

Современные возможности компьютерной графики в моделировании музейного освещения

В.П. БУДАК, *Д.Н. МАКАРОВ

НИУ «МЭИ», Москва

*E-mail: makarovd@list.ru

Аннотация

Компьютерная графика и технологии в настоящее время ушли далеко от инженерных методов расчёта параметров среды и пространства. В области светотехники и светового дизайна настало время перехода к моделированию освещения, используя в большей степени графические световые эффекты и художественные образы, чем цифровые значения. Такой переход невозможен без попытки формирования методики и рекомендаций по 3D моделированию освещения. В данной работе авторы делают попытку дать описание ключевых подходов к 3D моделированию музейного освещения с помощью современных компьютерных программ. В качестве примера приводится действующая световая установка одного из залов ГМИИ им. А.С. Пушкина. По полученным результатам исследовательской работы делается попытка описать методику и дать рекомендации для качественного проектирования и моделирования освещения в любых экспозиционных пространствах. Описанная методика подойдёт как для светотехников, архитекторов, дизайнеров, так и кураторов и музейных работников. Первым методом поможет в техническом подходе и реализации музейного освещения, вторым позволит установить общий язык с первыми и составить более точное для них техническое задание.

Ключевые слова: светотехника, компьютерная графика, световой дизайн, 3D моделирование, моделирование освещения, *DIALux Evo*, музейное освещение, экспозиция

1. Введение

Освещение музеев и экспозиций – одна из самых сложных технических и архитектурно-художественных задач, требующая принципиально разных подходов в зависимости от архи-

тектурных особенностей помещения, построения экспозиции и характера представленных экспонатов [1].

Чаще всего музеи – это большие пространства, которые иногда сами представляют собой исторические памятники архитектуры, хотя бывают выставки в небольших пространствах. В музеях существуют постоянные экспозиции и временные выставки. Для тех и других предъявляются разные требования и условия освещения. В экспозиционном освещении можно выделить два основных аспекта: общее освещение – для создания световой среды и ориентации посетителей в выставочных залах и акцентирующее освещение экспонатов. Конечно, главное в музее – это экспонаты, именно они составляют основу экспозиции. При этом они могут меняться, изменять своё положение в пространстве, различаться по смысловой нагрузке, цвету, фактуре и т.д. Все это нужно учитывать при проектировании освещения.

В связи с тем, что музейное освещение одно из самых сложных, может возникнуть ряд визуальных проблем, которые необходимо учитывать, а именно: появление ненужных бликов, дискомфорта, ослеплённости, искажение цветопередачи, неверное тенеобразование, пульсация и т.д.

Также, важно понимать, что сам свет может оказывать негативное воздействие на произведения искусства, а именно плотность светового потока, падающего на зону экспозиции. Скорость старения и разрушения экспонатов прямо пропорциональна интенсивности освещения в любом спектральном диапазоне, вследствие чего эта величина подлежит строгому нормированию в музеях [2–5].

Цель любого музея – это сохранение объектов культурного наследия их демонстрация и изучение. Важнейшая задача проектировщика освещения – сделать такую осветительную

установку, чтобы она не только выразительно подчёркивала демонстрируемые экспонаты, но и работала на сохранение их для потомков. В связи с этим соблюдение и изучение нормативных документов по музейному освещению – важнейшая задача [6–9].

Решение столь сложной задачи по освещению экспозиционного пространства и объектов в нём немислимо без использования передовых компьютерных комплексов и программ по 3D моделированию. Однако в столь логичном подходе есть ряд сложностей. Если говорить о моделировании освещения в ещё только проектируемых музеях, когда есть большой набор исходных данных, и проектировщик может учесть все технические и архитектурные особенности пространства и адекватно подобрать тип и вид световой установки, то однозначно программы компьютерной графики в значительной степени помогут достичь правильного результата. Однако музейные пространства в большинстве случаев являются действующими десятилетиями выставочными площадками. В них уже существуют инженерные коммуникации, вентиляция, системы видеоконтроля, пожаротушения, экспозиционное оборудование и, конечно, система освещения. При изменении экспозиции в такого рода пространствах внести изменения в существующие инженерные системы трудно или вовсе невозможно. Спасает то обстоятельство, что все системы кроме освещения не имеют строгой принадлежности к экспонатам, а работают на пространство в целом. Системы освещения в музеях, как правило, имеют или должны иметь степень свободы по световой работе на экспонаты и иметь возможность как к расширению, так и к сжатию, за счёт добавления, замены или исключения из системы световых приборов. При таких условиях светодизайнерам и кураторам выставок при организации освещения остаётся только одно – физически снимать или добавлять световые приборы, по принципу «использовать максимально существующие». В результате мероприятие по постановке и организации освещения выставочного пространства может затянуться на долгий срок и быть весьма дорогостоящим. Возникает множество сложных вопросов: нет понимания, какие светильники существуют, можно будет обойтись ими, подходят ли они



