три способа её реализации:

- использование *DMD+DLM*<sup>1</sup> технологии [5, 6];

<sup>1</sup> *DMD (Digital Micromirror Device)* – устройство с цифровым управлением микрозеркалами. *DLM (Distributed Lock Manager)* – диспетчер распределённых блокировок



Рис. 3. Освещение произведений живописи традиционными подвесными ОП: а – внешний вид галереи, б – распределение освещённости на картине по вертикали

- разработка волоконно-оптических преобразователей изображения с дифференцированным входом;

- использование СД матриц с дифференцированным управлением активными элементами.

Принцип работы этих технических решений приведён на рис. 2.

Из перечисленных, наиболее универсальным является способ, реализующий *DMD+DLM* технологию (рис. 2а), суть которой заключается в одновременном формировании как светового пучка заданной формы, так и характера светораспределения в этом пучке, за счёт управляемого в 2-х плоскостях набора микрозеркал.

Другой, не менее универсальный, способ – использование СД матриц с дифференцированным управлением активными элементами [7–9], показан на рис. 2б.

Особенностью этого способа является использование мультиматрицы, набранной из отдельных миниматриц размером 1,34×1,34 мм, причём эти матрицы объединяют в группы, каждая из которых, в зависимости от зоны светораспределения и требова-

ний по уровню равномерности, содержит по 6, 5 или 4 миниматрицы с индивидуальным питанием каждой группы, обеспечивая, тем самым, требуемый уровень равномерности распределения освещённости по площади освещаемой картины.

Другим преимуществом такой матрицы является конструкция печатной алюмооксидной платы, представляющей собой нанопористую структуру, которая обладает повышенной теплопроводностью ( $\geq 120 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , вместо  $3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  у традиционных алюминиевых печатных плат), устраняя тем самым необходимость использования развитого радиатора, вентилятора или другой охлаждающей системы, что чрезвычайно важно для эксплуатации в музейных условиях.

Вполне доступен для реализации достаточно простой способ выравнивания освещённости в результирующем светораспределении с помощью волоконно-оптического преобразователя изображения [10] (рис. 2в), у которого выходной торец имеет форму, зеркально соответствующую форме проекции освещаемого объекта на фокальную плоскость объектива осветителя, и который собран из отдельных волоконно-оптических пучков, на

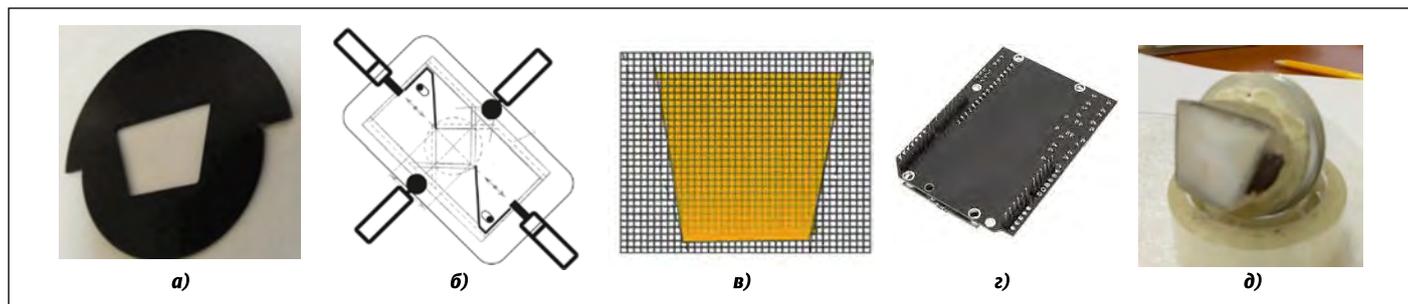


Рис. 4. Устройства для обеспечения необходимого уровня контраста освещаемого объекта и фона: а – сменная диафрагма, б – многоугольная управляемая дистанционно диафрагма, в – матрица, управляемая дистанционно, г – жидкокристаллическая пластина, д – волоконно-оптический преобразователь изображения

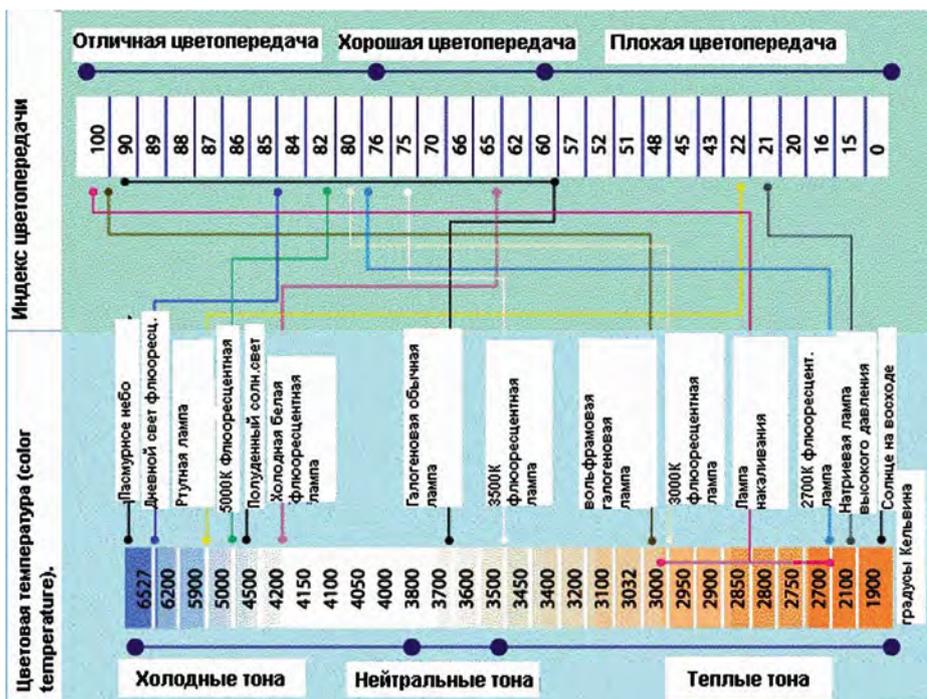


Рис. 5. Схема соответствия цветовой температуры и ИЦП у источников света различного исполнения

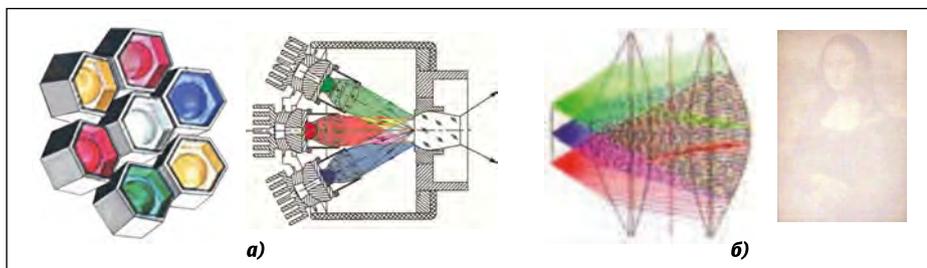


Рис. 6. Варианты достижения высоких значений ИЦП: а – совокупность 7-ми монохроматических СД 5-ти цветов в сочетании с волоконно-оптическим преобразователем изображения, б – совокупность 34 СД 5-ти цветов в сочетании с волоконно-оптической шайбой и диффузным фильтром на выходе излучения из системы



Рис. 7. Освещение произведений живописи в анфиладе: дневное (а), вечернее (б)

входной торец которых подаётся сфокусированное излучение СД необходимой мощности.

Регулировка светового потока каждого из этих источников света позволяет не только добиться высокой степени равномерности освещённости на объекте, но и в значительном

диапазоне управлять уровнем освещённости.

#### 4. Обеспечение требуемого уровня контраста

Довольно часто в музеях разного уровня приходится сталкиваться

с явлением, когда при искусственном освещении произведений живописи вокруг полотна наблюдается световое пятно, создаваемое осветителем (рис. 3). Анализ такого метода освещения показал, что он не только раздражает зрительное восприятие, но и, как правило, приводит к значительной неравномерности освещённости на полотне (рис. 3б) и относительно малому контрасту освещаемого объекта с фоном. Следствием такого подхода является увеличение освещённости на картине, а это в ряде случаев приводит к «блестящей» раме, что ещё больше мешает нормальному восприятию.

Исключить эти негативные эффекты возможно посредством формирования светового пучка заданной формы и размеров с одновременным управлением яркостью фона, например, за счёт использования в ОП: проекторного типа диафрагм, заменяемых в зависимости от формы и размеров освещаемого объекта (рис. 4а) либо управляемых дистанционно электроприводом (рис. 4б); матриц (рис. 4в); жидкокристаллических пластин (рис. 4г [11]); или волоконно-оптических преобразователей изображения (в ОП с повышенными требованиями к ИЦП, в которых необходим оптический смеситель для смешивания излучения от источников света различного спектра) (рис. 4д).

#### 5. Обеспечение максимально возможного значения ИЦП и цветовой температуры

Обеспечение максимально возможного значения ИЦП при использовании традиционных источников света – ламп накаливания, газоразрядных и люминесцентных источников света – достигалось, как правило, выбором исполнения того или иного ОП. Естественно, как следует из схемы, приведённой на рис. 5, число вариантов для достижения максимального значения ИЦП было весьма ограничено. Усугубляется ситуация тем, что варианты, обеспечивающие необходимые значения ИЦП, оказываются неприемлемыми по другим параметрам, в данном случае, из-за недопустимо высокой доли инфракрасной составляющей в излучении этих ОП.

Появление СД радикально меняет ситуацию, поскольку позволяет при

надёжном перемешивании излучения разного спектрального состава получить высокие значения ИЦП. Примером технического решения этой задачи может служить использование в качестве смесителя волоконно-оптического преобразователя изображения [12], показанного на рис. 6, который одновременно с перемешиванием излучения семи монохромных СД формирует на выходе необходимую для решения конкретной задачи форму светового пучка. В этом случае достигается ИЦП, равный 95.

В другом варианте [13], при необходимости уменьшить длину ОП можно использовать достаточно тонкую, всего 3 мм толщиной, волоконно-оптическую шайбу, которая при совместной работе с двухкомпонентной проекционной оптической системой и диффузной пластиной позволяет получить ИЦП, равный 96–98.

Альтернативным вариантом достижения высоких значений ИЦП, равных или больших чем 95, является использование сложных люминофоров.

## 6. Исключение бликов от источников света и элементов интерьера

Наиболее часто встречающаяся проблема музейного освещения, создающая дискомфорт для наблюдателя, – это наличие бликов, создаваемых источниками света, днём – естественными, а вечером – искусственными, в чём нетрудно убедиться (рис. 7). Особенно этот эффект проявляется в музеях-дворцах, в которых живо-



Рис. 8. Блики на работах, размещённых перпендикулярно оконному проёму: а – без защитного стекла, б – с защитным стеклом



Рис. 9. Примеры верхнего освещения произведений живописи специальными ОП

пись, размещённая в анфиладе, представляющей собой относительно узкие залы с большой площадью остекления и верхним расположением ОП, всегда будет «блестеть» под воздействием источников света.

Неизбежно будут бликовать произведения живописи, размещённые на стендах, установленных под углом к оконному проёму (рис. 8а), и ещё больше – произведения, размещённые в витринах или за стеклянным защитным стеклом. Не избежал этого даже Рафаэль (рис. 8б).

Очевидно, что неизбежно и верхнее искусственное освещение, особенно в музеях-дворцах, а поскольку светового потока исторических люстр недостаточно для освещения произведений живописи, то требуются специальные дополнительные ОП, питание которых, обеспечиваемое шинопроводами, просто уродует дворцовую архитектуру. Но главное, в силу действующих законов оптики, они создают достаточно яркие блики на экспонатах, исключаящие их нормальное восприятие (рис. 9).

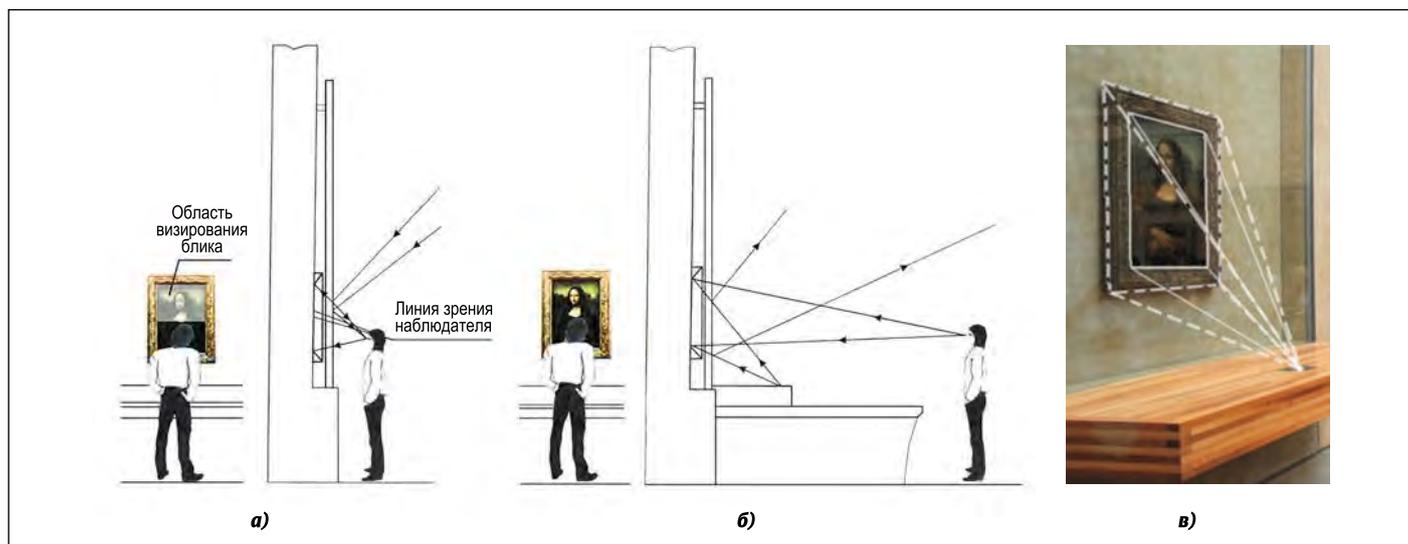


Рис. 10. Ход лучей при формировании блика при верхнем (а) и нижнем (б, в) освещении

Освещённость на элементах киота, глазах наблюдателя и объекте

Освещённость на защитном стекле, лк		Освещённость, лк	
От внешних источников света	От встречного пучка света	На глазах наблюдателя (на расстоянии 0,5 м от объекта)	На объекте
200	450	140	250
100	450	120	200
50	2910	670	300
50	2300	420	250
50	1140	270	150
50	360	80	80

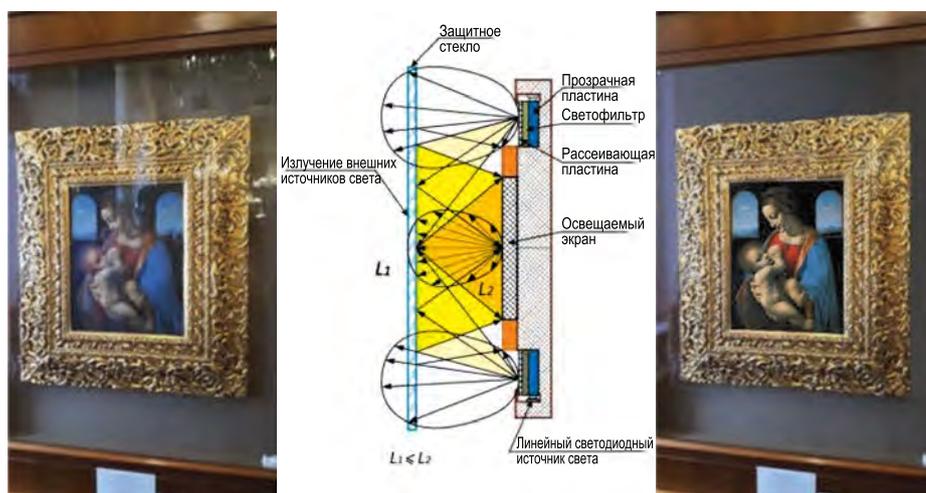


Рис. 11. Схема освещения встречным световым пучком

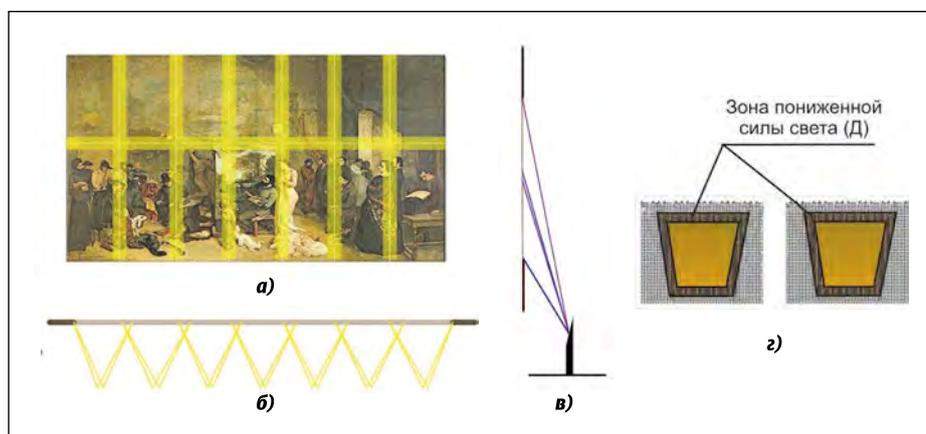


Рис. 12. Схема освещения набором управляемых СД матриц: а – фронтальный вид на картину с наложенными следами световых пучков от проекции СД матриц, б – расположение ОП (вид сверху), в – ход лучей (вид сбоку), г – вид СД матрицу и зона перекрытия световых пучков ОП

Решение, устраняющее этот эффект, которое показано на рис. 10, очевидно – необходимо изменить направление излучения от источников света, что впервые было реализовано при освещении портрета Моны Лизы в Лувре [12].

Анализ хода лучей, приведённого на рис. 10 показывает, что при верхнем освещении (рис. 10а) положение блика на портрете в зависимости от положения наблюдателя может занимать практически половину площади картины, а при нижней подсвет-

ке (рис. 10б), в блики полностью отсутствуют.

Устранение бликов на объектах, размещённых в витрине, осуществляется с помощью компенсирующего встречного диффузно рассеянного светового пучка (рис. 11), обеспечивающего на защитном стекле уровень яркости, равный уровню яркости от внешних источников света или даже превышающий его. При этом, учитывая, что уровень внешней освещённости, формирующей блик, постоянно меняется вследствие изменения внешних факторов, то систему целесообразно сделать адаптивной, т.е. оснастить её датчиками освещённости и цветовой температуры с обратной связью. Как показывает анализ, при этом можно совсем избавиться от бликов или существенно уменьшить их влияние на восприятие произведений искусства.

Значения освещённости на защитном стекле, создаваемой формирующим блик светом и компенсирующим этот блик встречным пучком света, а также освещённости на поверхности освещаемого объекта, приведены в табл. 2.

## 7. Освещение крупных работ и многофигурных композиций

Освещение крупных работ (более чем 1,5 м) требует, как правило, использования нескольких ОП, объединённых в единую систему. При этом сложности вызывает сопряжение ОП, поскольку наложение неуправляемых световых пучков приводит к неравномерности освещённости в результирующем светораспределении. Другим очевидным препятствием на пути качественного освещения работ с размерами, превышающими 4,0×3,0 м, яв-

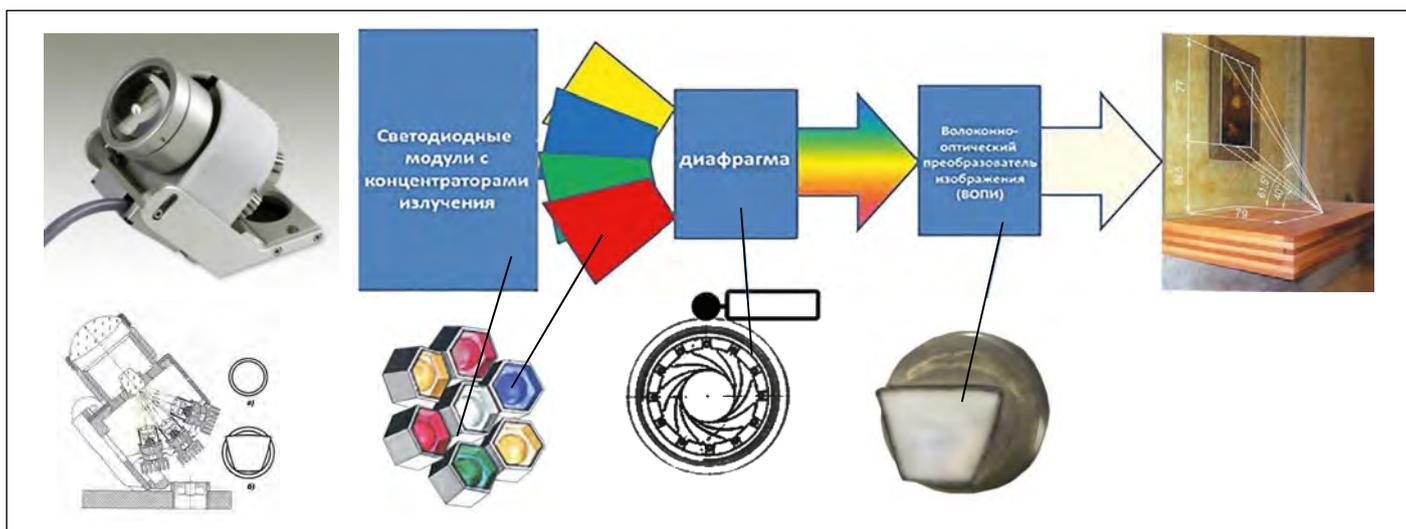


Рис. 13. Структура и составные элементы ОП для освещения портрета Моны Лизы (конструкция 2005 г.)

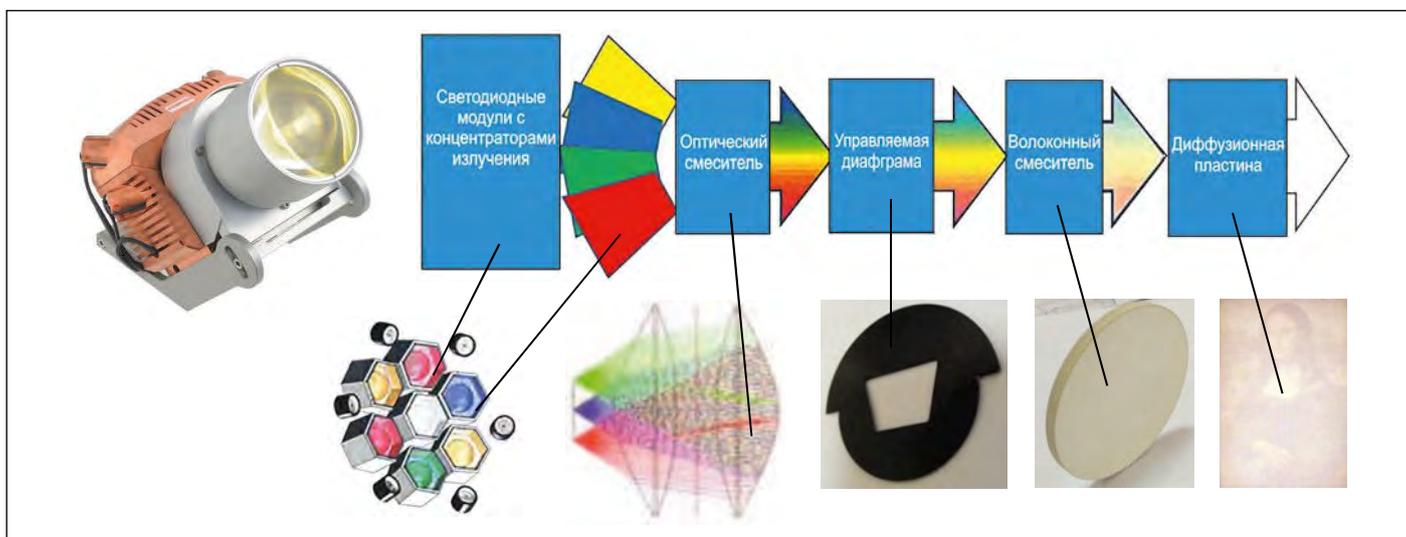


Рис. 14. Структура и составные элементы ОП для освещения портрета Моны Лизы (конструкция 2013 г.)

ляется неизбежность появления бликов при верхнем монтаже ОП и весьма значительные габариты осветительной установки, практически исключающие нижний монтаж оборудования из-за резкого уменьшения демонстрационной площади.

Решение перечисленных проблем возможно при использовании в качестве источников света наборов СД матриц с дифференцированным управлением активными элементами. При этом ОП располагают, как это показано на рис. 12а и 12б, таким образом, чтобы краевые зоны следов световых пучков соседних ОП, имеющие пониженную силу света (см. рис. 12г), накладывались на полотне друг на друга, обеспечивая в результате равномерность распределения освещенности по всей площади полотна, а также полное исключение бликов.

## 8. Синтез технических решений в специальных ОП для освещения произведений живописи

Первая попытка реализации части перечисленных технических решений в едином ОП была предпринята в 2005 году при реконструкции зала «Джоконда» в Лувре для организации освещения портрета Моны Лизы, которая потребовала разработки специального ОП (рис. 13).

ОП содержит семь монохроматических СД зеленого, красного, синего, оранжевого и белого цвета, излучение которых фокусируется на входной торце волоконно-оптического преобразователя изображения, выполняющего одновременно роль цветового смесителя и оконтуривающего элемента, а затем попадает на управляемую ди-

станциию круглую диафрагму и проецирующую оптику.

Подробно конструкция этого ОП, предложенная и реализованная ООО «Фарос-Алеф», описана в [12]. Упомянутый ОП проработал непрерывно 8 лет без изменения своих характеристик.

Его модернизация в отношении уровня и равномерности распределения освещенности была выполнена в 2013 г. при реализации проекта «Эффективное освещение Лувра».

Модернизированный ОП содержит 34 одно- и многокристальных СД (мультичипов), оптический смеситель, включающий в себя коллиimator, диафрагму, волоконно-оптический смеситель, диффузно рассеивающую пластину и проецирующую асферическую линзу (на рисунке не показана) (рис. 14) [13].

Рис. 15. Освещение картины Лоренцо Лотто «Несение креста» традиционным способом синтеза искусственного и естественного освещения (а) и предлагаемым ОП (б)



В результате удалось избавиться от искажений следа светового пучка на освещаемом объекте, характерного для простых объективов, и увеличить ИЦП с 95 до 98.

С июня 2013 г. этот модернизированный ОП, который подробно описан в [13], работает в Лувре.

В настоящее время предпринята попытка усовершенствовать и одновременно упростить этот ОП, сделав его универсальным, максимально приспособленным к работе с объектами, различными по форме и размерам, для чего в качестве управляемой диафрагмы и устройства, обеспечивающего равномерное распределение освещённости на плоскости полотна, использовалась мультиматрица. При этом, для достижения высоких значений ИЦП в мультиматрице используются СД со сложным люминофором, обеспечивающим ИЦП, равный 93–95. В результате был разработан

ОП, обеспечивающий решение перечисленных проблем, опробование которого подтвердило целесообразность его использования (рис. 15).

Как уже отмечалось в разделе 6, возможен принципиально другой способ освещения произведений живописи, использующий встречный световой пучок, сформированный рассеивающей структурой с торцевым входом светового потока. Такой приём позволяет не только обеспечить равномерное освещение излучением необходимого спектрального состава при достаточном уровне освещённости, но и существенно снизить влияющие блики.

Однако, как показали исследования, пока этот способ имеет ограничения только для объектов, расположенных за стеклом на расстоянии не менее 3 см.

Таким образом, для решения обозначенных проблем уже сегодня

ООО «Фарос-Алеф» совместно с компанией Sklear (Германия) разработали серию ОП и адаптивную систему управления этими ОП. Основные характеристики этих ОП и структура системы управления приведены на рис. 16.

## 9. Освещение акварелей, темперы, графических работ и текстовых объектов

Наряду с освещением произведений живописи, освещение графических работ и текстовых объектов (практически, всего, что сделано на бумаге) имеет свои особенности, связанные с их хранением демонстрацией и восприятием. Особенности, в основном, заключаются в подверженности бумажного носителя ускоренному старению под воздействием света. Очевидно, что максимально влияют ультрафиолетовая и инфракрасная части спектра, от которых, как мы убедились, можно избавиться. При этом, как показывает практика, в определённой мере на сохранность носителя, а значит на произведение в целом, оказывают влияние и остальные части спектра, что, собственно, и заставляет хранителей не только снижать уровень освещённости до 50-ти лк [14], но и сокращать время экспонирования, закрывая объект светонепроницаемой тканью.

Подавляющее большинство графических работ, включающих все воз-

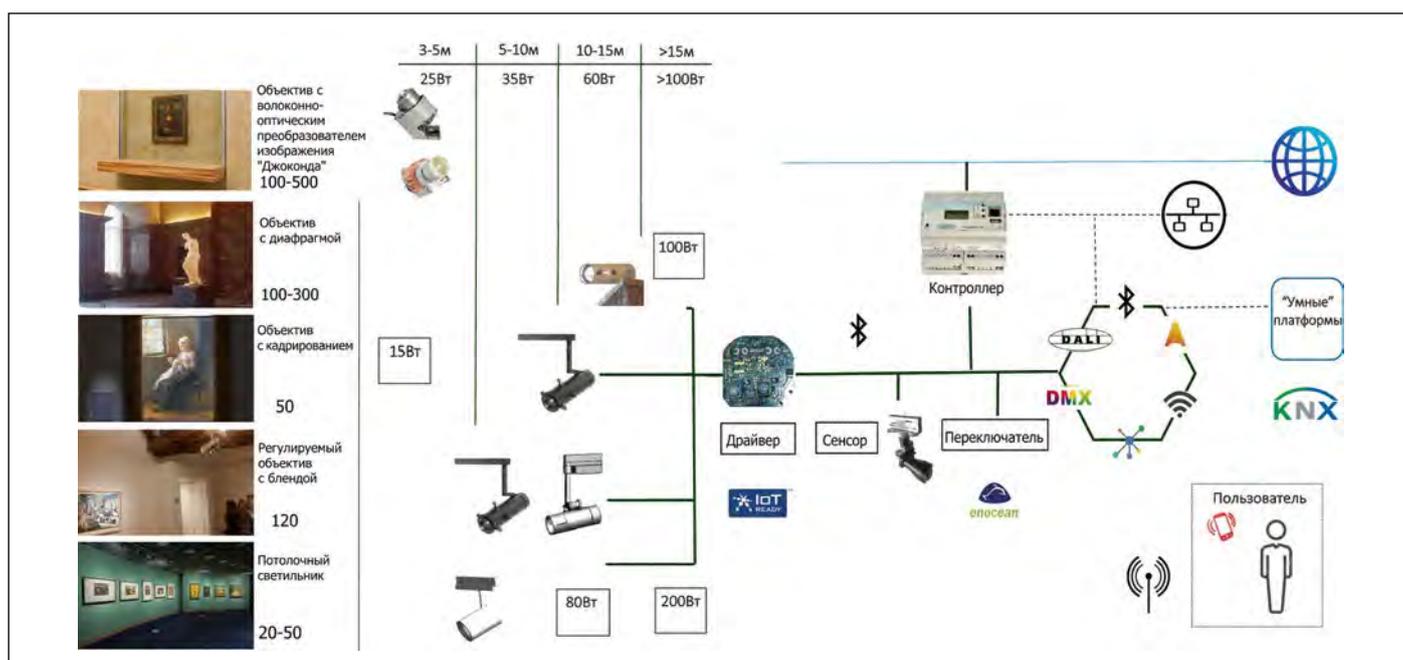
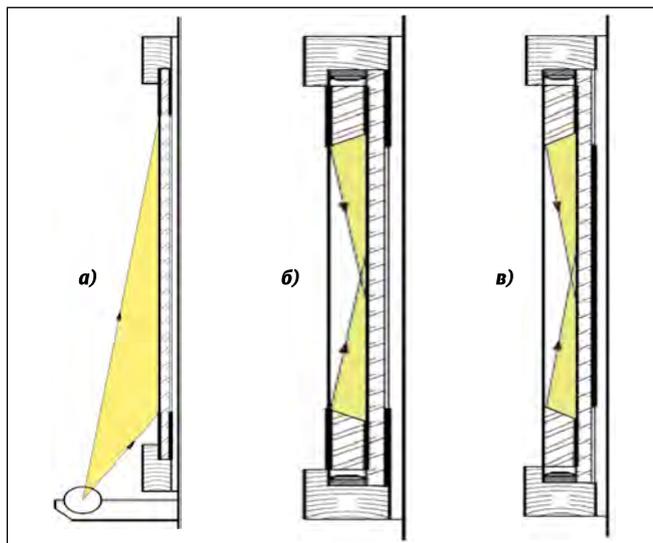


Рис. 16. Основные характеристики ОП для освещения произведений живописи и структура системы управления этими ОП

Рис. 17. Схемы освещения графических работ и фотографий: а – освещение снизу внешним ОП, б – торцевое освещение объекта при тёмном паспарту, в – торцевое освещение объекта при светлом паспарту



возможные техники, демонстрируются в вертикальном положении на стене. При этом, малый формат графических работ и рассматривание мелких деталей, изображённых на листе, требуют относительно небольшого расстояния от наблюдателя до объекта, который в подавляющем большинстве случаев защищён стеклом. В результате, наблюдатель видит в стекле своё отражение, сильно мешающее восприятию демонстрируемого произведения. При этом все убеждены, правда, не без оснований, что исправить «неизбежное зло» может только дорогое антибликовое стекло. Во многом этот приём работает, но, к сожалению, не всегда. Анализ причин визирования отражённого изображения наблюдателя на фоне рассматриваемого объекта и возможностей современных источников света показывает, что при высоких значениях яркости бликующих источников естественного и искусственного света, антибликовое стекло оказывается практически бесполезным. Альтернативным решением этой задачи, как было показано в разделе 2, служит повышение контраста визирования объекта, а достичь этого можно несколькими путями:

- подсветкой внешним ОП снизу до порогового значения яркости на листе.
- торцевой подсветкой экспоната на фоне неосвещённого паспарту.
- освещением изображения и паспарту разнонаправленным излучением.

Очевидно, что в любом случае углы падения излучения, для минимизации влияния энергии преломлённой его части, должны быть максимально большими.

Реализация этих путей приборами, учитывающими особенности освещения графики, показана на рис. 17а (подсветка снизу) и 17б (повышение контраста за счёт освещения объекта с тёмным паспарту. Ещё в большей мере эффект выражен при использовании приведённой на рис. 17в схемы, реализующей освещение тёмного по тону изображения и светлого, по существу, светящегося, паспарту разнонаправленным излучением.

## 10. Заключение

Обозначенные в материалах статьи проблемы музейного освещения ни в коем случае не следует считать полными, поскольку вне поля зрения остались такие важные вопросы, как ОП, являющиеся частью дворцовой архитектуры, способы гармонизации технических средств, обеспечивающих сохранность произведений искусств, и другие аспекты формирования световой среды музеев, отличающихся огромным разнообразием архитектурных решений. Не претендуют на полноту и предложенные способы разрешения этих проблем. Они лишь демонстрируют возможности созданных в последнее время инструментов для реализации задач в других, смежных с обсуждаемой, областях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. Раздел 1. Освещение музейных коллекций с защитой экспонатов от действия света // ГосНИИ Реставрации М., 1995 г.
2. да Винчи Л. Трактат о живописи. – Фоллио, 2013. – 224 с.

3. Ван Гог В. Письма. – Л-М.: Искусство, 1966. – 653 с.

4. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов. Учебное пособие. – С-Пб: НИУ ИТМО, 2013. – 172 с.

5. Hornbeck, L.J. Digital Light Processing and MEMS: an overview // Advanced Applications of Lasers in Materials Processing/Broadband Optical Networks/Smart Pixels/Optical MEMs and Their Applications. IEEE/LEOS1996 Summer Topical Meetings: 5–9 Aug. 1996.

6. Younse, J.M. Projection Display Systems Based on the Digital Micromirror Device (DMD) // SPIE Conference on Microelectronic Structures and Microelectromechanical Devices for Optical Processing and Multimedia Applications, Austin, Texas, SPIE Processings, Vol. 2641, P. 64–75 (October 24, 1995).

7. Каталог фирмы RUSALOX «NIGH Thermal conductivity PCB solutions manufacturing since 2010».

8. Найш М., Руфицкий М., Сучков М., Осин А., Золотов А., Антшин Е. Теплопроводящие коммутационные подложки // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 4. – С. 78–79

9. Астахов, А.А., Каримбаев, Д.Д., Мисюнас, А.О. Христов В.Г. Оптимизация тепловых режимов в конструкциях световых приборов на полупроводниковых источниках света // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2 (24), часть 2. декабрь 2011 г.

10. Сатаров Д.К. Волоконная оптика. – Л.: Машиностроение, 1973 г. – 280 с.

11. Vermeersch, B. Full wireless flexibility of the accent lighting within the museum environment // Доклад на 1-ой международной научно-практической конференции «Свет в музее». СПб, 18–20 апреля 2018 г. [https://nts-svet.ru/wp-content/uploads/2018/04/svet\\_v\\_mu-zee/2\\_8\\_V\\_Vermeersch.pdf](https://nts-svet.ru/wp-content/uploads/2018/04/svet_v_mu-zee/2_8_V_Vermeersch.pdf)

12. Мирас, Ж-П., Новаковский Л.Г., Фонтуанон М. Освещение Моны Лизы – новые световые решения // Светотехника. – 2005. – № 5. – С. 28–33.

13. Новаковский Л., Фонтуанон М., Мирас Ж-П., де Векки П., Шанюссо Ж., Анджелини М., Марти К., Дюшен Г., Макита К. Мона Лиза» в новом свете // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 4. – С. 64–67.

14. ГОСТ 7.50–2002 Консервация документов. Общие требования. Введ. 2003–01–01. Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации.



**Новиковский Леонид Григорьевич**, кандидат техн. наук. Окончил в 1969 г. МАМИ. Директор компании ООО «Фарос-Алеф»

# Архитектурное освещение в музеях

Н. И. ШЕПЕТКОВ

МАРХИ (ГА), Москва

E-mail: n\_shchepetkov@inbox.ru

## Аннотация

Роль света, главным образом, дневного, в интерьерах музеев рассматривается по трём направлениям его доминирующего использования – **свет для архитектуры, свет для экспоната, свет как экспонат**. Это предопределяется архитектурным решением музея, обусловленным творческой позицией архитектора – автора проекта, создающего объёмно-пространственную композицию музейного здания или комплекса с той или иной системой естественно-го освещения. Архитектурное формообразование напрямую связано с характером решения освещения экспозиции. Приводятся примеры, в основном, из разнообразной зарубежной практики современного музейного строительства по проектам известных архитекторов XX–XXI вв. по трём классифицированным направлениям.

**Ключевые слова:** архитектура, свет, музей, экспонат, посетитель (зритель), архитектор.

Музей и свет – понятия неразрывные, причём, всякий свет в каждом музее. Впрочем, эта связь универсальна – в любом помещении и открытом пространстве деятельность зрячего человека обусловлена наличием света. Но в обширнейшей типологии музеев мира эта динамично развивающаяся тема особо разнообразна и недостаточно известна во всём своём объёме даже узкому кругу специалистов. Во-первых, типология музеев – в зданиях, под открытым небом, под землёй и под водой, больших и малых, моно- и полифункциональных, старых и новых и т.д. – чрезвычайно разветвлена, и это, наверное, самая сложная по структуре и содержанию типология среди общественных объектов. Реальное отражение она получает в оригинальных архитектурных решениях музеев и музейных комплексов. Во-вторых, в музеях широко используются как простейшие, так и хитроумные способы, системы и приёмы естественного, искусственного и смешанного (комбинированного) освещения, общего и акцентирующего, прямого, рассеянного и отражённого, белого и хроматического, статического и динамического, с пассивным или программируемым управлением и режимом работы, с элементами интерактивного светового сопровождения посетителя в экспозиционных лабиринтах. Во всех случаях целью создания и функционирования музея является организация эффективного взаимодействия двух составляющих – архитектурно-пространственной среды с выставляемыми в ней экспонатами и посетителя.

