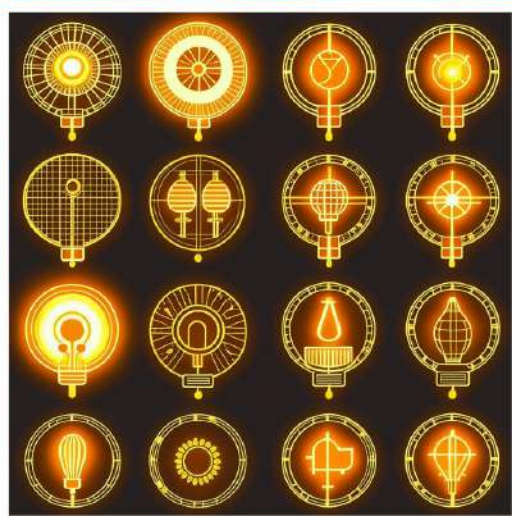


ISSN 2949-4958

ИННОВАЦИОННАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Журнал РНК МКО

2023



УЧРЕДИТЕЛЬ



Российский национальный комитет
Международной комиссии по освещению
(РНК МКО)

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



VARTON

ΛWΛDΛ



Издание выполнено при финансовой поддержке
ООО "Брайтэлек", ООО "Светогор", ООО "Вартон", ООО "Гефера Медиа"

2023

ISSN 2949-4958

**ИННОВАЦИОННАЯ
СВЕТОТЕХНИКА**

LIGHTING ENGINEERING
INNOVATIONS

ЖУРНАЛ
РНК МКО

CIE NC RU
JOURNAL

**Инновационная светотехника:
журнал РНК МКО**

№ 1 / 2023

ISSN 2949-4958



Учредитель:

Российский национальный комитет
Международной комиссии по
освещению (РНК МКО)

129626, Москва, 1-й Рижский пер., 6
<https://cie-russia.ru>

Главный редактор – П.А. Федорищев
Тел.: +7 985 428-20-00
E-mail: info@cie-russia.ru

Сдано в набор: 04.10.2023
Подписано в печать 11.11.2023
Формат: 70x100/16. Усл. п. л. 21,8.
Печать цифровая. Тираж 500 экз.
Заказ № 0410/23-И

270 с.

Отпечатано с готовых диапозитивов.
Издательство Ниц Арт: 198095,
г. Санкт-Петербург, ул. Маршала
Говорова, 29а, тел.: +7 (812) 715-05-21
e-mail: izdat@nic-art.ru
<http://www.artnw.ru>

Журнал Российского
национального комитета
Международной комиссии по освещению

Редакция:

Главный редактор – П.А. Федорищев
Ответственный редактор – А.С. Зиничева

Редакционная коллегия:

А.Г. Шахпарунянц –
кандидат технических наук,
президент РНК МКО.

В.П. Будак –
доктор технических наук, профессор,
академик АЭН РФ.

Р.И. Столяревская –
доктор технических наук.

А.А. Григорьев –
доктор технических наук, профессор.

Перепечатка материалов из журнала «Инновационная светотехника» – только с разрешения редакции. За содержание и редакцию информационных материалов ответственность несет источник информации. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

© ООО «РНК МКО, 2023
© Издательство «НИЦ АРТ», 2023



Дорогие друзья!

21 сентября этого года в Москве с успехом прошла конференция «Инновационная светотехника» и ключевой её частью был конкурс научных докладов «Молодые светотехники». Конкурс существует уже четверть века, но не будет преувеличением, если мы скажем, что в 2023 году открыта новая страница его истории. Именно в этом году конкурс расширил свои границы – как географические, так и дисциплинарные: участие в нём приняли не только – традиционно – молодые светотехники из российских технических вузов, но и архитекторы и световые дизайнеры из ведущих университетов страны, а также участники из Турции, Японии и Китая.

Тезис о том, что главное – не победа, а участие, весьма уместен, когда мы говорим о конкурсе «Молодые светотехники». Ведь само участие в нём для многих – первый опыт рецензируемой публикации и выступления перед профессиональной аудиторией. Ну а в том, что этот опыт – успешный, читатели могут удостовериться, ознакомившись с содержанием нашего издания.