Рис. 1. Фотография с существующей световой средой



Рис. 2. Визуализация сцены с существующей ОУ

по техническим и световым параметрам, нужно ли заказывать новые светильники и в каком кол-ве, смогут ли они работать в существующей системе и многие другие. Стоит обратить внимание, что если в данном выставочном пространстве через какое-то время сменится экспозиция, то организаторам с большой долей вероятности придётся снова проводить весь комплекс работ по настройке системы освещения со всеми вытекающими последствиями. Здесь авторы задаются вопросом, можно ли каким-то образом сократить трудозатраты на модернизацию освещения в действующих экспозиционных пространствах? Можно ли разработать технологию и методику по удобной и быстрой модернизации с прогнозируемым результатом? По нашему мнению, в решении данных вопросов могут помочь современные компьютерные программы и комплексы.

2. Эксперимент и метод исследования

В качестве объекта исследования нами был выбран зал № 15 ГМИИ им. А.С. Пушкина «Галерея искусства стран Европы и Америки XIX–XX веков». Знаменитый во всем мире музей, несомненно, относится к типу выставочных пространств с многолетней историей и экспозиционной практикой (рис. 1). Выставочное пространство представляет собой прямоугольное помещение $12 \times 6 \text{ м}^2$ с высотой потолка 2,8 м, со сквозным проходом. Одна из стен имеет оконные проёмы без доступа естественного света. В экспозиции участвует 10 картин (масло) и 3 скульптуры (бронза). Со слов музейных работников система освещения

выполнена ещё в 2006 году и состоит из трековой встроенной в потолок системы и установленных на неё шинопроводных прожекторов с галогенными источниками света мощностью 50 Вт и КЦТ 3000 К. Как можно видеть на рис. 1, в прожекторах используются лампы с двумя углами рассеивания света 36° и 24° . Некоторые прожекторы явно искажают КЦТ, связано это с качеством используемых ламп и их сроком эксплуатации. Первая задача, которую мы поставили перед собой, – это создание цифровой 3D копии данного помещения с моделированием существующего освещения. Для этого мы воспользовались программой трёхмерной графики *3ds Max* [10], в которой смоделировали пространство и все архитектурные элементы экспозиции. В принципе, мы могли бы взять любую программу 3D графики, нам важно на выходе получить модель с расширением, понятным для других программ, для дальнейшей работы, в частности это *.3DS* или *.IFC*.

Далее полученную модель мы экспортировали в профессиональную

светотехническую программу *DIALux Evo* [11], в которой провели различные технические манипуляции по присвоению поверхностям помещения свойств материалов, в частности, устанавливали коэффициенты диффузного и зеркального отражения, применили текстуры для фотореалистического восприятия. Следующим шагом стало моделирование освещения физически тождественному существующему. Для этого мы провели натурные измерения освещённости в характерных точках помещения музея с помощью поверенного люксметра ТКА-ПКМ 05. Замеренные значения освещённости мы использовали при моделировании освещения в 3D модели путём подбора аналогичных 3D светильников с изменениями их световых потоков. Полученную итоговую визуализацию вы можете видеть на рис. 2. Ввиду ограниченности места статьи, мы не можем привести визуальный материал по распределению освещённости по пространству экспозиции и показать, что уровни освещённости численно в 3D модели и фактические совпадают с точностью 5–10%. Естественно,

Рис. 3. Визуализация сцены после модернизации ОУ



визуализация на рис. 2 и фотография (рис. 1) имеют некоторые расхождения как архитектурные, текстурные, так и цветовые, но авторы и не ставили себе задачу 100 % совпадения фотографии с синтетическим изображением, а всего лишь хотели сказать о возможности этого при желании, а также продемонстрировать возможности современных программ.

По итогам моделирования в некотором приближении мы получили цифровую 3D копию музейного пространства, с которой далее можно работать. К примеру, куратор выставки решит не менять экспозицию и расположение экспонатов, а ограничится их существующим положением, при этом поставит себе следующие задачи по улучшению визуального восприятия выставочного пространства:

- провести замену светового оборудования на современные прожекторы на основе СД для экономии электроэнергии и улучшения цветосветового восприятия экспонатов;

- убрать паразитные засветы на потолочном карнизе;

- повысить освещённость в центральной части помещения в соответствии с нормируемым значением (не менее 30 лк);

- выявить возможность использования в освещении экспонатов прожекторов с разной КЦТ (3000–4000 К);

- устранить световые артефакты «арки» над и вокруг картин путём подбора правильной оптики прожекторов;

- уменьшить слепящее действие, добиться условия $UGR < 22$;

- остаться в рамках яркостного контраста 1:10 путём изменения цвета и фактуры стен помещения.