Отсюда вытекают три направления анализа взаимодействия света, главным образом, дневного, с архитектурой и выставочным экспонатом: **свет для архитектуры, свет для экспоната и свет как экспонат**. При этом естественный свет во всех случаях выступает и рассматривается как мощный формообразующий и информативный фактор в архитектуре и как основное средство создания эмоционально-образной выразительности на примерах музей-

ных интерьеров. Разумеется, эта классификация условна, ибо объекты одной группы в какой-то степени обладают и признаками другой, но даёт основания для формального анализа светокомпозиционных решений.

В первую группу попадают музеи, при посещении которых человек, вольно или невольно, основное внимание обращает на архитектуру, на организацию архитектурного пространства, на пластический и цветовой декор, как на самый достопримечательный фактор интерьера или ансамбля интерьеров. Зодчие, создатели таких объектов, в большинстве случаев сознательно отдавали приоритет формам архитектуры, а не содержанию музея в виде коллекции экспонатов, постоянной или временной. Для передвижных выставок разных жанров искусства, где нужны универсальные выставочные залы и мобильное, по преимуществу, искусственное, освещение, этот приоритет понятен, но в жизни доминирует обычно желание архитектора самовыразиться: господствовавшая ранее тенденция проектировать здания музеев в традиционном академическом стиле (вспомним, например, ГМИИ им. А.С. Пушкина) сменилась в середине XX в. всё более активным поиском новых объёмно-пространственных композиций и оригинальных образных решений. Толчок этому дал наблюдавшийся в послевоенное время в западных странах лавинообразный рост частных коллекций самого разного характера. «Новые музеи – живые, развивающиеся, «открытые» системы, и им должна соответствовать архитектура, обладающая... структурной гибкостью и подвижностью» [1]. Для архитектора очевидно, что «ни в какой другой сфере проектирования профессиональное сознание и ценностные установки, идеология и творческий опыт не проявляются с такой откровенностью, как в музеях» [1]. В нашей стране в силу исторических особенностей послевоенное музейное строительство осуществлялось, в основном, на мемориальные темы, и многие музеи обосновывались в существующих зданиях, имевших изначально иную функцию, поэтому системы естественного освещения в них далеко не идеальны для экспозиций.

Одним из пионеров нового, совершенно оригинального по объёмно-пространственному и образному решению здания был Ф.Л. Райт, создатель «органической» архитектуры, построивший в 1937 г. в Нью-Йорке музей Гугенхайма. Непрерывный спиралеобразный пандус, примыкающий к наружной стене круглого в плане здания, поднимается на семь уровней вокруг центрального атриума с верхним естественным светом. Спираль, не очень удобная для посетителей (ноги устают на наклонной плоскости), как бы «наматывается» на эфемерный воздушный объём в виде слегка сужающегося кверху цилиндрического дневного светопространства, создавая разнообразные и эффектные видовые ракурсы на разных уровнях. Экспонаты меняющихся выставок, подвешиваемые на ограждающих стенах с отрицательным наклоном (картины), а также выставленные на пандусе (скульптуры), привлекают вторич-

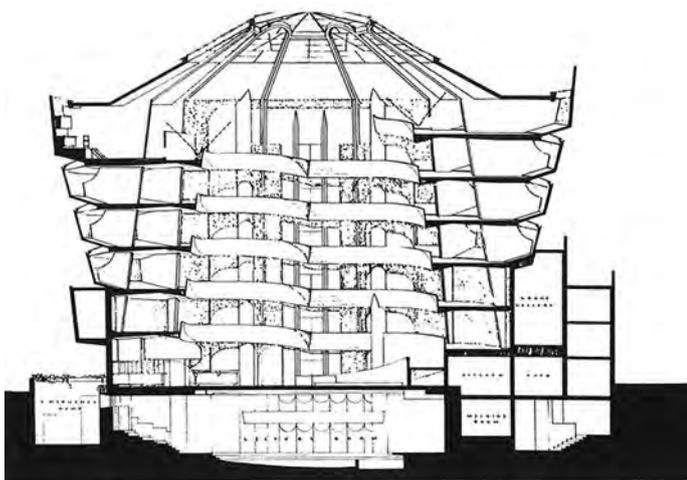


Рис. 1. Музей Гугенхайма, Нью-Йорк (Ф.Л. Райт, 1937 г.). Разрез здания и интерьер атриума при дневном свете



Рис. 3. Интерьер Музея современного искусства в Китае (Студия Куп Химмельблау, 2016 г.). Суперсложные структурные формы при верхнем дневном освещении

ное внимание посетителя, первичное же, особенно в первое посещение музея, обращено на архитектуру интерьера (внешний образ здания впечатляет не менее). Это один из первых, наиболее рафинированных и запоминающихся, образов музея, где доминирует тенденция, приём, направление – это **свет для архитектуры** (рис. 1).

В разнообразнейших вариациях это направление отражено и в творчестве большинства практикующих зарубежных архитекторов как с мировым именем, так и менее знаменитых, считающих большой удачей получить заказ на проектирование музея, который может умножить их из-



Рис. 2. Музей искусств XXI в. в Риме (З. Хадид, 1999–2009 гг.). Интерьер при смешанном освещении

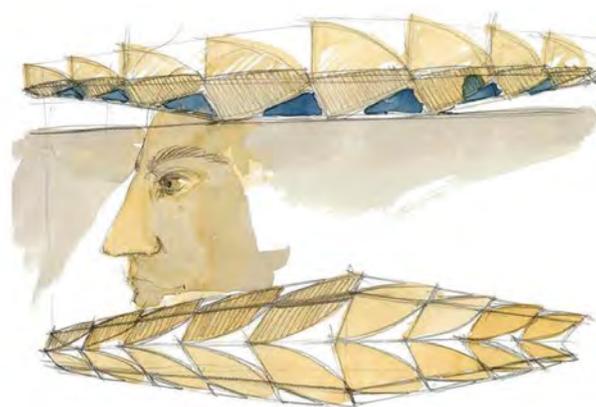


Рис. 4. Музей будущего в Бразилии (С. Калатрава, 2016 г.). Поиск образной формы – эскиз здания и дневной интерьер

вестность. В интерьерах таких музеев посетитель, в первую очередь, поражается необычностью, сложностью, выразительностью архитектурных форм и пространств и экстравагантностью обусловленных ими приёмов естественного освещения и затем уже обращает внимание на экспонаты, которых на снимках часто и не видно (рис. 2–4). При этом экстравагантность освещения нередко бывает вынужденной: если здание задумано автором как сложная скульптура, во внешние причудливые формы которой «втиснуты» скорлупы с помещениями, то приёмы их освещения принудительно становятся изощрёнными, что и определяет индивидуализированные светопрозрачные и светопластические эффекты в интерье-

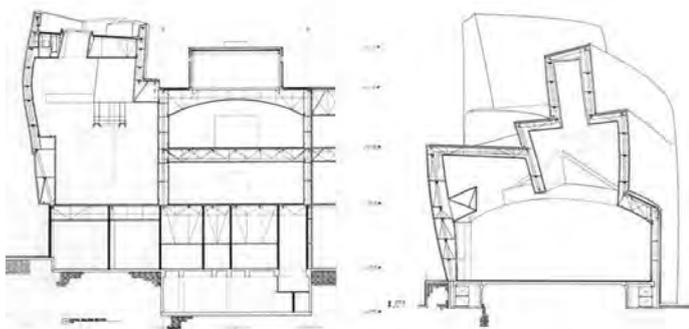


Рис. 5. Музей Гугенхайма в Бильбао (Ф. Гери, 1995 г.). Разрезы, внешний вид и интерьер при естественном свете

рах (рис. 5). Свет откровенно «работает» на архитектуру и довольно равнодушен к экспозиции.

Формально, главной содержательной ценностью музея всё же являются экспонаты. Поэтому первичная обязательная задача дизайнера-проектировщика и музейного работника – показать их посетителю в самом выгодном в буквальном и переносном смысле свете. Это второе направление «работы» света в музеях – **свет для экспоната** – реализуется обычно всеми средствами естественного, искусственного и смешанного в разных пропорциях освещения. Ручотворные системы искусственного освещения гораздо меньше влияют на физическое (но не образное!) формообразование в архитектуре интерьера, а в презентации экспонатов имеют массовое, нередко решающее значение как вечером, так и днём. Можно выделить три типичных приёма организации взаимодействия любого света с экспонатом:

- общее, как правило, обильное, освещение выставочного пространства;



Рис. 6. «Заполняющее» общее освещение для плоскостных, силуэтных и объёмных экспонатов в залах со светлой и тёмной отделкой стен и потолка и разными типами осветительных установок

- «адресное», акцентирующее, индивидуальное освещение экспоната;
- комбинированное освещение.

При этом не следует забывать, что при всех приёмах искусственное освещение может выборочно управляться по всему диапазону характеристик – по направленности



Рис. 7. Залы с разной яркостной адаптацией, обусловленной сочетаниями разноинтенсивных и разнотипных систем искусственного освещения и разной отделкой внутренних поверхностей

и контрастности, определяющим тенеобразование на экспонатах, архитектурных формах, лицах и фигурах посетителей; по ширине и интенсивности световых пучков, формирующих светораспределение в пространстве интерьера и яркостную композицию в поле зрения; по спектру излучения и кинетике освещения, влияющим на эмоции посетителя. Общее освещение – естественное, искусственное или смешанное, целиком «заполняющее» интерьер с определённой интенсивностью, направленностью сверху или сверху и сбоку и малозаметной неравномерностью, – наиболее универсально и нейтрально по отношению к экспонатам, предпочтительно, плоскостным или силуэтным. В этом случае восприятие интерьера и экспонатов во многом зависит от отделки поверхностей, в особенности, фоновых стен (светлых или тёмных) и потолка, определяющих условия зрительной адаптации и контрастность объекта (экспоната) и фона (рис. 6–7).

Эти показатели ещё более очевидны при местном акцентирующем, как правило, искусственном, освещении: тёмное окружение усиливает яркостные контрасты, что драматизирует экспозицию. Плоскостные экспонаты менее чувствительны к акцентирующему свету, пятно которого может с ореолом перекрывать их или, с помощью современных оптических устройств, в точности совпадать с их площадью. Именно таким приёмом наиболее эффективно презентуются экспонаты (рис. 8).



Рис. 8. Акцентирующее искусственное освещение объёмных экспонатов в залах с разной отделкой стен

В большинстве выставочных помещений превалирует комбинированное, т.е. общее (естественное и искусственное) плюс акцентирующее (обычно, искусственное) освещение, и при этом соотношение общего и местного, отражённого и прямого, рассеянного и направленного освещения с разными значениями скалярной и векторной составляющих варьируется в широких пределах. Во всех случаях отделка внутренних поверхностей, их цветовая гамма играет немаловажное значение (рис. 8).

В ансамбле выставочных залов чередование по определённому сценарию разных приёмов освещения способно само по себе создавать самоценный световой ансамбль. Эта способность для естественного света прогнозируется архитектором при разработке проекта в соответствии с его творческой философией отношения к свету как формообразующего фактору, а случайные «огрехи» в освещении можно исправить искусственным светом.

Тенденция более уважительного и внимательного отношения к экспонату демонстрируется в музеях, созданных как рядом корифеев функционализма XX в. (рис. 9–11), от которых пошла стиливая ветвь минимализма в современном зодчестве, так и универсалами, работающими в разных стилях (рис. 12). Их архитектура не так сильно «тянет одеяло на себя», отказываясь от собственной исключительности и направляя естественный свет на экспозицию, тем самым создавая оптимальные условия для восприятия экспонатов. Она по воле автора как бы жертвует в определённой степени собственной выразительностью, делегирует часть выразительного



Рис. 9. Национальная галерея Германии, Берлин (Мис ван дер Роэ, 1968 г.). Внешний вид и интерьер дневного выставочного пространства со смешанным освещением на наземном этаже

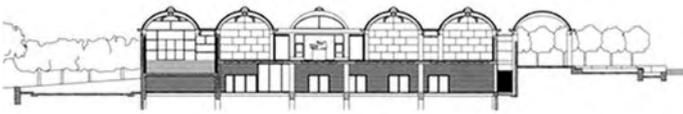


Рис. 11. Музей Кимбелла в Форт-Уэрте, Техас (Л. Кан, 1966–1972 гг.). Сводчатое отражающее покрытие и линейное подвесное светорассеивающее устройство превращают в экспозиционных залах яркий солнечный свет в мягкий рассеянный. Разрез, дневной интерьер

потенциала света от архитектуры к выставочным объектам, выстраивает внимание посетителя в пространстве, во времени и по иерархическому содержанию этих объектов при грамотном построении световой композиции экспозиции.

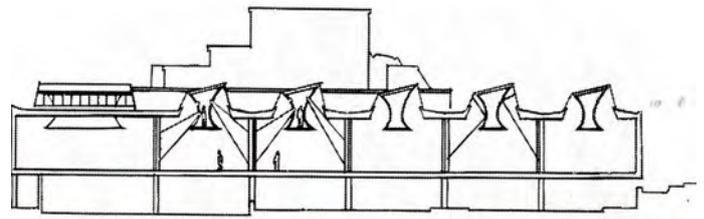


Рис. 10. Музей искусств в Олборге, Дания (А. Аалто, 1958–1972 гг.). Трансформация прямого солнечного света в диффузный с помощью фонарей сложной формы. Разрез и вид дневного интерьера

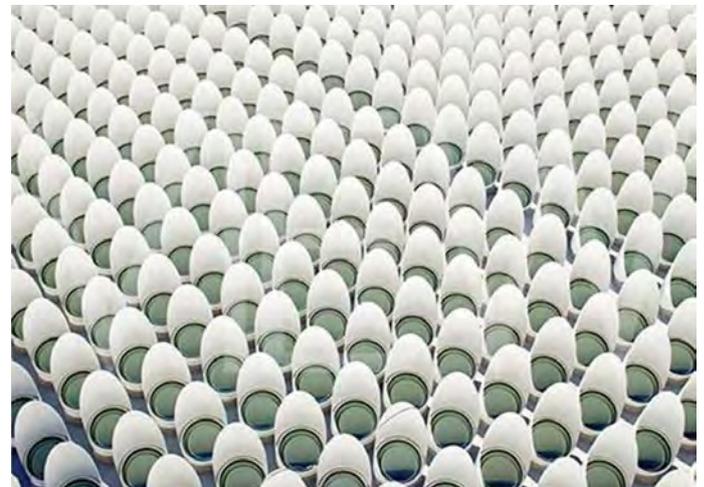


Рис. 12. Музей искусств в Атланте (Р. Мейер и Р. Пьяно, 1980–1983 гг.). Разрез «коврового» покрытия над выставочным залом с шахтными фонарями и дневной интерьер

Знаковыми музеями этого направления можно считать Германскую Национальную галерею в западном Берлине с мощной во внешнему архитектурному образу, но исключительно минималистической в интерьере архитектурой, не отвлекающей внимание посетителя от экспонатов, и системой смешанного (боковой дневной плюс потолочный искусственный) освещения на наземном этаже и искусственного освещения в подземном этаже (рис. 9). Л. Кан, адепт солнечного света, для целей музейного освещения создал для выставочных залов оригинальные сводчатые железобетонные покрытия с щелевым зенитным фонарём в шельге свода, прямой свет которого трансформируется в диффузный, отражаемый сводом и рассеянный линейным подвесным светорассеивающим устройством (рис. 11).

А. Аалто, певец мягкого северного света, изобретал довольно сложные объёмно-пластические формы покрытия залов, чтобы превратить слепяще жёсткий для музейных помещений солнечный свет в безопасный дисперсный (рис. 10). Р. Мейер и Р. Пьяно неприемлемый для экспозиции яркий свет солнца в Атланте «раздробили» с помощью сложной и очевидно дорогостоящей «ковровой» системы многочисленных шахтных зенитных фонарей над выставочным залом. Параметры шахтных фонарей вместе со скошенными затеняющими блендами были определены методом натурного светомоделирования на большом макете зала в условиях реального солнечного света (рис. 12). В итоге выставочный зал в дневное время обильно заполнен гомогенным, бесплатным, качественным рассеянным светом, доступным для любых экспонатов в любой точке зала.

Нередко экспонаты требуют разумного сочетания естественного света с искусственным. В частности, это артефакты археологии и утраченной архитектуры, которые когда-то воспринимались в условиях регионального природного освещения. Количество таких музеев и интерес к ним во всём мире растёт. Международные конкурсы на проект музея Акрополя в Афинах в 1976–1999 гг. и ряд других архитектурных конкурсов на подобные темы предложили множество подходов к презентации экспонатов – наземных, полуподземных и подземных. Реализованный музей Акрополя демонстрирует экспонаты – сохранившиеся фрагменты скульптур и архитектурной пластики на фасадах и в интерьерах античных объектов – при боковом естественном освещении через фасадные витражи и дополнительном верхнем искусственном освещении. При этом программным требованием конкурса и обязательным эле-



Рис. 13. Музей Акрополя в Афинах. (Б. Чуми. 2009 г.). Комбинированное освещение объёмных экспонатов (боковой естественный и верхний искусственный свет) с ландшафтными видами на Акрополь и Парфенон. Ситуационный разрез и выставочные залы



Рис. 14. Музей Холокоста, Берлин (Д. Либескинд, 1989–2001 г.). Общий вид и дневное освещение интерьеров

ментом данной музейной экспозиции является вид из ряда экспозиционных залов на Акрополь и Парфенон (рис. 13).

Наиболее интригующим и непредсказуемым является третье направление в музейных экспозициях – **свет как экспонат**. Свет объективно всегда присутствует в процессе презентации экспозиции и архитектуры зрителю – это фундаментальный, но редко фиксируемый многочисленными аналитиками феномен, который следует учитывать при любых оценках, будь то архитектура или какие-либо другие объекты, причём при любом освещении. В ряде музейных интерьеров этот феномен сознательно или интуитивно становится явью, т.е. предметом экспозиции (во всех без исключения случаях именно свет и только он делает явью окружающий предметно-пространственный мир).

Теме архитектурно-художественной роли естественного света в формировании внутреннего пространства зданий,

в т.ч. музеев, посвящена редкая в нашей науке, успешно защищённая в 2018 г. диссертация [2] с множественным фрагментарным изложением и авторской интерпретацией концептуальных точек зрения знаменитых архитекторов на эту тему. Ясно, что их мнения сугубо индивидуальны и субъективны, и в них у разных авторов мало конкретных совпадений, кроме общего пиетета к роли света в творческой философии и практике – это не научные тезисы, а, скорее, несистематизированные профессиональные размышления на всегда достаточно конъюнктурной базе собственной, адаптированной к реальности методологии проектирования.

В музеях третьего типа главным экспонатом служит сам свет, его эффекты в выставочном пространстве в явной или завуалированной форме становятся предметом внимания посетителя музея. В одних случаях от радикального изменения структуры светопространства, обусловленной необычным направлением и «пульсирующим» количеством света от иррегулярных по рисунку и расположению светопроёмов в помещениях разной формы и масштаба, чередующихся при движении зрителя через ансамбль музейных интерьеров, зависят эмоциональные оценки зрителя (рис. 14). Д. Либескинд говорил о своём музее: «Свет – это нечто, что проникает сквозь острый угол, когда вы приходите к пониманию чего-то о прошлом, которое так же говорит и о будущем. Неожиданно вы видите свет совершенно по-другому, и себя тоже» [3].

В других случаях хаотический сонм солнечных лучей и «зайчиков», медленно и причудливо перемещающихся в пространстве и скользящих по усложнённым поверхностям интерьера, способен заворочить зрителя, спровоцировать его на медитацию при условии, что он не спешит (рис. 15–16). Эти эффекты может создать соответствующая архитектура при естественном, в первую очередь, солнечном, свете, особенно если в ней используются специальные оптические системы – цветное стекло, изменяющее спектральный состав дневного света, стеклянные призмы, разлагающие белый свет на радужный спектр, полые световоды, транслирующие «живой» природный свет в нужную точку интерьера, управляемые зеркала, отражающие экраны и линзы, направляющие или концентрирующие ес-



Рис. 15. Музей Лувр, Абу-Даби (Ж. Нувель, 2017 г.). Многослойная сетчатая структура купольного покрытия в условиях господствующего солнечного освещения обеспечивает бесконечно разнообразное «броуновское» движение многочисленных «зайчиков» по разно ориентированным объёмам выставочных павильонов под ним

тественный свет в необходимом месте, специальные маски, создающие задуманный и меняющийся при солнечном свете теневой рисунок, и т.д.

Однако нужно признать, что возможности управления глобальным дневным светом в музеях и где бы то ни было ещё не абсолютны, не просты и требуют определённых знаний и таланта. Относительно проще управлять рукотворным электрическим светом. На его основе родились и прогрессивно развиваются новые направления в архитектуре и искусстве – световая архитектура, светодизайн, световое искусство (*light art*), световые шоу, светомузыка. Кино – это чисто световое искусство, и существуют музеи кино. Реализованные в жизни временные и постоянные световые инсталляции и перформанс, световые шоу и сценическое освещение, медиа- и интерактивные световые системы в интерьерах, городе и на пленэре в какой-то степени и где-то также музеефицированы. Искусственный свет как главный экспонат в подобных случаях гораздо очевиднее, чем дневной.



Рис. 16. Современный еврейский музей, Сан Франциско (Студия Д. Либескинда, 1998–2008 гг.). Внешний вечерний вид и дневной интерьер с непрерывной игрой движущихся солнечных лучей в пространстве и ярких пятен на наклонных стенах и полу

Хотя эта статья посвящена, главным образом, естественному свету в музеях, хочется показать исключительно выразительные возможности света на примере искусственного освещения: уже упомянуто кино, в котором свет и только свет создаёт виртуальный зрительный мир, которому мы верим как настоящему. Д. Таррелл, один из

Рис. 17. Цветной искусственный свет в инсталляциях Дж. Таррелла: музей Кратер Роден, Аризона



наиболее известных американских светохудожников, создаёт цветным светом потрясающие по чистоте и красоте трёхмерные инсталляции, временные и постоянные, как музейные экспонаты. «Чтобы постичь величие «чистого света», он освобождает свои работы от материальности предметного мира, делая акцент на материальности света, придавая ему форму. Освобождённые от бремени вещественности, его произведения, основанные на проецируемом свете и нечётких тенях затуманенных образов, перестают быть похожими на живопись или скульптуру» [2]. В ряде инсталляций, «закрывая зрителей от внешнего мира, он оставляет единственный фокус – окно в небо, со-

зерца которой они смогли бы «участвовать в божественных событиях». Бесконечное движение бесплотного цвета неба от рассвета к закату с его драматичными изменениями насыщенности и оттенков от бледно голубого до кобальта, от тёмного ультрамарина до глубокого фиолетового и бархатно-чёрного, побуждает к восприятию и позволяет пережить чувство нахождения на планете» [4] (рис. 17).

Разумеется, и в этом случае, посещая подобную экспозицию, посетитель должен запастись терпением и временем, чтобы ощутить, оценить, или разделить эти переживания.

Наконец, предметом восхищения на выставке может быть чистый цвет объектов как качественная характеристика любого света от первичных или вторичных источников, когда форма объектов, в т.ч. цветных стёкол, лапидарна, и сама по себе не привлекает особого внимания (рис. 18). Этим феноменом нашего зрительного восприятия (восхищение чистым цветом) с успехом пользуются текстильное производство, архитектура и дизайн (колористика элементов среды), абстрактная живопись.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревякин В.И. Музеи мира. – М.: Информ экспресс, 1993.– 244 с.
2. Насыбуллина Р.А. Архитектурно-художественная роль естественного света в формировании внутреннего пространства зданий в современной архитектуре // Автореферат дис. к-та архитектуры. – Н. Новгород, 2018.
3. Daniel Libeskind interview [Электронный ресурс]//Newsweek. – Режим доступа: <http://enrpe.newsweek.com/Daniel-libeskind-talks-about-his-childhood-bullies-nazi-germany-and-jewish-321345?tm=eu>. (дата обращения 25.05.2018)
4. Plummer, H. The Architecture of Natural Light. – London: Thames and Hudson Ltd., 2012.– 256 p.

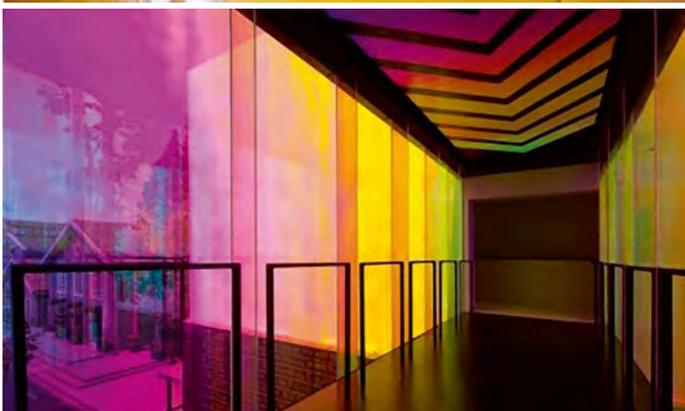
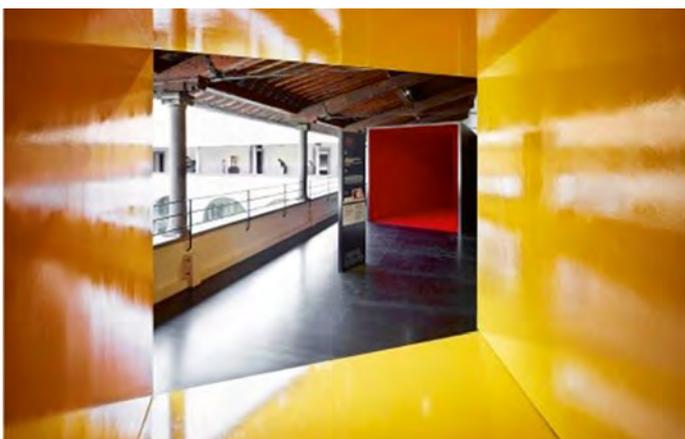


Рис. 18. Цвет как экспонат – музей Design Wing в Шанхае (2016 г.) и музей XX века во Флоренции (2014 г.). Доминирование яркого насыщенного цвета над материальной формой его «носителя»



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

# Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы

А.Г. ШАХПАРУНЯНЦ, Е.И. РОЗОВСКИЙ<sup>1</sup>, А.Ш. ЧЕРНЯК,  
П.А. ФЕДОРИЩЕВ

ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

<sup>1</sup>E-mail: rozovsky@vnisi.ru

## Аннотация

Приведены отечественные и международные требования к освещению музейных предметов, в основу которых были положены результаты исследований, проведённых во второй половине XX века и которые нуждаются в актуализации в связи с внедрением в музей освещения светодиодами. При этом многообразие спектров излучения светодиодных источников света требует рассмотрения вопроса об изменении подхода к оценке освещения музеев, в частности, перехода на новые индексы цветопередачи МКО (индекса точности воспроизведения цвета и индекса цветовой гаммы) и использовании помимо световых величин ещё и энергетических и/или фотонных величин.

**Ключевые слова:** освещение музеев, сохранность музейных предметов, восприятие экспонатов, освещение светодиодами, индексы цветопередачи, световые, энергетические и фотонные величины

Свет играет первостепенную роль в жизни и деятельности человека: на сегодняшний день функции и задачи света вышли далеко за пределы обеспечения видимости и связанной с ней безопасности. Тема освещения музеев последние десятилетия, на наш взгляд, была незаслуженно обделена вниманием специалистов, занимающихся светотехникой. Так, в журнале «Светотехника» – без преувеличения, главном светотехническом издании нашей страны – за последние десять лет было опубликовано не более пяти статей, так или иначе касающихся музейного освещения и преимущественно рассказывающих об опыте проектирования этого освещения (например, [1]). Ряд статей зарубежных авторов, в частности [2, 3], рассматривают теоретические принципы освещения музейных предметов, акцентируя внимание на проблемах цветопередачи

и визуального восприятия произведений живописи.

Демонстрация музейных предметов, также как и их хранение в музейных фондах, обязательно предполагает наличие определённой световой среды, создаваемой естественным и/или искусственным освещением. Световая среда музея выполняет несколько важных задач: обеспечение возможности видеть экспонируемые объекты для посетителей музеев, обеспечение условий работы с экспозицией и музейным фондом для сотрудников. Кроме того, свет в музее должен быть максимально безопасным для музейных предметов, играя при этом информационную и художественную роль в экспозиции, а также обеспечивать безопасность посетителей и работников музея. Опрос хранителей музеев, проведённый в 2014 г. Тихоокеанской Северо-западной национальной лабораторией США, показал, что, если говорить об освещении светодиодами (СД), то хотя энергоэффективность и является важным критерием при выборе освещения, безусловным приоритетом обладают обеспечение сохранности музейных предметов и эстетика экспозиции [4].

Создание световой среды в музейном пространстве является сложной и ответственной задачей, поскольку, с одной стороны, при этом следует обеспечить возможность полноценного осмотра и восприятия музейных предметов и создание достаточного общего уровня зрительной адаптации и светового комфорта для людей, а с другой стороны, минимизировать вредное для музейных предметов воздействие оптического излучения. На сегодняшний день в поиске оптимального решения задачи создания световой среды участвуют, по сути, три стороны. Это:

– хранитель музея или иной музейный сотрудник, отвечающий как за сохранность музейных предметов, так и за то, как именно должны быть освещены зал и экспонаты с точки зрения

роли света в восприятии экспозиции, расстановки акцентов и др.

– светодизайнер, являющийся художником по свету и отвечающий за обеспечение выполнения художественных, навигационных и информационных задач, поставленных хранителем музея, при существующих технических возможностях.

– инженер-светотехник, главными ориентирами которого должны быть принцип «не навреди» и соответствие технических параметров осветительной установки нормам и требованиям для обеспечения её безопасной и эффективной работы.

Несомненно, приоритетным мнением должно являться мнение представителей музея, и именно поэтому важной стороной подготовки концепции создания световой среды в музее является постоянное взаимодействие светодизайнера и проектировщика с заказчиком, поиск «точек соприкосновения». В свою очередь, задача светодизайнера и проектировщика – разработка осветительной установки, отвечающей как эстетическим запросам заказчика, так и требованиям безопасности, в том числе, физико-химической безопасности музейных предметов, с применением современных технических средств и приёмов освещения.

Важнейшим атрибутом грамотной и качественно выполненной осветительной установки в музее является максимально возможное предотвращение вредного, а подчас и разрушающего, воздействия оптического излучения, как ультрафиолетового и инфракрасного, так и видимого, на музейные предметы. В России по чувствительности к воздействию оптического излучения музейные предметы принято делить на три категории, которые перечислены в таблице. В соответствии с этими категориями формируются требования к освещению, которые в настоящее время носят рекомендательный характер. При этом, если говорить о России, то большая часть этих рекомендаций была разработана в 1980–1990-х годах прошлого века, и в принципе, известные нам отечественные нормативные документы по освещению музеев весьма немногочисленны [5–8], а наиболее цитируемая публикация на эту тему, подготовленная Международной комиссией по освещению, была выпущена в 2004 году [9], и учитывая темпы развития осветительной (пре-

## Требования к освещению

Объекты	Источник		
	[5]	[8]	[9]*
Предметы, малочувствительные к свету: изделия из металла, керамики; минералы (за исключением светочувствительных), драгоценности, стекло, эмали	Освещённость не нормируется (редко нужно более чем 300 лк) УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости)	200–500 лк УФ: 20–300 мкВт/лк ИК: 30–40 мВт/лк	< 200 лк Годичная экспозиция < 600 тыс. лк·ч УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости УФ и необходимости ограничивать ИК)
Произведения живописи, лаки, дерево, слоновая кость, клеевая краска	< 150 лк Годичная экспозиция картин < 650 тыс. лк·ч УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости)	75–150 лк УФ: 20–50 мкВт/лк ИК: 30–70 мВт/лк	< 50 лк Годичная экспозиция < 150 тыс. лк·ч УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости УФ и необходимости ограничивать ИК)
Предметы, особенно чувствительные к свету: акварели, рисунки, ткани, одежда, рукописи, зоологические и ботанические коллекции	< 50 лк УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости)	30–50 лк УФ: 20–30 мкВт/лк ИК: 30–120 мВт/лк	< 50 лк Годичная экспозиция < 15 тыс. лк·ч УФ и ИК не нормируются (общее замечание о недопустимости УФ и необходимости ограничивать ИК)

\* Классификация МКО предполагает разделение материалов на четыре группы по светостойкости (нечувствительные, малочувствительные, среднечувствительные и высокочувствительные), причём две последние по российской классификации образуют группу, состоящую из особо чувствительных к свету музейных предметов

жде всего, СД) техники за последние годы, можно предположить, что данные в ней рекомендации не полностью соответствуют современным возможностям светотехники. Содержащиеся в этих документах требования к освещению, сравнение которых проведено в таблице, позволяют судить об уровнях освещения, обеспечивающих не только возможность экспонировать музейные предметы, но и относительную сохранность этих предметов.

Перечисленные документы были разработаны довольно давно, и все они, в том числе и публикация МКО, рассматривали в качестве источника света, в основном, традиционные лампы (лампы накаливания и, частично, люминесцентные лампы и лампы высокого давления) и практически не затрагивали СД источники света.

Вместе с тем, осветительные приборы (ОП) с СД на сегодняшний день уже прочно вошли во все сферы нашей жизни, где нашли самое широкое применение. Не стало исключением и освещение музеев, где также активно, хотя это касается пока в большей степени зарубежних музеев, внедряются СД. Так, согласно уже упомянутому выше исследованию [4], в опрошенных в ходе исследования 46-ти музеях только за два года (с 2009 по 2011 гг.) доля используемых ОП с СД выросла с 0 до 40 %. Вместе с тем, бо-

лее половины (51 %) опрошенных авторами исследования музеев в качестве основного источника света всё ещё используют лампы накаливания. Тем не менее, тенденция на всё более интенсивное применение именно СД в музейном освещении неоспорима и вполне оправдана теми возможностями, которые предоставляют СД. Позволяя варьировать не только уровень освещённости, как это происходит, например, при использовании галогенных ламп накаливания (правда, с изменением коррелированной цветовой температуры), но и спектральный состав освещения, ОП с СД могут существенно облегчить выполнение задач при неизменном уровне освещённости, что влияет как на восприятие музейных предметов, так и на их сохранность.

При этом следует отметить, что сейчас широко распространено мнение, согласно которому применительно к СД источникам света качество освещения уже нельзя оценивать только при помощи традиционных показателей, таких как коррелированная цветовая температура и общий индекс цветопередачи МКО. В настоящее время на уровне Международной комиссии по освещению рассматривается вопрос введения новых показателей цветопередачи – индекса точности вос-

произведения цвета (*Fidelity Index*) и индекса цветовой гаммы (*Gamut Index*) [10]. Ценность этих новых критериев оценки цветопередачи была подтверждена, в частности, исследованием, проведённым Техническим университетом Ильменау и компанией *OSRAM Opto Semiconductors* и показавшим, что наблюдается сильная корреляция между индексом точности воспроизведения цвета и воспринимаемыми цветовым различием и сдвигом цвета и между индексом цветовой гаммы и насыщенностью цвета [11].

Ещё одним актуальным вопросом, связанным с внедрением СД в музейное освещение, является необходимость более адекватной количественной оценки воздействующего на музейные предметы оптического излучения. До настоящего времени для подобной оценки использовались световые величины, что было вполне оправдано при относительной неизменности спектрального состава используемого в музеях света.

Так, на сегодняшний день необходимо оценивать следующие световые величины:

- освещённость;
- дозу;
- цветопередачу;
- распределение яркости в поле зрения наблюдателя.



Рисунок. Общий вид зала № 277 «Искусство Франции XVII в.» (слева) и распределение яркости по помещению (справа)

Соответствующие обследования залов Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи были проведены сотрудниками ВНИСИ им. С.И. Вавилова, в результате чего были измерены уровни освещённости и распределения яркости [12] (рисунок).

В то же время, многообразие возможных спектров излучения используемых в музеях СД источников света заставляет вспомнить о том, что световые величины не позволяют судить о воздействии излучения на материал музейных предметов – для этого, очевидно, следует использовать энергетические или даже фотонные величины, такие как поток излучения в Вт, энергетическую освещённость в Вт/м<sup>2</sup>, фотонный поток излучения в фотонах (или микромолях) в секунду и фотонную освещённость или плотность фотонного потока излучения в фотонах (или микромолях) в секунду на м<sup>2</sup>. Введение дополнительной метрики для оценки музейного освещения является вопросом дискуссионным и требует как переосмысления имеющихся данных, так и проведения дополнительных исследований.

В результате, нормирование освещения музейных предметов, которое, помимо обязательного исключения УФ и ИК излучения, в настоящее время ограничивается рекомендательными требованиями к освещённости в лк и дозе в лк·ч, следует дополнить требованиями как к другим фотометрическим и колориметрическим характеристикам освещения (коррелированная цветовая температура и индексы цветопередачи), так и к энергетическим или фотонным характеристикам (энергетическая или фотонная освещённость в Вт·м<sup>-2</sup> или мкмоль·м<sup>-2</sup> и энергетическая или фотонная доза в Дж·м<sup>-2</sup> или мкмоль·с·м<sup>-2</sup>) и, возможно, к спектральному составу излучения. Соответствующие требования необходимо будет ввести и в стандарты на светиль-

ники, разработав, возможно, отдельный стандарт или предварительный стандарт ГОСТ Р 60598–2–... «Светильники. Часть 2. Частные требования. Светильники для освещения музейных предметов».

Следует учитывать и то обстоятельство, что помимо объективной (количественной) оценки освещения существует ещё и его качественная оценка, основанная на восприятии освещаемых объектов людьми, которая в случае музейных предметов имеет решающее значение. В этой части СД предоставляют уникальные возможности, которые уже были использованы во многих музеях. В качестве примеров можно упомянуть освещение картины Леонардо да Винчи «Мона Лиза» в Лувре, в разработке которого приняли участие специалисты компании «Фарос-Алеф» под руководством Л.Г. Новаковского [13], и освещение Сикстинской капеллы в Ватикане [3]. При этом высказывалось мнение, что свет должен демонстрировать такие цвета картин, которые, по возможности, совпадают с первоначальными. Это означает, что так как большинство картин, созданных до конца 19-го века, были написаны при дневном свете, то спектральное распределение источника света с  $T_{ц}$ , равной 3500 К, которую обычно предпочитают хранители музеев, следует оптимизировать таким образом, чтобы цвета освещаемых этим источником света красок по возможности совпадали с цветами этих красок при освещении их источником света с  $T_{ц}$ , равной 6500 К. Оптимальным, на наш взгляд, вариантом было бы создание стандартной серии светильников с СД с цветовыми температурами, в интервале между 3000 и 6500 К и использование светильника с регулируемой цветовой температурой для выбора наиболее подходящего освещения конкретного экспоната. При этом последнее слово

должно, естественно, оставаться за хранителями музеев.

Следует также отметить, что уже сегодня современное фотометрическое оборудование позволяет проводить измерения всех параметров ОП, необходимых для принятия решения о целесообразности использования того или иного ОП в музее. Современные измерительные приборы позволяют контролировать необходимые характеристики приборов для музейного освещения, а именно:

- световой поток и распределение силы света ОП;
- спектр излучения ОП;
- коррелированную цветовую температуру;
- индекс цветопередачи;
- и другие фотометрические, колориметрические и электрические характеристики ОП.

Кроме того, прогресс в области измерительных приборов и телекоммуникации позволяет, в принципе, снабдить наиболее значимые, а в отдалённой перспективе и все, музейные предметы датчиками освещённости/облучённости, с передачей их показаний в единый центр для контроля уровней освещённости/облучённости и дозы и своевременного принятия мер по обеспечению сохранности музейных предметов.

К сожалению, немногие музеи нашей страны имеют в своём штате инженерно-технический персонал, обладающий необходимыми для организации такого контроля знаниями и опытом, поэтому существует определённый риск попадания в музеи светотехнической продукции ненадлежащего качества, а то и откровенно небезопасной.

Очевидно, что даже имея необходимые инструменты контроля параметров освещения, требования к которым закреплены в действующих (пусть и морально устаревших) нормативных документах, в настоящее время не представляется возможным проведение адекватной оценки осветительных установок с СД в музеях, а существующие руководства и рекомендации требуют обстоятельного анализа и возможного пересмотра как в части уровня экспозиционного освещения, так и в части допустимой экспозиции за определённый промежуток времени.