Вы держите в руках первый журнал Российского национального комитета Международной комиссии по освещению (РНК МКО), в котором собраны все прошедшие рецензирование доклады участников конкурса «Молодые светотехники» и конференции «Инновационная светотехника». Поскольку конкурс проводился на двух языках, доклады в этом издании разделены на два раздела – докладов русскоязычной и английской сессий. Названия, аннотации и ключевые слова даны на двух языках. Предваряет научную часть издания подробный материал о прошедшем конкурсе и приветственные слова организаторов и партнёров конференции, а в конце сборника вы найдёте информацию о работе Международной комиссии по освещению и её Российского национального комитета.

Хочется поблагодарить участников конференции и всех тех, кто работал над её организацией и над выпуском этого издания, наших партнёров и спонсоров: всех нас объединяет твёрдая уверенность в том, что «Молодые светотехники» – это наше будущее.

***Президент Российского
национального комитета МКО
(РНК МКО),
Генеральный директор ВНИСИ
А.Г. Шахпарунянц***

СОДЕРЖАНИЕ

О конференции «Инновационная светотехника России»	11
<i>About the Conference "Innovative Lighting Engineering of Russia"</i>	
Приветствия	15
<i>Greetings</i>	
От программного комитета	21
<i>Program committee's introduction</i>	
Доклады участников русскоязычной секции	25
<i>Russian session</i>	
<i>Абрамова М.А., Бородина Д.А., Зубченко А.Б., Музыченко К.И., Карпенко В.Е., Пономаренко Н.В. Световые композиции и формы в прибрежном пространстве города (на примере Владивостока).....</i>	<i>27</i>
<i>Abramova M., Borodina D., Zubchenko A., Muzychenko K., Karpenko V., Ponomarenko N. Light compositions and forms in the coastal space of the city (by the example of Vladivostok).....</i>	<i>27</i>
<i>Аверкова О.А., Трущенко Е.Е., Коржнева Т.Г., Толкачева К.П. Использование метода персонажа при проектировании освещения сквера Героев Чернобыля.....</i>	<i>32</i>
<i>Averkova O., Trushchenko E., Korzneva T., Tolkacheva K. Using the character method applied to heroes of Chernobyl square lighting design..</i>	<i>32</i>
<i>Александров А.А., Горбунов А.А. Исследование характеристик светодиодного светильника для прикроватного освещения медицинских учреждений</i>	<i>37</i>
<i>Alexandrov A., Gorbunov A. Investigation of the characteristics of an LED lamp for bedside lighting of medical institutions</i>	<i>37</i>
<i>Амбарникова Н.В. Визуализация неравномерности цветности оптической системы на основе двухкристального светодиода.....</i>	<i>42</i>
<i>Ambarnikova N. Visualization of chromaticity irregularity of optical system based on double-crystal LED.....</i>	<i>42</i>
<i>Аниканов К.И., Снетков В.Ю. Гендерные особенности цветового восприятия</i>	<i>47</i>
<i>Anikanov K., Snetkov V. Gender features of color perception.....</i>	<i>47</i>
<i>Афонин К.Н. Исследование теплоотвода газовой среды в колбе лампы типа «filament».....</i>	<i>52</i>
<i>Afonin K. The study of heat removal by the gas inside in the «filament» lamp type.....</i>	<i>52</i>

<i>Беркович Р.С.</i> Изучение влияния содержания церия в алюмоиттриевом гранате на физические характеристики люминофора	58
<i>Berkovich R.</i> Study of the effect of the content of cerium in yttrium aluminum garnet on the physical characteristics of the phosphor	58
<i>Брошко О.О., Кистенева А.В.</i> Проект лаборатории по исследованию влияния освещения на физиологические показатели организма человека.....	62
<i>Broshko O., Kisteneva A.</i> The project of the laboratory for the study the effect of lighting on the physiological parameters of the human body	62
<i>Гафуров В.Р.</i> Устройство измерения цветовых параметров образцов смешанных цветов	68
<i>Gafurov V.</i> Device for measuring color parameters of mixed color samples.....	68
<i>Генералова В.Д., Драгунов А.Н., Карпенко В.Е., Пономаренко Н.В.</i> Изобразительное искусство как средство архитектурного освещения	74
<i>Generalova V., Dragunov A., Karpenko V., Ponomarenko N.</i> Fine art as a means of architectural lighting.....	74
<i>Григорькин А.В., Горбунов А.А.</i> Исследование характеристик “умного” светодиодного светильника с автономным источником питания	79
<i>Grigorkin A., Gorbunov A.</i> Investigation of the characteristics of a “smart” LED lamp with an autonomous power source.....	79
<i>Грицаенко В.С., Смирнов П.А.</i> Оценка эффективности характеристик облучения при выращивании микрозелени.....	83
<i>Gritsaenko V., Smirnov P.</i> Evaluation of the efficiency of lighting characteristics in growing microgreens	83
<i>Еременко А.А., Топоркова А.А., Гречкина Т.В.</i> Баланс архитектуры и света в освещении фасадов зданий	88
<i>Eremenko A., Toporkova A., Grechkina T.</i> Balance of architecture and light in the lighting of building facades	88
<i>Железнов И.И., Будаков В.П.</i> Проблемы моделирования переноса излучения в газоразрядной ртутной плазме.....	93
<i>Zheleznov I., Budakov V.</i> Problems of modeling radiation transfer in gas-discharge mercury plasma.....	93
<i>Казачков Д.М., Макаров Д.Н.</i> Станция метро с колоннами-световодами	99
<i>Kazakov D., Makarov D.</i> Underground station with light guide columns	99