В результате моделирования (рис. 3) нам удалось решить все поставленные куратором выставки задачи. Более того, мы не только смогли показать, как будет выглядеть обновлённое помещение в виде 2D визуализаций, но и, фактически, дали «прогуляться» по 3D модели экспозиции с возможностью изменений всех архитектурных и световых параметров. При этом срок решения всех задач составил всего пару часов.

Использование в качестве общего освещения экспозиции системы закарнизного отражённого света по результатам моделирования показалось нам сомнительным решением. Проведённый дополнительный анализ распределения освещённости на фиктивных

плоскостях и оценки яркостных контрастов в поле зрения наблюдателя подтвердили не состоятельность такого решения. Таким образом, благодаря компьютерному моделированию нам удалось дать не только чёткие рекомендации по конкретному типу световых приборов, световому распределению, установлению нормируемых значений освещённости, местам установки приборов, цветовому оформлению и т.д., но и избежать ошибки в выборе системы общего освещения.

3. Методика и рекомендации

По результатам проведённого исследования можно попытаться сформулировать методику и дать рекомендации для светотехников, архитекторов, дизайнеров, кураторов и музейных работников по использованию компьютерной графики в музейном освещении. Вкратце её можно изложить в следующем образе:

1. на стадии проектирования или, основываясь на существующем выставочном пространстве, провести 3D моделирование объекта (создать цифровую копию) любым доступным редактором трёхмерной графики;

2. кураторам и музейным работникам в действующих музеях перед проведением обновления экспозиции совместно со светотехниками сделать цифровые копии используемых световых приборов;

3. используя подходящую светотехническую программу, провести на цифровой копии моделирование освещения новой или существующей системы освещения. В некоторых случаях будет достаточно локального моделирования;

4. убедиться в тождественности натурных и цифровых показателей;

5. с помощью встроенных или дополнительных средств анализа количественных и качественных показателей освещения в программах определить оптимальные параметры осветительной установки согласно действующим нормативным документам;

6. сохранить цифровую модель экспозиционного пространства в любом формате трёхмерной графики для дальнейшего использования;

7. кураторам и музейным работникам в случае изменения выставочного пространства и экспозиции 3D модель и цифровые копии светового оборудо-

вания помогут в составлении более точного технического задания.

Несомненным достоинством предлагаемой методики является её использование в образовательном процессе [12–13]. Благодаря использованию постоянно совершенствующихся программ трёхмерной графики пользователям и, в особенности обучающимся, открывается возможность проектировать осветительные установки в реальном времени, используя цифровые копии светильников, как «кисти» художника, а получаемый в результате световой эффект формировать в художественный образ, при этом оставаясь в поле физически точных показателей освещения.

4. Заключение

Предлагаемая методика моделирования является базисной и не претендует на законченное научное исследование. Основной параметр, который пока не удаётся корректно смоделировать в современных программах компьютерной графики – это распределение яркости в поле зрения наблюдателя. Именно расчёт яркости в каждой точке 3D пространства позволит однозначно судить о визуальном впечатлении и характеристиках зрительного восприятия. Одним из ключевых технологических барьеров является создание цифровых копий выставочных экспонатов и окружения. Для этого требуется измерить и оцифровать пространственные коэффициенты яркости. Следующим этапом будет являться обработка и расчёт набора данных цифровых копий в компьютерной программе. Работа в данном направлении сейчас только начинается, и авторы надеются, что в недалёком будущем нам станет возможно с помощью компьютерной графики приблизиться к точному воспроизведению зрительного восприятия пространства.

С другой стороны, полученные уже сейчас результаты и рекомендации можно использовать в практике освещения музейных пространств, что в значительной степени позволит сэкономить трудовые и временные затраты на модернизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная книга по светотехнике / Под. Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. С 74 4-е изд. перераб. и доп. М.: – С. 468–490.

2. ГОСТ Р 58814 «Музейное освещение. Термины и определения».

3. ПНСТ 393 «Музейное освещение. Освещение светодиодами. Методы измерений нормируемых параметров».

4. ПНСТ 392–2020 «Музейное освещение. Освещение светодиодами. Нормы».