Кроме того, необходима организация систематического обследования и контроля параметров музейного ос-

вещения в ходе эксплуатации осветительной установки, которые, по нашему мнению, должны включать в себя:

- периодическое измерение уровня падающего на музейные предметы УФ излучения,  $E_{УФ}$ , мкВт/м<sup>2</sup>;
- периодическое измерение уровня падающего на музейные предметы ИК излучения,  $E_{ИК}$ , мВт/м<sup>2</sup>;
- периодическое измерение уровня освещённости музейные предметы,  $E_{СВ}$ , лк;
- определение дозы, получаемой музейными предметами,  $E_{СВ} \cdot t$ , лк·ч.

Знание уровней облучённости и освещённости  $E_{УФ}$ ,  $E_{ИК}$  и  $E_{СВ}$  позволит судить о необходимости принятия мер по уменьшению соответствующего параметра (замена УФ или ИК фильтров, снижение уровня освещённости), а знание дозы позволит принимать обоснованное решение об ограничении времени демонстрации музейных предметов.

При этом важно ещё раз отметить, что контроль перечисленных параметров необходимо проводить строго в соответствие с методами измерений, которые в настоящее время не нормированы, что не позволяет даже при наличии необходимого оборудования и опыта операторов, осуществляющих измерения, дать «законное» заключение по состоянию того или иного объекта.

Исходя из этого, мы видим первоочередной задачей разработку и выпуск современного нормативного документа – отраслевого стандарта по светотехнике или соответствующего руководства для хранителей музеев, учитывающего внедрение современных источников света и технологий и включающего в себя методики измерений светотехнических параметров. В рамках конференции «Свет в музее», прошедшей в апреле 2018 г. в Санкт-Петербурге, представителем Министерства культуры РФ было озвучено намерение правительства создать соответствующую нормативную базу.

Выполнению этой задачи будет способствовать проводимая в настоящее время под эгидой Министерства культуры НИР «Анализ актуальных исследований нормативных документов в целях разработки стандарта на музейное освещение. Формирование методических основ и программы исследовательских работ по разработке стандарта». Полученные в результате подробного анализа современной

научно-технической базы данные позволяют выявить спорные и малоизученные области, определить целесообразность и направления новых исследований, необходимых для получения полной картины состояния музейного освещения и его особенностей, с тем, чтобы на её основе разработать стандарт или рекомендации, содержащие научно обоснованные, современные и адекватные нормативные требования к музейному освещению.

Основной мотивацией исследования является:

- многообразие СД источников света с точки зрения их фотометрических, спектральных и колориметрических характеристик;
- недостаточная изученность влияния видимого света (а также УФ и ИК излучений) на сохранность музейных предметов;
- отсутствие национальных и межгосударственных стандартов по нормам освещения и экспозиции музейных предметов;
- отсутствие исследований существующих систем освещения музеев и их светотехнических характеристик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лякшишева И.В. Первое в России музейное динамичное освещение светодиодами // Светотехника. – 2010. – № 3. – С. 57–58.
2. Дегтярев А.С., Рактович Н.А. Основные принципы освещения выставочного пространства в музеях современного искусства / Астраханский гос. архитектурно-строит. ун-т // Потенциал интеллектуально одарённой молодёжи – развитию науки и образования: материалы VI Международного научного форума молодых учёных, студентов и школьников, Астрахань, 25–28 апреля 2017 г. – Астрахань, 2017. – С. 297–300.
3. Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 23–27.
4. SSL Adoption by Museums: Survey Results, Analysis, and Recommendations // [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/02/f19/gateway\\_museums-report\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/02/f19/gateway_museums-report_0.pdf).
5. Рекомендации по проектированию музеев. ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. М.: Стройиздат, 1988 г.
6. Рекомендации по проектированию искусственного освещения музеев, картинных галерей и выставочных залов. М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект им. Ф.Б. Якубовского, 1992 г.
7. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. М.: ГосНИИ реставрации, 1995 г.
8. Приказ Минкультуры РФ от 8 декабря 2009 г № 842 «Об утверждении единых правил организации формирования, учёта, сохранения и использования музейных предметов и музейных коллекций, находящихся в музеях Российской Федерации». (отменён Приказом от 11.03.2010 № 116).

9. CIE157:2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation // CIE, 2004.

10. Blattner P. New CIE Color Fidelity Index // Доклад на 1-ой международной научно-практической конференции «Свет в музее». СПб, 18–20 апреля 2018 г. [http://nts-svet.ru/wp-content/uploads/2018/04/svet\\_v\\_muze/2\\_2\\_P\\_Blattner.pdf](http://nts-svet.ru/wp-content/uploads/2018/04/svet_v_muze/2_2_P_Blattner.pdf).

11. Биске К., Хартвиг У., Ширц К., Вильм А., Хорст К. ТМ-30-15 и общий индекс цветопередачи МКО R<sub>a</sub>: исследование цветопередачи белых СД с люминофором // Светотехника. – 2018. – № 2. – С. 40–45.

12. Черняк А.Ш., Кузнецова А.Б., Барцева А.А. Измерения параметров освещения залов и экспонатов Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской Галереи // Светотехника. – 2018. – Спецвыпуск «Свет в музее». – С. 45–49.

13. Новаковский Л., Мира Ж.-П., Шанюссо Ж., Марти К., Кацуяки М. «Мона Лиза» в новом свете // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 4. – С. 64–68.



**Шапарнянц Анна Геннадиевна**, кандидат техн. наук. Окончила в 1986 г. МЭИ. Генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Президент Российского национального комитета МКО



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

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



**Черняк Анатолий Шахнович**, инженер. Окончил в 1962 г. МЭИ. Заведующий лабораторией техники освещения и световых приборов ВНИСИ им. С.И. Вавилова



**Федорищев Павел Александрович**, окончил в 2007 г. факультет Истории, политологии и права Московского Государственного Областного Университета. Руководитель группы по международному сотрудничеству ВНИСИ им. С.И. Вавилова

# Реализация концепции экспозиционного освещения как средства художественной выразительности на примере выставки «Русская бессонница»

К. ВИНКЕЛЬС

ООО «СветоПроект», Москва

E-mail: winkels@svsrv.ru

## Аннотация

Статья посвящена раскрытию художественных возможностей экспозиционного освещения на примере выставки «Русская бессонница». Выделены основные методы создания музейной экспозиции, при использовании которых возрастает воздействие освещения на зрителя. Процесс создания проекта освещения для выставки показан в виде последовательных стадий. Первый этап – разработка концепции выставки, распределяющей экспонаты по четырём залам. Второй этап – формулирование художественных задач освещения для каждого зала и поиск решений для выполнения этих задач. Третий этап – техническая реализация проекта.

## Ключевые слова

Экспозиционное освещение, театрализованная выставка, концепция, арт-объект, художественные задачи, игра теней.

## 1. Введение

Экспозиционное освещение – важное средство художественной выразительности выставок и собраний музейных экспонатов. Его основная задача – создать условия для максимально полного и эмоционально насыщенного восприятия арт-объекта зрителем. Освещение призвано раскрывать и дополнять художественные образы, заложенные в арт-объекте, а также способствовать концентрации внимания зрителя на нём. Если картина или скульптура освещена неправильно, то посетитель музея, скорее всего, просто пройдёт мимо.

Способность света воздействовать на эмоциональное состояние была замечена ещё в древние времена. Хороший пример – витражи в готических соборах и других религиозных сооружениях. Преобразовывая естественное освещение в разноцветную мозаику, витражи вносили жизнеутверждающую гармонию в настроение верующих.

## 2. Специфика экспозиционного освещения в качестве средства художественной выразительности

Давно занимаясь дизайном экспозиционного освещения, я заметил, что при определённых условиях роль освещения для зрительского восприятия возрастает.

Первым условием является динамичность и интерактивность музейной экспозиции. Речь идёт о театрализованных выставках, в которых арт-объекты объединяются едиными концепцией и сюжетной линией. В этом случае зритель из пассивного наблюдателя превращается в актив-

ного участника событий и вступает в контакт с художественным пространством экспозиции. При этом свет воспринимается как неотъемлемый элемент этого пространства, а не просто как лампочка, которая должна светить по умолчанию.

Второе условие – сочетание света со звуком. Наше восприятие окружающей действительности устроено так, что мы острее и рельефнее ощущаем световые эффекты, если они возникают в связке со звуковыми.

Наконец, третье и самое важное условие – наличие игры теней в качестве элемента концепции экспозиции. Для этого необходимо, чтобы освещение арт-объектов было приглушённым. Игра теней вовлекает зрителя во взаимодействие с арт-объектами, ведь своими движениями он создаёт дополнительные тени. При этом тени должны органично вплестаться в художественное пространство экспозиции и ни в коем случае не отвлекать зрителя. Возможность создания игры теней даёт наибольший простор для творчества светодизайнера. И статические, и динамические тени приобретают самостоятельное художественное значение.

## 3. Общая информация о выставке «Русская бессонница»

В 2011 году мне посчастливилось принять участие в создании выставочного проекта «Русская бессонница», концепция которого отвечает всем трём вышеприведённым критериям. Это была интерактивная выставка, раскрывающая образ воздействия бессонницы на творческую личность. Экспозиция обладала чётко выстроенной сюжетной линией, о чём будет подробнее рассказано ниже. В качестве одного из инструментов воздействия на зрителя использовались музыка, стихотворения и различные шумы. Учитывая тематику выставки, освещение экспонатов должно было быть приглушённым, что позволяло создать игру теней.

Целью выставки было показать бессонницу как важный элемент внутреннего мира творческой личности. Собираемый образ Художника, страдающего бессонницей, был создан с помощью скульптур, фотографий, звуковых эффектов и освещения. Концепция проекта заимствовала черты спектакля и квеста. Согласно замыслу, зритель перемещается по четырём залам экспозиции, участвуя в развёртывающемся перед ним сюжете.

В сюжете два действующих лица: зритель и Художник, воплощённый с помощью различных выразительных средств. Наступает ночь, и Художник не может уснуть. Его посещают разнообразные мысли, он переживает различные события, и зритель ощущает всё это вместе с ним. Фактически, все художественные образы, транслируемые





Рис. 3. Зал № 2 «Ночные гости»

Третий зал («Ужас одиночества») говорит сам за себя. Художника одолевает тоска, на него обрушивается страх. Он начинает заниматься самокопанием, совесть мучает его. У него возникают сомнения в своём таланте и перспективах своего творчества. Довершает личностный разлом Художника чувство одиночества. Этот зал – самый тёмный, с точки зрения времени он относится к ночным часам перед рассветом.

Наконец, четвёртый зал («Возвращение света») символизирует вечное перерождение жизни. Рассвет приносит облегчение, вырывая Художника из цепких лап тьмы. Новый день приносит надежду и Художнику, и всему существу.

### 5. Определение художественных задач освещения для каждого зала экспозиции

Когда концепция была утверждена моими коллегами по проекту, я приступил к созданию с самых простых набросков на бумаге. Предстояло определить задачи освещения для каждого из залов, и вот, что получилось в итоге.

#### Зал № 1

Освещение должно сконцентрировать внимание зрителя на сосредоточенности Художника в процессе творчества. Он погружён в себя и ждёт вдохновения. Свет должен помочь запечатлеть это напряжённое ожидание. Всё в оформлении зала подчинено харизме Художника. Здесь есть только его гений. Для скульптур, изображающих Художника, свет является одеждой, и надо учитывать, что скульптуры созданы из разных материалов (рис. 2).

Концепция освещения: подсветка по центру и тёмные стены (на них были установлены два экрана).

#### Зал № 2

Освещение должно передавать мистическую атмосферу зала. Нечистая сила оживает, воплощаясь из сновидений, и освещение должно помочь ей максимально впечатлеть зрителя. Это стимулирует его подумать о своих внутренних переживаниях. В этом зале художник принимает своих друзей – Ночных гостей. За одним из столов играют в карты. Никто не разговаривает, все сосредоточены на игре. Вокруг большого празднично накрытого стола сидят другие гости: смеются, пьют и рассказывают истории, – поздний ужин. Персонажи их рассказов обретают физическое воплощение и располагаются за столом, как

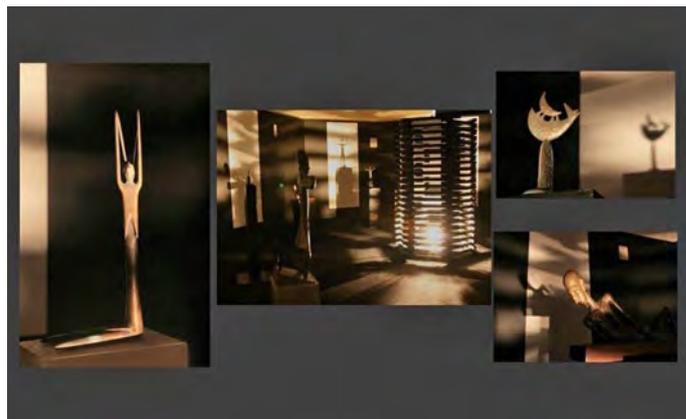


Рис. 4. Зал № 3 «Ужас одиночества»

скульптуры. В одном из углов, в большом кресле с подголовником, почти в темноте сидит старый друг и читает сказки для ночных посетителей, окружённый мистическими фигурами, порождёнными этими сказками. Освещение привносит нотку сюрреалистичности в происходящее: не могут же оборотни и другие сверхъестественные существа разгуливать под обычным светом ночных фонарей. Эти существа как бы общаются между собой и вовлекают в общение зрителя (рис. 3).

Концепция освещения: островное освещение (столы, кресло с подголовником), вокруг темнота

#### Зал № 3

Это зал страшных чувств и мрачных мыслей, поэтому здесь всё должно быть оформлено в мрачных тонах. Лейтмотив, пронизывающий весь этот зал, – игра теней. Чтобы создать её, было разработано следующее техническое решение: источник света окружён светорассеивающими плоскостями, которые как бы растворяют световой поток и направляют его на скульптуры, расположенные по кругу, чуть поодаль. Тени от скульптур ложатся на стену, фактически становясь самостоятельными арт-объектами. Задумка состояла в том, что при любом движении зрителя будут образовываться дополнительные тени, которые будут «скакать» по стенам, как вереница мыслей (рис. 4). Особенность освещения заключается ещё и в том, что целостный образ скульптуры возникает только тогда, когда зритель подходит к ней.

Концепция освещения: символический «костёр» в центре помещения. Игра теней происходит на стенах.



Рис. 5. Зал № 4 «Возвращение света»

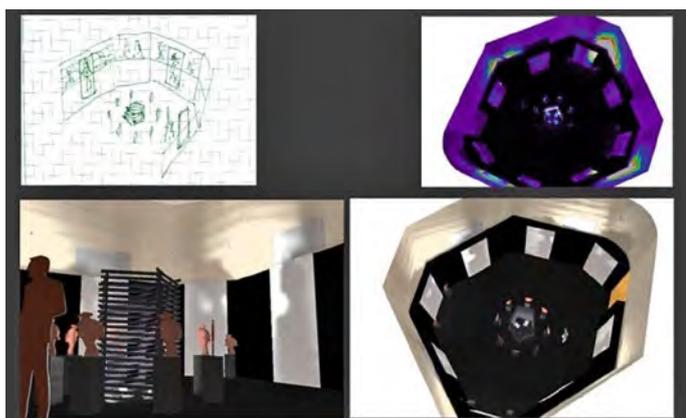


Рис. 6. Техническая реализация освещения, зал № 3

#### Зал № 4

В этом зале освещение воплощает постепенное начало рассвета. Свет несёт в себе надежду и вечное возрождение к новой жизни. Для этой цели было разработано следующее техническое решение: освещённые скульптуры ангелов выстроены по одной пространственной диагонали, символизируя путь к нескончаемому свету. В конце этого пути стоит чёрный снаружи куб с двумя входными дверями, расположенными по диагонали, внутри которого – абсолютно белая комната размером 2,50 x 2,50 м. Потолок куба сделан из светопропускаемого белого поликарбоната, за которым, недостижимые для глаз зрителей, установлены люминесцентные лампы с цветовой температурой 4000 К, и общим световым потоком более чем 20000 лм (!). Идея заключалась именно в том, чтобы дать зрителю пережить телесное ощущение света, почувствовать его бесконечность. Эта очищающая белизна освобождает от переживаний бессонной ночи и завершает экспозицию.

Концепция освещения: диагональные линии, выходящие из бесконечного куба (рис. 5).

#### Звуковой дизайн

В сотрудничестве с известным композитором Александром Герасимовым был создан тематический звуковой дизайн для каждого зала.

В мастерской Художника мы слышим шум с улицы, лай собаки, далёкое пение ночной птицы – и над всем этим го-

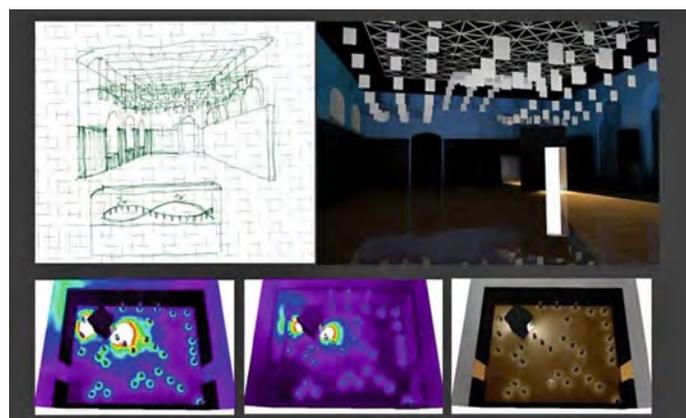


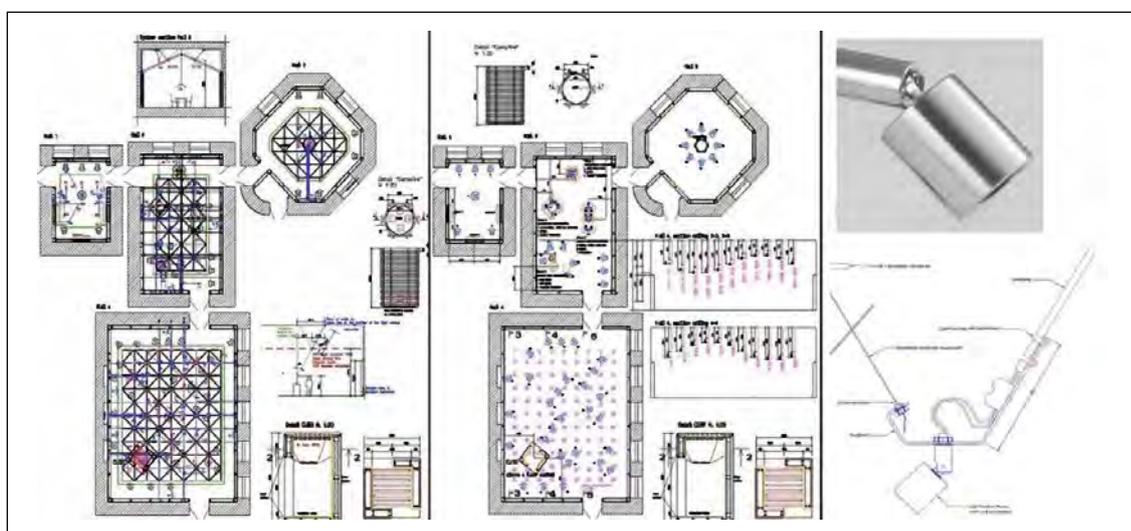
Рис. 7. Техническая реализация освещения, зал № 4

сподствует шум старого часового механизма, резонирующий с музыкой Герасимова. Во втором зале главными темами стали звуки карточной игры и разговоры гостей за ужином. Третий зал наполнен одиноким криком, болезненным стоном человека, проснувшегося в самый тёмный час ночи от кошмаров. Четвёртый элемент звукового дизайна – атмосфера, напоённая пением первых утренних птиц и тихим шёпотом звёзд, которые разговаривают друг с другом в ожидании наступления нового дня. В симбиозе звука и света была создана уникальная атмосфера для каждого выставочного зала.

## 6. Техническая реализация проекта

Чтобы определить оптимальное расположение скульптур и фотографий в каждом зале, использовалась программа проектирования освещения *DIALux*. С её помощью наброски на бумаге были трансформированы в компьютерную визуализацию всех четырёх залов (рис. 6). В результате были получены полноценные изображения всех помещений, отображающие реальные уровни освещённости, расположение теней и другие важные детали. После ряда перестановок скульптур удалось найти тот вариант, который в итоге был реализован. Важно, что *DIALux* позволил мне увидеть прогнозируемый результат ещё до начала установки оборудования (рис. 7).

Рис. 8. Схема расположения осветительных приборов



Светотехническое оборудование, отвечающее задачам проекта, было создано в моём конструкторском бюро *WINKELS CONCEPTS* в Германии. Специально для этого проекта за три недели была разработана конструкция светодиодных светильников длиной всего 30 мм и диаметром 25 мм, мощностью 4 Вт и с цветовой температурой 3000 К, со светодиодами компании *Cree* (США и пятью различными видами линз (очень узкими, узкими, широкими, очень широкими, с призматическим рассеивателем) компании *Ledil* (Финляндия). Были использованы пять видов оптики, в зависимости от требований геометрии освещаемого пространства и специфики материала скульптур. Конструктивное решение осветительных приборов позволяло менять уровень освещённости каждого экспоната, «играть» с акцентами и гибко подстраиваться под конкретные художественные задачи (рис. 8). Всего было использовано 80 светильников.

В общей сложности, у нас было два источника светодиодного освещения для каждой скульптуры. В зависимости от положения источника относительно скульптуры, использовался светильник с широкой либо очень широкой кривой силы света для основного освещения, который при необходимости дополняли светильниками с узкой либо очень узкой кривой силы света, чтобы расставить акценты в соответствии с особенностями скульптур. Это подразумевало понимание художественного замысла, того, какие идеи автор хотел донести до зрителя, и лишь затем – разработку проекта освещения. Небольшие скульптуры были освещены только одним светильником, а некоторые из больших – тремя-четырьмя светильниками, в зависимости от размеров скульптур. Мы были ограничены возможностью использовать только светодиоды с цветовой температурой 3000 К, поэтому правильный выбор оптики и точное расположение световых пятен были очень важны для придания выразительности фактуре материала каждой из скульптур. Например, некоторые глиняные скульптуры подсвечивались только с использованием рассеивателя, чтобы подчеркнуть их деликатную фактуру без каких-либо излишних отражений света.

## 7. Заключение

Участие в создании проекта убедило меня в том, что технологические возможности экспозиционного освещения позволяют решать самые интересные и сложные художественные задачи, и даже создавать арт-объекты. Посетители выставок и музейных экспозиций уже воспринимают освещение как неотъемлемый атрибут творческого самовыражения. Развитие технологий светового дизайна продолжается, и нет сомнений, что новые открытия позволят раскрыть новые ресурсы света.



**Винкельс Карстен.** Окончил факультет архитектуры и гражданского строительства Технического университета Дортмунда, а также Западногерманский институт прикладной светотехники. Арт-директор ООО «СветоПроект», Москва. Генеральный директор компании *WINKELS CONCEPTS*, Дортмунд, Германия. Обладатель многих национальных и международных наград в области светотехники

10 октября на площадке пресс-центра МИА «Россия Сегодня» прошла пресс-конференция, посвящённая новой концепции развития выставки *Interlight Moscow powered by Light + Building*.

В пресс-конференции приняли участие: Игорь Веселов, руководитель спецпроектов Центра компетенции Минстроя и ЖКХ РФ, доктор Франк Шауфф, глава Ассоциации Европейского бизнеса, Алексей Кнелъц, руководитель отдела по связям с общественностью Российско-Германской внешнеторговой палаты, Владимир Габриелян, президент компании «Лайтинг Бизнес Консалтинг», Ойген Аллес, генеральный директор Мессе Франкфурт РУС, Алексей Карамян, руководитель проекта *Interlight Moscow powered by light+building*, Евгений Долин, Член Правления, генеральный директор Ассоциации производителей светодиодов и систем на их основе.

В начале конференции Ойген Аллес и Алексей Карамян представили концепцию развития выставки на 2019 год.

Согласно новой концепции главную светотехническую выставку ожидает смена позиционирования и названия. *Interlight*, как и прежде сохранит традиционные продуктовые группы, связанные со светотехникой, однако, экспозиция, включающая в себя электротехнику, автоматизацию зданий, интегрированные системы безопасности и технологии для умного дома получит собственное название – *Intelligent Building*. Такое решение связано с увеличением интереса и общей потребности городской среды в энергоэффективных, безопасных и комфортных технологиях.

Вторым важным событием станет перенос традиционных дат выставки с ноября на более комфортный период – сентябрь уже с 2019 года.

Тему интегрированных систем безопасности продолжил в своём выступлении д-р Франк Шауфф. Его выступление было посвящено запуску *Intersec Forum Russia*, который пройдёт 8 ноября в рамках деловой программы выставки *Interlight Moscow 2018*. Ф. Шауфф., подчеркнул важность и своевременность проведения форума: «Автоматизация и безопасность это основа, которая закладывается при проектировании не только коммерческой и жилой недвижимости, но и «Умных городов» в целом».

Идею проведения *Intersec Forum* также поддержал Игорь Веселов. Он сообщил о планах открытия Всероссийского молодёжного форума «Умный город» в партнёрстве с НИТУ «МИСиС» на площадке выставки *Interlight Moscow powered by Light + Building 2018*.

Другим важным событием стало объединение совместных усилий Мессе Франкфурт РУС и «Лайтинг Бизнес Консалтинг» по развитию Евразийской светотехнической премии «Золотой Фотон». Стратегическое партнёрство направлено на развитие и расширения премии. Владимир Габриелян, президент компании LBC и председатель оргкомитета премии «Золотой Фотон» сообщил о разработке новых номинаций по электротехнике и автоматизации и переносе дат проведения самой церемонии награждения премии, на дни проведения выставки *Interlight u Intelligent building Russia* уже в 2019 году.

В поддержку спикеров пресс-конференции выступил Евгений Долин. Особо подчеркнув бурное развитие технологий, связанных с автоматизацией и безопасностью: «Уличное освещение, которое по своей сути представляет единую городскую сеть столбов, может служить основой по внедрению решений для «Умного города». Внедрение умных решений открывает возможности, без серьёзных капиталовложений, даже в небольших городах, создавать умные сети для: ЖКХ, видеонаблюдения, обеспечения безопасности, комфортной среды и многого другого. Уже сегодня *Interlight Moscow* подхватывает данный тренд, что несомненно поможет нашей отрасли решать сложные комплексные задачи».

# Измерения параметров освещения залов и экспонатов Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи

А.Ш. ЧЕРНЯК, А.Б. КУЗНЕЦОВА<sup>1</sup>, А.А. БАРЦЕВА

ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

<sup>1</sup> E-mail: kab@vnisi.ru

## Аннотация

Статья посвящена вопросам измерения характеристик освещения экспонатов в выставочных залах двух крупнейших музеев РФ – Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи. Приведён обзор действующей нормативно-технической документации на проектирование и реализацию музейного освещения, выявлены недостатки и внесены предложения по совершенствованию нормативной базы по освещению экспонатов. Измерения проводились в соответствии с имеющимися рекомендациями, согласно которым проводилось проектирование освещения в музеях. Основными измеряемыми параметрами были УФ излучение, освещённость экспонатов, распределение яркости в поле зрения наблюдателя, коррелированная цветовая температура и индекс цветопередачи используемых источников света. Приведён краткий обзор результатов измерения некоторых залов музеев.

**Ключевые слова:** освещение музейных экспонатов, экспозиция, измерения, УФ излучение, освещённость, яркость, рекомендации по проектированию.

## 1. Введение

В настоящее время проектирование музейного освещения (точнее, освещения музейных экспонатов) осуществляется в России, да и во всём мире, по давно устоявшимся светотехническим нормам, разработанным в 80–90-е годы прошлого века в формате рекомендаций [1–5].

Указанные документы давно устарели, так как они были ориентированы, в основном, на лампы накаливания и, в какой-то мере, на люминесцентные лампы.

Рекомендуемые значения освещённости на экспонатах (главным обра-

зом, произведениях живописи и графики) и дозы, накапливаемой в течение демонстрации экспонатов, формировались, с одной стороны, исходя из задачи обеспечения полноценного восприятия экспонатов, общего уровня световой адаптации и светового комфорта для людей, а с другой стороны, с точки зрения защиты экспонатов от вредного воздействия оптического излучения.

Сравнение требований, содержащихся в отечественных документах [1–4], показывает их небольшое расхождение. Что касается публикации МКО [5], то в ней требования по освещённости произведений живописи и всей второй группы экспонатов по светочувствительности и требования

по их годичной экспозиции существенно ужесточены.

Наиболее полно требования к искусственному освещению в музеях были приведены в рекомендациях ВНИИПИ «Тяжпромэлектропроект» [2], в которых использованы результаты исследований, проведённых ленинградским отделением ВНИИПИ совместно с ВНИИР при участии сотрудников Эрмитажа и НИИСФ. В них помимо норм освещения экспонатов содержится также:

- ограничение яркости источников света и осветительных приборов в поле зрения наблюдателей до 30° выше уровня глаз значением 1000–1500 кд/м<sup>2</sup>;

- ограничения на резкий перепад освещённости в смежных залах (переадаптация);

- требования к распределению яркости поверхностей помещений в пределах поля зрения посетителей – перепад не более 10-кратного;

- требование к яркости потолка, которая не должна быть значительно больше яркости стен и экспонатов при системе с отражённым от потолка светом... и другие

Рис. 1. Общее освещение Белого зала Государственного Эрмитажа



Рис. 2. Общее освещение зала № 37 Государственной Третьяковской галереи (живопись второй половины XIX века)





Рис. 3. Образец протокола измерений

К качественным характеристикам музейного освещения следует отнести коррелированную цветовую температуру  $T_u$  и общий индекс цветопередачи  $R_a$  источников света [6, 7]. При этом следует отметить, что при использовании светодиодов  $R_a$  становится достаточно несовершенным параметром для оценки цветопередачи, а для оценки негативного воздействия излучения на экспонаты лучше использовать не световые, а энергетические или фотонные величины [8].

В этом направлении и проводятся исследовательские работы по актуализации вышеприведенных требований к музейному освещению.

Отсутствие полноценного нормативного документа по уровню и качеству освещения музейных экспонатов и помещений музеев в целом в формате государственного или отраслевого (ведомственного) стандарта побудило провести исследование фактического состояния музейного освещения на примере двух знаковых музеев России – Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи в Лаврушинском переулке (ГТГ).

## 2. Проведение измерений

Музеи, в которых было проведено обследование, существенно отличаются друг от друга интерьерами помещений для демонстрации произведений искусства (главным образом, живописи и графики) и, соответственно,

системами их освещения. При проведении измерений авторы ориентировались на требования к освещению, которыми при проектировании руководствовались специалисты указанных музеев.

Если Эрмитаж – это комплекс дворцовых помещений, выдающихся по архитектуре и декору, и поэтому сам является произведением искусства, ценнейшим экспонатом, требующим качественного интерьерного освещения, то ГТГ специально создана для демонстрации художественных произведений.

Общее освещение залов Эрмитажа (рис. 1) и, частично, картин, помимо освещения естественным светом через большеразмерные окна осуществляется многоламповыми люстрами и торшерами, в то время как в ГТГ, состоящей, в основном, из безоконных помещений (рис. 2), оно реализовано

светящимися потолками с искусственными источниками света с добавлением (на втором этаже) естественного света, поступающего через остекленный фонарь.

И тот, и другой подходы к музейному освещению имеют свои достоинства и недостатки. Считается, что наилучшее впечатление от картин создается при естественном свете, однако этот свет изменчив как в течение времени суток, так и сезонно. В пасмурные дни в Эрмитаже без дополнительной подсветки не обойтись, тем более, что для исключения бликов на поверхностях картин окна приходится занавешивать шторами. Что касается светящегося потолка в залах ГТГ, моделирующего небосвод с помощью искусственного и естественного или только искусственного света, то он обеспечивает комфортное освещение залов в целом



Рис. 4. Освещение зала № 169 Государственного Эрмитажа компанией «Точка опоры»



Рис. 5. Примеры недостаточного освещения в залах Государственного Эрмитажа. а – портретная галерея дома Романовых; б – министерский коридор

и равномерное и достаточное освещение картин, но при этом обладает большим энергопотреблением. Так, суммарная потребляемая мощность светильников с люминесцентными лампами зала № 38 площадью 190 м<sup>2</sup> при полном включении составляет 12,1 кВт. Переход к светодиодным трубкам позволит смягчить этот недостаток. В то же время, Эрмитаж является лидером и новатором в области эстетики и техники музейного освещения, пройдя путь от свечей и ламп накаливания через люминесцентные лампы и галогенные лампы накаливания к светодиодам.

Так, в далёком 1949-ом году освещение залов Эрмитажа люминесцентными лампами было отмечено крупными специалистами (А.И. Бродский, Б.А. Введенский и др.) как очень удачное, так как картины при таком освещении воспринимаются значительно лучше, чем при естественном освещении. В дальнейшем над модернизацией освещения в Эрмитаже работали такие компании, как *Philips*, «Точка опоры» и др., а в последнее время их число пополнила компания «МСК БЛ ГРУПП» [11]. Из равного 60 тыс. шт. общего количества используемых в Эрмитаже источников света,

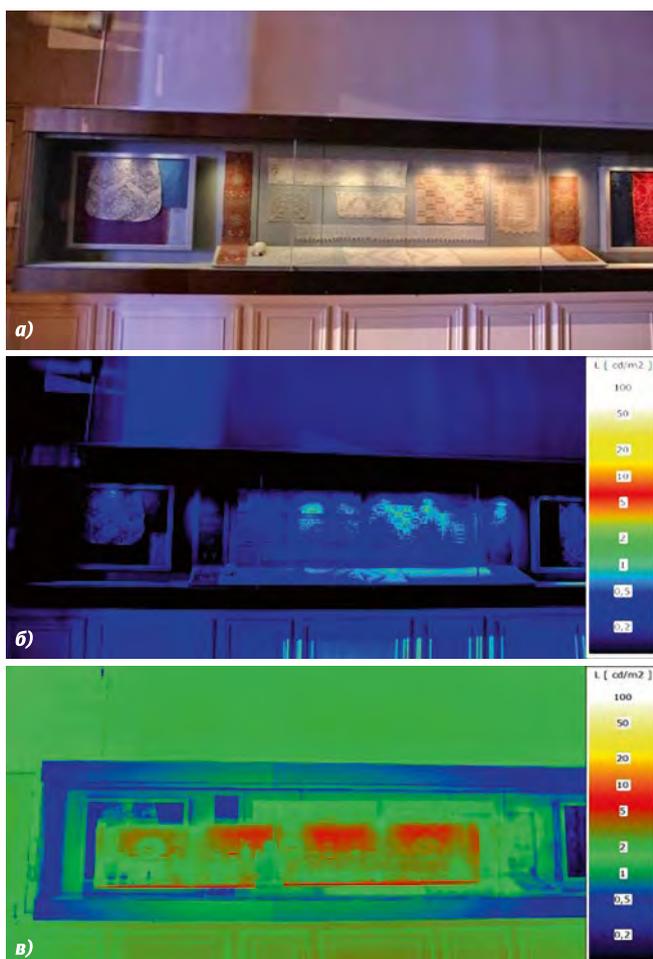
15 тыс. шт. – это СД источники света, а остальные 45 тыс. шт. – это ГЛН, ЛЛ, КЛЛ и МГЛ.

В Эрмитаже измерения проводились в 16-ти залах (залы искусства Франции XVII в., Леонардо да Винчи, искусства Италии эпохи Возрождения XVI в., декоративно-прикладного искусства Венеции XV–XVI вв., прикладного искусства Франции XVII–XVIII вв., министерский коридор, портретная галерея дома Романовых, Белый зал и др.), расположенных на 2-ом и 3-ем этажах, освещение в которых выполнено разными способами, включая использование торшерных светильников, направленных прожекторов, подвесных люстр, светящихся потолков и т.д. В ГТГ измерения были проведены всего в 9-ти залах на 1-ом и 2-ом этажах здания (живопись и скульптура второй половины XIX века, живопись рубежа XIX–XX веков, графика XVIII – начала XX вв., зал древнерусского искусства и др.), что позволило охватить все применяемые в ГТГ методы освещения – светящиеся потолки, прожекторы, фонари. Перечень измеряемых параметров и использованных приборов представлен в таблице.

Результаты измерений содержатся в протоколах, образец которых приведён на рис. 3.

Измерениями в Эрмитаже было охвачено ничтожно малое количество залов и экспонатов, главным образом, масляная живопись. Поэтому можно сделать только самые общие оценки освещения, для которого характерны масштабный переход на и использование современных осветительных приборов, в том числе, с регулированием углового размера светового пучка, светового потока и др., а также привлечение к проектированию освещения специализированных предприятий (компании *Philips*, «Точка опоры» и др.)

Рис. 6. Освещение витрины с тканью зала № 223 Государственного Эрмитажа (декоративно-прикладное искусство Венеции XV–XVI вв). а – фотография витрины; б – цветояркое изображение витрины при выключенном освещении витрины, расположенной напротив; в – цветояркое изображение витрины при включённом освещении витрины, расположенной напротив



### Измеряемые параметры и используемые приборы

Измеряемый параметр	Наименование прибора	Внешний вид прибора
Освещённость на картинах и в залах, в том числе и полуцилиндрическая (цилиндрическая)	Люксметр-пульсметр «ЭкоСфера ЭкоЛайт-02»	
	Люксметр <i>LMT Pocket Lux 2</i> с насадкой для измерения полуцилиндрической освещённости	
Спектр излучения осветительных приборов, $R_a$ и $T_u$	Спектрофотометр <i>UPRtek MK350S</i>	
Яркость (распределение в поле зрения наблюдателя)	Фотояркомер <i>LMK mobile advanced</i>	
УФ-излучение	УФ-радиометр «ТКА-АВС»	
Температура (распределение по картине)	Тепловизор <i>Testo 882</i>	

Из последних работ компании «Точка опоры» следует выделить хорошее освещение, выполненное в соответствии с рекомендациями как по освещённости ( $E_{cp} = 145-160$  лк), так и по цветопередаче ( $T_u = 3100$  К при  $R_a = 96$ ). Следует отметить удачную реализацию приёма освещения объектов

снизу, свободного от слепящего действия осветительных приборов и бликов на картинах (рис. 4).

В целом, освещение в Эрмитаже выполнено профессионально как с точки зрения восприятия экспонатов, так и с точки зрения их сохранности – на всех окнах, помимо двойных

штор, имеются плёнки, защищающие от УФ излучения.

Достаточно хорошо реализовано и общее распределение яркости в поле зрения наблюдателей. Что касается распределения температуры, то она на всех рассмотренных картинах была распределена равномерно и не отли-



Рис. 7. Примеры освещения залов ГТГ – фотографии и цветояркие изображения залов. а – зал № 25 (живопись и скульптура второй половины XIX века); б – зал № 41 (живопись рубежа XIX–XX веков)

чалась от температуры окружающего воздуха в помещении, что соответствует требованиям по хранению музейных экспонатов.

Однако во многих случаях в музее темновато (рис. 5), картины освещены недостаточно, особенно в отсутствии естественного освещения, не всегда выполняется условие минимизации перепада яркости в смежных залах. Во многих залах измерение цилиндрической освещённости показало, что насыщенность помещений светом не удовлетворяет даже низким требованиям по этому показателю (не менее чем 50 лк согласно ГОСТ Р 55710–2013 [9]).

Встречается также неудачное сочетание экспозиций: например, витрины зала № 223, контрастирующие по уровню освещения (в одной из них представлены стекло и бронза (малочувствительные к свету экспонаты), а в другой – ажурная ткань (особо чувствительные экспонаты, нормируемая освещённость которых составляет менее чем 50 лк)), размещённые напротив друг друга (рис. 6).

В ГТГ освещение комфортное, равномерное, создаваемое, главным образом, светящимися потолками (таких залов большинство), полностью отсутствуют блики на картинах.  $T_{\text{п}}$  потолочного освещения составляет 4000–4200 К, причём имеют место «пересветы» картин (рис. 7):  $E_{\text{ср}}$  от 180 до 280 и даже до 350 лк, что вполне можно устранить регулировкой света, поступающего от

потолка и от экспозиционных светильников.

### 3. Заключение

К сожалению, обследование было проведено только для двух музеев и то в ограниченном объёме. Вполне ожидаемо, что освещение во многих других музеях РФ может оказаться другим, и поэтому целесообразно продолжить эти измерения, распространив их на музеи разных категорий и направленности экспозиций.