<i>Краснов С.В., Фомин А.Г.</i> Исследование влияния офисного освещения с изменяемой цветовой температурой на зрительную работоспособность.....	104
<i>Krasnov S., Fomin A.</i> Influence of variable color temperature office lighting on visual performance	104
<i>Кузнецова Е.А., Иванова Е.В., Шенетина А.В.</i> Видеомэппинг как инструмент создания предметно-пространственной среды	109
<i>Kuznetsova E., Ivanova E., Shepetina A.</i> Video mapping as a tool for creating a subject-spatial environment	109
<i>Куйдин Д.С., Фомин А.Г.</i> Освещение музея современного искусства.....	115
<i>Kuydin D., Fomin A.</i> Lighting design for modern art museum.....	115
<i>Лозанова Д.А., Кистенёва А.В.</i> Применение технологии айтрекинга для оценки восприятия изображений объектов архитектурного освещения	119
<i>Lozanova D., Kisteneva A.</i> The use of eye tracking technology for evaluating the users' perception of architectural lighting images	119
<i>Молдыбаева К.Ж., Макаров Д.Н.</i> Проблемы моделирования архитектурного освещения	124
<i>Moldybayeva K., Makarov D.</i> Problems of architectural lighting modeling.....	124
<i>Никулин А.С., Лебедкова С.М.</i> Лабораторная установка для исследования влияния излучения различного спектрального состава на восприятие отделочных материалов	129
<i>Nikulin A., Lebedkova S.</i> Laboratory installation for studying the effect of radiation of various spectral composition on the perception of finishing materials	129
<i>Новосельский В.А., Манаенков А.О., Прикупец Л.Б., Будак В.П.</i> Светодиодный облучательный прибор для ускоренного восстановления спортивных газонов.....	134
<i>Novoselskii V., Manaenkov A., Prikupets L., Budak V.</i> LED irradiation device for accelerated restoration of sports lawns	134
<i>Нугманова А., Штабель В.С., Гречкина Т.В.</i> Световое дополнение выставочного комплекса палеонтологического музея ТПУ	140
<i>Nugmanova A., Shtabel V., Grechkina T.</i> Light addition to the exhibition complex of the TPU paleontology museum	140
<i>Олейник И.А., Нестеркина Н.П., Журавлёва Ю.А.</i> Моделирование охлаждающего элемента для светодиодного модуля.....	145
<i>Oleinik I., Nesterkina N., Zhuravleva J.</i> Simulation of cooling element for LED module	145