5. СП 52.13330.2016 «СНиП 23–05–95* Естественное и искусственное освещение».

6. CIE 157:2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation // CIE, 2004.

7. Рекомендации по проектированию музеев / ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. – М.: Стройиздат. – 1988. – 48 С.

8. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие – М.: ГосНИИ реставрации. – 1995 г. – 17 С.

9. Единые правила организации комплектования, учёта, хранения и использования музейных предметов и музейных коллекций / Приказ Министерства культуры РФ от 23.07.2020 N827.

10. <https://www.autodesk.com/products/3ds-max>

11. <https://www.dial.de>

12. Будак В.П., Ковыркова М.Д., Макаров Д.Н., Минаева С.Ю., Скорнякова А.А. Светодизайн: воспитание творческих способностей у студентов-светотехников // Светотехника. – 2019. – № 1. – С. 80–83.

13. Budak, V., Makarov, D. Computer Graphics in Lighting Engineering Education: Teaching Photometry and the Basics of the Light Field, CEUR Workshop Proceedings 3027, 2021.

Новый путь сбора солнечной энергии расчищает путь для её использования 24/7

На протяжении веков изобретатели обдумывали и совершенствовали способ сбора солнечной энергии. Они проделали потрясающую работу с фотоэлектрическими элементами, которые преобразуют солнечный свет непосредственно в энергию. И всё же, несмотря на все исследования, историю и науку, стоящие за этим, существуют ограничения на то, сколько солнечной энергии можно собрать и использовать, поскольку её выработка ограничена только дневным временем.

Учёные Хьюстонского университета (США) продолжают исторический поиск, сообщая о новом типе системы сбора солнечной энергии, которая побивает рекорд эффективности всех существующих технологий. И, что не менее важно, она расчищает путь для использования солнечной энергии 24/7.

«Благодаря нашей архитектуре эффективность сбора солнечной энергии может быть повышена до термодинамического предела», – сообщает Б. Чжао, доцент кафедры машиностроения, и его докторант С.Д. Галеконех в журнале «*Physical Review Applied*». (Термодинамический предел – это абсолютный максимум теоретически возможной эффективности преобразования солнечного света в электричество.)

Поиск более эффективных способов использования солнечной энергии имеет решающее значение для перехода на безуглеродную электрическую сеть. Согласно недавнему исследованию, проведённому Управлением технологий солнечной энергетики Минэнерго США и Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии, на солнечную энергию может приходиться до 40 % электроснабжения США к 2035 г. и 45 % к 2050 г.

Как это работает?

Традиционная солнечная термофотовольтаика (STPV) использует промежуточный слой для адаптации солнечного света к более высокой эффективности. Лицевая сторона промежуточного слоя (сторона,

обращенная к солнцу) предназначена для поглощения фотонов, исходящих от солнца. Таким образом, солнечная энергия преобразуется в тепловую энергию промежуточного слоя и повышает его температуру. Но термодинамический предел эффективности STPV, который долгое время считался пределом абсолютно чёрного тела (85,4 %), всё ещё намного ниже предела Ландсберга (93,3 %), предельного предела эффективности для сбора солнечной энергии.

«В этой работе мы показываем, что дефицит эффективности вызван неизбежным обратным излучением промежуточного слоя к солнцу, возникающим в результате взаимодействия системы. Мы предлагаем невзаимные системы STPV, в которых используется промежуточный слой с невзаимными радиационными свойствами», – сказал Чжао. «Такой невзаимный промежуточный слой может существенно подавлять обратное излучение к солнцу и направлять больше фотонного потока к ячейке. Мы показываем, что при таком усовершенствовании невзаимная система STPV может достичь предела Ландсберга и практически системы STPV с фотоэлектрическими элементами с одним переходом могут значительно повысить эффективность».

В одном важном сценарии применения STPV они могут соединяться с экономичными накопителями тепловой энергии для выработки электроэнергии в режиме 24/7.

«Наша работа подчёркивает большой потенциал невзаимных тепловых фотонных компонентов в энергетических приложениях. Предлагаемая система предлагает новый путь для значительного повышения КПД систем STPV. Это может проложить путь для невзаимных систем, которые будут внедрены в практические системы STPV, сегодня используемые на электростанциях», – сказал Чжао.

sciencedaily.com
03.10.2022



Макаров Денис Николаевич, кандидат техн. наук. Окончил в 2005 г. Московский энергетический институт (НИУ «МЭИ»). С 2002 г. По настоящее время практикующий светодизайнер, член

редколлегии журнала «Светотехника / Light & Engineering», преподаватель кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ»



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

«МЭИ». Член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