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам служб энергетики Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи за тёплый приём и содействие при проведении измерений в выставочных залах музеев.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по проектированию музеев. / ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.
2. Рекомендации по проектированию искусственного освещения музеев, картинных галерей и выставочных залов. – М.: Тяжпромэлектропроект, 1992. – 91 с.
3. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. М.: ГосНИИ реставрации, 1995 г. – 17 с.
4. Приказ Минкультуры РФ от 8 декабря 2009 г № 842 «Об утверждении единых правил организации формирования, учёта, сохранения и использования музейных предметов и музейных коллекций,

находящихся в музеях Российской Федерации». Раздел 59 Световой режим. (Отменён приказом № 116 от 11 марта 2010 г.)

5. CIE157:2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation // CIE, 2004.

6. Я. Шанда, Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 23–27.

7. Новаковский Л., Мира Ж.-П., Шанюссо Ж., Марти К., Кацуаки М. «Мона Лиза» в новом свете // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 3. – С. 64–68.

8. Шахпаруянц А.Г., Розовский Е.И., Черняк А.Ш., Федорищев П.А. Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы // Светотехника. – 2018. – Спецвыпуск «Свет в музее». – С. 36–39.

9. ГОСТ Р 55710–2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

10. Инструкция по учёту и хранению музейных ценностей, находящихся в государственных музеях СССР, введена приказом Минкультуры СССР от 17.07.1985 № 290.

11. Белякова М.П. Работы по модернизации освещения в зале № 277 Государственного Эрмитажа // Светотехника. – 2018. – Спецвыпуск «Свет в музее». – С. 60–62.



**Черняк Анатолий Шахнович,** окончил МЭИ (1962 г.). Заведующий лабораторией техники освещения и световых приборов ВНИСИ им. С.И. Вавилова



**Кузнецова Алёна Борисовна.** Окончила НИУ «МЭИ» (2011 г.). Старший научный сотрудник ВНИСИ им. С.И. Вавилова. Аспирант



**Барцева Александра Алексеевна.** Окончила НИУ «МЭИ» (2013 г.). Инженер ВНИСИ им. С.И. Вавилова

# Исследование воздействия оптического излучения на материалы музейных экспонатов и требования к измерительным приборам

С.С. БАЕВ<sup>1</sup>, В.Н. КУЗЬМИН<sup>2</sup>, К.А. ТОМСКИЙ<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> ФГОУ ИТМО, СПб.

<sup>2</sup> ООО Научно-техническое предприятие «ТКА», СПб

<sup>3</sup> E-mail: tka46@mail.ru

## Аннотация

Светодиодное освещение создаёт новые возможности для наилучшего представления музейных экспонатов и создания дополнительных эффектов восприятия света. При этом появляется возможность использования результатов объективных световых и цветовых измерений при регулировании количества и качества освещения. Фотометрические приборы могут стать постоянными помощниками при оформлении экспозиций, выставок и музейных помещений. Ещё более важное значение имеют фотометры для контроля допустимого уровня освещённости и УФ-облучённости. При верной оценке повреждающего воздействия светодиодного освещения появляется возможность существенно увеличить разрешённый уровень освещения экспонатов, что является постоянным требованием дизайнеров. Рекомендации по нормированию освещения основываются на результатах специальных исследований, которые проводятся с учётом групп материалов по светостойкости и свойств источников света. Такие исследования были сделаны по заказу Министерства культуры силами ООО НТП «ТКА» и ГосНИИРеставрации. В статье приведены основные результаты этой работы, главной целью которой было установление безопасного допустимого уровня УФ-облучённости материалов при использовании энергосберегающих люминесцентных ламп, а также основные характеристики выпускаемых фотометров. Аналогичные исследования и разработку рекомендаций необходимо провести и применительно к светодиодным источникам света.

**Ключевые слова:** освещённость, УФ-облучённость, длина волны, спектральное распределение, светостойкость, допустимый уровень.

## 1. Введение

В процессе создания измерителей оптического излучения для музеев выявилась необходимость проведения дополнительных исследований для установления наряду с известными данными о видимом излучении ещё и предельных уровней ультрафиолетовой облучённости.

Известно, что длительное воздействие излучения на объекты приводит к заметным для глаза изменениям их внешнего вида (цвета, яркости, механических свойств и структуры материала). В первой большой научной публикации о воздействии видимого излучения на выцветание акварельных красок было установлено, что эффект выцветания зависит от уровня облучённости и времени экспонирования [1]. Были установлены первые качественные зависимости для процессов изменения и разрушения объектов [2].

Более поздние исследовательские и практические работы позволили установить простые рекомендации для музейных экспозиций: ограничить максимальную допустимую освещённость для большинства свето-

чувствительных объектов величиной 50 лк и величиной 200 лк для картин маслом и темперой. На этом подходе базировались системы освещения музеев, освещение в которых создаётся естественным светом или лампами накаливания.

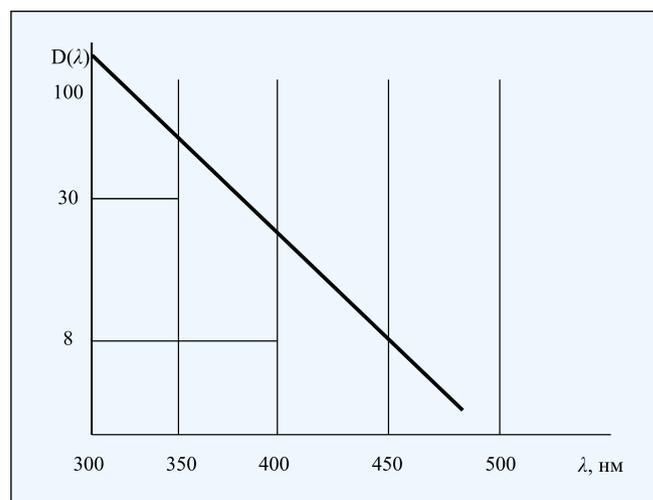
Большинство принятых в разных странах рекомендаций по освещению музейных помещений строились на значении освещённости в люксах и на отношении потока УФ излучения источника света в микроваттах к его световому потоку в люменах. Такое допущение было корректным для тепловых источников света (в основном, ламп накаливания) и стало ошибочным при появлении новых источников, у которых доля ультрафиолетового излучения существенно меняется, и для её определения требуются прямые измерения ультрафиолетового излучения.

В работе профессора Крохмана [3] рассматриваются типичные музейные материалы, подвергаемые воздействию излучения различных источников света. На основании этих экспериментов сделана попытка установить количественные нормы по изменению цвета экспоната после облучения с учётом относительного коэффициента повреждения  $D(\lambda)$  (рис. 1).

Было установлено, что влияние оптического излучения на музейные экспонаты зависит от:

- пространственного распределения потока излучения;
- спектрального состава излучения;
- относительной спектральной чувствительности образца, т.е. степени его устойчивости к воздействию излучения;

Рис. 1. Степень вредного воздействия излучения в зависимости от длины волны ( $D(\lambda) = 100\%$  при  $\lambda = 300$  нм)



– продолжительности облучения.  
Действующие рекомендации МКО по контролю освещения в музеях выпущены в 2004 г. [4] и нуждаются в существенной актуализации в связи распространением в музеях светодиодных источников света.

## 2. Методы проведения исследования

Идея экспериментального определения предельно допустимых значений УФ излучения заключается в наглядном определении и представлении в виде графиков процесса изменения оптических свойств поверхности испытываемого материала под воздействием УФ излучения до заранее заданных значений, определённых в соответствии с выбранными критериями [5].

Методика определения изменения свойств материалов музейных и библиотечных фондов под воздействием УФ излучения состоит из самостоятельных методов:

– метод создания необходимого уровня облучённости с постоянным контролем значений экспозиции, при которых происходит изменение физико-химических и/или физико-механических свойств (в дальнейшем, изменение свойств);

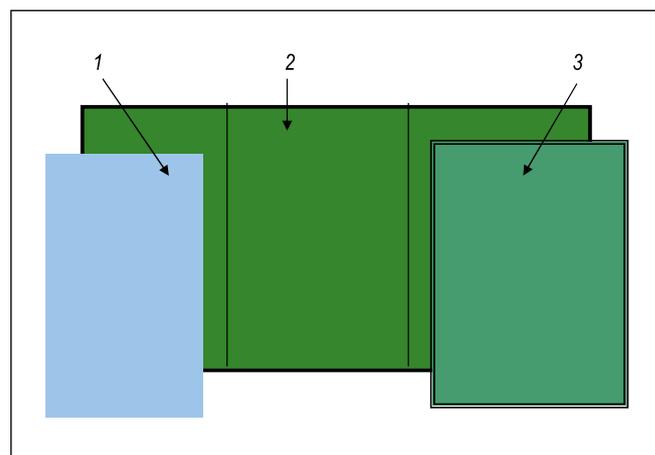
– метод измерения и контроля достигнутого изменения свойств материала;

– метод и порядок облучения конкретных выбранных для облучения образцов музейных и библиотечных материалов;

– обработка результатов испытаний контрольных и рабочих образцов.

Вследствие индивидуальной чувствительности к воздействию оптического излучения каждого из материалов для эксперимента было подготовлено максимально возможное количество образцов самых разнообразных материалов. Были отобраны и сгруппированы на 12 планшетах 83 образца различных материалов с предположительно высокой и средней чувствительностью к облучению, которые подвергались облучению в различных режимах источниками различной мощности и различного спектрального состава. Каждый образец был разделён на 3 участка (рис. 2) с примерно одинаковыми свойствами поверхности, первый из которых (контрольный) был закрыт светонепроницаемым экраном, а третий подвергался облучению только видимым светом через защитную плёнку, отсекающую УФ часть спектра излучения.

Рис. 2. Схема подготовки образца к облучению:  
1 – участок, закрытый светонепроницаемым экраном; 2 – открытый участок; 3 – участок, закрытый УФ фильтром



второй подвергался прямому облучению непосредственно источником УФ-излучения. Интенсивность облучения на объекте ежедневно контролировалась фотометром как в видимом, так и в УФ диапазонах, а экспозиция в Вт·ч/м<sup>2</sup> фиксировалась нарастающим итогом через каждые 8–9 часов ежедневного облучения. После каждого ежедневного облучения производились измерения оптических свойств поверхностей образцов. Измерения оптических свойств образцов производились (для уменьшения погрешности за счёт неоднородности их поверхности) в 3–6 точках каждого участка с усреднением результатов в пределах каждого участка, при освещении образцов специальной светоизмерительной лампой с высокостабильным спектром излучения и цветовой температурой  $T_c = 2856$  К.

Измерялся коэффициент яркости каждого из участков образца и координаты цвета  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , определяемые с помощью яркомера ФПЧ с цветоделительными фильтрами из стёкол КС13, ЗС11, СС5, рекомендованных для трехцветной проекции каталогом цветных стёкол.

Абсолютные значения координат цвета для разных типов материалов могут отличаться более чем на порядок и сильно зависят от условий измерения, поэтому для уменьшения погрешностей они не использовались. Более правильным является сравнение характеристик облучённых и необлучённых участков, т.е. определение изменения яркости и координат цветности участков, облучаемых УФ излучением, относительно контрольных.

Поэтому для дальнейшей обработки результатов измерений вычислялись относительные значения изменений яркости и координат цветности участков, облучаемых УФ видимым излучением, в процентах относительно контрольного участка для каждого из материалов после каждого ежедневного облучения.

Результаты измерений за достаточно длительное время (пока последствия облучения не станут хорошо заметными невооружённым глазом) сводились в таблицу, в соответствии с которой строились графики зависимости относительного изменения яркости<sup>1</sup> и цвета от полученной каждым образцом нарастающей во времени дозы УФ излучения, т.е. наглядно изображалось развитие во времени процесса изменения оптических свойств поверхности под воздействием облучения.

Для наглядного представления и проведения анализа происходящих изменений результаты обрабатывались с использованием специально разработанных программ на основе *Microsoft Excel*.

## 3. Результаты проведённых исследований

В основу выбора критерия допустимого значения изменения яркости был положен закон Вебера-Фехнера [6], согласно которому относительное значение пороговой величины

<sup>1</sup> Яркость измерялась фотометром фотозлектрическим переносным ФПЧ производства ЗОМЗ, г. Сергиев Посад (основная приведённая погрешность фотометра при измерении яркости составляет не более чем  $\pm 10$  %).

Допустимый уровень УФ экспозиции музейных материалов

Группа материалов по светостойкости	Допустимая УФ экспозиция, Вт·ч/м <sup>2</sup>
Газеты	68
Бумага	150
Акварель	1250
Масляная краска	1680
Текстиль	620

«заметности» изменения яркости объекта глазом не зависит от её абсолютной величины и составляет около 2 %. Пороговое значение «заметности» изменения цвета зависит, во-первых, от индивидуальных особенностей восприятия цвета каждым субъектом (различная спектральная чувствительность), и, во-вторых, от освещённости, цветового тона и цветовой насыщенности объекта. По результатам эксперимента порог заметности изменения цвета составил от 4–5 % для хорошо освещённых насыщенных цветов и до 20–30 % для малонасыщенных и тёмных (коричневый, фиолетовый, тёмно-синий, тёмно-зелёный) цветов.

Исходя из установленных критериев максимально допустимых изменений яркости ( $\pm 2\%$ ) и цвета ( $\pm 5\%$ ), по графикам изменения оптических свойств поверхности для каждого образца определялась максимально допустимая доза УФ излучения, при которой достигались критические значения заметности изменения яркости и цвета образцов (рис. 3, на примере акварели).

Максимально допустимые дозы УФ излучений для групп материалов (например, для акварели, независимо от цвета) определялись посредством выбора наименьшего значения максимально допустимых доз из полученных для всех образцов, входящих в данную группу материалов (табл. 1). Таким образом, это значение будет гарантированно безопасным для всех остальных материалов, входящих в группу.

В качестве рекомендуемых норм для максимально допустимых доз УФ излучения были приняты полученные максимально допустимые дозы с учётом пересчётных коэффициентов, учитывающих интегральное пропускание защитной плёнки на участках, облучаемых светом, и спектральную чувствительность радиометра при измерении УФ-излучения.

Пересчётный коэффициент для видимого излучения определялся экспериментально. Люксметром измерялась освещённость от одного и того же источника в одной и той же точке без плёнки и с плёнкой. Коэффициент пропускания света плёнкой составил 0,22, на столько же ослабляется свет, прошедший через плёнку и попадающий на испытываемые образцы. Следовательно, этот же коэффициент сле-

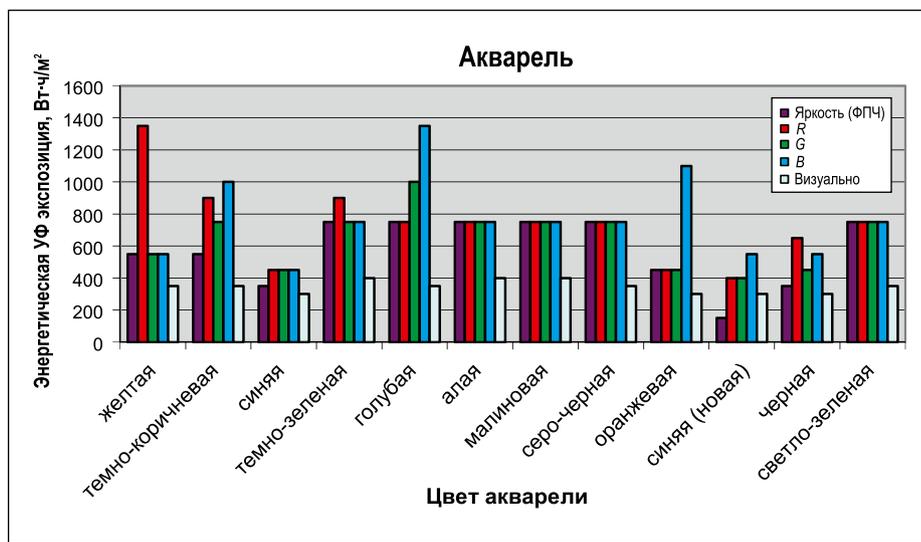


Рис. 3. Значения энергетической УФ экспозиции, приводящие к пороговым изменениям яркости (более чем 2 %) и координат цвета (более чем 5–20 %) (для акварели)

дует ввести в качестве поправки при определении истинного значения освещённости на образцах.

Пересчётный коэффициент для УФ-излучения был определён расчётным путём по типовой характеристике спектрального распределения излучения облучающей ртутной лампы высокого давления ДРШ-250 и спектральной характеристике чувствительности радиометра. Он составил величину 1,14. Этот же коэффициент следует ввести в качестве поправки при определении истинного значения облучённости на образцах.

В качестве норм для каждого типа материалов были установлены максимально допустимые дозы и интенсивности для постоянных экспозиций, для временных экспозиций и для длительного хранения и особо ценных экспонатов (табл. 2).

В качестве рекомендуемых норм минимальных допустимых значений облучённости/освещённости были приняты:

– для УФ излучения – практически достижимый минимум;

– для видимого излучения – нормы [7], обеспечивающие безопасный и аварийный проход по музейным помещениям, а также минимальные уровни освещённости, необходимые для комфортного рассматривания экспонатов.

Иллюстрация некоторых результатов исследований представлена на рис. 4.

#### 4. Фотометрические приборы для музеев

Продолжением выполненной работы стало создание группы фотометров, обеспечивающих измерения характеристик световой среды в музеях. В музейной практике наиболее востребованными являются измерения:

- освещённости;
- УФ облучённости;
- цветовых характеристик (цветовой температуры, индекса цветопередачи, координат цветности);
- яркости (в т.ч., распределения яркости в поле зрения наблюдателя);
- блёскости.



**The research of influence of ultraviolet radiation on exhibits**

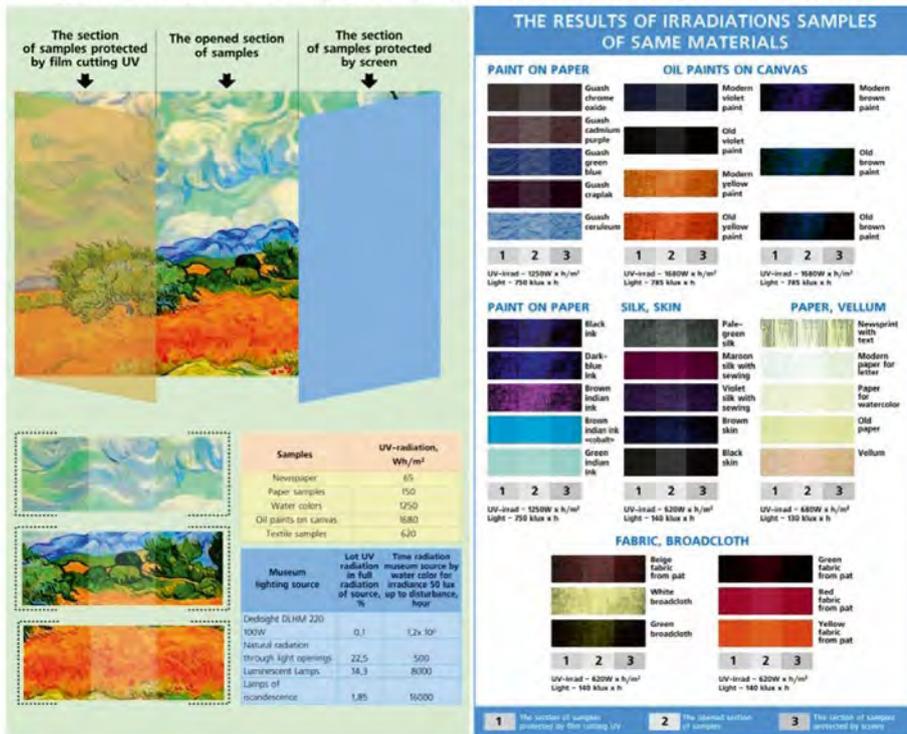


Рис. 4. Визуальные изменения в различных материалах

**4.1. Измерение освещённости**

Традиционно, наиболее распространённым прибором является надёжный и простой измеритель освещённости – люксметр. Существенные изменения в метрологии фотометров прошли во второй половине прошлого века. В [8] было показано, что использование распространённых люксметров на основе селеновых фотозащитных элементов и аналогичных по типу приборов приводит к существенной (более чем 20 %) погрешности при измерении люминесцентных источников света. В соответствии с рекомендациями МКО [9], измерители освещённости должны быть с высокой точностью скорректированными под относительную спектральную световую эффективность излучения  $V(\lambda)$ . ВНИИОФИ разработал соответствующие требования к средствам оптического измерения, и первым фотометром нового поколения, прошедшим государственную регистрацию, стал комбинированный прибор ТКА-01/3 (рис. 5) разработанный специально для музеев и библиотек.

В зависимости от экспонируемых материалов, уровень музейного освещения, как правило, находится в диапазоне от 30 до 700 лк. Однако целесообразно использовать один прибор как для измерения (контроля) освещённости в залах, в коридорах и на лестницах, где освещённость может снижаться до 5 лк, так и вне помещений, где освещённость может достигать 100000 лк и более.

Соответственно, диапазон изменений музейного люксметра должен находиться в пределах 1–200000 лк. Предел допускаемой относительной погрешности измерений не должен превышать 8 %. Таким требованиям удовлетворяет большинство выпускаемых люксметров: *Hagner* (Швеция), *Minolta* (Япония), *TKA* (Россия), *Testo* и *Krohmann* (Германия), *Kara Tekniikka Oy* (Финляндия) и другие.

**4.2. Измерение УФ облучённости**

Ещё более важное значение для сохранности музейных экспонатов имеет контроль за уровнем УФ облучён-



Рис. 5. Комбинированный прибор ТКА-01/3

ности. Разработка УФ-радиометров стала особенно сложной в метрологическом отношении задачей. Принятая методика приведения характеристик фотометрических приборов к П-образным не только была труднореализуемой, но и, по нашему мнению, не способствовала получению правильных результатов измерений.

Для снижения погрешности измерения применяются различные методы: ограничение типов источников излучения, введение поправочных коэффициентов и так далее. Благодаря найденному компромиссу, нам удалось найти возможность снизить суммарную погрешность измерения УФ излучения до 10 % в серийно выпускаемых УФ радиометрах ТКА-ABC и Аргус.

Незаслуженно забыты специально созданные индикаторные приборы, которые предельно просты в эксплуатации и энергоэкономичны.

Вероятно, по результатам новых исследований и рекомендаций МКО в ближайшем будущем потребуются проводить измерения отдельно в спектральных диапазонах A1 (315–340) и A2 (340–400). Эти спектральные зоны в светодиодных светильниках предположительно оказывают наибольшее воздействие на окружающую среду.

Среди разнообразия приборов следует отметить прибор «Хранитель» компании «ТКА», в котором специально для музеев повышена чувствительность в УФ диапазоне и одновременно производятся измерения 5-ти основных параметров микроклимата.

**4.3. Измерение цветовых характеристик**

Измерение спектрального состава света может иметь существенное значение как для безопасности хранения

Рекомендуемый максимальный уровень УФ облучённости материалов по группам светостойкости

Объект облучения	Группа материалов по светостойкости	Энергетическая УФ экспозиция, вызывающая заметное изменение цвета материалов, Вт·ч /м <sup>2</sup>	Рекомендуемый предел УФ облучённости, не более, мВт/м <sup>2</sup>		
			Для постоянных экспозиций	Для временных экспозиций	Для длительного хранения (>2-х лет) и для особо ценных экспонатов
Газеты, книги	3	68	24	40	3
Фотографии	3	60	21	35	2
Марки	3	80	28	45	3
Рукописи на бумаге и на пергаменте	3	50	18	30	2
Иконопись	3	100	35	50	3,5
Акварель	3	80	28	45	3
Чернила (в том числе цветные)	3	60	21	35	2
Тушь	3	60	21	35	2
Темпера	3	80	28	45	2
Пастель	3	80	28	45	3
Ковры, гобелены, ткани, одежда, кружева, мех, кожа	3	80	28	45	3
Коллекции насекомых, чучела птиц и животных	3	80	28	45	3
Живопись маслом	2	150	52	90	6
Изделия из кости	2	400	139	180	14
Деревянная утварь, мебель	2	500	174	220	20
Гуашь	2	150	52	90	6
Отдельные виды светочувствительных минералов и ювелирных изделий	2	1000	350	350	30

**Примечания:**

1. Предельные значения УФ облучённости приведены для любых источников света при ежедневном 8-часовом экспонировании.
2. Приведённые в табл. 2 значения являются предельно допустимыми с обязательным их уменьшением, если это не влияет на качество зрительного восприятия экспоната.
3. Если уровень УФ облучённости, создаваемый в помещении общим освещением, превышает указанные в табл. 2 пределы, то экспозицию следует временно прекратить и принять меры для защиты экспонатов. Меры защиты могут быть как технического, так и организационного характера.
4. Нижний предел УФ облучённости не нормируется, и во всех случаях следует стремиться к минимальным достижимым значениям.

и экспозиции, так и для лучшего представления экспонатов [10]. Множество выпускаемых моделей, в том числе компактных, в принципе, могут обеспечить измерение основных спектральных характеристик музейного освещения. Созданный для решения поставленной задачи спектроколориметр

(рис. 6) обладает необходимыми метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Спектроколориметры «ТКА-ВД» предназначены для измерений координат цветности и коррелированной цветовой температуры источников света в международной колориметрической

системе МКО 1931 г. и 1976 г., освещённости и яркости. Прибор внесён в Госреестр средств измерений РФ. В новой версии существенно улучшено спектральное разрешение и появилась возможность беспроводной передачи результатов измерений на ПК и гаджеты.

Рис. 6.  
Спектроколориметр  
ТКА-ВД



Рис. 7. Дистанционный  
яркомер «ТКА-КИНО»



#### 4.4. Измерение яркости

Дистанционное измерение яркости вполне обеспечивается обновлённой версией яркомера «ТКА-Кино» (рис. 7). Это простой и надёжный прибор, одним нажатием кнопки позволяющий измерять яркость освещённой поверхности. Он также может быть использован для оценки принятого в музейной практике показателя контраста<sup>2</sup> и распределения яркости.

В музеях находят широкое применение регистраторы для контроля температуры и влажности, которые должны дополняться регистраторами уровня освещённости или УФ облучённости с беспроводной передачей данных. Существует ещё ряд задач, которые могут быть решены при заинтересованности музеев. Необходимо восстанавливать содружество разработчиков и производителей измерительной техники и музейных специалистов.

<sup>2</sup> Принятое в музейной практике отношение яркостей самой светлой и самой тёмной частей фона или изображения.

#### 5. Заключение

Проведённые исследования и созданные на их основе средства измерений могут, в принципе, быть использованы при оценке музейного освещения. Однако малая изученность воздействия светодиодного освещения на музейные материалы не позволяет без дополнительных работ сделать вывод об изменении действующих правил и существенно увеличить допустимые уровни освещённости и УФ облучённости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Saunders, D. The Environment and Lighting in the Sainsbury Wing of the National Gallery // ICOM Committee for Conservation, 1993, vol.11, Lighting and Climate Control.
2. Thomson, G. The museum environment. 2<sup>nd</sup> ed. London: Butterworths, 1981.
3. Aydinli, S., Hilbert, G.S., Krochmann, J. Über die Gefährdung von Ausstellungsgegenständen durch optische Strahlung // Licht-Forschung.– 1983. – Vol. 5, No. 1. – P. 35–47.
4. CIE157:2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation // CIE, 2004.

5. Иванов Ю.П., Кузьмин В.Н., Томский К.А. Рекомендации по нормированию освещённости в музеях и библиотеках. – М.: Управление музеев Министерства культуры РФ, 1997.– 14 с.

6. Fechner Gustav Theodor //In Sachen der Psychophysik// Leipzig, Breitkopf und Hartel – 1877.– 248 стр.

7. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95\*.

8. Игнатъев В.Г., Боос Г.В. Что будем делать с люксметрами Ю-116 и Ю-117? // Научно-техническая конференция «Фотометрия и её метрологическое обеспечение», М., 1997, с. 27.

9. CIE53:1982 Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers. – Bureau Central de la CIE, Paris-France, 1982.

10. Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? // Светотехника.– 2014.– № 5. – С. 23–27.



**Баев Сергей Сергеевич.** Окончил Санкт-Петербургский Государственный Институт Кино и Телевидения (СПБКИТ) (2015 г.). В настоящее время – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета ИТМО

ского национального исследовательского университета ИТМО



**Кузьмин Владимир Николаевич,** доктор технических наук. Окончил КГУ (1971 г.) по специальности оптика и фотометрия. Заместитель генерального директора НТП «ТКА» по

оптике и фотометрии, профессор базовой кафедры светотехники СПБКИТ



**Томский Константин Иванович,** доктор технических наук, профессор. Окончил СЗПИ (1972 г.) по специальности «Радиотехника», генеральный директор НТП «ТКА», заве-

дующий базовой кафедрой светотехники СПБКИТ

# Светодиодное музейное освещение: возвращение к естественному свету

А. В. АЛАДОВ, А. Л. ЗАКГЕЙМ<sup>1</sup>, А. Е. ЧЕРНЯКОВ

ФГУБН «Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур Российской Академии наук», Санкт-Петербург

<sup>1</sup> zakgeim@mail.ioffe.ru

## Аннотация

В статье рассмотрены перспективы использования для музейного освещения управляемых полихромных светодиодных излучателей, работающих на принципе RGB-смешения. Подобные источники света позволяют создавать динамически управляемые по световому потоку и спектрально-цветовым характеристикам системы высококачественного освещения с широким диапазоном коррелированной цветовой температуры 2800–6500 К при высоких значениях всех индексов цветопередачи  $R_1$ – $R_{14}$ . Применение управляемых светодиодных источников света открывает перспективу сближения искусственного музейного освещения с естественным, при котором картина писалась художником, а следовательно, и к наиболее точному восприятию её зрителями. Возможность регулирования коррелированной цветовой температуры позволяет сделать освещение картины индивидуальным, в наибольшей степени отвечающим жанру и предмету произведения (портрет, пейзаж, время суток и др.). В статье также кратко рассмотрены основные теоретические, конструкторско-схематические и программные аспекты создания динамически управляемой светодиодной системы музейного освещения и приведены первые примеры её применения.

**Ключевые слова:** светодиод, источник света, светодиодная управляемая система освещения, RGB-смешение, световая отдача, индексы цветопередачи, коррелированная цветовая температура, дистанционное управление.

## 1. Введение

В быстро растущей сфере применения светодиодного (СД) освещения особое место занимает всё более широкое его использование в музеях. Сам по себе, этот процесс с участием таких

«грандов» как Лувр, Прадо, Амстердамский Рейксмузеум, и экспонированием «под светодиодами» мировых шедевров («Мона Лиза (Джоконда)», «Ночной дозор» и др.) свидетельствует о высоком качестве современных светодиодов (СД) и получаемого от них света [1, 2]. Действительно, признание СД освещения музеями связано со значительным повышением основных светотехнических показателей СД, а также «приближением к потребителю» – расширением номенклатуры и повышением удобства использования светильников с СД. Как известно, преимущества СД, впервые выведшие их на рынок осветительных приборов в начале 2000-х, заключались в отсутствие ИК и УФ полос излучения, световой отдаче (СО), сравнимой с люминесцентными лампами, и длительном сроке службы. При этом качество света оставляло желать лучшего. К настоящему моменту, успехи, достигнутые в повышении эффективности СД на основе *AlInGaN* наногетероструктур, превзошли самые смелые прогнозы. Рекордные значения КПД для синих полупроводниковых излучающих кристаллов (основа для люминофорных белых СД) составляют ~85 % [3]. Для белых люминофорных СД на основе эффективных синих СД компанией *Cree Inc.* был продемонстрирован уровень СО, достигающий 303 лм/Вт, что близко к теоретическому пределу [4]. Уровень СО серийных приборов составляет 150–200 лм/Вт, превосходя все известные типы ламп [5].

Но для музейного освещения не меньшее, а возможно, даже большее значение имеют не количественные показатели – освещённость и СО, а качественные показатели, в первую очередь, коррелированная цветовая температура ( $T_u$ ) и индексы цветопередачи (ИЦП). По современным требованиям, для высококачественного освещения общий ИЦП  $R_a$  должен быть не менее чем 95, а частные ИЦП

для насыщенных цветов  $R_8$ – $R_{14}$  – по крайней мере, не ниже чем 85 [6]. Следует признать, что, благодаря развитию технологии люминофоров и, отчасти, самих полупроводниковых излучателей (они могут быть не только монохромными, но и двухполосными [7]), уровень цветопередачи люминофорных СД значительно вырос, став приемлемым для освещения произведений живописи. Однако, превзойдя большинство люминесцентных ламп по эффективности и качеству света, в одном отношении люминофорные СД остаются наследниками люминесцентных ламп: их излучение статично, спектр излучения жёстко заложен при изготовлении и не может варьироваться в процессе работы.

Вместе с тем, для ряда применений, в том числе, и музейного освещения, привлекательной представляется возможность динамического управления спектрально-цветовыми характеристиками. Управляемость по спектру (цвету), впервые обозначенная Е.Ф. Шубертом как «*smart light*» (умный свет) [8], кардинально расширяет функциональные возможности искусственных источников света (ИС), в частности, меняя подходы к музейному освещению. Степень управляемости может быть разной: от варьирования во времени в определённом диапазоне  $T_u$  до воспроизведения широкой гаммы естественных цветов, включающей миллионы цветовых оттенков [9]. Возможна практически полная имитация естественного света с его переходами от тёплых к холодным тонам или, иными словами, возвращение искусственного света к естественному.

Произведения живописи старых мастеров, как и подавляющее большинство картин современных художников, написаны при естественном освещении. С физической точки зрения, естественный свет характеризуется широким сплошным спектром, близким к спектру излучения абсолютно чёрного тела (АЧТ) (рис. 1а), который, по определению, обеспечивает идеальную цветопередачу освещаемых объектов (все ИЦП для АЧТ равны 100). Положение максимума спектра излучения естественного света меняется в течение дня, переходя от тёплых тонов (рассвет) к холодным (полдень) и снова к тёплым (вечер), а также с погодными условиями (солнечно, облачно, пасмурно). В терминах колориметрии это отражается как изменение  $T_u$

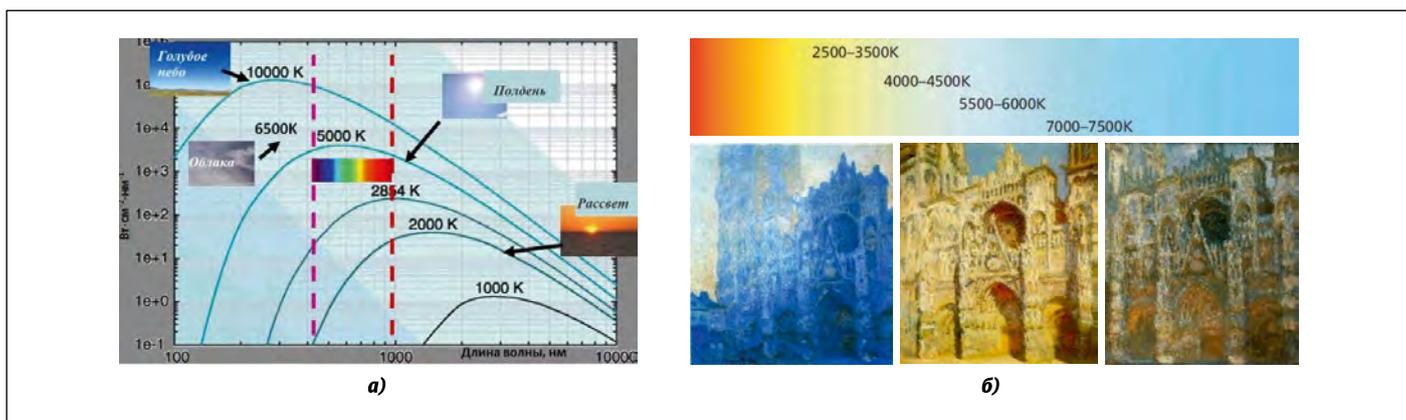


Рис. 1. а – спектральное распределение естественного освещения в различные часы и при различных погодных условиях; б – Руанский собор утром, днём и вечером на картинах К. Моне

от тёплых тонов ( $T_u \sim 2000\text{--}2500\text{ K}$ ) до холодных ( $T_u \sim 6000\text{--}10000\text{ K}$ ). Такое изменение освещения в сильной степени определяет восприятие художником предмета изображения, классической иллюстрацией чего является, серия картин К. Моне «Руанский собор при разном освещении – утром, днём, вечером», представленная на рис. 1б.

Но в музеях для освещения всегда или большую часть времени используется искусственный свет, до недавних дней получаемый от галогенных ламп накаливания, ртутных люминесцентных ламп или металлогалогенных ламп. Этот свет далёк от естественного. Хотя лампы накаливания и имеют спектральное распределение излучения, как у АЧТ, в силу низкой температуры нити накала их спектр почти не охватывает сине-голубую область длин волн, что плохо, например, для освещения пейзажей с морем или небом. Люминесцентные лампы характеризуются селективным спектром излучения, что делает их мало приемлемыми для освещения живописи из-за низких ИЦП. Перечисленные свойства ламп априори свидетельствуют о том, что их свет отличен от света, при котором писалась картина, а значит и восприятие зрителем живописи при искусственном освещении может быть не адекватно тому, что видел и хотел передать художник.

Возможно ли создание искусственных ИС, возвращающих естественный свет? Да, сейчас такая возможность появилась. Её техническая реализация связана с разработкой полихромных многокристалльных СД матриц, работающих на принципе RGB-смешения. Белый свет синтезируется, как сумма ряда полос излучения входящих в состав матрицы разноцветных

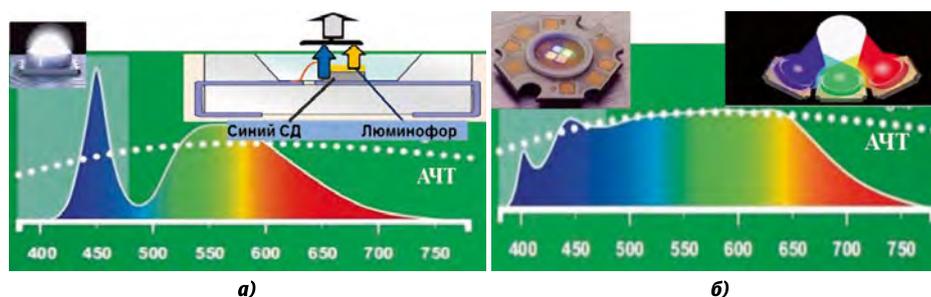


Рис. 2. Типичные спектры излучения люминофорного белого светодиода (а) и полихромного многокристалльного светодиода (б) на фоне спектра АЧТ (пунктир)

СД, управление тоном ( $T_u$ ) осуществляется посредством изменения вклада той или иной составляющей общего спектра.

Ниже кратко рассмотрены теоретические аспекты смешения цветов для синтеза белого света высокого качества, а также конструкция работающего на этом принципе управляемого СД ИС и функциональная схема всей системы освещения, включая способы дистанционного управления и программное обеспечение.

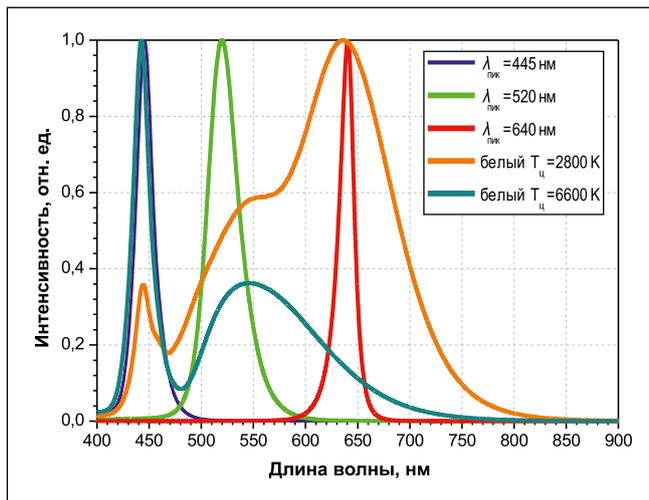
## 2. Моделирование смешения цветов, выбор компонентов управляемого ИС

Как уже отмечалось, к настоящему времени наибольшее распространение получили ИС на основе белых люминофорных СД, в которых исходное синее излучение полупроводникового кристалла частично переизлучается в жёлто-зеленую область люминофором, так что суммарный двухполосный спектр соответствует белому свету (рис. 2а). Несмотря на достигнутые высокие эффективность и цветопередачу ( $CO \sim 200\text{ лм/Вт}$ ;  $R_a > 80$ ), недостатком люминофорных СД остаётся типичная «двугор-

бость» спектра, из-за чего некоторые частные ИЦП  $R_i$  занижены, но главное – это невозможность изменения спектрально-цветовых характеристик при работе ИС.