<i>Онищук А.В., Лебедкова С.М.</i> Освещение помещений космической станции.....	150
<i>Onishchuk A., Lebedkova S.</i> Lighting of the space station premises.....	150
<i>Панарин Г.А., Снетков В.Ю.</i> Исследования особенностей восприятия сложных цветных объектов и цветовых предпочтений.....	155
<i>Panarin G., Snetkov V.</i> Researches of peculiarities perception of complex coloured objects and colour preferences.....	155
<i>Патарашвили А.Н., Макаров Д.Н.</i> Инновационная модель освещения витрин в ювелирном магазине.....	160
<i>Patarashvili A., Makarov D.</i> Innovative model of window lighting in a jewelry store.....	160
<i>Розин Д.Е., Фомин А.Г.</i> Анализ критериев целесообразности внедрения систем автоматического управления освещением	165
<i>Rozin D., Fomin A.</i> Analysis of the lighting control systems expediency.....	165
<i>Сайкова П.А., Гречкина Т.В.</i> Экспозиционное световое пространство витрин с минералами.....	169
<i>Saikova P., Grechkina T.</i> Lighting exposure space for museum displays with minerals.....	169
<i>Слукина А.А., Хасанова Ю.М.</i> Система архитектурно-художественного освещения и ее роль в формировании туристического облика города	174
<i>Slukina A., Khasanova J.</i> The system of architectural and artistic lighting and its role in forming the tourist look of the city	174
<i>Сурков И.В., Феник М.А., Рыбина В.А., Туркин А.Н.</i> Экспериментальное исследование и моделирование спектров излучения органических светодиодов на основе трёхкомпонентных структур.....	181
<i>Surkov I., Fenik M., Rybina V., Turkin A.</i> Experimental investigation and modeling of emission spectra of organic light-emitting diodes based on three-component structures.....	181
<i>Суховерхова М.П., Владимиров М.Е., Карпенко В.Е., Пономаренко Н.В.</i> Световые инсталляции и формы в районе фуникулера в г. Владивостоке.....	186
<i>Sukhoverkhova M., Vladimirov M., Karpenko V., Ponomarenko N.</i> Light installations and forms in the area of Vladivostok funicular	186

<i>Феник М.А., Сурков И.В., Рыбина В.А., Туркин А.Н.</i> Моделирование и экспериментальное исследование RGB-цветоделения излучения органических светодиодов белого цвета свечения для дисплейных технологий.....	192
<i>Fenik M., Surkov I., Rybina V., Turkin A.</i> Modeling and experimental research of RGB color emission from white-light emitting organic light-emitting diodes (OLEDs) for display technologies	192
<i>Храмов В.А., Рыбина В.А., Григорьев А.А.</i> Определение функции относительной световой эффективности: новый метод и модернизация экспериментальной установки	197
<i>Hramov V., Rybina V., Grigoryev A.</i> Determination of the luminous efficiency function: a new method and modernization of the experimental installation	197
<i>Худолеева Е.О., Карпенко В.Е.</i> Светоцветовые мультимедийные формы в организации архитектурно-световой среды города.....	202
<i>Khudoleeva E., Karpenko V.</i> Light-color multimedia forms in the organization of the architectural and lighting environment of the city	202
<i>Цыганкова Т.И., Смирнов П.А.</i> Проектирование гидропонной установки для облучения растений.....	208
<i>Tsygankova T., Smirnov P.</i> Design of a hydroponic installation for plant irradiation	208
<i>Шагина Д.Д., Фомин А.Г.</i> Освещение жилого интерьера с интеллектуальной системой управления.....	213
<i>Shagina D., Fomin A.</i> Household interior lighting with intellectual control system.....	213
Доклады участников иностранной секции	219
<i>English session</i>	
<i>Aliparast S., Onaygil S.</i> An energy efficient human centered office lighting, a case study on open plan office with no access to daylight.....	221
<i>Алипараст С., Онайгил С.</i> Энергоэффективное освещение офиса, ориентированное на человека, на примере офиса свободной планировки без доступа дневного света.....	221
<i>Dai S.J., Wang T.Y., Shao R.D., Hao L.X.</i> Research on lighting environment design strategies in obstetric spaces based on the whole process of natural childbirth: a case study of labor, delivery, and recovery rooms in Xiamen Lotus Hospital	230
<i>Дай С., Тунъюэ Ван, Шао Р., Луокси Хао</i> Исследование стратегий проектирования световой среды в акушерских помещениях с учетом всего процесса естественных родов: на примере родовой, родильной и восстановительной палат в больнице Xiamen Lotus	230

<i>Li J., Wang T., Hao L.</i> Analysis of bedroom light illumination and sleep quality of elderly people at bedtime.....	235
<i>Ли, Тунъюэ Ван, Луокси Хао</i> Анализ освещенности спальни и качества сна пожилых людей во время сна.....	235
<i>Senba R., Maruyama Y., Takao M.</i> Diurnal modulation of pupillary light reflex	241
<i>Рюма Сенба, Ю Маруяма, Мотохару Такао</i> Суточная модуляция светового рефлекса зрачка	241
<i>Sönmez N., Cilasun Kunduraci A.</i> Enhancing daylight availability in historical buildings through tubular daylight guidance systems: a simulation-based study.....	245
<i>Сёнмез Н., Джиласун Кундараджи</i> Обеспечение дневного света в исторических зданиях с помощью световодов: исследование на основе моделирования.....	245
<i>Surkov I.V., Fenik M.A., Rybina V.A., Turkin A.N.</i> Spectrum modeling as a method for temperature correction of organic light-emitting diodes based on three-component structures.....	252
<i>Сурков И., Феник М., Рыбина В., Туркин А.</i> Моделирование спектра как метод температурной коррекции органических светодиодов на основе трехкомпонентных структур.....	252
<i>Рыбина В.А., Глорио Ю.А.</i> Деятельность РНК МКО в 2023 году.....	260
<i>Rybina V., Glorio J.</i> CIE NC Russia activity in 2023	260