Управляемость (тонкая настройка, регулировка, программирование) достижима в другой схеме СД ИС – на основе смешения излучения в многокристалльных полихромных СД матрицах [10]. Главный вопрос, возникающий при этом, сколько и каких именно по спектральному распределению полупроводниковых излучателей надо сложить, чтобы получить белый свет с заданными характеристиками. Рассмотрим этот важный вопрос несколько подробнее. Современные СД с той или иной эффективностью заполняют практически всю видимую область спектра (за исключением небольшого зазора вблизи длины волны  $\approx 550\text{ нм}$ , который получил название «green gap»), и при выборе 8–10 монохромных СД и соответствующем подборе их мощности можно получить огибающую суммарного спектра, практически совпадающую со спектром АЧТ для любой  $T_u$  (рис. 2б) [11,12]. Но как по техническим, так и по экономическим соображениям, такой подход оправдан лишь для создания уникаль-

Рис. 3. Спектральные распределения 3-х монохромных и 2-х люминофорных СД, используемых в качестве основы для смешения цветов



ных (эталонных) ИС [13], а в широкой практике нецелесообразен. За последние 20 лет большое число работ было посвящено моделированию и расчёту минимального, но достаточного количества СД для синтеза белого света с заданными параметрами [14–16]. Вопрос не имеет однозначного решения и упирается в фундаментальное противоречие между количественными и качественными характеристиками белого света:  $CO$  и  $R_a$  (увеличение одного из этих параметров всегда достигается за счёт уменьшения другого). Полученные в этих работах результаты сводятся, вкратце, к следующему. При типичной полуширине спектров монохроматических полупроводниковых излучателей  $\Delta\lambda_{0,5} \sim 15\text{--}40$  нм, получение белого света с высоким значением общего ИЦП  $R_a \sim 90$  требует сложения излучения 4–5-ти полупроводниковых излучателей с оптимально выбранными пиковыми длинами волн  $\lambda_{peak}$ , относительно равномерно распределёнными в видимом диапа-

зоне. Дальнейшее увеличение числа СД мало что добавляет к значению  $R_a$ , но приводит к заметному уменьшению  $CO$ . Существенно, что даже небольшое отклонение пиковой длины волны  $\lambda_{peak}$  отдельных СД от оптимальных значений может приводить к резкому уменьшению значений частных ИЦП  $R_i$ .

Нами для решения задачи смешения спектров СД использовались численная модель и программное обеспечение, разработанные ООО «СОФТ-ИМПАКТ», позволяющие при варьировании большого числа параметров смешения находить оптимально согласно специально заданной целевой функции [17]. В результате расчёта определяется полный спектр излучения и проводится его анализ: расчёт координат цветности  $x, y, T_{ц}$ , общего и частных ИЦП,  $CO$ . Модель позволяет формировать многопараметрическую целевую функцию и проводить оптимизацию белого света с заданной  $T_{ц}$  при условии, что значения

$R_a$  (а также конкретные  $R_i$ ) и  $CO$  будут не меньше заданных.

После анализа ряда комбинаций полихромных матриц типа  $RGB, RGBA, RGBW_c, RGBW_w$  ( $R, G, B, A$  – монохромные СД, соответственно, красного, зелёного, синего и янтарного цвета, а  $W_c$  и  $W_w$  люминофорные белые СД холодного и тёплого тонов), по результатам компьютерного моделирования в качестве оптимального для музейного освещения был выбран вариант излучателя с 5-ю составляющими: тремя монохромными СД (два на основе  $AlInGaN$  ( $\lambda_{peak} = 460$  нм,  $\Delta\lambda_{0,5} = 22$  нм;  $\lambda_{peak} = 520$  нм,  $\Delta\lambda_{0,5} = 34$  нм) и один на основе  $AlGaInP$  ( $\lambda_{peak} = 630$  нм,  $\Delta\lambda_{0,5} = 15$  нм)) и двумя люминофорными СД тёплого ( $W_w$ ) и холодного ( $W_c$ ) света с  $T_{ц} = 2800$  и  $6600$  К соответственно. Спектры излучения выбранных исходных СД приведены на рис. 3.

В экспериментах по синтезу белого света с заданными  $T_{ц}$  вначале устанавливались выходные оптические мощности СД, полученные при моделировании (оптимизация по максимуму  $R_a$ ), а потом при непосредственном визуальном контроле колориметрических характеристик с помощью прибора *OL 770-LED High-speed LED Test and Measurement System* проводилась индивидуальная подгонка мощностей излучателей до лучшего совпадения с соответствующей данной цветовой температуре точкой на линии чёрного тела.

Экспериментальные исследования в совокупности с моделированием показали, что выбранная комбинация 5-ти базовых СД позволяет создать ИС, обеспечивающий синтез высококачественного белого света в широком диапазоне  $T_{ц} = 2800\text{--}6500$  К, то

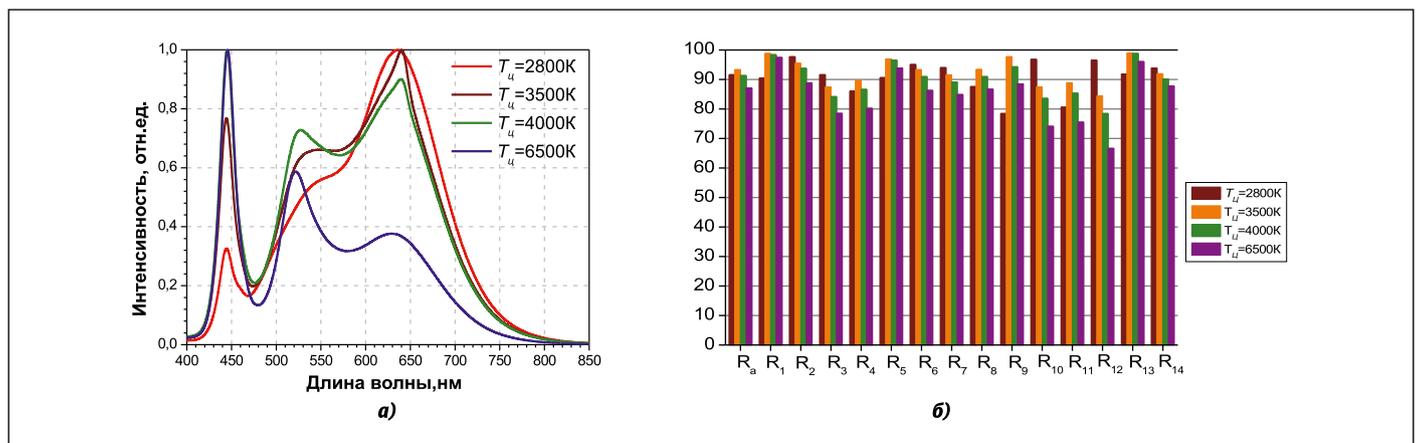


Рис. 4. Спектральные распределения (а) и значения ИЦП  $R_a, R_i$  (б) для управляемого источника белого света при  $T_{ц} = 2800, 3500, 4000$  и  $6500$  К

есть во всём практически важном для освещения диапазоне. На рис. 4 показаны соответствующие спектральные распределения, значения общего и частных ИЦП для четырёх значений  $T_{ij} = 2800, 3500, 4000$  и  $6500$  К. Отметим, что для всех  $T_{ij}$  основной вклад в общий световой поток вносят люминофорные СД, которые обеспечивают и высокие значения СО. Монохромные СД синего, зеленого и красного цвета играют корректирующую роль для «вытягивания» частных ИЦП. Как видно из рис. 4б, в области тёплого и нейтрального белого света (2800–4000 К) реализуется ситуация, при которой  $R_a \geq 90$ , а все частные ИЦП  $R_i \geq 80$ . Значения ряда частных ИЦП ( $R_1, R_5, R_{13}$ ) приближаются к 100. Особенно важно высокое значение  $R_9, R_{13}$ , доводимое до 95–98. Эти индексы не учитываются при расчёте  $R_a$ , но играют важную роль при воспроизведении ярко-красных цветов и оттенков цвета кожи человека.

### 3. СД система управляемого освещения: структура, основные элементы, принципы функционирования и программное обеспечение

В состав СД системы управляемого музейного освещения может входить как один, так и группа ИС, в зависимости от того, какая решается задача: подсветка одной картины, группы картин или общее освещение зала. Сам по себе, отдельный ИС является комплексным прибором, включающим электронные и оптические блоки.

Общая структура ИС показана на рис. 5. Ключевым элементом ИС является мультикристалльный полихромный модуль – плата с набором разноцветных СД и вторичной оптикой для смешения излучений 2. Спектральные характеристики СД, образующих модуль, были определены в предыдущем разделе, и по совокупности качеств, в первую очередь, СО, для их реализации нами были выбраны 4-х кристалльные СД компании *Osram Opto Semiconductors LE RTDUW S2W (R-G-B-W<sub>c</sub>)* и *LE CWUW S2W (W<sub>c</sub>-W<sub>w</sub>)* [18]. СД крепились на алюминиевом радиаторе, снабжённом вентилятором 3. Как показали исследования тепловых параметров, в наиболее тяжёлых режимах эксплуатации разогрев активной области СД не превышает 95 °С (тепловое сопротивление отдельных

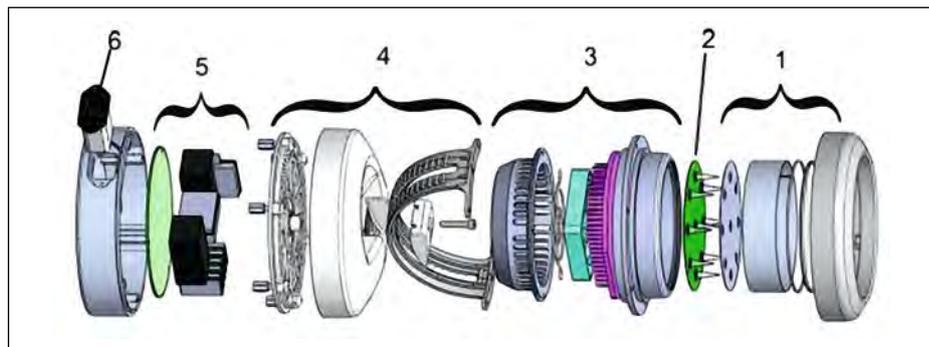
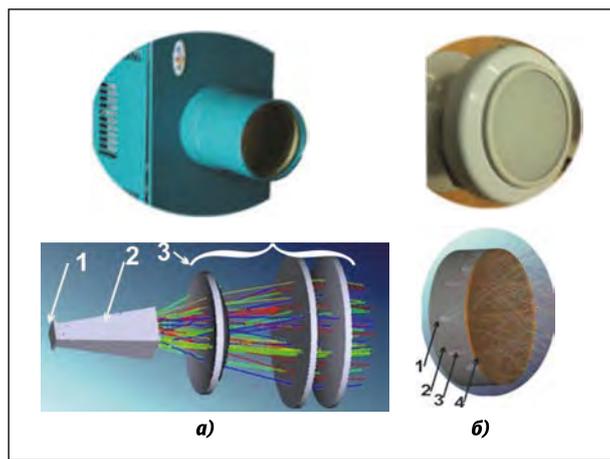


Рис. 5. Схематический вид основных блоков управляемого ИС. 1 – оптическая система, 2 – СД модуль, 3 – радиатор с вентилятором, 4 – основание корпуса с поворотным механизмом, 5 – электронный блок питания и управления, 6 – сетевой фильтр

Рис. 6. Фотография общего вида и оптические схемы двух типов ИС: а – ИС проекционного типа для подсветки отдельной картины (части картины): 1 – СД матрица, 2 – смеситель излучения, 3 – трёхлинзовый объектив; б – ИС диффузно-рассеивающего типа для освещения пространства: 1 – СД матрица, 2 – смеситель излучения, 3 – рассеиватель, 4 – боковой отражатель



СД ~ 4–5 К/Вт), а неравномерность разогрева по плате не превышает 10 %. Для стабилизации теплового режима (а это существенно для постоянства спектральных и мощностных характеристик СД) плата излучателей снабжена датчиком температуры, задающим включение вентилятора 3.

Оптическая система ИС 1 должна обеспечивать высокий коэффициент передачи излучения от СД к выходному окну, заданное пространственное распределение излучения, а также однородность по цвету в дальнем и ближнем полях, то есть хорошее смешение излучения отдельных СД. Расчёты и оптимизация оптической схемы проводились в соответствии с теорией об архитектуре оптимальных оптических систем. С учётом двух практически наиболее важных условий освещения предметов искусства были сконструированы два типа светильников: (I) с проекционной линзовой оптикой, обеспечивающей яркое ограниченное освещённое поле, используемое для локальной подсветки одной картины (или области на картине) и (II) с диффузно-рассеивающей оптикой, обеспечивающей равномер-

ное освещение всего помещения. Фотографии светильников и оба варианта оптической системы схематически показаны на рис. 6. Отметим, что в обоих вариантах важным оптическим элементом является смеситель излучения отдельных излучающих кристаллов, обеспечивающий однородность цветового поля по всем углам излучения (по площади освещаемого объекта).

Собственно излучающий модуль расположен на поворотном устройстве, крепящемся к основанию корпуса 4, в котором расположен электронный блок 5. Его функциональная схема (рис. 7) включает источники питания, приёмно-передающие модули обмена информацией по беспроводному каналу связи с пультом дистанционного управления (ПДУ) или компьютером, микроконтроллер и устройства управления (УУ), задающие режимы работы СД и, соответственно, их выходные излучательные характеристики. СД образуют пять цветовых групп (линеек последовательно включённых излучателей)  $R, G, B, W_c$  и  $W_w$ , подключённых к пяти блокам УУ, управляющих мощностью светового излучения каждой цветовой

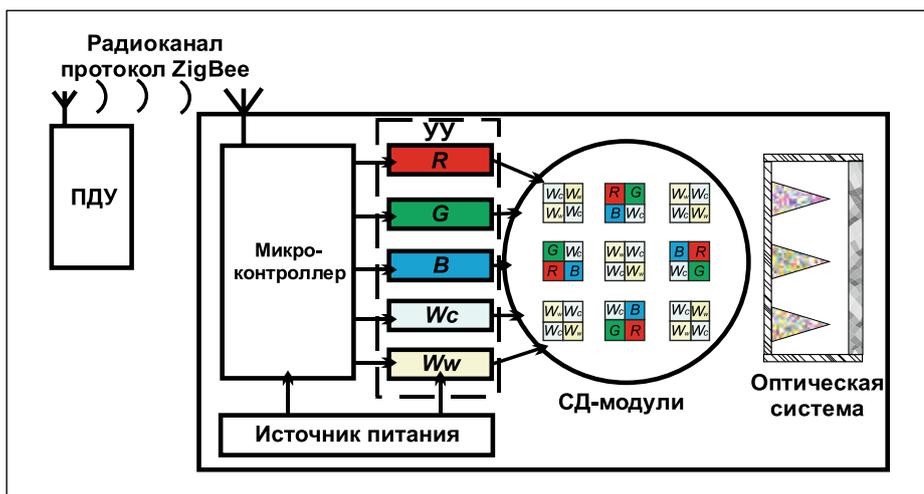


Рис. 7. Функциональная электрическая схема ИС



Рис. 8. Сравнительный вид картины при оптимальном освещении управляемым ИС с  $T_c = 5000\text{K}$  (а) и при освещении лампой накаливания с  $T_c = 2800\text{K}$  (б)

группы СД по уровню, задаваемому микроконтроллером.

Управление параметрами излучения ИС может осуществляться по сигналам, подаваемым на вход микроконтроллера по беспроводной сети (радиоканалу) от персонального компьютера или ПДУ. Микроконтроллер обеспечивает приём команд управления, задание световых характеристик группам СД различной цветности, а также контроль температуры платы СД. Основная задача беспроводной сети состоит в передаче сравнительно небольших объёмов данных на небольшие расстояния, причём сеть должна иметь минимальное потребление, реализуя необходимые схемы мониторинга и управления при решении светотехнических задач [19].

В нашей системе освещения технология построения сети основана на стандарте *IEEE802.15.4* и его программной надстройке *ZigBee* [20, 21]. Низкое отношение сигнал/шум позволяет сигналам стандарта успешно сосуществовать с альтернативными источниками излучения на той же частоте (*Wi-Fi*, *Bluetooth*). В стандарте

также предусмотрены каналы, которые не пересекаются по частоте с конкурентами, что позволяет реализовать сеть даже в непосредственной близости от мощных источников излучения.

ПДУ выполнен в виде блока, который вставляют в розетку сети электропитания, с цветным *TFT*-индикатором (размер диагонали – 3,5 дюйма) и с клавиатурой, состоящей из шести кнопок. ПДУ обеспечивает задание устанавливаемых  $T_c$  и яркости освещения, а также режима или времени их изменения. ПДУ обеспечивает управление ИС на расстоянии до 35 м.

Программное обеспечение сети представлено набором программ и позволяет реализовать управление от ПДУ или персонального компьютера разветвлённой сетью ИС по радиоканалу в круглосуточном энергосберегающем режиме,

#### 4. Эксперименты по освещению картин управляемыми СД ИС

Разработанные управляемые ИС были опробованы на практике для освещения картин с различной цветовой

палитрой на выставках [22] и в музейных экспозициях [23]. Проведённые эксперименты показали, что оптимальный выбор освещения, достигаемый в результате варьирования  $T_c$  ИС, позволяет получить наилучшее воспроизведение красок картины, близкое к тому, что имеет место при дневном свете. Выбор  $T_c$  управляемого ИС определяется сюжетом картины и тем, что на ней изображено, и, разумеется, отчасти является субъективным, опирающимся на мнение экспертной группы, оценивающей варьируемые условия освещения. В качестве примера на рис. 8 показана картина художника Б. Карафёлова с преобладанием холодных синих тонов при двух вариантах освещения. На рис. 8а картина освещена светом от управляемого ИС после выбора в качестве оптимальной  $T_c = 5000\text{K}$ , а на рис. 8б эта же картина показана при освещении светом лампы накаливания с  $T_c = 2800\text{K}$ . При сравнении рисунков ясно видно искажение цветопередачи при стандартном ламповом освещении, в котором не хватает синей составляющей спектра.

Отметим, что в некоторых случаях настройка управляемого ИС может отличаться от стандартного требования высокого ИЦП. Отступление от хорошего белого света может быть использовано для так называемого акцентного освещения. Например, освещение без зелёно-жёлтой составляющей (низкие  $R_3, R_{10}, R_{11}$ ) может быть применено для повышения контраста изображения – увеличения яркости объектов в сине-красных тонах на фоне остальных. Этот же подход – селективный выбор тех или иных спектральных составляющих освещения – представляет интерес при реставрации картин, позволяя выявлять те или иные слои краски на фоне других.

#### 5. Заключение

В статье рассматриваются принцип работы, устройство и основные характеристики управляемых СД систем освещения на основе многокристалльных полихромных матриц. Показана возможность широкой перестройки спектрально-цветовых характеристик, включая синтез белого света высокого качества с  $T_c = 2800\text{--}6500\text{K}$ , общим и частными ИЦП  $\sim 90$ , иными словами, возможность возвращения искусственного света к естественному с его вариациями в зависимости от време-

ни дня и погодных условий. В то же время, возможно получение и специального «акцентного» освещения для контрастного воспроизведения тех или иных красок.

На наш взгляд, применение подобных управляемых СД ИС открывает новые интересные перспективы для музейного освещения. Оно может трансформироваться от общего к индивидуальному, отвечающему сюжету и предмету живописи. В несколько утрированной формулировке это означает, что если на картине изображён полуденный морской пейзаж, то освещаться от управляемого ИС он должен при  $T_u \sim 6000$  К, то есть так, чтобы зритель видел картину при том освещении, при котором художник видел натуру.

К настоящему моменту управляемые полихромные СД ИС, хотя они и значительно уступают по масштабам производства и номенклатуре люминофорным белым светодиодам, вполне готовы к практическому использованию в различных областях: общее освещение автономных объектов, специальное освещение для регуляции психофизиологического состояния человека, освещение операционных для контрастной визуализации тканей и др. В этом ряду, управляемое музейное освещение представляется как важное и интересное направление, развитие которого требует совместных усилий разработчиков аппаратуры и музейных работников.

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

Работа выполнена при частичной поддержке Госконтракта с Минобрнауки РФ № 14.604.21.0187 от 26.09.2018, уникальный идентификатор: RFMEFI60417X0187.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Whitaker, T. LED lights illuminate paintings in London's National Gallery // LEDsmagazine – 2011. – June. – P. 9. URL: <http://ledsmagazine.com/news/8/4/13>
2. Philips Sheds New Light on Night Watch at the Rijksmuseum // LED professional. – 2011. – No. 28. – P. 5
3. Hurni, Ch.A., David, A., Krames, M.R. et al. Bulk GaN flip-chip violet light-emitting diodes with optimized efficiency for high-power operation // Appl. Phys. Lett. – 2015. – Vol. 106, No. 3. – P. 031101.

4. Cree: First to Break 300 Lumens-Per-Watt Barrier. URL <http://cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>

5. Cree's MK-R LED Offers up to 200 Lumens-Per-Watt // LED professional Review. 2013. – V. 35. – P. 6.

6. Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products. ANSI/NEMA C78.377–2008.

7. Mirhosseini, R., Schubert, M.F., Chhajed, S., Cho, J., Kim, J.K., Schubert, E.F. Improved color rendering and luminous efficacy in phosphor-converted white light-emitting diodes by use of dual-blue emitting active regions // OPTICS EXPRESS. – 2009. – Vol. 17, No. 13. – P. 10806.

8. Schubert, E.F., Kim, J.R. Solid-State Light Sources Getting Smart // Science. – 2005. – Vol. 308, No. 5726. – P. 1274–1278.

9. Закгейм А.Л. Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья (обзор) // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 12–20.

10. Shur M.S. Zukauskas A. Solid-State Lighting: Toward Superior Illumination // Proc. of the IEEE. – 2005. – Vol. 93, No. 10. – P. 1691–1703.

11. Гутцайт Э.М., Закгейм А.Л., Коган Л.М., Маслов В.Э., Социн Н.П. К моделированию стандартных источников света светодиодными модулями // Светотехника. – 2013. – № 4. – С. 61–66.

12. URL <http://seoulsemicon.com/en/technology/SunLike/>

13. Карли Н., Сперлинг А., Бизяк Г. Методы оптимизации синтезирования спектров настраиваемых многоцветных источников света // Светотехника. – 2018. – № 3. – С. 24–31.

14. Zukauskas, A., Vaicekaskas, R., Ivanauskas, F., Gaska, R., Shur, M.S. Optimization of white polychromatic semiconductor lamps // Appl. Phys. Lett. – 2002. – Vol. 80, No. 2. – P. 234–236.

15. Zukauskas, A. et al. Quadrichromatic white solid-state lamp with digital feedback // Proc. of SPIE. – 2004. – Vol. 5187. – P. 185–198.

16. Ohno, Y. Spectral design considerations for white LED color rendering // Optical Engineering. – 2005. – Vol. 44, No. 11. – P. 11302–1 – 11302–9.

17. Булашевич К.А., Кулик А.В., Карпов С.Ю., Черняков А.Е., Аладов А.В., Тальнишних Н.А., Закгейм А.Л. Оптимизация смешения цветов для перестраиваемых твердотельных источников света // Тезисы докладов 10-й Всероссийской конференции «Нитриды галлия, индия и алюминия – структуры и приборь». С-Пб, 2015. – С. 12.

18. URL [http://www.osram-os.com/osram\\_os/en/company/index.jsp](http://www.osram-os.com/osram_os/en/company/index.jsp)

19. Аладов А.В., Валюхов В.П., Закгейм А.Л., Черняков А.Е., Цацульников А.Ф.

Динамически управляемые светодиодные источники света для новых технологий освещения // Научно-технические ведомости СПбПУ. Физико-математические науки. – 2014. – № 4 (206). – С. 38–47.

20. Беспроводные сети ZigBee и IEEE802.15.4. Yu. Semenov (ИТЕР-МИПТ): <http://book.itep.ru/4/41/zigbee.htm>

21. Аладов А.В., Валюхов В.П., Демин С.В., Закгейм А.Л., Черняков А.Е., Цацульников А.Ф. Беспроводные сети управляемых энергоэффективных светодиодных источников освещения // Научно-технические ведомости СПбПУ. Физико-математические науки. – 2015. – № 1 (213). – С. 50–60.

22. URL <http://artholtn.ru/exhibitions/2016/dina-rubina-okna>.

23. Аладов А.В., Закгейм А.Л., Мизеров М.Н. О возможности применения интеллектуальных светодиодных источников света для музейного освещения // Архитектура и строительные науки. – 2012. – № 2–3 (13–14). – С. 2–6.



**Аладов Андрей Валменович.**

Окончил физический факультет Белорусского государственного университета (1981 г.). Старший научный сотрудник ФГБУН Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН



**Закгейм Александр Львович,**

кандидат технических наук. Окончил Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) (1972 г.). Учёный секретарь, заведующий лабораторией ФГБУН Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН



**Черняков Антон Евгеньевич,**

кандидат физ.-мат. наук. Окончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (2006 г.). Старший научный сотрудник ФГБУН Научно-технологический центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН

# Работы по модернизации освещения в зале № 277 Государственного Эрмитажа

М. П. БЕЛЯКОВА

ООО «Светопроект», Москва  
E-mail: bela@svsr.ru

## Аннотация

Описан опыт реконструкции освещения музейного зала № 277, расположенного в исторических интерьерах Зимнего дворца Государственного Эрмитажа. Задача работы – создание в зале музея гармоничной световой среды, благоприятной для общего восприятия архитектуры и интерьера зала и предоставляющей условия для полноценного восприятия экспонатов. Обозначены сложности: неклассические габариты зала, являющегося частью французской анфилады, полихромные росписи и лепнина стен и потолка, почтенный возраст (потемнение красочного слоя) и уникальность картин, а также крупные габариты обрамлений. Определены общие параметры системы освещения, состоящего из двух частей – общего освещения зала и освещения экспонатов. Система должна обеспечивать совместное, сочетающееся действие двух, независимо управляемых по потоку, составляющих: рассеянного (отражённого от свода потолка) и направленного (пря-

мого) света. Система должна быть перенастраиваемой (в известных пределах) и учитывать возможное в будущем изменение экспозиции. Система не должна оказывать негативное влияние на экспонаты и интерьер. Выбраны определяющие технические параметры системы: типы источников света, их коррелированные цветовые температуры, уровни общего и частных индексов цветопередачи, типы осветительных приборов и их местоположение, примерные уровни освещённости на картинах и стенах, ориентировочные соотношения освещённости от прямого и рассеянного света на картинах.

Проведённые строительные-монтажные работы и юстировка показали, что обновлённая осветительная установка отвечает поставленным задачам и соответствует требованиям качественного восприятия и безопасности экспонатов и интерьера зала.

**Ключевые слова:** музейное освещение, экспозиционное освещение, освещение музеев в исторических зданиях

В рамках подготовки к 1-ой Международной научно-практической конференции «Свет в музее» наше предприятие, входящее в состав МСК «БЛ ГРУПП», выполнило работы по модернизации освещения зала № 277 Государственного Эрмитажа в Санкт-Петербурге, посвящённого изобразительному искусству Франции XVII века. Экспозицию зала составляют пять картин средних габаритов и одна крупногабаритная картина. 300–400-летние полотна разных художников из-за весьма тёмного фона и при существовавшем освещении воспринимались зрителем непросто. До модернизации осветительная установка зала состояла исключительно из приборов карнизного освещения – светильники с люминесцентными лампами (3000 К) были установлены на карнизе в зоне импоста свода и нацелены на свод потолка; отражённым от свода светом освещали как стены, так и картины на стенах. Освещённость на картинах (и стенах) в вечернее время ранее составляла не более чем 25–38 лк. Световой поток, попадавший на картины, был только рассеянным. Второй составляющей, необходимой для хорошего восприятия картин, – прямого света – в тёмное время суток не было совсем. Таким образом, при почти одинаковой освещённости от рассеянного света на преимущественно тёмных картинах и вполне светлых стенах, картины пра-

Рис. 1. Фотографии свода, освещаемого люминесцентными лампами (старая осветительная установка) (слева) и светодиодами (новая осветительная установка) (справа). На правой фотографии форма потолка читается лучше



Таблица

Технические данные осветительных приборов Афродита и Вега марки GALAD

Наименование приборов	Мощность, Вт	Коррелированная цветовая температура, К	Полный угол излучения на уровне 0,5, град.	Место установки приборов
Афродита	6, 13	2860–3040	12, 24, 52	На шинопровode
Вега	20	4000	22 x 90	На карнизе

ктически не могли привлечь к себе внимание посетителей.

Относительно небольшой по площади (немногим более чем 40 м<sup>2</sup>), зал № 277 имеет такую же высоту, как и соседние залы французской анфилады: верх карниза расположен на расстоянии более чем 5 м от пола, а верх цилиндрического свода – на расстоянии около 7 м. То есть соотношение высоты возможного места крепления шинопровода (верх карниза) и линейных габаритов зала не совсем удобно для освещения светильниками, устанавливаемыми на шинопроводе. Чтобы обеспечить рекомендуемые углы падения света на картины (в пределах 45–75° к горизонтали) при большой высоте подвеса шинопровода, необходимо достаточное отдаление шинопровода от стены с картинами. При этом анфиладное расположение залов накладывало свои ограничения на месторасположение шинопровода со светильниками. Чтобы максимально ослабить возможное ослепление посетителя при взгляде вдоль оси анфилады, было необходимо исключить появление слепящего светильника в «простреле» анфилады, то есть приближать шинопровод к стене с картинами. При таких противонаправленных геометрических требованиях, крупные рамы картин оказались дополнительным осложняющим фактором. Однако необходимо было помочь посетителям лучше увидеть картины зала № 277, ведь в зале фактически не было специального освещения картин.

Кроме того, было необходимо показать форму потолка и его красивые росписи, сохранить привычный образ зала, а значит, и карнизное освещение.

Рис. 2. Фотография картины Валантена Лефевра «Эсфирь перед Артасерксом», сделанная при освещении светодиодами с высокими  $R_a$  и  $R_9$  (новая осветительная установка). Проявилась удивительная палитра красок художника, и сюжет стал не угрожающим, а позитивным – отчётливо видна указующая рука Артасеркса с железом, спасающего Эсфирь



Поэтому обновлённая установка освещения зала должна была состоять из общего освещения (отражённый свет) и освещения картин (прямой направленный свет). Также необходимо было привести систему освещения к одному типу источника света, и именно к тому, спектральные характеристики которого лучше подходят для освещения полотен, – современным светодиодам с высоким общим индексом цветопередачи  $R_a$  и высокими частными индексами цветопередачи  $R_9 - R_{14}$  (для насыщенных цветов).

Поэтому предстояло заменить приборы карнизного освещения светодиодными приборами, способными, к тому же, снизить яркость в основании свода и растянуть освещаемую часть свода по высоте и имеющими групповое управление (рис. 1). Для освещения непосредственно картин требовались светодиодные осветительные приборы нескольких типов по светораспределению, управляемые по

поток индивидуально. Были выбраны приборы марки «GALAD» – Вега (карнизное освещение) и Афродита (освещение картин)<sup>1</sup>.

Светильники для установки на шинопроводе Афродита изготовлены на напряжение 48В, что не только визуально минимизирует установку по габаритам, но и позволяет управлять потоком вручную (по месту, индивидуально для каждого светильника), не прибегая к устройству системы автоматизированного управления, которую невозможно реализовать, не навредив интерьеру в таком миниатюрном отдельном взятом зале.

Монтажные работы и нацеливание светильников были проведены в короткие сроки.

Результаты работы представлены на фотографиях, сделанных во время монтажа (рис. 2, 3). Даже при не-

<sup>1</sup> Светильники GALAD Афродита LED подробно описаны в [ ].

Рис. 3. Фотографии полотна Валантена де Булонь «Изгнание торгующих из храма» (главной картины зала), сделанные при освещении люминесцентными лампами (старая установка) (слева) и светодиодами (новая установка) (справа). На правой фотографии главные герои выглядят выразительнее



Рис. 4. Вид зала № 277 при обновлённом освещении



высоком качестве фотографий видно, что проявились акценты, незаметные ранее. Так как общий индекс цветопередачи  $R_a$  светодиодов светильников Афродита составляет 98 %, а индекс красного  $R_9$  также равен 98 %, то цвета красок картин выглядят более сочными, чем при освещении люминесцентными лампами. Картины стали более выразительными.

Коррелированная цветовая температура излучения светодиодов светильников Афродита составляет около 2900–3000 К, светильников Вега – около 4000 К. Таким образом, совместное действие двух видов освещения обеспечивает падающему на картины свету коррелированную цветовую температуру около 3200 К, что также положительно повлияло на выразительность – выявились важные участки картин, которые были малозаметны при прежнем освещении (рис. 3).

На момент юстировки было выставлено наилучшее, на наш взгляд, для вечернего восприятия соотношение общего освещения с карниза (25–30 лк) и освещения с шинопровода (40–120 лк) (рис. 4). При этом светильники на карнизе работают в режиме 20 % от своего максимального светового потока. Светильники шинопровода выставлены на 40–60 % от своего максимального светового потока. Если с течением времени появятся необходимость в смещении смысловых акцентов или перевесе картин, то изменением светового потока светильников Вега, управляемых групповым образом, и светильников Афродита, управляемых индивидуально, можно выставить не только новые значения освещённости, но и, в небольших пределах, соотно-

шение холодно-белого и тепло-белого света на картине.

Освещённость на картинах в вечернее время ранее составляла не более чем 25–38 лк, тогда как в случае новой установки освещённость на картинах от двух видов освещения составила не более чем 150 лк, из них около 25 лк – от общего освещения.

Технические данные осветительных приборов, использованных для модернизации освещения зала № 277, представлены в таблице.

Компания МСК «БЛ ГРУПП» выражает благодарность сотруднику Государственного Эрмитажа, содействовавшему выполнению монтажных работ по освещению зала № 277 в сжатые сроки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Койнов С.В., Ходырев Д.М. Музейное освещение – подход, пример и направление движения // Светотехника. – 2018. – С. 65–70.



**Белякова Маргарита Павловна**, инженер. Окончила Московский энергетический институт по специальности «Светотехника и источники света» (1976 г.). Главный специалист по свет-

товым решениям ООО «СветоПроект», член Союза дизайнеров России. Область профессиональных интересов: проектирование архитектурного и ландшафтного освещения, внутреннего электрического освещения общественных объектов, освещения музеев, экспозиционного освещения

Рост населения в мегаполисах требует внедрения систем умного планирования, чтобы избежать напрасной траты ресурсов и повысить безопасность граждан. Поэтому шанхайский район Вест-Банд – десять квадратных км вдоль берега реки Хуанпу – перейдёт под управления искусственного интеллекта.

ИИ-система городского управления *SenseTime*, разработанная одноимённой китайской компанией, объединит несколько сенсорных технологий и поможет искать заблудившихся детей, доложит о нелегальной парковке и подскажет, как лучше добраться из одной части района в другой, объехав пробки, сообщает *Shanghai Daily*.

По словам президента компании Чжан Вэня, *SenseTime* оснащена современными технологиями распознавания лиц, захвата изображений и прогнозирования на основе анализа больших данных. Это эффективный инструмент обеспечения общественной безопасности, управления городскими ресурсами и планирования, который позволит администрации стать ближе к горожанам.

Мозгом умного района станет новый вычислительный центр. Компания собирается вложить в его развитие \$117,6 млн. Он начнёт работу в 2020 году и станет самым крупным в Азии.

В мае *SenseTime* привлекла \$620 млн инвестиций, став самой дорогой ИИ-компанией в мире. Её технологии используются в смартфонах, устройствах интернета вещей, робомобилях, финансах и торговле. Среди её клиентов *Honda*, *Nvidia*, *UnionPay*, *Weibo*, *China Merchants Bank*, *Huawei*, *Oppe*, *Vivo* и *Xiaomi*.

Свой проект умного квартала в Торонто показала и дочерняя компания *Alphabet*, *Sidewalk Labs*. Дома в нём будут из дерева, все коммуникации – под землёй, а тротуарная плитка – с подогревом и светодиодами. Впрочем, из-за сопротивления властей площадь пришлось сократить с 320 до 4,8 га.

Источник [hightech.plus](http://hightech.plus)

# Музейное освещение – подход, пример и направление движения

С. В. КОЙНОВ, Д. М. ХОДЫРЕВ<sup>1</sup>

ООО МСК «БЛ ГРУПП», Москва

<sup>1</sup> hodyrev@bl-g.ru

## Аннотация

В статье в общих чертах рассматриваются светотехнические задачи, которые должны решать осветительные установки, предназначенные для экспозиционного и музейного освещения, а также способы, как этого добиваться, конструируя осветительные приборы, (на примере светильника одного из производителей). Также в рамках анализа подходов к решению этих задач рассмотрены основные идеи, представленные на конференции «Свет в Музее» в Санкт-Петербурге в апреле 2018 г.

**Ключевые слова:** освещение, светильник, свет в музее, осветительный прибор

Музей – место, где хранятся и экспонируются предметы культуры, истории и искусства. Место, куда люди приходят, чтобы увидеть, узнать что-то редкое, то, чего не увидишь каждый день. Это хранилище человеческой памяти. Люди приходят в музей для осмысления культурно-исторических периодов, представленных в его стенах.

Выставки могут остаться в памяти посетителей, а могут пройти незамеченными. И дело здесь не только в качестве выставляемых работ, но и в том, как они будут преподнесены публике. Свету в этом деле отводится далеко не последнее место. Он фактически определяет всё, что вы видите в музее. Неправильное освещение может нарушить и исказить цветовой баланс художественной работы. Каждый экспонат должен быть освещён индивидуально, погружая посетителя в ту или иную историческую и культурную эпоху, воздействуя на эмоциональное восприятие человека. Для оценки качества освещения в музеях необходимо учитывать экспозицию, цветопередачу, распределение яркости в поле зрения наблюдателя [1].

На сегодняшний день в России существует 3026 музеев. Общая площадь территории музеев в РФ со-

ставляет 485 тыс. гектаров. Из них 4 млн м<sup>2</sup> составляет площадь помещений музеев [2]. Несмотря на количество и значимость данных учреждений, в освещении музеев существует ряд проблем.

Правительство Российской Федерации уделяет сегодня большое значение модернизации музеев [3]. Это решает сразу несколько задач. Сохранение культурного наследия, с одной стороны, обогащает нацию, способствует патриотическому воспитанию и любви к своей земле и выдающимся людям и их творениям; с другой же стороны, способствует развитию туризма, перераспределению туристических потоков. Это важная государственная задача, поскольку туризм сегодня является мощным двигателем роста экономики, а также способствует укреплению имиджа государства. Ключом к реализации этой задачи является проработка нормативной базы и правильных подходов к решению возникающих проблем.

Современные отечественные нормы по освещению музеев выработаны в конце прошлого века и во многом носят экспериментальный характер, потому что на момент их создания воздействие света на материалы не было достаточно изучено. Рекомендуются источники света (ИС) для освещения экспонатов выступают люминесцентные лампы (ЛЛ) и лампы накаливания (ЛН) [4, 5]. Для экспонатов средней и низкой светостойкости необходимо предусматривать ограничения ультрафиолетового (УФ) и инфракрасного (ИК) излучений. Таким образом, применение ЛЛ становится ограниченным. Ведь светостойкость экспонатов определяется сохранением цвета и физических свойств материала под действием излучений ИС в видимой части спектра и особенно в УФ и ИК областях. Разрушающее действие этих излучений тем больше, чем они интенсивнее, чем продолжительнее их воздействие и чем ниже светостойкость экспоната. Су-

ществуют ГОСТы [6, 7] по определению устойчивости различных тканей/материалов к облучению искусственными ИС, но все эти методы актуальны только для газоразрядных типов ИС. Внедрение новых полупроводниковых ИС влечёт за собой необходимость переоценки данных стандартов для возможности формирования новых современных норм по музейному освещению. Использование ЛН уже стало не эффективно в наше время. Более того, в 2009 г. вышел закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В его основном положении говорится о запрете производства ЛН мощностью 100 Вт и более. С конца прошлого века происходит колоссальный прорыв в светотехнической отрасли. Появились новые, эффективные ИС, которые могут решить ряд проблем в музейном освещении. Поэтому сейчас в мире наблюдается отчётливая тенденция к пересмотру норм экспозиционного освещения [8]. В первую очередь, это, безусловно, узаконивание использования светодиодных (СД) ИС. Также необходимы и сейчас ведутся исследования на тему позитивного влияния СД ИС на восприятие экспонатов и их сохранность. Кроме того, ведутся исследования пределов возможного повышения уровней освещённости с использованием СД ИС, которые не оказывали бы влияния на сохранность материалов экспонатов. Результаты таких исследований должны лечь в основу модернизированных нормативных уложений.

Проектирование музейного освещения должно проходить в соответствии с требованиями к сохранности экспонатов, к комфортному восприятию, к энергоэффективности, внешнему виду и эргономике осветительной установки (ОУ).

Блики от естественных и искусственных ИС мешают рассмотреть картину или предмет в витрине и являются одной из самых частых причин недовольства посетителей [9]. В действительности, чтобы оценить, какое освещение пригодно для экспоната, надо установить норму его экспозиции, которая зависит от химического состава красок и материалов. Существует распространённое мнение, что великие произведения искусства следует воспринимать в том виде,



Рис. 1. Пример освещения картины при различных  $T_c$

в котором их видел автор, то есть при тех условиях освещения, которые существовали в момент создания произведения и при которых оно наблюдалось своими первыми зрителями. Это могли быть свечи, керосиновая лампа, свет костра, солнце во время заката и обычная лампа накаливания. Конечно, в условиях музея мы не можем использовать тот же самый источник света, но с помощью современных технологий можем подобрать максимально схожий. Решение этой задачи в наши дни – это создание ОУ со спектральным составом излучения, подобранном таким образом, чтобы он совпадал с тем, при котором художник создавал своё произведение.

Использование СД ИС даёт возможность создания и использования практически любого спектра излучения, что позволяет усиливать эстетическое восприятие произведений искусства и улучшать для этого восприятия условия окружающей среды, а это приводит к дополнительному привлечению посетителей в музей.

Возможность регулировки цветовой температуры ( $T_c$ ) в осветительном приборе (ОП) или группе приборов позволяет для каждого конкретного экспоната подобрать правильный оттенок – тёплый, нейтральный или холодный (рис. 1).

А высокий индекс цветопередачи ( $R_a$ ), не меньший чем 95, позволит посетителю увидеть настоящие цвета произведения искусства (рис. 2).

Неверный выбор ИС может привести к ускорению деградации целого ряда музейных экспонатов [10]. В частности, УФ и ИК излучения оказывают деградирующее действие на многие полимеры, ткани, бумагу и картины (рис. 3). СД ИС, обладая уникальными характеристиками, прекрасно подходят для музейного освещения [11]. В СД светильниках



Рис. 2. Пример влияния  $R_a$  на качество освещения картин

гораздо гибче и тоньше реализуется управление спектральным и количественным составом УФ излучения, количеством и направлением рассеяния тепла от ИС.

Преимуществом СД ИС является высокая энергоэффективность, а также низкое потребление электроэнергии (ЭЭ). Высокий срок службы СД позволяет уменьшить количество электромонтажных работ, связанных с заменой ИС после их выхода из строя. Если рассчитать годовые затраты ЭЭ для одной светоточки с использованием газоразрядного ИС мощностью 75 Вт и СД ИС мощностью 20 Вт с одинаковыми значениями светового потока ( $\Phi_v$ ), то окажется, что при переходе на СД освещение они уменьшатся примерно в 4 раза. Если говорить о музеях, где используется огромное количество ОП, то такая экономия ЭЭ является очень существенной. Таким образом, использование СД ИС в проектируемых ОУ предпочтительнее использования традиционных ИС [10].

Современные ОП и устройства для освещения музеев должны также соответствовать архитектурно-художественному оформлению помещений. При обновлении технического парка ОП следует, помимо прочего, учитывать их собственный дизайн и эргономику. Компактность, эстетичность, экономичность, простота и лёгкость эксплуатации являются важными критериями при выборе ОП.

Международная светотехническая корпорация «БЛ ГРУПП» имеет многолетний опыт в проектировании ОУ для музеев. И если в начале 90-х гг. специалисты корпорации проектировали освещение целого ряда музеев (включая ГМИИ им. А.С. Пушкина), используя свои идеи, но иностранное оборудование для их реализации, то сегодня мы сделали следующий шаг

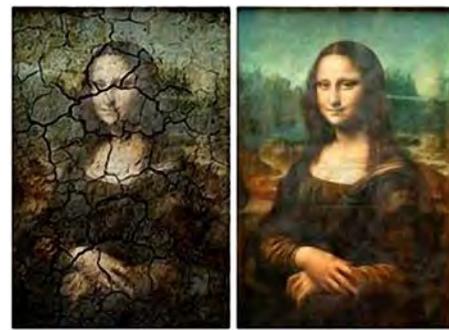


Рис. 3. Пример деградации картины при воздействии УФ и ИК излучений на неё: слева – воздействие ИК излучения (растрескивание), справа – воздействие УФ излучение (выцветание)

вперёд и разработали целый модельный ряд светильников для музейного освещения. На примере одного из них, рассмотренном ниже, хорошо видно, какое множество нюансов необходимо принимать во внимание проектировщику при выборе подходящего оборудования.

### Музейный светильник *GALAD Афродита LED*

Специальная конструкция, дополнительные модули и опции, настраиваемые параметры позволяют использовать эти светильники при освещении любых экспозиций, а также сохранить единый дизайн и обеспечить единое управление ОУ всех залов (рис. 4).

Экспозиции в музее могут быть как временные, так и постоянные, пространство внутри залов может реорганизовываться. Поэтому практически использовать трековые светильники, которые устанавливаются на шинопроводы. Это даёт возможность перемещать светильники вдоль экспозиции для правильного создания акцентирующего освещения. Также можно изготовить светильники с потолочным креплением.



Рис. 4. *GALAD Афродита LED*

Рабочее напряжение шинопровода – 48 В. Оно является безопасным, и позволяет поставить отдельный блок питания на группу светильников и отказаться от использования блока питания AC/DC220В в каждом изделии, что существенно снижает вес и габариты ОУ. Масса самого светильника – не более чем 1,6 кг. Блок питания *Афродиты LED* обеспечивает минимальный коэффициент пульсации светового потока, меньший чем 1 %, и коэффициент мощности не менее чем 0,9. Имеется возможность группового подключения ОП (рис. 5).

На рис. 6 представлена конструкция светильника *GALAD Афродита LED*, в котором:

- Литой алюминиевый корпус выполняет функцию радиатора для обеспечения оптимального теплового режима работы СД. Он может поворачиваться на 355° и 90°, что позволяет направлять ИС под разными углами и в противоположную сторону.

- Корпус светильника можно красить в любой цвет, что позволяет незаметно интегрировать его в интерьер любого выставочного пространства.

- СД модуль компании *CREE* со специальными спектральными характеристиками, с высоким качеством света. Модуль состоит из 5 СД разного цвета, каждый из которых можно регулировать, что даёт возможность с помощью системы управления изменять  $T_{ц}$  в пределах 3000–4000 К. Регулировка  $T_{ц}$  светильников никак не влияет на  $Ra$  – он остаётся неизменно высоким, не меньшим чем 95.

- Специальная оптика (14, 42 и 52°) не приводит к окрашиванию краёв освещаемого объекта (дисперсия). Разная оптика позволяет решать определённые задачи в освещении экспонатов: заливающее освещение или акцентирующее.

- Защитное стекло даёт возможность установки фильтров, это необходимо для защиты экспонатов от разрушающего излучения в ИК и УФ диапазонах.

- Светильник имеет степень защиты *IP20*, что обеспечивает защиту от попадания в него твёрдых частиц размером более чем 12 мм.

- Блок управления обеспечивает управление светильниками, которое осуществляется по протоколу *DMX512* (с поддержкой протокола *RDM* с возможностью обратной свя-

Рис. 5. Пример подключения группы светильников *Афродита LED* к одному блоку питания

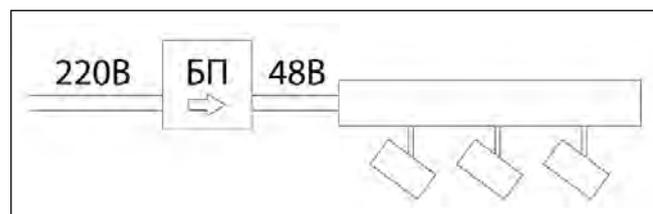


Рис. 6. Структурная схема светильника *Афродита LED*

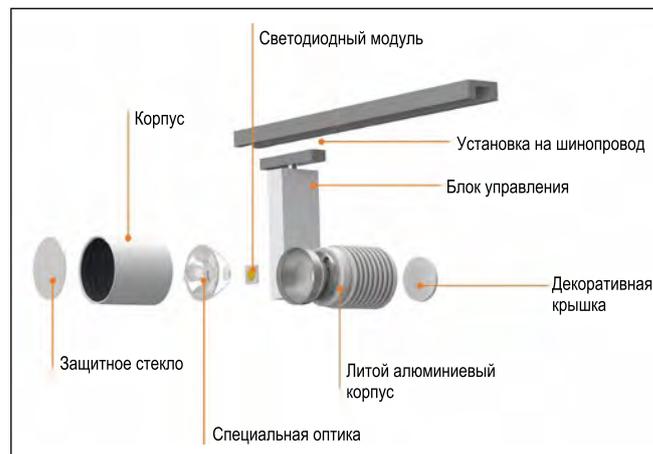


Рис. 7. Дополнительные аксессуары светильника *Афродита LED*



зи). Это позволяет присвоить каждому светильнику свой оригинальный номер и контролировать его с «начала жизни» – отслеживать время работы, температуру СД, ток, напряжение, деградацию кристалла, а самое главное – дозу в лк·ч. Вся информация сохраняется в компьютере и видна службам эксплуатации музея.

На рис. 7 представлены специальные опции, доступные для каждого светильника *GALAD Афродита LED*.

Все опции позволяют сделать точную регулировку размера и формы светового пучка, что позволяет подобрать наиболее оптимальное расположение светильников так, что они будут практически незаметны для посетителей. При этом:

- **Защитные шторы** обеспечивают необходимый защитный угол, предотвращают слепящее действие.

- **Кофра** концентрирует световой пучок, предотвращает попадание прямого света в глаза посетителей, улучшает визуальное восприятие.

- **Объектив** формирует световой пучок необходимого размера и чёткости.

- **Кадрирующая рамка** формирует трапецевидную форму светового пятна для освещения картин строго по контуру.

Существенно, что описанный выше и все прочие светильники *GALAD* для музейного освещения (рис. 8) производятся в России из российских комплектующих.

На основе российских музейных светильников *GALAD* сегодня реализуется ряд заметных проектов, и один из них – реконструкция освещения зала № 277 Государственного Эрмитажа в начале 2018 г.<sup>1</sup>

В зале № 277 выставлена живопись. Каждое полотно в нём уникально, и чтобы подобрать правильное освещение, необходимо рассматривать

<sup>1</sup> Реконструкция освещения зала № 277 Государственного Эрмитажа подробно описана в [12].

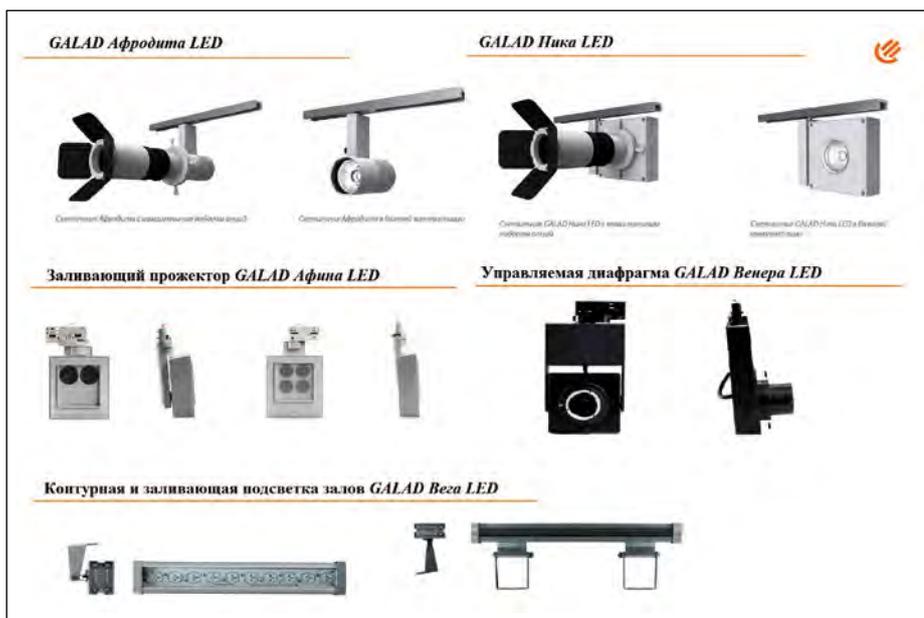


Рис. 8. Модельный ряд светильников GALAD направления «Музейное освещение»

Рис. 9. Варианты освещения картин светильниками GALAD с опциями и без



индивидуально каждый конкретный случай. Но существуют некоторые правила, которых стоит придерживаться всегда.

- В первую очередь, определяется оптимальное место осмотра – это та точка, откуда чаще всего посетители будут изучать картину. Важно, чтобы свет светильника, освещающего картину, не попадал на соседние произведения, а также не мешал их осмотру. Для этого часто используются защитные шторки или специальная оптика (рис. 9).

- Важным фактором при освещении картины являются материалы, из которых она изготовлена: дерево/холст/бумага; какими красками она написана: масло/акварель/пастель. Например, картины маслом имеют объём за счёт мазков, и если освещение направлено неверно, то мазки создают тени и нарушается задумка автора.

- Глянцевая поверхность картины может создавать блики и отражения, поэтому освещение часто падает на картину под острым углом, что позволяет лишние блики увести в ноги смотрящего. Угол падения прямого света

на плоские экспонаты при расположении их на стенах помещения или вертикальных стендах выбирают от 45 до 75° по отношению к горизонтали. При углах, больших чем 75°, на экспонатах образуются тени от рам, фактуры, искажающие экспонаты; при углах менее чем 45° блики от экспонатов с блестящей фактурой могут оказывать слепящее действие.

- Для каждой картины устанавливается определённая норма продолжительности экспонирования – время, в течение которого на картину может попадать свет. Переизбыток света может привести к быстрому старению.

- Для каждой картины устанавливается определённая годовая доза, которая обеспечивает относительно приемлемую степень деградации этой картины.

- Для постоянной экспозиции обычно применяется равномерное освещение, чтобы не создавать большой контраст с фоном и не нарушать целостность художественного восприятия. Слишком тёмный фон ухудшает условия светового комфорта, а на слишком светлом фоне теряются экс-

понаты. Выставочное же пространство даёт возможность экспериментировать и делать яркие и контрастные акценты.

- Также устанавливается максимально допустимый уровень освещённости. Например, для акварельных красок, бумаги и изделий из ткани он составляет 50 лк, а для масляной живописи – не более чем 150 лк [4].

Из особенностей зала № 277 следует отметить белёный сводчатый потолок, используемый в формировании общего освещения методом отражённого света. Старая ОУ была реализована на светильниках с люминесцентными лампами. Обследование, проведённое специалистами МСК «БЛ ГРУПП», показало недостаточный уровень освещённости картин, и самого помещения. С поправкой на то, что в настоящее время достаточные уровни освещённости не формализованы ни одним нормативным документом и существуют лишь в ряде документов в статусе рекомендаций.

Было принято решение реализовать общее освещение линейными светильниками, спрятанными от взглядов посетителей за потолочным карнизом. Количество светильников было определено светотехническим расчётом так, чтобы с учётом коэффициента отражения потолка обеспечить общее освещение зала в соответствии с нормативными требованиями.

Для освещения экспозиций были применены трековые светильники *Афродита LED* (рис. 10). Была задача – минимальное строительное вмешательство. В согласованных с руководством музея 4-х местах были установлены специально разработанные с учётом материалов стен и массы нагрузки уникальные узлы крепления, натянут трос и на тросе закреплён шинопровод. Расчёты узла крепления, материала троса и натяжения производились с учётом допустимого провисания и таким образом, чтобы это не могло повлиять на систему нацеливания светильников.

Выбор типа оптики и нацеливание светильников было осуществлено специалистами БЛ ГРУПП с учётом габаритов экспозиции, равномерности распределения освещённости по полотнам (в том числе, с учётом градиента). Тип СД в светильнике был определён с учётом свойств полотен

и необходимости обеспечить высокий уровень цветопередачи.

Работы по оценке объекта, проектированию, согласованию, монтажу были выполнены специалистами БЛ ГРУПП в кратчайший срок. Сегодня посетители Государственного Эрмитажа могут оценить обновлённый зал № 277.

Описанный выше проект и другие, подобные ему, – первые ласточки в предстоящей в ближайшие годы серьёзной модернизации музейного фонда. Учитывая масштаб стоящих в связи с этим перед светотехнической отраслью задач, сообщество специалистов нуждается в координации действий и выработке общих принципов работы на этом участке, имеющем государственное значение.

Поэтому с 18 по 21 апреля 2018 г. в Санкт-Петербурге в Государственном Эрмитаже состоялась первая научно-практическая конференция по вопросам музейного освещения «Свет в музее». Организаторами конференции выступили Государственный Эрмитаж, Научно-технический совет светотехнической отрасли (НТС «Светотехника») и Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт (ВНИСИ) им. С.И. Вавилова при поддержке Российского комитета Международного совета музеев (ИКОМ России) и Союза музеев России.

С докладами выступили представители музейного и светотехнического сообществ, приглашённые российские и иностранные специалисты в области музейного освещения.

Программа конференции «Свет в музее» была очень насыщенной, на протяжении всех дней продолжались активные дискуссии о том, какие сложности на сегодняшний день существуют в музейном освещении.

Первая и самая значимая проблема – это потребность в разработке стандарта, содержащего требования к освещению музеев и методы контроля выполнения этих требований; также необходимо организовать контроль параметров существующего музейного освещения и ОП, применяемых для освещения музейных объектов, и провести исследовательские работы по состоянию освещения в музеях.

Много было сказано о том, что освещение в музеях должно быть эстетически красивым, но при этом и энергоэффективным. Некоторые из до-



Рис. 10. Расположение и нацеливание трековых светильников для освещения картин

кладчиков делились уже собственным опытом освещения музейных экспонатов, говоря о том, с какими трудностями они столкнулись и какие методы применяли для решения этих проблем.

По окончании конференции (20 апреля 2018 г.) председатель Научно-технического Совета светотехнической отрасли (НТС «Светотехника») Г.В. Боос и директор Государственного Эрмитажа М.Б. Пиотровский подписали «Меморандум о научно-техническом сотрудничестве в сфере музейного освещения» в Зале Совета Государственного Эрмитажа.

В рамках конференции также прошёл Круглый стол Светотехнической торговой ассоциации (СТА) «Осветительное оборудование для освещения музеев» под председательством вице-президента СТА С.В. Койнова и президента компании «Лайтинг Бизнес Консалтинг» В.Г. Габриеляна. На Круглом столе вопрос музейного освещения был рассмотрен с нескольких практических сторон. А.В. Исаев, главный энергетик Государственного Эрмитажа, рассматривал те принципы и подходы, на которые ориентируется музей в формировании своих систем освещения. Ряд докладов от представителей компаний – производителей оборудования, таких, как *Philips*, *iGuzzini*, были посвящены конкретным приборам и их преимуществам. Президент компании «Точка опоры» С.Н. Коломийцев, с другой стороны, сделал акцент на индивидуальных подходах к проектированию освещения экспозиций и предложении нестандартных решений. Представитель компании *Erco* М.А. Берзин рассказывал не о светильниках, но о типах трековых систем для их размещения. А коммерческий директор ООО «Трион LED» Т.М. Тришина посвятила свой доклад критериям и инструментам оценки света в му-

зейном освещении. Представитель МСК «БЛ ГРУПП» рассмотрел вопрос освещения музеев в комплексе – не только экспозиция, но и окружающая территория, и офисы, и помещения для хранения... И ещё сильнее раскрыл эту тему о связи со смежными с чистой светотехникой отраслями генеральный директор «Лайтинг Бизнес Консалтинг» С.В. Боровков – его доклад назывался «Современный музей как фактор урбанистического, экономического и социального роста».

Главными целями совместной работы являются: привлечение профессионалов к освещению музейных ресурсов и сохранению культурных ценностей, а также проведение исследований влияния искусственного света на музейные объекты, разработка правовой базы, контроль качества и безопасности работы осветительной техники в музеях и внедрение энергоэффективных источников света для освещения музейных экспозиций.

Все участники конференции видят основную задачу как сотрудничество и совместную работу для достижения поставленных целей и преодоления существующих в настоящее время проблем.

Г.В. Боос и М.Б. Пиотровский пришли к мнению о том, что Научно-практическая конференция «Свет в музее» станет традиционной и будет проходить раз в два года. Планируется одновременное с конференцией проведение выставки светотехнического оборудования для музейного освещения, на которой производители смогут представить приборы и рассказать об особенностях их конструкции, продемонстрировать их в действии для решения тех или иных задач при освещении экспонатов. Следующая конференция «Свет в музее» намечена на 2020-й год.

1. Шахпаруянц А.Г., Розовский Е.И., Черняк А.Ш., Федорищев П.А. Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы // Светотехника. – 2018. – Спецвыпуск «Свет в музее». – С. 36–39.

2. Данные ООО «ЛайтБизнесКонсалтинг» (частное сообщение).

3. Государственная программа РФ «Развитие культуры и туризма» на 2013–2020 годы [Электронный ресурс] URL: <https://www.russiatourism.ru/content/2/section/27/detail/27/>

4. Рекомендации по проектированию искусственного освещения музеев, картинных галерей и выставочных залов. М.: ВНИПИ Тяжпроэлектропроект им Ф.Б. Якубовского, 1992 г. – 91 с.

5. Рекомендации по проектированию музеев. ЦНИИЭП им Б.С. Мезенцева. М.: Стройиздат, 1988 г. – 48 с.

6. ГОСТ 9780–78 Материал переплётный. Метод определения светостойкости.

7. ГОСТ 21903–76 Материалы лакокрасочные. Методы определения условной светостойкости.

8. Лобацкая Э. О светильниках для музеев // Light Design. – 2005. – № 2. [Электронный ресурс] URL: <http://www.artlight.ru/index.php/actions/vetilniknews/newsidsvetilnik49/>

9. Сурикова К. Световое проектирование в музее: основные ошибки [Электронный ресурс] // Интернет журнал о дизайне и архитектуре Berlogos. URL: <http://www.berlogos.ru/article/svetovoe-proektirovaniye-v-muzee-osnovnyye-oshibki/> (дата обращения: 21.06.2016 г.)

10. Бхаттачарджи А., Мазумдар С. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению // Светотехника. – 2016. – № 2. – С. 8.

11. Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 23–27.

12. Белякова М.П. Работы по модернизации освещения в зале № 277 Государственного Эрмитажа // Светотехника. – 2018. – Спецвыпуск «Свет в музее». – С. 62–64.

На новом сайте журналов «Light & Engineering/Светотехника» впервые официально в открытом доступе размещена поистине легендарная «Справочная книга по светотехнике» по редакцией академика Юлина Борисовича Айзенберга.

Как отмечает целый ряд специалистов, эта книга – по сути «библия» для инженеров-светотехников и электриков, архитекторов и светодизайнеров, производителей и продавцов светотехнической продукции, студентов и аспирантов.

Справочник содержит полную и подробную информацию о физических принципах работы и технических характеристиках основных групп светотехнических изделий, нормативные и справочные данные по источникам излучения, пускорегулирующим аппаратам, электроустановочным устройствам, световым

приборам и светотехническим установкам. Приведены сведения об основных понятиях и величинах светотехники, метрологии излучения, нормировании, расчётах, проектировании и эксплуатации светотехнических установок различного назначения, а также о естественном освещении, облучательных установках, подводном освещении.

Рассмотрены проблемы «Свет и здоровье», «Энергосбережение и экология».

В приложениях даны действующие нормативные документы России и Международной комиссии по освещению.

В настоящее время идёт работа над новым переработанным изданием «Справочной книги по светотехнике», в котором будут учтены все современные достижения науки и технологий в области изучения и применения света.

### «Светотехника» для детей и их родителей

Осенью этого года вышел первый выпуск журнала «Светотехника» для детей школьного возраста. Впервые мы рассказываем о свете – самом загадочном явлении в мире, и об интересной науке – светотехнике, о влиянии света на здоровье человека и экологию, об интересных открытиях, связанных с пониманием и изучением свойств света, школьникам, их родителям и учителям в доступном изложении. Цель специального выпуска – расширение круга дополнительной и увлекательной информации о свете, а значит и в области физики, биологии, экологии, истории и даже безопасности жизнедеятельности.

Возрождая то полезное и хорошее, что было в таких журналах, как «Наука и жизнь», «Техника молодёжи», «Квант» и других, мы

стремимся не только расширить кругозор школьников и помочь им в профессиональной ориентации, но и популяризовать значимость академической и прикладных наук, связанных с темой света и освещения.

В 2019 году планируется подготовить ещё два таких выпуска журнала, но редакция не исключает возможность увеличения количества годовых выпусков при наличии интереса и потребности в подобном издании.

Подписку на детское приложение к научно-техническому журналу «Светотехника» можно оформить на сайте журнала с 15 ноября 2018 года или в подписных агентствах с 1 апреля 2019 г. (в каталоге «Пресса России», отдел «АРЗИ» и в каталоге подписных изданий «ПРЕССИНФОРМ»).

### Китай запустит искусственную луну

К 2020 году Китай запустит искусственную луну, которая сможет частично заменить уличное освещение. Речь идёт об искусственном спутнике, который станет отражать свет солнца, причём этот спутник окажется примерно в девять раз ярче, чем настоящая Луна. Об этом сообщило китайское издание «Жэньминь жибао».

Как утверждают разработчики, в числе которых Институт исследований микросистемных систем для космоса, зону освещения земной поверхности можно будет регулировать – диаметр светлого пятна варьируется в пределах от 10 до 80 километров.

Специалисты полагают, что свет искусственной луны не побеспокоит людей и животных, поскольку в световом пятне яркость освещения будет примерно такая, как в сумерки.

В 1993 году Россия испытала космический отражатель, проект получил название

«Знамя-2». На борту космического корабля «Прогресс М-15» установили катушки с алюминизированной плёнкой толщиной 5 микрон. На орбите плёнка раскрутилась, образовав зеркало диаметром 20 метров. Отражённый от него солнечный свет, попав на землю, образовал пятно диаметром около 5 километров. Пятно перемещалось со скоростью 8 км/с – с такой скоростью двигался «Прогресс» по орбите. Таким образом была доказана возможность создания искусственной луны.

Главными проблемами на пути создания искусственной луны, сообщает «Российская газета», сегодня считается дороговизна проекта, а также сложность вывода на орбиту зеркала, их монтаж и наведение с учётом множества летающих по орбите обломков, так называемого космического мусора.



**Койнов Сергей Владимирович,**  
генеральный директор по торгово-промышленной политике МСК «БЛ ГРУПП». Окончил Новосибирский государственный университет экономики и управления

«НИНХ» по специальности «менеджмент». Вице-президент Светотехнической торговой ассоциации



**Ходырев Дмитрий Михайлович.**  
Окончил МЭИ. Начальник отдела технического сопровождения МСК «БЛ ГРУПП»

# Органические светодиоды – инновационный источник света

С.А. СТАХАРНЫЙ

АО «ЦНИИ «Циклон», Москва  
E-mail: stakharnys@ya.ru

## Аннотация

Статья является обзорным материалом, посвящённым новым источникам света – органическим светодиодам, имеющим большие перспективы применения в системах общего и специального освещения. В статье рассмотрены физические принципы работы органических светодиодов, их преимущества и принципиальные отличия от традиционных неорганических светодиодов и других источников света. Представлены современные достижения и перспективы развития данного направления применительно как к общему, так и к музейному освещению, а также к другим областям, где свойства органических светодиодов как «высококачественных» источников света могут быть крайне полезны.

**Ключевые слова:** органические светодиоды, ОСД, источники света, индекс цветопередачи, освещение.

## 1. Введение

В настоящее время светодиоды (СД) находят всё большее применение

в освещении в качестве нового источника света, постепенно вытесняя традиционные источники света – лампы различного типа. Органические светодиоды (ОСД) являются отдельным классом устройств и наиболее новым направлением развития твердотельного освещения (*SSL – solid state lighting*). Хотя на рынке существует лишь ограниченное количество коммерчески доступных ОСД панелей, в открытых источниках фигурирует большое количество концептуальных и уже реализованных проектов, иллюстрирующих возможности ОСД (рис. 1).

Это светящиеся окна и потолки, в том числе, прозрачные, светильники различных форм и конфигураций, светильники на основе гибких ОСД панелей. На данный момент органические СД отстают по некоторым качественным характеристикам от неорганических, например, по световой отдаче и ресурсу, но главным сдерживающим фактором распространения этих источников света остаётся их высокая стоимость. Тем не менее, постепенное совершенствование ха-

рактеристик ОСД структур, масштабирование и освоение массового производства и, как следствие, снижение удельной стоимости этих источников света (\$/лм) вкуче с их уникальными свойствами неизбежно приведёт к их широкому распространению.

## 2. Физические принципы работы и особенности ОСД

Как неорганические, так и органические СД относятся к электролюминесцентному классу устройств, у которых свет генерируется в структуре в результате излучательной рекомбинации носителей заряда противоположного знака (электронов и дырок), инжектированных из катода и анода соответственно. Однако имеются принципиальные отличия в физических принципах работы органических и неорганических СД белого света. В неорганических СД белый свет получается в результате смешения исходного излучения кристалла в синей области спектра (электролюминесценции) и фотолюминесценции люминофорной смеси, покрывающей кристалл, в широкой зелёно-жёлто-красной области спектра (рис. 2а).

Размер кристалла СД обычно не превышает 1×1 мм, и при этом мощность СД составляет около 2 Вт и более. Пример СД в корпусе размером 3,5×3,5 мм приведён на рис. 2б. Малый размер при столь высокой удельной мощности относит неорганические СД к точечным источникам света

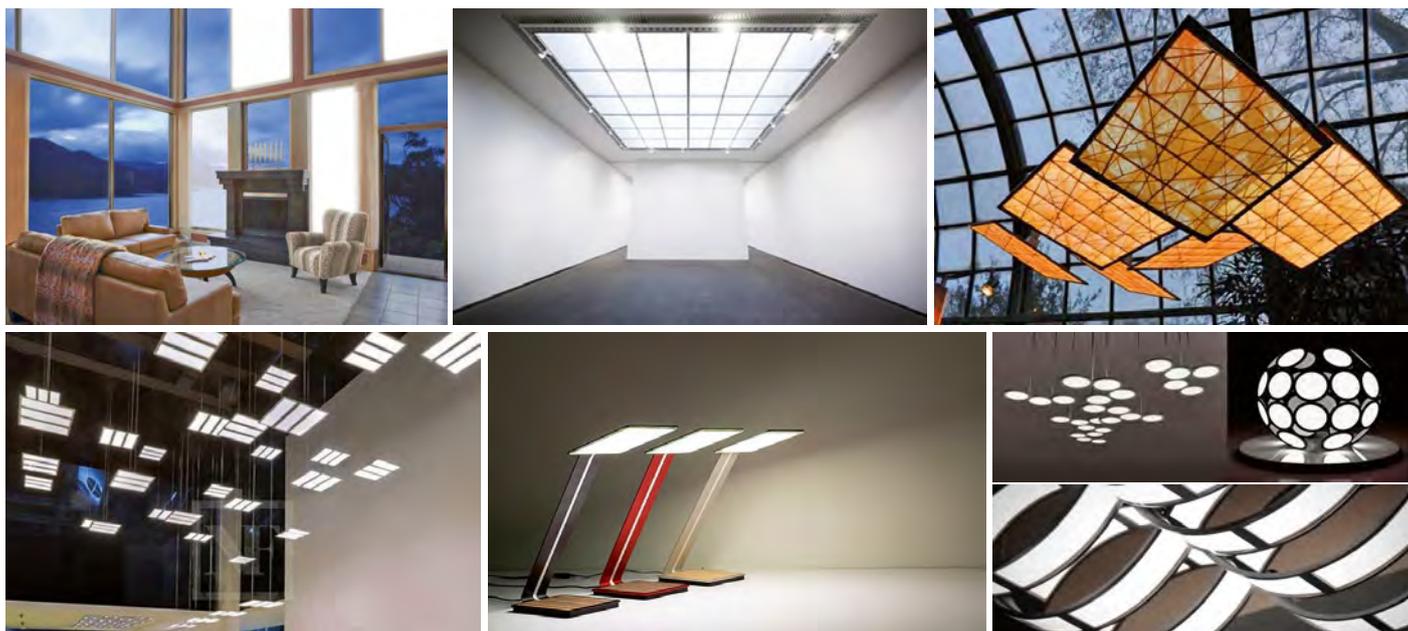


Рис. 1. Концептуальные и реализованные проекты на основе ОСД панелей

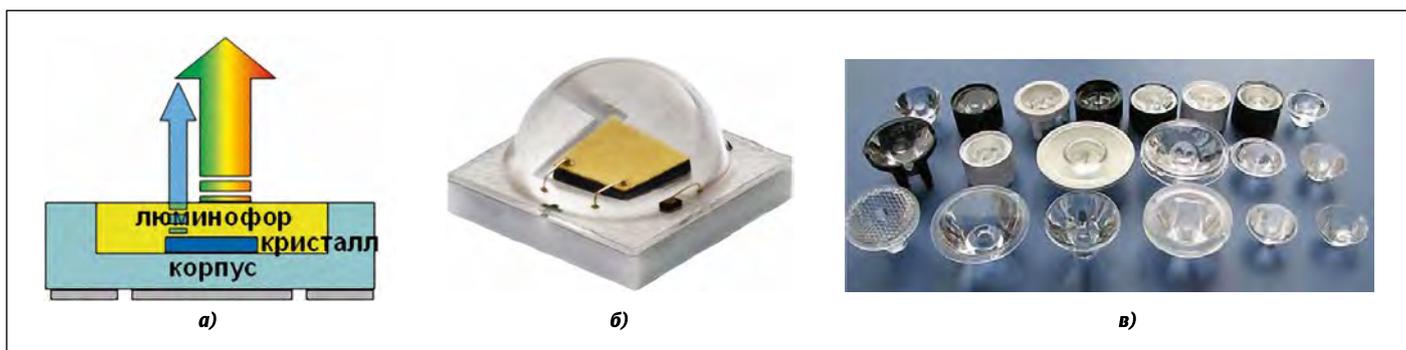


Рис. 2. Принципиальная схема белого СД (а), пример СД в корпусе размером 3,5х3,5 мм (б), вторичная оптика (в)

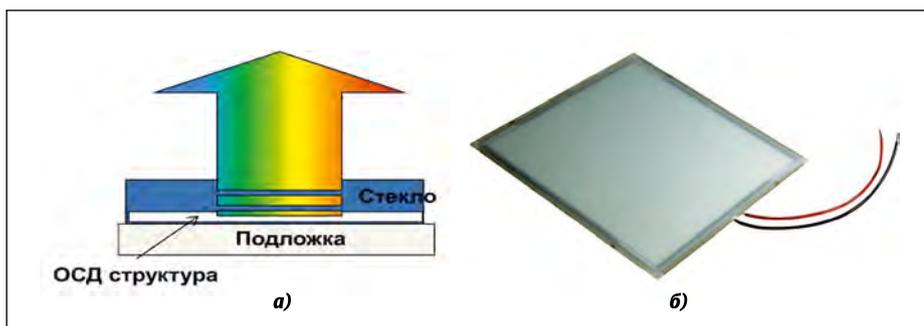


Рис. 3. Принципиальная схема ОСД (а), ОСД панель компании LG Chemical (б)

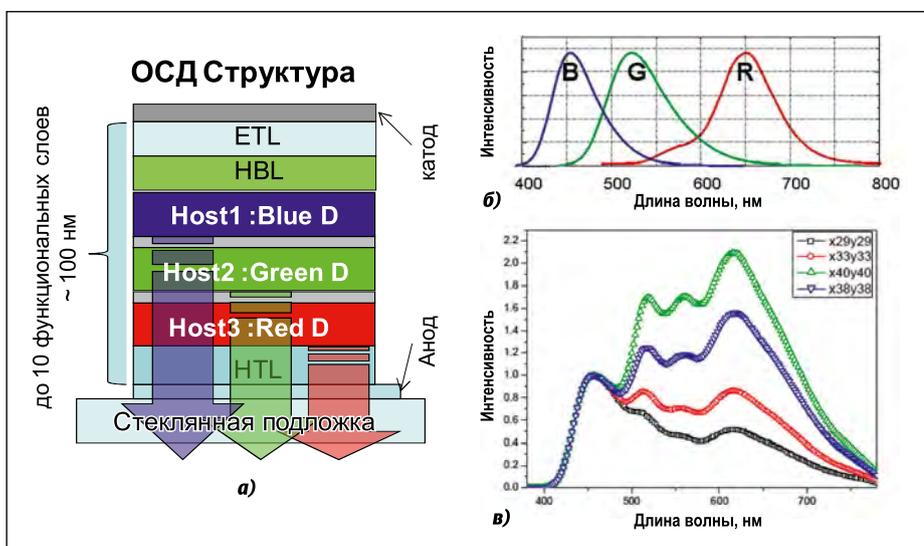


Рис. 4. Схематическое изображение ОСД структуры (а), спектры электролюминесценции слоёв красного, зелёного и синего цвета свечения (б), спектры электролюминесценции ОСД структуры белого цвета свечения (в)

высокой яркости, а применение вторичной оптики (рис. 2в) позволяет получить практически любую кривую силы света. Для получения диффузного рассеянного света в светильниках на основе неорганических СД необходимо применять рассеиватели различных конструкций, а корпус светильника должен обеспечивать эффективный теплоотвод.

ОСД конструктивно представляют собой тонкоплёночную многослойную гетероструктуру органических

полупроводников, нанесённую на стеклянную или непрозрачную подложку (рис. 3а).

При этом излучение равномерно распределено по всей поверхности устройства с практически идеальной косинусной кривой силы света. Для примера на рис. 3б показана ОСД панель производства компании LG Chemical (Корея) размером 300х300 мм, являющаяся распределённым диффузным источником света толщиной всего около 1 мм с пол-

ным отсутствием «слепающего» эффекта. Выделение тепла в структуре также распределено по всей поверхности устройства и не требует дополнительных конструктивных элементов в качестве радиатора. Наиболее распространено и технологически освоено изготовление ОСД методом термического напыления в сверхвысоком вакууме.

Структура ОСД имеет до 10-ти и более функциональных слоёв толщиной от 1 до 10 нм при общей толщине около 100 нм (рис. 4а). Упрощённо структура ОСД имеет помещённые между катодом и анодом электронно-транспортный слой (ETL), дырочно-блокирующий слой (HBL), электролюминесцентные композиционные слои матричного материала и люминесцентного допанта красного, зелёного и синего цвета свечения (Host 1/2/3: Red/Green/Blue D соответственно) и дырочно-транспортный слой (HTL). Пример спектров электролюминесценции слоёв красного, зелёного и синего цвета свечения представлен на рис. 4б. Спектральные компоненты имеют полуширину около 100 нм, что обусловлено аморфностью органических полупроводников, а результирующий спектр структуры белого цвета свечения с различными цветовыми координатами в зависимости от баланса компонентов в структуре представлен на рис. 4в.

Таким образом, можно получить ОСД панели практически любого цвета свечения или белого света различных оттенков с различными коррелированными цветовыми температурами (рис. 5а), координаты цветности излучения которых вписываются в треугольник, нанесённый на цветовой график координат цветности  $x, y$  МКО, вершины которого определяются спектрами компонентов красного, зелёного и синего цвета свечения.

### 3. Качественные характеристики ОСД и их современный уровень

Таблица

Сравнение уровней развития СД и ОСД технологий (2016 г.)

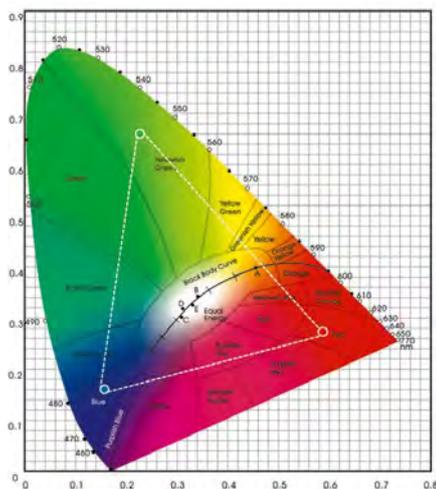
Параметр	СД	ОСД
Световая отдача, промышленные образцы	180 лм/Вт ( $T_{ц} = 5000$ К, ИЦП = 70)	65 лм/Вт ( $T_{ц} = 4000$ К)
	100 лм/Вт ( $T_{ц} = 3000$ К, ИЦП = 95)	60 лм/Вт ( $T_{ц} = 3000$ К)
Световая отдача, лабораторные образцы	>250 лм/Вт ( $T_{ц} = 5000$ К)	> 180 лм/Вт ( $T_{ц}$ – нет данных)
Рабочий ресурс	> 50000 ч	10000 ч
Стоимость	Низкая (массовое производство)	Высокая (массовое производство отсутствует)
Технологический процесс	Близкий аналог Si-технологии	Специализированное оборудование

Сдвиг точек основных цветов от границы монохроматических цветов вглубь поверхности спектральных цветов, определяется достаточно большой шириной спектра этих компонентов. В случае дисплейных применений данное свойство может сокращать цветовой охват полноцветного изображения и компенсируется за счёт применения RGB фильтров или более узкополосных излучающих материалов и режимов их напыления.

Применительно к освещению, результирующие спектры излучения ОСД структур белого цвета свечения имеют непрерывное заполнение распределения спектральной плотности излучения без резких пиков и провалов и охватывают практически весь диапазон видимого спектра. Такая спектральная характеристика ОСД определяет крайне высокое качество цветопередачи освещаемых объектов вне зависимости от коррелированной цветовой температуры (рис. 6).



а)



б)

Рис. 5. Пример ОСД панелей со свечением различных цветов и оттенков белого (а) и цветовой график координат цветности  $x, y$  МКО (б)

Примечание:  $T_{ц}$  – коррелированная цветная температура, ИЦП – общий индекс цветопередачи МКО

Как отмечалось выше, другим важным свойством ОСД является их распределённый характер с равномерным диффузным свечением по всей поверхности. Данное свойство исключает эффект ослепления наблюдателя, а также снижает вероятность появления ярких бликов на гладких или отражающих поверхностях.

Данные свойства ОСД панелей могут быть востребованы в специальных системах освещения, например, художественного и студийного освещения, где качество цветопередачи и отсутствие бликов крайне важны (рис. 7).

В музейном освещении наилучший результат может быть получен при комбинации точечных направленных осветительных приборов и распределённых источников света. В качестве распределённого источника света традиционно используется естественное освещение, поступающее через стеклянные крыши зданий, или его имитации с источниками искусственного освещения, скрытыми за несколькими слоями рассеивающих панелей (рис. 8).

С точки зрения световой отдачи, органические СД несколько отстают от неорганических, что иллюстрирует таблица.

Лучшие образцы коммерчески доступных ОСД панелей имеют световую отдачу 65 лм/Вт, что существенно ниже, чем у их неорганических аналогов (СД), имеющих световую отдачу на уровне 180 лм/Вт и более. Однако для мультисилицидных СД с высокими индексами цветопереда-

чи ( $\approx 95$ ) и коррелированной цветовой температурой около 3000 К световая отдача может составлять всего 80–100 лм/Вт. При необходимости создания осветительной установки с равномерным диффузным свечением потери могут составить более 30 % на системе рассеивателей, что приблизит результирующую световую отдачу к уровням ОСД панелей или даже ниже. Световая отдача лабораторных образцов неорганических СД уже приближается к теоретическому максимуму и может составлять величину более 250 лм/Вт, но при коррелированной цветовой температурой около 5000 К. По сведениям из достоверных источников, световая отдача лабора-



Рис. 6. Иллюстрация из информационных материалов компании LG Chemical как пример качества цветопередачи ОСД панелей (вверху: освещение люминесцентной лампой с индексом цветопередачи, равным 70–75; внизу: освещение ОСД с индексом цветопередачи, большим чем 90)

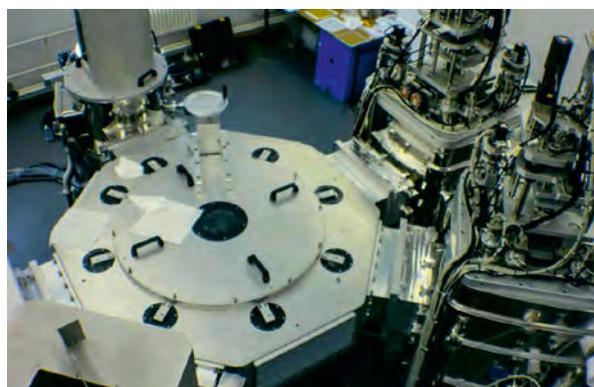


Рис. 7. Применение диффузных источников света: фотостудия «Объектив» (а), художественная студия Ольги Гордон (б), Make-up студия Ever Boutique (Нью-Йорк) (в)



Рис. 8. Примеры комбинированных систем музейного освещения: Национальная галерея искусств в Вашингтоне (а), Британская национальная галерея (б), Национальная галерея Канады (в)

Рис. 9. Вакуумное кластерное оборудование для производства ОСД устройств (АО «ЦНИИ «Циклон» / ООО «ТОПЭ»)



торных образцов ОСД-уже превышает 180 лм/Вт, что приближает их к промышленным образцам неорганических СД. Остаётся пока и проблема относительно ограниченного ресурса в 10000 ч, однако она постепенно решается с применением новых высокостабильных материалов и усовершенствованием технологии инкапсуляции ОСД, крайне чувствительных к атмосферным парам воды и кислороду.

Основным сдерживающим фактором применения ОСД панелей является высокая стоимость этих изделий, что объясняется отсутствием на данный момент в мире массового производства ОСД панелей. В настоящее время ведущие компании, такие как *LG Chemical*, *Konica-Minolta*, *GE*, *Osram* и *Philips*, имеют лишь мелкосерийные производства, и их продукция

применяется, в основном, в «имиджевых» пилотных проектах. Такая ситуация складывается из-за необходимости разработки дорогостоящего вакуумного оборудования нового типа под специфику технологии производства ОСД панелей, позволяющего работать с подложками больших размеров. Относительно быстрое развитие СД технологии обусловлено тем, что технология производства кристаллов близка к технологии производства микросхем на кремнии, где всё технологическое оборудование и все процессы хорошо проработаны. Тем не менее, ОСД технология стала широко применяться в дисплеях, постепенно вытесняя жидкокристаллические дисплеи. На сегодняшний день все «флагманские» модели смартфонов ведущих производителей, таких как *Samsung* и *Apple*,

оснащаются ОСД экранами, и анонсируется полный перевод модельного ряда на экраны данного типа. Аналогичная ситуация имела место и в случае неорганических СД в конце 2000-х, когда резкое увеличение спроса, рост производства и снижение стоимости были связаны именно с применением СД для торцевой подсветки жидкокристаллических экранов. Таким образом, если предположить аналогичный перенос технологии из дисплейных применений в освещение, то через 10 лет ОСД панели могут занять устойчивые позиции на рынке светотехники. По прогнозам Департамента энергетики США и ведущих аналитиков, к 2025 г. рынок источников света и осветительных приборов, который охватывает существенную часть мирового рынка светотехнических изделий, оцениваемого в €100 млрд. (к 2020 г), будет поделён между СД и ОСД устройствами в соотношении 60/40. Данные предположения подтверждаются ростом инвестиций в ОСД технологию. Например, компания *Konica-Minolta* (Япония) инвестирует ¥10 млрд. (\$83 млн.) в завод по изготовлению ОСД панелей мощностью в 1 млн панелей размером 30×50 мм в год с прогнозной выручкой в ¥50 млрд уже в 2020 г. Компания *Merk* (Германия) инвестирует €30 млн в завод по синтезу органиче-

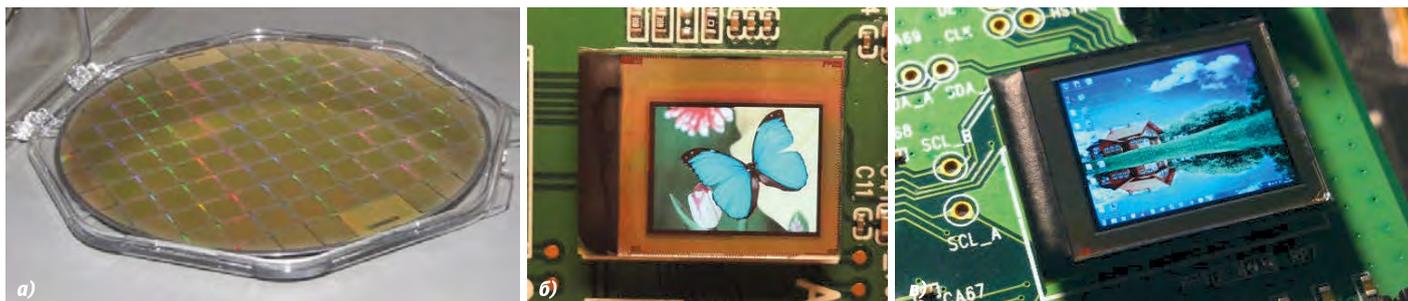


Рис. 10. Кремниевая пластина диаметром 200 мм с ОСД микродисплеями (а), ОСД микродисплей МДО 02 ПЦ, 600х800 пикселей, диагональ 15 мм (б), макетный образец ОСД микродисплея, 1280х1024 пикселя, диагональ 20 мм (в)

ских материалов для ОСД площадью более 2000 м<sup>2</sup>, которая делает его очень крупным предприятием в сфере производства сверхвысококачественных материалов.

В Российской Федерации единственным предприятием, обладающим ОСД технологией промышленного уровня, является АО «ЦНИИ «Циклон» (входит в Холдинговую компанию «Росэлектроника») со своим дочерним предприятием ООО «ТОПЭ», обладающим высоковакуумным кластерным оборудованием для производства ОСД устройств в замкнутом автоматизированном цикле (рис. 9).

Предприятием освоен серийный выпуск активноматричных ОСД микродисплеев на 200 мм кремниевых подложках с разрешением 800х600 пикселей и диагональю 15 мм, в монохромном белом и полноцветном вариантах исполнения. В данном устройстве размер пиксельной ячейки, состоящей из трёх субпикселей основных цветов свечения (синего, зеленого и красного), составляет 15х15 мкм.

К 2019 г. планируется завершение разработки ОСД микродисплеев с разрешением 1280х1024 пикселя и диагональю экрана 20 мм (рис. 10).

Данные изделия применяются в индивидуальных средствах отображения окулярного и бинокулярного типа, например, в шлемах виртуальной и дополненной реальности (*VR/AR systems*), популярность которых в последнее время растёт. Разработкой устройств на основе ОСД технологии АО «ЦНИИ «Циклон» начало заниматься с середины 2000-х гг., а первые лабораторные образцы ОСД панелей на подложках размером 40х60 мм были получены в 2007 г. (рис. 11).

Световая отдача лабораторных образцов белого цвета свечения на тот момент составляла около 30 лм/Вт, что было на уровне мировых достижений того времени. Максимальная яр-

Рис. 11. Лабораторные образцы ОСД панелей производства АО «ЦНИИ «Циклон»



кость ОСД микродисплеев в устройствах окулярного типа составляет 50–100 кд/м<sup>2</sup>, причём токи управления субпикселями матрицы микродисплея составляют всего единицы наноампер для ОСД структур с подобным уровнем световой отдачи. Меньшие токи управления субпикселями становятся слабоконтролируемыми, особенно в тёмных тонах градации серого, поэтому существенно большие уровни световой отдачи для данных устройств не требуются. Для средств отображения информации проекционного типа, у которых экран ОСД микродисплея проецируется на существенно большую площадь, может потребоваться большая яркость микродисплеев и, соответственно, большая световая отдача для сохранения энергопотребления. В АО «ЦНИИ «Циклон» ведутся работы по совершенствованию параметров ОСД структур для микродисплеев, в том числе, по повышению световой отдачи.

Полученный опыт может быть использован для разработки ОСД панелей для общего и специального освещения, включая художественно-экспозиционное и музейное освещение. Преимущества ОСД панелей могут быть критичными для ряда других помещений где необходим «качественный» с физиологической точки зрения свет, например, с длительным присутствием человека при отсутствии естественного освещения (условия полярной ночи в северных и южных широтах), а также в детских дошкольных учреждениях и перинатальных центрах, где зрение ребёнка находится в стадии формирования. Для массового применения в бытовом освещении, где также важно «качество» света, необходимо снижение стоимости, что возможно только при массовом серийном производстве ОСД панелей.

Опытно-конструкторские работы в АО «ЦНИИ «Циклон» проводятся при финансировании Министерства промышленности и торговли РФ.

В статье использованы материалы из научно-технических отчётов по НИОКР, выполняемым АО «ЦНИИ «Циклон», информационные материалы и сообщения компаний *LG Chemical, Konica-Minolta, GE, Osram, Philips, Merk, UBI, Digitimes, OLEDinfo*, а также другие аналитические материалы и иллюстрации из открытых источников информационных порталов сети *Internet*.



**Стахарный Сергей Алексеевич.**

Окончил физический факультет МГУ им. Ломоносова (2002 г.). Заместитель начальника отделения, заместитель главного конструктора по средствам

визуализации АО «ЦНИИ «Циклон»

# Световая драматургия как элемент комплексного подхода при создании музейных экспозиций и выставочных проектов

*Н.Р. ВОРОБЬЁВ*

ООО «Нео ЭКСПО-Арт», Москва  
E-mail: nicholasvorobyov@gmail.com

## Аннотация

Архитектурно-художественное построение музея является одним из сложнейших жанров искусства формирования среды и дизайна, с присущими ему качествами, средствами выразительности, принципами построения среды и образа, научными концепциями, в контексте исторического развития, художественных стилей и тенденций. Автор статьи считает глубоко ошибочным выполнение проектирования художественного освещения в отрыве от построения целостной драматургии проекта, а постановку акцентирующего света на завершающей стадии – простой, но не выдающейся. Опираясь на большой практический опыт в построении музейных экспозиций, автор статьи раскрывает некоторые особенности, наиболее важные участникам создания систем освещения для музеев и иных объектов культуры.

**Ключевые слова:** комплексный, проектирование, драматургия, постановка света.

Солнце бесконечно изменяет свой цвет и положение, но мы не сможем им управлять. Живописная техника изображения объектов при естественном свете и в естественных условиях, знакомая всем художникам, как «пленэр», что буквально означает «открытый воздух», всегда дарит поток вдохновения, свободы мысли, ощущение гармонии. Этот термин также используется для обозначения правдивого отражения красочного богатства природы, всех изменений цвета в естественных условиях, при активной роли света и воздуха. А ведь «открытый воздух» представляет не что иное, как СВЕТ с его бесконечными перевоплощениями. Каждый художе-

ственный проект становится для нас своеобразным «пленэром», который, питая воображение, даёт те или иные подсказки, помогает выстроить образ будущей композиции. Каждое световое решение имеет свой собственный стиль, «материал», свою форму: архитектурная подсветка, ландшафтное освещение подобны монументальному искусству, световой «скульптуре»; художественное акцентирующее освещение – под стать живописи; свет фонарей на улицах города – сродни чёткой экспрессии графики. Постановка акцентирующего освещения на выставке требует особых знаний, умений и опыта, так как существует много специфических особенностей, которые должны учитывать художники по свету.

Каждый проект акцентирующего освещения не должен состоять для нас только из «обязательной технической части». Главное – это погружение в творческое осмысление, приводящее к особому видению, рождающему ИДЕЮ.

Именно технический и творческий подход являются составными частями комплексности, обеспечивающей слияние искусственного света с искусством, превращая их в единое целое.

И если художнику инструментом созидания служит художественное средство, то художнику по свету – многообразие светильников, источников света, а также огромное желание найти и подчеркнуть невидимые, на первый взгляд, нюансы и усилить восприятие, добившись восхищения зрителя увиденным. Огромные возможности СВЕТА, укрощение его неиссякаемой силы и направление его потоков на служение искусству делают подвластным преобразование любого пространства.

Мы прекрасно понимаем, что никакой источник искусственного света не сможет сравниться с солнцем. Но оно нас может многому научить. Свет – одна из сложнейших задач дизайнеров. Помните: свет не для того, чтобы было видно, свет – колоссально театрален и драматургичен! Художественное построение светового баланса с учётом всех источников освещения, всех мультимедийных элементов, всех переотражений от предметов, присутствующих в поле зрения, умышленное создание ярких и приглушённых доминант, – называю световой драматургией. Именно от неё зависит целостность, эмоциональность, и востребованность создаваемого проекта.

Совершенно очевидно, что к моменту публикации данной статьи вопросов станет ещё больше, и ответы на них будут иными, но представленные ниже ситуации позволят посмотреть на привычное несколько иным образом.

Обращаю внимание на то, что я не теоретик, а практик. 18 лет работы в Государственной Третьяковской галерее, 7 лет – в ТРИНОВЕ, 2 года – в ТОЧКЕ ОПОРЫ. Итого, 27 лет становления, не обошедшихся без эмоциональных взрывов в отстаивании своего мнения, привели к признанию лучшими дизайнерами экспозиций, директорами музеев, галерей, выставочных комплексов, частных учреждений культуры и первыми лицами министерств и ведомств.

Понимание музейной среды, умение общаться на языке искусствоведения, литературы и опыт открытий привели к включению в соавторы проектов и командному движению к достижению цели.

Человеку, претендующему на роль исполнителя музейных замыслов, нужно быть и искусствоведом, и куратором, и архитектором, и дизайнером, и экономистом (надо всегда помнить, с какими нервными затратами получается финансирование, чтобы адекватно понимать ситуацию, когда «денег нет ни на что!»). Надо не только разбираться в предметах, составляющих экспозицию, но и участвовать в создании экспорядка, обсуждении колористических раскладок, выборе архитектурных форм, фактур и во многом, многом другом.

Для создания световой, как впрочем, и любой другой драматургии нужны денежные средства. Как художнику нужны холст, мольберт, подрамник, краски, кисти, так и художнику по свету нужны кисти, но световые, и не всегда они дешёвые. Можно было бы, ограничиться теоретическими рассуждениями, написать про то, как было бы хорошо, если...

Это не наш путь. Постараюсь вскрыть ряд взаимосвязей, чтобы пояснить, с чего надо начинать. Если вы уже определились с целью, сделали необходимый выбор, дело осталось за малым – где деньги взять?! Вопрос на 5 баллов во всех сферах жизнедеятельности.

Копить – бессмысленно, потому что «труба» обязательно где-нибудь, да прорвётся, и накопленные денежки в неё утекут. Поэтому – Что? Поэтому – То! И... руководитель учреждения культуры обращается за дополнительным финансированием в департамент/министерство, пишет заявки на спонсорские программы, формирует целевые программы и т.д.

Итак, начали.

– Что хотят в Минкульте? Минкульт стремится повысить роль музея в нашем обществе. Но по недостаточности бюджета, он также призывает музеи к большей самостоятельности, что должно привести к росту внебюджетных поступлений. Поскольку одним из самых существенных факторов пополнения внебюджета является входная плата за посещение, требуется рост числа посетителей. Заманивайте, приманивайте, мажьте мёдом входную дверь!

– Что хотят музеи? О, музеи стремятся заниматься популяризацией искусства, образованием и просвещением целевой аудитории. Чтобы хватало на выполнение первых трёх-пяти пунктов, прописанных в начале среднестатистического Устава бюджетного учреждения, необходимо рачительно относиться к расходованию средств. При этом не остаётся другого пути, кроме как минимизировать расходную часть на приобретение того или иного оборудования, как правило, технического, в том числе, и светового экспозиционного. И правда, зачем покупать какие-то там светильники, ведь

«у нас какие-то уже есть, купленные лет десять назад».

– Что хотят посетители? Ха! Некоторые ничего не хотят, кроме селфи в музейном пространстве. Как к ним относиться? Можно выгнать или пожуричь пальчиком, но можно заранее создать метки, ориентиры на полу со стрелкой направления ракурса, да и спецподсветку зон для «фото-себяшек» сделать.

Если экспозиция продумана, манит и завораживает, поверьте, любой контингент придёт ещё не раз и приведёт с собой друзей. Начав с традиционных фото на фоне, тот, кто уже побывал, потянет новичков смотреть наиболее запомнившиеся ему моменты. И да, есть гигантская мировая аудитория, жаждущая новых культурных открытий. Эта аудитория образована и требовательна. И шикарные по содержанию экспозиции не останутся без критики, если сделаны абы как.

Вовлечение гигантской аудитории в музеи, галереи, на выставки и есть наш общий путь к повышению прибыльности бюджетного учреждения. Свет в данном случае исключительно важен. Ведь он путеводен.

Как сейчас работают световые оформители? Чем поинтересуется «световик»? Он попросит у заказчика ТЗ на свет, которого нет и в помине. Тогда он поинтересуется лишь бюджетом, расстоянием до экспозиционных поверхностей, высотой потолка и немногим больше.

Рассказать, как будет дальше? Шины, светильники висят, всё подключено, проверено. Ждём.

О, слава Богам, наконец-то картины развешены... Иии... Шпалерная остеклённая стена с графическими работами явилась нам во всей красе, а в ней отражаются, игриво слепя, все светильники её освещающие! Знакомо?

Единственным решением в данной ситуации было бы удалённое расположение осветительных приборов с узкими лучами, да и место подходящее было... Но кто знал, что так выйдет? Ведь в дизайн-проекте чётко и лаконично зона была определена как «картины», и всё. Ну да, была промежуточная версия с тремя живописными полотнами, но её отвергли по причине «как-то пусто вато выглядит».

Гром, молнии, пепел и оправдания в данном случае могли быть любыми, но всё же напоминали райкинское: «Ну и что ж, что костюмчик кривой?! К пуговицам претензии есть? К пуговицам претензий нет!».

Итак, что же такое музейный свет? Как эксперт, скажу: музейный свет – самый сложный из всех существующих искусственных. По эмоциональности ему ровней может быть лишь театральный свет в статических, кульминационных сценах.

Музейный свет психоэмоционально воздействует на публику.

Им можно вызвать восторг, а можно создать неосознанную неприязнь.

Драматургией света можно передавать звуки музыки.

Росчерки узких косых лучей передадут душевный настрой Рахманинова в мгновения написания «2-го концерта», а слабый свет с небольшими всполохами яркости будет под стать ноктюрнам Шопена.

В месте расположения графических работ будут еле слышны флейта и фортепьяно, а расположение живописных батальных сцен созвучно световым гобою и валторнам.

Чтобы достичь этого понимания, одного технического образования недостаточно.

Музейный свет должен быть определённой интенсивности, нужной формы и цветности или цвета. Могут быть использованы различные световые фильтры, линзы, фильтры гобо, экраны, бленды, кашеты.

Музейный свет призван раскрывать преимущества и скрывать утраты.

Многофункциональное световое оборудование, которое обеспечивало бы универсальность применения, существует, но далеко выходит за рамки понятия «бюджетное». Увы.

Спросите, можно ли получить достойные визуальные результаты, применяя простое оборудование?

Отвечу однозначно – Да! Но в достижении цели должна быть 100 %-ная психологическая подготовка, уверенность в правоте и способность отстаивать своё решение при наивысшем уровне рецензентов.

Большинство художественных работ создавались на пленэре, при естественном свете, но тогда никто не задумывался об их сохранности.

Прошло время, и творения великих мастеров, так сказать, уровня «первых кистей», превратились в шедевры, в произведения искусства.

Сегодня все музеи, и государственные, и частные, коллекционеры и собиратели, задаются вопросами не только экспонирования, но и обеспечения максимальных условий сохранности.

Существуют два главных компромиссных понятия: красота и сохранность, решение которых находится в пространственной матрице восприятия и притяжения.

Ах, эти Нормы, ГОСТы, люксы, в конце концов... С появлением новой генерации осветительного оборудования, – светодиодного, с параметрами, достойными Музея, возобновились исследования для внесения поправок в существующие нормативы.

А сколько же этих люксов можно?

Как художник по свету, сказал бы: «К чёрту люксы! Пусть будет так, как надо, надо для красоты!». Но как человек музейного сообщества, которое призван объективно защищать, отвечу, – нормы освещённости важны.

Стандартные методы освещения и действующие нормативы указывают лишь верное направление, но не дают готовых ответов ни проектировщикам, ни дизайнерам. Их задача – найти единственный способ передачи информации о представляемом объекте, будь то уникальная живопись или экспонат современной технической мысли. Ситуацию осложняет то, что в каждом отдельном случае наряду с нормами приходится учитывать много других факторов. Например, для создания оптимальных условий восприятия объектов экспозиции имеют огромное значение архитектурные особенности помещения – его цвет, фактура стен, высота потолков, расположение окон, а если в помещение проникает естественный свет, то суточные и метеорологические изменения освещённости экспозиционного пространства. Играют значительную роль размеры и способ размещения объекта, его расположение относительно окон и других экспонатов, не говоря уже о том, что невозможно достойно представить любое произведение искусства без проникновения в замысел его автора. Иде-

альный микроклимат для каждого отдельного экспоната внутри экспозиции всегда создаётся усилиями целой группы профессионалов, куда входят осветители, специалисты по монтажу, искусствоведы и дизайнеры.

При художественном освещении залов музеев, галерей необходимо:

– подобрать оптимальную цветопередачу, которая подчеркнёт колористическое решение экспонируемых произведений искусства и смягчит утраты, нанесённые временем;

– создать высокотехнологическое освещение для выставок современного искусства или для экспонирования любых других объектов (ювелирного искусства, техники и т.д.). Расположить светильники акцентирующего освещения таким образом, чтобы, по-возможности, избежать затенений, бликов, засветок. Этого особенно трудно достичь, когда часть экспонатов находится за стеклом, а другая – в глубоких массивных рамах;

– ещё один важный момент, который необходимо учитывать при освещении музеев, касается вопросов обеспечения сохранности экспонатов. Музейные ценности, подчас, насчитывающие не одну сотню лет, чрезвычайно чувствительны к ультрафиолетовому излучению, которое оказывает прямое разрушительное воздействие, в результате чего распадаются молекулярные связи; вредоносное воздействие обладает так называемым кумулятивным эффектом – свойством накапливаться. Это относится и к инфракрасному излучению, косвенно способствующему старению материалов, ускоряя химические реакции посредством увеличения температуры. Поэтому одно из требований к светильникам акцентирующего освещения, которые располагаются внутри зала для освещения предметов искусства и других объектов экспозиции, состоит в том, что их излучение должно, по возможности, быть лишено ультрафиолетовой и инфракрасной составляющих.

Идеальные условия для экспонирования произведений изобразительного искусства при пока ещё действующих нормах – это полностью закрытое для доступа естественного света помещение. В зданиях, строящихся специально под музеи, придерживаются этого

правила. Однако абсолютное большинство хранилищ шедевров мирового искусства – это исторические здания: дворцовые сооружения, особняки и даже вокзалы, где этот принцип последовательно выдерживать невозможно. Здесь можно рекомендовать закрывать или зашторивать световые проёмы – применять поглощающую ультрафиолетовые лучи светоотражающую плёнку, хотя стопроцентного эффекта защиты она не даст.

При определении уровня освещённости многие музеи пользуются приборами, на музейном языке называемые «люксометрами». Что же и как мы измеряем? До стекла, если оно есть. Ведь под него датчик не подсунешь. А антибликовые стёкла бывают 6-ти степеней, да к ним прибавьте ещё обычные и «ультравью», то есть сверхпрозрачные. И толщины они бывают разной. Свет, проходя через стекло, частично отражается. А при «косом» падении свет проходит сквозь большую толщину и ещё более гасится. Важно знать и время суточного экспонирования, и время отдыха (когда свет выключен). И про продолжительность выставочного проекта надо помнить (постоянная это экспозиция или временная выставка). Именно суммарное воздействие надо учитывать, но не мгновенное. Пульсации света в светорегулируемом оборудовании не должны превышать 5 % во всём регулируемом диапазоне, так как они влияют на утомляемость посетителей и вызывают «проклятия» корреспондентов, пытающихся запечатлеть кино-фото мгновения. При разработке современных норм освещённости необходимо учитывать подобные факторы.

Хочу поделиться радостью, ведь приобретя знания и опыт, я получил возможность подарить, подобно Прометею, изысканный, художественный свет всем, в нём нуждающимся.

Большой практический опыт во всех жанрах экспозиционных решений позволил полностью удовлетворить амбиции, но всегда хотелось большего, всеобъемлющего, целостного.

И, наконец-то, нашёл. И, по-сути, вернулся в музейный мир. В коллективе лучших архитекторов, дизайнеров и строителей экспозиций, решающих экспозиционные задачи только

комплексно, учусь создавать невиданное мной ранее, преподаю и консультирую.

Для специалиста, лишённого страха, свободного от клише, умеющего объяснить, увлечь идеей и довести её до реализации, создать сегодня грозную тучу, из которой экспозицию заполнят лучи искусственного солнца, уже не представляется проблемой.

Подчёркиваю, только комплексное проектирование, обязательно включающее световые решения, может соответствовать многозадачности построения музейной среды и её драматургии.

Приведу несколько практических примеров, эмоциональное описание которых позволит увидеть всё именно так, как это было, или быть не должно, но стало.

- Вспоминается, как однажды, в одном из залов всемирно известного музея, увидел под сводчатыми потолками грязные толстенные кабели чёрного цвета, да все в пыли веков. А под тем сгустком «ботвы» кабелей дверочка красивенькая, да средних веков, кованая такая, с чугунной ручкой-кольцом – точно в тему проекта, про рыцарей и их доблесть. А за дверкой той просматривались коробочки всякие хозяйственно-музейные, но уже из нашей современной эпохи. После настойчивых 5-ти минут просьб убрать увиденное мною с глаз долой – убрали-таки. Направив мягкий рассеянный свет, добился архитектурного заполнения угла, лёгкого поблёскивания металла на переплётах. Потом, да, директор пришёл и спросил:

– Зачем же ты, милый человек, из не экспоната экспонат сделал?

– Нравится? – невоспитанно ответил вопросом на вопрос.

– Очень! Но зачем, скажи?

– Психологически сместив яркие акценты, призвал ваш мозг обратить внимание на то, что надо мне. А мне надо, чтобы не был виден весь этот ужас.

И так, пальчиком, слегка вверх показал. Все посмотрели наверх. В зале прозвучало негромкое раскатистое: «Ох, ёооо...».

- Однажды на выставке, часть работ на которую предоставляли музеи Великобритании, был определён верхний порог освещённости на произведениях живописи – 180 лк. Пере-

до мной два портрета XVI века – король с супругой. Королева, вся такая тоненькая, в светлом платьишке, и король. В чёрном кафтане. С королевой проблем не было – сияет, а у короля эти 180 лк позволили проявить лишь лицо и руки. И больше ничего не видно. Спросил, как и с кем можно согласовать увеличение уровня освещённости?. Ответили: надо пройти следующий путь согласований: главный хранитель – замдиректора – директор – Минкульт – посольство – консульство Великобритании – Британский музей, плюс такое же время в обратную сторону. Минимум, это две недели. А открытие-то завтра! Короче, Ваш покорный слуга прибёг к иному решению. Стал увеличивать яркость до момента, когда стали различимы детали одежды короля. Проступили фалды и даже стал виден красненький шарфик! Подошёл, померил освещённость. 215 лк. Оставляю два светильника – один настроенный на 180, другой на 215 лк и подзываю английских хранителей. Закрывая ладонью то один, то другой светильник, показываю разницу. Естественно, они сделали выбор в пользу более яркого сценария! Подходим к картинам, показываю хранителям цифры на приборе. На короле – 215, на королеве – 45! Почему 45 и не больше, спросите? Потому что именно при таких пропорциях визуального светового баланса они стали настоящей супружеской парой!

Англичанами был быстро набран какой-то мобильный номер. Одна минута разговора. И согласование было получено. И в документах контракта через пять минут стояли все согласующие подписи двух сторон.

- Из коллекции Ильи Глазунова куратором были взяты две работы Рерихов – живописная и графическая. По композиционному решению их разместили рядом. Вплотную друг к другу. Визуальный контраст таков, что света на графике не видно вообще, а максимальный уровень уже достигнут, и даже немножко превышен, до 75 лк (относительно 50-ти). Все эксперименты приводили к одному – то там темно, то здесь светло. Но решение было найдено: на живопись был направлен светильник большей мощности с углом светораспределения чуть большим, чем первоначально. В цен-

тре светового пятна было живописное произведение, а край луча подсвечивал графическое произведение. Ошибка, в данном случае, состояла в не комплексном подходе к проектированию выставочной экспозиции. Потому что для размещения музейных предметов со слабой светостойкости всегда можно задать некий закуток, некоторую архитектурную форму, чтобы отгородить их от яркого пространства своего рода «зонтиком».

- Светлый мраморный пол или пол, покрытый белым балетным покрытием, можно использовать в качестве «зеркала» для подсветки нижней экспозиционной зоны.

- Перестаньте критиковать тени от рам! Публику они не интересуют. А вот избавить произведение от бликов косым светом будет наиболее правильным.

- Стекло витрины «до потолка» всегда будут отражать искусственный свет и элементы пространства. Думает ли об этом дизайнер или световик? Очень редко, и единицы. Удалённость расположения встроенных светильников в таких витринах однозначно не может обеспечить светом нижние экспонаты. Необходимо на стадии проектирования предусматривать дополнительный внешний свет и объяснять, зачем он нужен там, где как бы он уже есть. Кроме того, экспонат должен быть составлен с учётом того, чтобы один экспонат не перекрывал свет другому.

- Можно ли подсвечивать нумизматику светильниками с узконаправленным светораспределением? Если вы стремитесь передать восторг от сокровищ, найденных при раскопках, то да. Кучка сияет, деталей не разглядеть, да и не надо. Если же говорить о детальности, исторической ценности, то добиться визуальных подробностей можно только с помощью матового заливающего света. Расстояние от источника света до экспоната и освещённость лучше определять не расчётным способом, а с помощью эксперимента, и обязательно с конкретными предметами искусства или их аналогами.

В противовес металлическим экспонатам, не теряющих узконаправленного света, идут драгоценные камни, бриллианты. Если вы не желаете прев-

ратить их в безликое стекло, то следует заложить микроточечные подсветки либо направить на них внешние светильники с узконаправленным светом. Помните, подобные решения принимаются не на стадии, когда в последний момент архитектор/дизайнер вспомнил об освещении, а на самой ранней стадии, когда прорабатывается содержание экспозиции.

• А как расположить камео рядом с гравюрой 17-го века? Куратор: «Мы её в витрину, да на стеночку повесим». Можно, но! Витрину поставили в центре зала, электропитания не подведёшь, лучу от внешнего светильника путь перекрывает верхний её непрозрачный колпак, допустимые уровни освещённости отличаются в разы. Опять, ошибка в не комплексном подходе! Решение: можно исправить ситуацию при помощи кадрирующего (контурного) светильника, который извне, всей своей мощностью вонзится в тело камео, не травмируя графический артефакт.

• Подсветка интерьерных экспозиций. Очень часто, не желая придумать новое, проектировщик освещения использует традиционные способы, применяя трековые светильники, шинопровод и т.п. Картиночку подсветим – вон ту, эту, эту, а всё остальное? Господа, помните: интерьерная экспозиция не подразумевает доступ публики в «святая святых». А раз подойти и рассмотреть всё мы не сможем, значит незачем удорожать проект, создавая ярмарочный пересвет. Представьте, когда-то свет солнца, проходя сквозь окна, прямыми лучами выхватывали часть интерьера, а остальная часть освещалась переотражённым светом. Поэтому при проектировании, говоря о его комплексности, направьте узкий луч на стол под настольной лампой, а другими световыми кистями выделите наиболее крупные элементы экспозиции. И надо помнить, что подсветка гигантских полотен размером от пола до потолка, очень сложна, но методы исключения бликов в таких случаях – отдельная большая тема.

• Задание на сообразительность: как выявить огромное, до полутора метров размером в длину и 75 см в диаметре, отполированное до зеркального блеска пасхальное яйцо, лежащее на красном подиуме высотой 70 см?

Тема подсветки зеркал и подобных им предметов слишком увлекательна, чтобы раскрывать все «военные» тайны постановочного жанра в данной статье. Призывая к фантазии, всегда готов к открытым встречам по обмену опытом.

• Почти в каждом современном выставочном проекте присутствует мультимедийное оборудование. Ещё на стадии проектирования надо определить зонирование экспозиции, смысловые и заглавные акценты. Опыт показывает, что на стадии реализации медиаоборудование не обеспечивает той насыщенности и яркости, изначально представленных в референсах и визуализациях. Поскольку недопустимо разрывать проект на «моё – не моё», всё осветительное экспозиционное оборудование априори должно иметь достаточную мощность с обязательной функцией светорегулирования. Очень тщательно надо подходить к пограничным зонам экспонаты/мультимедиа, поскольку «паразитная» засветка может уничтожить замыслы куратора и медиахудожника.

• Не знаю почему, но ошибаются многие. Вероятно, опять же в виду отсутствия комплексного подхода к построению единой драматургии проекта. Однажды принимал участие в юбилейном проекте Торгового дома *CHANEL*. Французский проект, с точки зрения дизайнера – «Ух, ты!». Но свет... Со светом были большие проблемы. Если разбирать подробно, то получится отдельная статья. Приведу лишь один пример. Представьте, на полуметровом подиуме стоит двух с половиной метровая клетка, как для попугаев, но прутья инкрустированы крупным жемчугом. Внутри клетки стоят манекены в шелках и бриллиантах. Французы заложили подсветку прутьев клетки изнутри... Представили?

«Позвольте, – говорю, – но жемчуг никогда не будет прозрачным! В контражном свете он потеряет изысканность, превратившись в чугунные шарики!».– «Ой, даааа, – последовало недоумение, – а что же делать?».

Поскольку главным акцентом являлось всё же содержимое той клетки, предложил снаружи, с полуметровым отступом, построить световой круг из слабеньких узконаправленных све-

тильников. И, вуаля (!), вот оно лаконичное решение! Кроме того, для полноценной практической убедительности, всегда носите с собой фонарик с изменяемым углом излучения! Он – и световая указка, он и универсальный светильник без электрической розетки, он и Ваш спутник в тёмном переулке. Когда движением фонаря показываешь, как меняются ракурсы объекта, как тени меняют архитектурные образы, как луч света, скользнувший по глазам, меняет настроение, сразу возникает полное взаимопонимание. Я называю мой фонарик «световой драматургией в кармане».

• Задача – архитектурная подсветка большого павильона, стены которого сделаны из волнистого зеркала. Требуется получить гигантский кусок застывшего голубого желе. Представили? Один специалист (не художник – ремесленник из наших, световых дел), не задумываясь, тут же предложил грунтовую подсветку. Убеждения, призывы к здравому смыслу и угрозы топором вовсе не дали нужного результата. И всё экспериментальное оборудование отправили на самолёте в другой город. Далеко. Построили фрагмент стены, вкопали светильники... Включили... Не смейтесь, но реплика ответственного специалиста сразила всех: «Хмм, кажется, что-то пошло не тааак... Может, не так вкопали?!... Не волнуйтесь, мы привезём другие светильники, в этих, видимо, заводской брак, свет в них какой-то, неправильный!». Немая сцена из «Ревизора» была под стать той возникшей паузе...

А можно было бы окружить здание голубыми флагами на флагштоках (территория и драматургия позволяли) и осветить их в направлении от здания. Поверхность бы проявилась, отражая колышущиеся полотнища флагов. Но!... Не получили бы голубого перелива.

Поэтому Ваш покорный слуга предложил расположить по периметру здания с отступом 4 метра и шагом 4 метра 6-метровые столбы (высота здания около 20 метров) с щелевой вертикальной подсветкой голубого свечения. Идёт ли человек, едет ли он на автомобиле, плывёт ли он на корабле мимо здания, – волнообразные зеркала ломают линейную форму отражения светодиодов, и ему видны имен-

но те переливы, которые задумал архитектор. А так как уровень взгляда человека ни в одном из положений не превысит высоты расположения светодиодного светильника на опоре, то подсветка предлагаемой высоты и стилистики стала бы вполне достаточной для достижения заданной драматургии.

Поскольку идея была моя, а руководителем проекта был иной человек, всё закончилось «ревностным» итогом – «так не доставайся ты ж никому!». Заказчику идея очень понравилась, но... строители воткнули по четырём углам здания 25-метровые мачты со светильниками для прозон. Хотели, как лучше, а получилось, как всегда.

• Дизайнер с куратором, арт-директором и продюсером проекта выбирали цвет напольного покрытия. Выбирали фиолетовый, по RAL, проклиная друг друга за смещение по шкале на шаг влево-вправо, сидя в уютной обстановке, за чашечкой кофе, с печенюшками. Днём. У окна. При этом, пространства музея закрыты для доступа естественного света, а светильники у музея все, хоть и шикарные, но с цветовой температурой 3000 К...

Далее продолжать не стану. Цвет пола получился шикарным, но иным, цвета морской волны, из сказки о Русалочке. А что я? А я предложил в будущем не допускать подобных ошибок, то есть призвал коллег к решению задач подходить комплекснее.

• На одном из выставочных международных проектов, директор спросил меня: «А не кажется ли Вам, что скрипки Страдивари подсвечены как-то слабоватенько?» – Отвечаю: «Они подсвечены именно так, как должно быть. Грань между «темно-светло» определятся не люксметром, а глазами, через мозг и в сердце. Как почувствуешь, что побежали «мурашки», значит «стоп» – оно самое». – Директор, не унимаясь: «А, давайте, Николай, поставим яркость светильника на 100 %, а затем мы начнём её плавно-плавно снижать, и я скажу Вам «стоп»!». – «Хорошо, – отвечаю я, – и я Вам скажу «стоп». Договорились».

Помощник, регулирующий свет, дрожащими руками, в стремлении к плавности, стал снижать освещённость. Два оппонента, вонзившиеся

настырными взглядами в лаковую поверхность, продольно перечёркнуто четырьмя струнами, молча, почти не дыша, приготовились к классическо-режиссерскому «Стоп! Снято!».

Как было дальше? Мы произнесли это слово синхронно, после чего удивлённо посмотрели друг на друга. Потом я добавил: «Вот. Именно этот уровень и был установлен».

Несколько слов об объективности.

Что можно понимать под этим? Попытку рассмотреть один и тот же предмет, факт или явление под различными углами, предпочтительно, с поворотом на 360 градусов. Взгляд из космоса ситуацию не улучшит, поскольку в этом раскладе как минимум 180 градусов остаются «за спиной». Установка зеркал только ухудшит положение, ибо искажение неизбежно вопреки всем законам физики. И не «в соответствии», а как раз вопреки. По той простой причине, что законы меняются с течением времени. Кстати, кто может определить время и доказать его существование? Всё остаётся на уровне гипотез, к которым при всём желании невозможно отнестись объективно.

Объективность – всего лишь понятие, которое используется для согласования нескольких точек зрения и установок общих правил.

Приведённые примеры, не претендуя на исключительность, являются всего лишь частью огромного практического опыта автора статьи. Очень буду рад, если для вас они станут плодородной почвой для взращивания индивидуальности в подходах, безграничных фантазий, опирающихся на фундамент знаний, и стремления сделать наш мир красивым и светлым.



**Воробьев Николай Радиславович.** Окончил Московский авиационный институт (1984 г.). Заместитель генерального директора Компании «Нео ЭКСПО-Арт». Художник по световой драматургии. Ведущий эксперт по экспозиционному освещению объектов культуры. Консультант Департамента культуры г. Москвы

ник по световой драматургии. Ведущий эксперт по экспозиционному освещению объектов культуры. Консультант Департамента культуры г. Москвы

## Начало работы «Евразийской светотехнической платформы»

На экономическом пространстве Евразийского экономического союза начала действовать «Евразийская светотехническая платформа». Решение о её создании было принято 17 сентября 2018 года на заседании Совета Евразийской экономической комиссии – регулирующего органа ЕАЭС.

Участники платформы объединят усилия для осуществления нескольких направлений деятельности. Во-первых, будут сотрудничать в области разработки инновационных технологий для производства энергосберегающего светотехнического оборудования, которое планируется использовать, в том числе, на предприятиях агропромышленного комплекса стран-участников Союза. Во-вторых, будет создаваться совместные проекты комплексного производства систем освещения на основе всех видов источников света. В-третьих, будут использовать возможности платформы для решения непроизводственных задач, связанных с развитием светотехнической отрасли: для оценки уровня патентной защиты разрабатываемых технологий, для организации профильных деловых и образовательных мероприятий, для разработки и внедрения единых стандартов и технических регламентов на пространстве ЕАЭС.

Создание платформы было вызвано рядом факторов и тенденций, сложившихся на внутренних рынках стран-участников Союза. На сегодняшний день объём импорта в ЕАЭС светотехнической продукции в среднем в пять раз превышает объёмы экспорта. При этом весомая доля продукции, объём импорта которой в 2017 году составил 1,2 млрд долларов, является низкокачественной и потенциально опасной для потребителей. Для обеспечения надлежащего уровня её качества необходимы единые стандарты и технические регламенты, которых на данный момент на территории ЕАЭС нет.

Одним из учредителей платформы наряду со Всесоюзным научно-исследовательским светотехническим институтом им. С.И. Вавилова и другими производителями светотехнической продукции из стран ЕАЭС стала МСК «БЛ ГРУПП». Важно, что деятельность платформы по созданию инновационной светотехнической продукции будет ориентирована не только на потребности внутренних рынков стран-участников Союза, но и на мировой рынок.

## Освещение в музее: комплексный и осмысленный подход

*В апреле этого года в Санкт-Петербурге в Государственном Эрмитаже состоялась одно из самых неординарных событий в области светотехники за последние годы – Первая научно-практическая конференция по вопросам музейного освещения «Свет в музее». Организаторами конференции выступили Государственный Эрмитаж, ВНИСИ им. С.И. Вавилова и Научно-технический совет светотехнической отрасли «Светотехника» при поддержке Российского комитета Международного совета музеев (ИКОМ России)*

Представители музейного и светотехнического сообществ – музейные работники самых известных и совсем небольших музеев России, учёные и инженеры-светотехники, светодизайнеры и производители светотехнического оборудования, всего более 250 специалистов, собрались на три дня в залах Государственного Эрмитажа, чтобы обсудить актуальные проблемы музейного освещения в нашей стране и за рубежом. С трибуны конференции прозвучало свыше 30 научных и практических докладов, которые вместе с обсуждениями в формате круглого стола и в кулуарах форума дали богатую пищу для решения назревших проблем освещения музейных экспонатов и их защиты от неблагоприятного воздействия света.

В рамках работы конференции прозвучали доклады по актуальным вопросам музейной световой среды, влиянию света и освещения на музейные предметы, применения современных источников света, в первую очередь, светодиодов, контролю качества и безопасности работы осветительной техники в музеях, актуализации отра-

слевых документов, с которыми выступили представители музейного и светотехнического сообществ, приглашённые российские и иностранные специалисты в области музейного освещения: светотехники, светодизайнеры и хранители музеев.

Обсуждение насущных проблем музейного освещения было полезно не только для теоретиков и практикующих светотехников, но и для студентов, аспирантов, светодизайнеров, специалистов музеев и организаторов выставок. В процессе работы конференции был поднят целый пласт проблем, как требующих достаточного срочных решений, так и долгосрочных.

Отечественные нормы и требования разрабатывались тогда, когда ещё не было в полной мере изучено влияние света на объекты искусства. Поэтому сегодня в мире наблюдается тенденция к пересмотру норм музейного освещения. Кроме того, появление и массовое внедрение светодиодного освещения требует тщательного изучения и пересмотра многих устоявшихся подходов.

Музеи и выставки предназначены для приобщения людей к культурным ценностям, а также для демонстрации достижений в различных сферах человеческой деятельности, начиная с искусства и заканчивая археологией.

Освещение музеев предполагает учёт многих нюансов, без которых невозможно добиться качественного восприятия предметов искусства. При организации музейного освещения необходимо соблюдение норм и требований, учёт которых обязателен для обеспечения сохранности экспонируемых объектов.

Далеко не всегда стандартные методы музейного освещения могут давать желаемый результат, и более того, многие из существующих норм давно устарели. При организации музейного освещения необходимо учитывать массу таких факторов, как фактура и цвет стен, архитектурные особенности помещения и расположение оконных проёмов и многое другое, и знания и мастерство светотехника, современное оборудование – одни из главных залогов успеха художественных музеев и выставок.

### Открытие конференции

На торжественной церемонии открытия конференции выступили почётные гости и ведущие специалисты отрасли.

Необходимо изучить влияние новых светотехнических технологий на музейные экспонаты, отметил первый заместитель министра культуры РФ В.В. Аристархов. Он также сообщил, что Министерство культуры разработает рекомендации и нормативные документы, в которых коснётся темы ос-



*Подписание «Меморандума о научно-техническом сотрудничестве в сфере музейного освещения» (слева – председатель НТС «Светотехника» Г.В. Боос, справа – директор Государственного Эрмитажа М.Б. Пиотровский)*

вещения музейных и выставочных залов. Необходимость создания таких документов вызвана появлением новых технологий, совершивших революцию в освещении, но требующих исследований их влияния на музейные предметы, отметил чиновник.

Как подчеркнул в своём выступлении председатель научно-технического совета «Светотехника», президент корпорации МСК «БЛ ГРУПП» Г.В. Боос, сейчас в России развёрнуто производство оборудования, которое поможет музеям не только качественно осветить экспонаты, но и сэкономить на оплате электроэнергии: «Светильники для экспозиционного освещения в Советском Союзе закупались за рубежом. Сейчас в России на лихославльском заводе «Светотехника», входящем в состав МСК «БЛ ГРУПП», начато производство отечественных экспозиционных светильников, в том числе и с дистанционным управлением, со сложными диафрагмами и сменной оптикой».

Г.В. Боос считает, что освещение – одно из главных условий восприятия произведений искусства. Но не менее важным является и обеспечение сохранности экспонатов, особенно если речь идёт о живописных работах, насчитывающих не одну сотню лет, поэтому в сфере ответственности светотехнической отрасли – предложить комплексное решение, при котором будут обеспечены и зрительный комфорт для посетителей, и бережное отношение к историческим ценностям: «Сочетание самых современных научных разработок и технологий с привлечением широкого круга учёных-светотехников, академических институтов, лабораторий, экспертов в области музейного освещения и работников музеев для решения сложных и многопрофильных задач – основная философия нашей работы. И не только в рамках этой конференции».

Значимость света, к сожалению, не до конца осознаётся как работниками музеев, так и обществом в целом. Сегодня, когда всё большее место в освещении занимают светодиоды, необходимо понимание всех процессов воздействия такого освещения на экспонаты, а также разработка норм и стандартов применения светодиодов, как в музейном деле, так и в других областях деятельности».

Питер Блаттнер (*Peter Blattner*), президент-элект Международной ко-

миссии по освещению (МКО), подчеркнул, что для него большое удовольствие находится на такой конференции, чтобы понять, что происходит в этой сфере в России, после свершения, по сути, светодиодной революции. «Поэтому чрезвычайно важно, чтобы у специалистов была возможность встречаться, обсуждать назревшие проблемы, обмениваться идеями и технологиями. И для меня чрезвычайно важно, что на конференцию были приглашены зарубежные специалисты, поскольку многие темы и проблемы имеют глобальный характер, и решать их нужно сообща. Это не проблемы одной страны», – продолжил Питер Блаттнер.

«Вопрос музейного освещения только на первый взгляд является узкой темой, касающейся лишь специалистов в этой области. Сейчас представление экспонатов, в том числе, оформление витрин и организация освещения, существенно влияет на впечатление посетителей от экспозиции и их желание вернуться в музей вновь», – отметил вице-президент ИКОМ России В.Ю. Панкратов, – давно ушли в прошлое те времена, когда любое музейное пространство оценивалось исключительно по качеству экспонатов. Сейчас обращают внимание и на то, как материал представлен, какое оборудование использовано и, конечно, на свет».

По словам заместителя директора Государственного Эрмитажа Г.В. Вилинбахова, отношение посетителей музея к свету в последние годы существенно изменилось: «Тридцать лет назад жаловались на то, что не очень чисто в санузлах, что иногда не очень вежливые сотрудники, но не было жалоб на то, что плохой свет. Сейчас практически каждая вторая жалоба о том, что в музее темно».

### Пленарные заседания

Главная инновация в деле музейного освещения последних лет – широкое распространение светодиодов. Они позволяют экономить энергию и деньги. Однако до сих пор не обобщён опыт использования светодиодного освещения в музеях и того, как оно влияет на сохранность картин. Большинство докладчиков отмечали, что использование новейших технологий, которые уже широко применяются в театрах, концертных залах

или современных выставочных центрах, не всегда просто осуществить в исторических помещениях музеев. Отметим кратко некоторые доклады, вызвавшие наибольший интерес и оживлённую дискуссию участников конференции.

«Мы всегда ограничены охранными обязательствами по зданию. Это очень сложная проблема, поскольку можно спроектировать наилучшую с демонстрационной точки зрения осветительную установку, а охранные обязательства не позволяют обеспечить монтаж осветительного оборудования, или это требует длительных согласований», – отметил заместитель генерального директора Государственного Эрмитажа А.В. Богданов в докладе «Проблемы музейного освещения» на первом пленарном заседании конференции, – музейное освещение сильно поменялось за последнее время, и в первую очередь причиной тому стала смена ламп накаливания и галогенных ламп накаливания на освещение светодиодами. Мы экспериментируем со светом, ищем новые пути». В докладе был сформулирован перечень накопившихся за последние десятилетия вопросов музейного освещения, требующих разрешения.

Н.Р. Воробьёв, заместитель генерального директора компании «Нео ЭКСПО-Арт», в своём выступлении «Новые технологии – новые возможности – новые ограничения?», считает, что необходимо обсудить вопросы, связанные со спецификой освещения музеев (цветовая температура, спектр, интенсивность, коэффициент пульсации, совмещение с естественным светом и т.д.), провести соответствующие исследования и разработать нормативную базу для музейного светодиодного освещения. А также составить рекомендации, необходимые для разработки и производства отечественных осветительных приборов для различных задач музейного освещения.

Об использовании светодиодов в музеях, их новых возможностях и проблемах, связанных с ними, сообщила А.Г. Шахпарунянц, генеральный директор ООО «ВНИСИ им. С.И. Вавилова». В докладе «Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы», она особо отметила, что важнейшей задачей является предотвращение вредного воздействия оптического излучения на музейные предметы, для чего проводятся исследования по

оценке воздействия на них всех видов оптического излучения. Затем последует разработка стандарта, содержащего требования к освещению и методы контроля выполнения этих требований. При этом было отмечено роль современного освещения светодиодами, существенно расширившего возможности применения света в музеях, а также возможные проблемы его применения и пути их решения.

«Учитывая наши обязанности перед будущими поколениями, необходимо сохранить шедевры искусства прошлого, для многих из которых опасным является даже слишком долгое нахождение в зале при дневном свете. Развитие измерительной техники и телекоммуникаций позволяет оснастить сначала самые ценные, а потом и все экспонаты специальными датчиками, которые будут контролировать и уровень освещённости и/или облучённости, и дозу», – отметила А.Г. Шахпаруянц.

Л.Г. Новаковский, директор компании «Фарос-Алеф», в своём докладе «Музейное освещение: основные проблемы и возможные способы их решения» отметил, что светотехникам важно посмотреть на произведения искусства глазами художника. И современные светодиодные светильники могут в этом реально помочь. Одной из проблем освещения картин является появление бликов. Подбирая уровень освещённости для каждого произведения, а также применяя встречное освещение, эту проблему можно решить. А от неравномерности освещения картин можно уйти, применяя несколько методов, в том числе, используя волоконно-оптические преобразователи изображения.

Другая серьёзная проблема – освещение скульптур, для решения которой светотехникам необходимо научиться работать с тенями, например, с помощью проекторов.

Габриеле Перрини (*Gabrielle Perrini*), директор представительства компании *iGuzzini illuminazione* по Восточной Европе, рассказал о реконструкции освещения монументальной росписи Леонардо да Винчи «Тайная вечеря» и применённых в этой работе новациях. Компания также осветила несколько залов Государственного Эрмитажа. В работе у *iGuzzini illuminazione* находятся несколько проектов по освещению античных и средневековых экспозиций.

В докладе Б.Г. Кузякина, начальника экспозиционно-оформительского отдела Государственного Эрмитажа, «Особенности освещения экспозиций Государственного Эрмитажа», также отмечалось, что с 2012 года идёт планомерная замена экспозиционного освещения на светодиодное, но пока по-прежнему основное освещение картин и скульптур – это освещение галогенными лампами накаливания.

С другой стороны, большинство помещений Эрмитажа не проектировались как музейные, а, в основном, представляют собой дворцовые залы, что создаёт дополнительные трудности для освещения экспонатов. Поэтому термин «приспособление» – ключевой в этой работе. И поэтому, сочетание современных светильников и шинпроводов с античной или средневековой экспозицией в залах, особенно, Зимнего дворца, продолжает вызывать вопросы у музейных работников, архитекторов и дизайнеров.

При этом огромные дворцовые окна в парадных залах только добавляют трудностей. Проблемы изменения естественного освещения в течение дня, несмотря на все предпринимаемые усилия остаётся нерешённой.

Витринное освещение связано со своими проблемами, в основном, заключающимися в бликовании, что зачастую решается матричным методом освещения с использованием оптоволокон. Этим добились качественного равномерного освещения. Светодиодное освещение используется только тёплого спектра, аналогичного заменяемым галогенным лампам накаливания. Б.Г. Кузякин считает, что главное отличие музейного освещения от немuseumного – в его направленности и управляемости. А самое главное, освещение должно быть осмысленным. Освещение экспозиций может быть только комплексным и никаким другим.

Как отметил Карстен Винкельс (*Karsten Winkels*), арт-директор ООО «СветоПроект», это первая конференция в России, на которой обозначились разные подходы к музейному освещению, что даёт повод для дискуссий, размышлений и выбору оптимальных решений.

В докладе «Научные исследования и дизайн на основе естественного освещения в музее» Стефена Кэннона Брукса (*Stephen Cannon-Brookes*) из компании *Cannon-Brookes Lighting &*

*Design* (Великобритания), отмечалось, что нормативы доз светового облучения поставили практически непреодолимые препятствия в первые 40 лет с момента их применения, поскольку не было возможности искусственного воссоздания изменчивости и реальных световых характеристик света, исходящего с небосвода. Все расчёты были основаны на упрощениях и предположениях. Теперь же существует метод компьютерного моделирования естественного света (*Climate based daylight modelling (CDBM)*), который даёт музеям возможность предсказать, рассчитать и протестировать уровни освещения и дозы светового облучения в залах.

Светодизайнер из ФРГ Андреас Шульц (*Andreas Schulz*) поведал о сегодняшнем применении сочетания естественного и искусственного освещения в музеях Германии.

Сергей Сизый, руководитель школы и студии светодизайна *LiDS* в докладе «Освещение в музее – взгляд с разных сторон: от аудита и анализа до концепции и реализации» постарался раскрыть все этапы работы светодизайнера в музейном пространстве, показал существующие проблемы и возможные пути их решения.

На этом пленарном заседании прошло награждение лауреатов журнала «Светотехника» за 2017 год по номинациям: лучший автор, лучший рецензент, лучший корреспондент, лучший автор раздела «Справочный материал», которыми стали, соответственно, Н.И. Щепетков, М.Л. Белов, Е.А. Лесман и Р.И. Пашковский.

Второй день конференции проходил в здании Реставрационно-хранительского центра Государственного Эрмитажа, являющегося одним из замечательных примеров применения современных технологий в музейном деле и в деле хранения произведений искусства. Именно здесь состоялось насыщенное интересными техническими докладами заседание Научно-технического совета «Светотехника».

В докладе «Светодиодная интеллектуальная система музейного освещения: зрительное восприятие, энергоэффективность и безопасность» А.Л. Закгейма, учёного секретаря НТЦ Микроэлектроники РАН, была поставлена задача: возможна ли полная имитация естественного света искусственным? Ответ – в полихромных светодиодных *RGB* источни-

ках света, позволяющих «превратить» искусственный свет в естественный.

Для получения качественного белого излучения для заданной коррелированной цветовой температуры используется компьютерная многопараметрическая оптимизация по общему и частным индексам цветопередачи и по световой отдаче.

Докладчик отметил, что для музейного освещения необходимы опытные образцы светодиодных осветителей для индивидуальной подсветки картин с настраиваемыми спектрально-цветовыми характеристиками, имитирующими естественное освещение в различных условиях; целесообразно вместе с экспертами-искусствоведами варьировать светодиодное освещение по заданному алгоритму, чтобы уточнить параметры освещения, соответствующие лучшему восприятию цветов данной картины.

С.А. Стахарный, заместитель главного конструктора по средствам визуализации АО «ЦНИИ «Циклон», выступивший с докладом «Органические светодиоды (OLED) – инновационный источник света», рассказал, что органические светодиоды обладают рядом преимуществ: высокой эффективностью, малыми весом и толщиной, гладким спектром излучения, высоким индексом цветопередачи, отсутствием синего пика, УФ и ИК излучения. По его словам, в музеях США, Великобритании и Канады вместе с естественным освещением уже успешно применяют органические светодиоды. Автор доклада считает, что и в нашей стране пора разработать стандарты на органические светодиоды и их применение в музейном освещении.

Не меньший интерес вызвал доклад о результатах измерений параметров освещения ряда залов Государственного Эрмитажа и Государственной Третьяковской галереи, подготовленный заведующим лабораторией ООО «ВНИСИ» А.Ш. Черняком и представленный научным сотрудником института А.Б. Кузнецовой. В 2018 г. специалистами ВНИСИ были проведены измерения параметров освещения ряда залов и экспонатов Эрмитажа и Третьяковской галереи.

Барт Вермеер (*Bart Vermeersch*), ведущий менеджер по продуктам EMEA компании *Sylvania*, посвятил своё выступление универсальной беспроводной системе акцентирующего музей-

ного освещения. Система работает с разными ОУ и позволяет постепенно изменять многие параметры освещения с постоянным контролем и управлением *DALI*.

Руководитель «СТП-Сарос» Ю.А. Карпенко выступил с докладом «Экспозиционное освещение залов и экспонатов Эрмитажа и Третьяковской галереи» и рассказал об участии в реконструкции Главного штаба, освещении Каретного проезда и домашнего храма, а также в создании экспозиционного освещения; работах над созданием системы освещения рассеянным светом в мастерской Трофимовых Фондохранилища Эрмитажа.

Директор музея «Огни Москвы» Н.В. Потапова рассказала о своём музее и о семинарах, которые там проводятся, а также об участии в его работе и измерениях характеристик осветительных приборов студентов кафедры светотехники МЭИ. Музей реализует проект «Копилка светлых идей», цель которого – создать на площадке музея «Огни Москвы» ресурсного центра световых технологий, обеспечивающего повышение качества экспозиций других музеев.

Гости и участники конференции познакомились с особенностями освещения экспозиций Государственного Эрмитажа, а также совершили экскурсию по фондохранилищу музея.

Третий день конференции был посвящён открытым дискуссиям по актуальным проблемам освещения музеев – в рамках двух круглых столов участники конференции обсудили современное осветительное оборудование и подходы к созданию осветительных установок в музейных пространствах.

Делегаты конференции «Свет в музее» высказались за регулярное проведение аналогичного мероприятия с периодичностью раз в два года, за рациональное сочетание пленарных и секционных заседаний, круглых столов. Большинство участников высказали пожелание о проведении в рамках конференции выставки оборудования, обучении применению нового оборудования в освещении музейных экспонатов.

В рамках работы конференции 20 апреля председатель Научно-технического Совета светотехнической отрасли Г.В. Боос и директор Государственного Эрмитажа М.Б. Пиотров-

ский подписали в зале Совета Государственного Эрмитажа «Меморандум о научно-техническом сотрудничестве в сфере музейного освещения».

Главными целями сотрудничества станут привлечение внимания профессиональных сообществ к значимости освещения музейных ресурсов и сохранения культурных ценностей, исследования влияния света на музейные объекты, разработки правовой базы, контроля качества и безопасности работы осветительной техники в музеях, а также внедрение энергоэффективных источников света для освещения музейных экспозиций.

Г.В. Боос и М.Б. Пиотровский пришли к единому мнению, что Научно-практическая конференция «Свет в музее» станет традиционной и будет проводиться раз в два года. Следующая конференция «Свет в музее» намечена на 2020-й год.

Как отметил на подписании меморандума Г.В. Боос, экспозиционное освещение во всем мире читается одним из самых сложных, потому что в этих проектах любой локальный пересвет приводит к необратимым процессам. «Мы рады положить такое важное событие в копилку развития отношений между научным и музейным сообществами. Оно подчеркнуло, что прогресс и развитие доступны только при активном сотрудничестве».

МСК «БЛ ГРУПП» приурочило к конференции подарок для Государственного Эрмитажа – новое светодиодное освещение в зале 277 Зимнего дворца, реализованное на основе оборудования собственного изготовления – светильников *GALAD Афродита LED* и *GALAD Вега LED*, тем самым продемонстрировав возможности отечественного производителя – Лихославльского завода светотехнических изделий «Светотехника». По мнению экспертов, новое освещение позволило подчеркнуть архитектурное убранство зала и акцентировать внимание посетителей на представленные экспонаты.

С презентациями представленных на конференции докладов можно ознакомиться на сайте НТС «Светотехника» по адресу <https://nts-svet.ru/?p=540>.

*Евгений Серый, спецкорреспондент  
журнала «Светотехника»  
Ирина Сибрикова, редактор газеты  
«СВЕТская жизнь»*

## Круглые столы: поиск баланса

*Два круглых стола на конференции «Свет в музее» были посвящены наиболее актуальным темам музейного и выставочного освещения. Модераторами круглого стола «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях» выступили главный редактор журнала «Светотехника» профессор В.П. Будаков и генеральный директор компании «Фарос-Алеф» Л.Г. Новаковский, а модераторами круглого стола «Осветительное оборудование для освещения музеев» – вице-президент Светотехнической торговой ассоциации С.В. Койнов и президент компании Лайтинг Бизнес Консалтинг В.Г. Габриелян. Оба стола вызвали самый живой интерес и активное участие всех присутствующих.*

В рамках круглых столов объединились специалисты различного профиля: работники музеев и светотехники, что способствовало активному и заинтересованному ходу обсуждения таких вопросов, как требования к освещению музейных экспонатов, осветительные приборы и используемые приёмы освещения.

На круглом столе «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях» главными темами, которые были вынесены для обсуждения, являлись: необходимость разработки нормативов на максимальное допустимое значение освещённости, цветовую температуру, дозу и др.

Обсуждался вопрос регулирования цветовой температуры световой среды в демонстрационном зале, тем самым усиливая эффект от работы осветительных приборов.

В ходе дискуссий было высказано сомнение в необходимости единых для всех музейных предметов норм освещения. Следует также различать освещение постоянной экспозиции в музее и кратковременное выставочное освещение, для которого допустимы более высокие уровни освещённости.

Участники отметили, что главный барьер при общении специалистов разных областей – это отсутствие единого языка описания одних и тех же задач.

И конечно, дискуссия не могла не коснуться используемых в музейном освещении источников света.

При освещении музейной экспозиции главное – свести к минимуму повреждение экспонатов в результате разрушающего воздействия света. Особо следует выделить освещение при реставрации музейных экспонатов.

Было отмечено, что нельзя подлинники подменить демонстрациями современных мультимедийных копий.

Новую эпоху в освещении музеев открывают светодиоды, в которых отсутствуют ИК- и УФ-области излучения.

Но не стоит отбрасывать опасность видимого излучения, хотя бы связанную с нагревом экспонатов. При этом для оценки разрушающего воздействия света на экспонаты следует использовать не световые (освещённость), а энергетические (облучённость) величины.

Необходимо провести экспериментальные исследования по разрушению красок, холста, бумаги. Однако любое измерение остаётся разовым, поэтому наряду с измерениями важно создание теоретической модели взаимодействия излучения с произведением искусства, что требует объединения усилий специалистов различных направлений.

Представители региональных музеев заметили, что крупные столичные музеи имеют силы и средства на исследовательские работы по освещению, им же желательна проверенная и утверждённая норма. Музеям важен новый нормативный документ, сейчас же действуют явно устаревшие инструкции 1985 года.

Общее мнение участников дискуссии состояло в том, что необходимо выработать единую программу, привлечь специалистов разных профилей, обратиться в комитеты по культуре Думы и Совета Федерации.

Круглый стол «Осветительное оборудование для освещения музеев», рассмотрел вопрос музейного освещения с нескольких практических сторон.

Все участники отметили, что проектирование музейного освещения должно проходить в соответствии с требованиями к сохранности экспонатов, к комфортному восприятию, к энергоэффективности, внешнему виду и эргономике осветительной установки.

А.В. Исаев, главный энергетик Эрмитажа, рассматривал те принципы и подходы, на которые ориентируется музей в формировании своей системы освещения.

Ряд докладов от представителей компаний-производителей оборудования, таких, как *Philips*, *iGuzzini*, были посвящены конкретным приборам и их преимуществам.



Круглый стол «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях»



Круглый стол «Осветительное оборудование для освещения музеев»



Круглый стол «Принципы экспозиционного освещения в современных музеях». Модераторы В.П. Будаков и Л.Г. Новаковский



Обсуждение. За круглым столом – К.А. Томский и Р.И. Столяревская

Президент «Точки опоры» С.Н. Колосийцев, с другой стороны, сделал акцент на индивидуальных подходах к проектированию освещения экспозиций и предложении нестандартных решений.

Представитель компании *Erco* М.А. Берзин рассказывал не о светильниках, а о типах трековых систем для их размещения.

Коммерческий директор ООО «Трион LED» Т.М. Тришина посвятила свой доклад критериям и инструментам оценки света в музейном освещении. Представитель МСК «БЛ ГРУПП» рассмотрел вопрос освещения музеев в комплексе – не только экспозиция, но и окружающая территория, и офисы, и помещения для хранения...

Ещё глубже раскрыл тему о связи со смежными чистой светотехнике отраслями генеральный директор компании «Лайтинг Бизнес Консалтинг» С.В. Боровков – его доклад назывался «Современный музей как фактор урбанистического, экономического и социального роста».

Главными задачами дальнейших работ являются: привлечение профессионалов-светотехников к освещению музейных предметов и сохранению культурных ценностей, а также проведение исследований влияния искусственного света на музейные объекты, разработка правовой базы, контроль качества и безопасности работы осветительной техники в музеях и внедрение энергоэффективных источников света для освещения музейных экспозиций, о чём пишут в своей статье «Музейное освещение – подход, пример и направление движения» С.В. Койнов и Д.М. Ходырев по материалам доклада на круглом столе, опубликованной в этом номере.

Современные осветительные приборы и устройства для освещения музеев должны соответствовать архитектурно-художественному оформлению помещений. При обновлении парка осветительных приборов следует, помимо прочего, учитывать их собственный дизайн и эргономику. Компактность, эстетичность, экономичность, простота и лёгкость эксплуатации являются важными критериями при выборе осветительных приборов.

*Евгений Серый,*  
спецкорреспондент журнал  
«Светотехника»

## Научно-технический совет на платформе конференции

Идея провести заседание Научно-технического совета «Светотехника» 19 апреля 2018 года на площадке международной научно-практической конференции «Свет в музее» лежала на поверхности: актуальная тема форума, присутствие крупнейших российских и зарубежных специалистов только способствовали такому решению, поэтому, вполне закономерно, что оно было поддержано всеми членами НТС.

Во второй день работы конференции на новой площадке фондохранилища Государственного Эрмитажа в присутствии большинства членов НТС и приглашённых на мероприятие гостей, состоялось расширенное заседание Научно-технического совета «Светотехника». Заседание открыл председатель НТС Г.В. Боос докладом «О приоритетных направлениях работы НТС».

Рассказав о главных вопросах, рассмотренных на прошедших двух общих заседаниях НТС и 7 заседаниях бюро НТС, Г.В. Боос отметил, что в работе организации принимают участие 67 экспертов из 34 ведущих российских организаций отрасли, в том числе, 14 – научных и образовательных организаций.

Со дня основания НТС «Светотехника» прошёл всего лишь год, но даже за такое короткое время этот представительный экспертный орган стал важным инструментом формирования и реализации государственной политики по всем направлениям развития светотехнической отрасли. На заседаниях НТС обсуждаются все актуальные вопросы отрасли, определяется возможные перспективные направления её развития, обсуждаются законодательные инициативы, даются экспертные рекомендации государственным органам, научным институтам и промышленным компаниям.

В рамках НТС активно работают все его восемь секций (стандартизация и сертификация в светотехнике; светотехническое образование и методология; световые приборы и технологии; метрология, современные методы измерения и измерительное оборудование; программное математическое

обеспечение и моделирование; облучательные установки фотобиологического действия; источники излучения и пускорегулирующие аппараты; осветительные установки и физиология зрения), руководители которых выступили с докладами.

На заседании председатель НТС объявил об организации новой, девятой секции НТС – «Освещение музеев» – под руководством заместителя генерального директора Государственного Эрмитажа, к.т.н. Алексея Валентиновича Богданова.

Питер Блаттнер (*Peter Blattner*), президент-элект Международной комиссии по освещению, представил доклад «Новый индекс точности воспроизведения цвета МКО», вызвавший дискуссию среди присутствующих. Он отметил, что общий индекс цветопередачи *CRI* на данном этапе развития светотехники не устраивает многих, особенно применительно к светодиодным источникам света. Был приведён отчёт технического комитета TC1–90 CIE 224:2017, опубликованный в 2017 г. в качестве важного этапа анализа и исследования цветопередачи. В настоящее время в этой работе участвует и комитет TC91, готовится очередной отчёт.

В настоящее время предполагается, что для нового индекса будут использованы 99 контрольных цветных образцов и равноконтрастное цветовое пространство *SAM02UCS*. Полнее всего этот подход был реализован в американском документе *IES TM 30–15*.

По оценкам МКО, разница между новым индексом и индексом *CRI* может доходить до 20 пунктов. Работа МКО по цветопередаче продолжается.

Особое внимание слушателей и горячее обсуждение вызвали также практические доклады о применении современных технологий в освещении музея – доклад «Опыт освещения одного зала музея. Модернизация осветительной установки в зале 9 Оружейной палаты» президента компании «Точка опоры» С.Н. Коломийцева. Он рассказал о проекте освещения одного из экспозиционных залов Оружейной палаты и подчеркнул, что в такой

работе самым сложным является этап исследований и поиска решений, а залогом успеха служит взаимопонимание с сотрудниками музея.

В ходе доклада на тему «Архитектурное освещение в музеях» зав. кафедрой МАРХИ (ГА) Н.И. Щепетков привёл классификацию систем музейного освещения и продемонстрировал множество фотографий, демонстрирующих освещение музеев мира, а также фотографии экспозиций, где свет и цвет сами выступают как экспонаты.

Из публикаций по этой тематике он выделил книгу В.И. Ревякина «Музеи мира» и кандидатскую диссертацию Р.А. Насыбуллиной (Нижний Новгород).

Член НТС К.А. Томский сделал доклад «Измерительное оборудование для оценки музейной световой среды», в котором привёл предельные экспозиции для материалов и красок, а также существующие приборы для измерения УФ облучения и освещённости. Среди приборов он упомянул и зарубежные, и отечественные, в том числе, приборы компании ТКА, созданные по инициативе отечественных музеев.

Он отметил необходимость современных исследований, по результатам которых можно было бы подготовить отраслевой нормативный документ по музейному освещению.

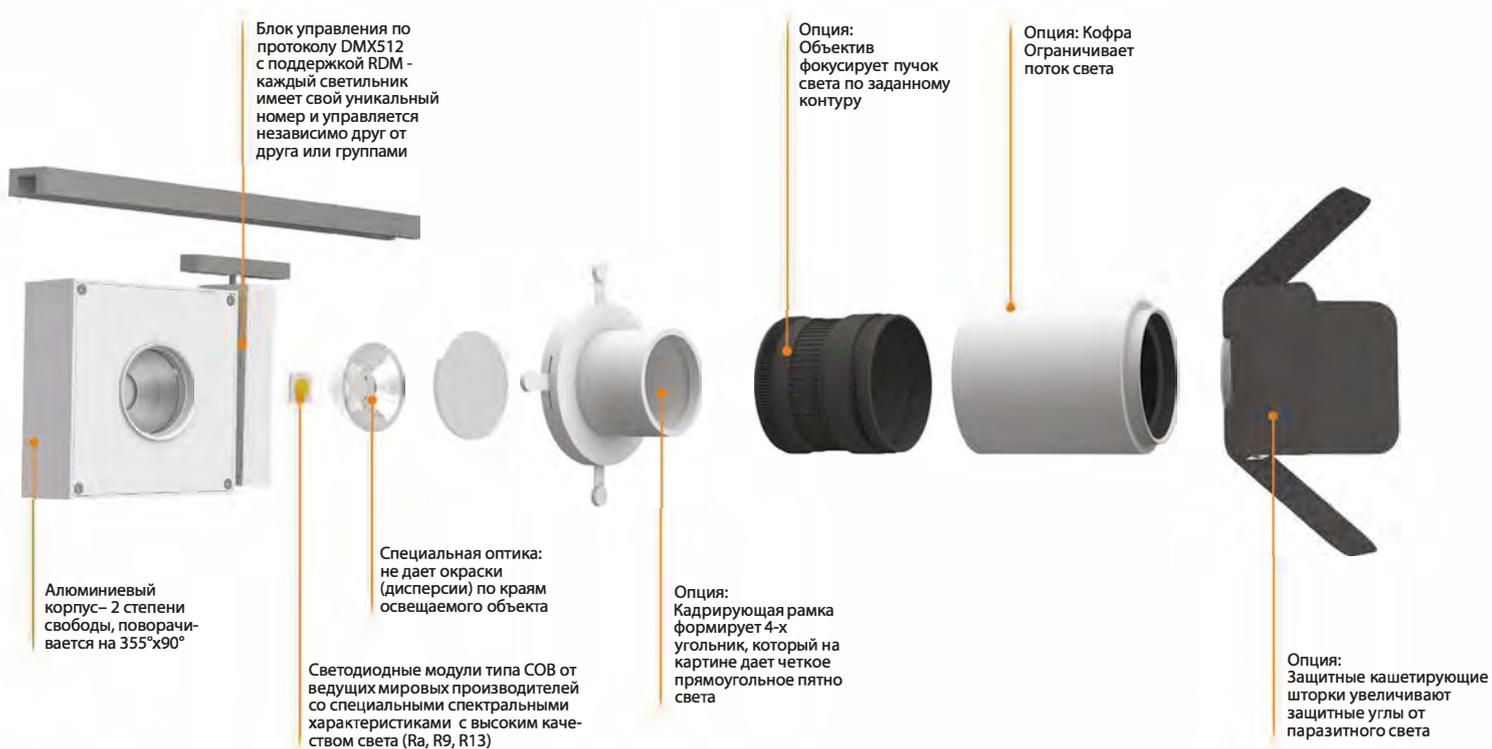
Докладчик представил описание исследований светостойкости музейных материалов к УФ-облучённости, в результате которых были разработаны рекомендации по предельно допустимому содержанию УФ излучения в спектре воздействующего на музейные предметы излучения.

М.П. Белякова (ООО «СветоПроект») рассказала о практических аспектах использования светодиодов в музейном освещении, отметив важность применения систем управления в музейном освещении и представив успешно реализованное «СветоПроектом» освещение зала № 277 Зимнего дворца Государственного Эрмитажа с применением общего и акцентированного светодиодного освещения светильниками *GALAD* производства *BL Group*.

*Владимир Снетков, учёный секретарь  
НТС «Светотехника»  
Евгений Серый, спецкорреспондент  
журнала «Светотехника»*

## GALAD Ника LED

### Модификация 1 (1 линза)



### Модификация 2 (2 линзы)



### Модификация 3 (4 линзы)





БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП

Международная  
светотехническая  
корпорация

**МЫ ДЕЛАЕМ МИР ЯРЧЕ!**



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



bl-g.ru



(485) 785-37-40