Свет

для комфортной
жизни



 **Брайтэлек**

Москва, 1-й Рижский пер. 6
www.brightelec.ru

info@brightelec.ru
+7 (495) 514-10-79

О КОНФЕРЕНЦИИ «ИННОВАЦИОННАЯ СВЕТОТЕХНИКА РОССИИ»



Организатором конференции и конкурса выступил Российский национальный комитет Международной комиссии по освещению (РНК МКО) при поддержке ООО «Гефера Медиа», МСК «БЛ ГРУПП», ВНИСИ им. С.И. Вавилова, НИУ «МЭИ», а также корпоративного члена РНК МКО со статусом «Платиновый» ООО «Брайтэлек» и спонсоров конкурса – компаний ООО ТПК «Вартон» и ООО «ПТК СВЕТОГОР». Конкурс научных докладов «Молодые светотехники» ежегодно проводится в рамках Всероссийской научно-технической конференции «Инновационная светотехника России» на выставке Interlight Russia | Intelligent building Russia в Москве.

Участниками конференции стали учащиеся российских и зарубежных вузов по профильным специальностям (бакалавриат, специалитет, магистратура), аспиранты, соискатели, молодые ученые и специалисты, занимающиеся научно-техническими и прикладными исследованиями, опытно-конструкторскими и проектными работами в сфере светотехники, осветительной техники, архитектуры и светового дизайна. В этом году «география» конкурса значительно расширилась, выросло и число участников: на конкурс было принято 47 докладов из России, Китая, Турции и Японии.

Все доклады были разделены на 3 секции – «Светотехника», «Архитектура и световой дизайн» и секция иностранных докладов. Все поступившие в оргкомитет доклады прошли двойное слепое рецензирование Программным комитетом конференции.

В Программный комитет конференции и жюри конкурса вошли кандидаты и доктора наук – члены РНК МКО, преподаватели НИУ «МЭИ», МГУ им. Н. П. Огарева, Томского политехнического университета, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ТУСУР, Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ), РГХПУ им. С.Г. Строганова, Политехнического института (Школы) ДВФУ, МАРХИ, МАРШ, специалисты ВНИСИ, НИИПП, а в секции иностранных докладов, которую возглавила вице-президент МКО проф. Люокси Хао из Университета Тунцзи (Китай), – представители Университета Токай (Япония), Университета Ясар в Измире и Технического университета Стамбула (Турция), Университета Любляны (Словения), Королевского технологического университета в Тхонбури (Таиланд) и Индийского светотехнического общества.

В очном заседании конференции и финале конкурса, прошедшем 21 сентября 2023 года в Москве, приняли участие победители секций «Архитектура и световой дизайн» и «Доклады на иностранном языке», которых члены жюри выбрали путем онлайн-голосования, а также финалисты традиционной секции «Светотехника». Результатом заседания жюри, которое прошло в рамках мероприятия, стало присуждение двух третьих, двух вторых и одного первого призов!

Ниже приводим доклады и имена авторов, занявших призовые места в конкурсе в каждой из секций. Все они опубликованы в этом издании.



Победители конкурса «Молодые светотехники» в 2023 году:

- Панарин Георгий (НИУ «МЭИ»),
- Иванова Евгения (РГХПУ им. С.Г. Строганова)
- Севда Алипараст (Технический университет Стамбула)

Секция «Светотехника»

1 место: *Панарин Георгий Александрович*, «Исследования особенностей восприятия сложных цветных объектов и цветовых предпочтений», НИУ «МЭИ», г. Москва.

2 место:

- *Казаков Данила Михайлович*, «Станция метро с колоннами – световодами», НИУ «МЭИ», г. Москва;
- *Феник Максим Андреевич / Сурков Илья Владимирович*, «Моделирование и экспериментальное исследование RGB-цветоделения излучения органических светодиодов белого цвета свечения для дисплейных технологий», НИУ «МЭИ», г. Москва.

3 место:

- *Афонин Кирилл Нильевич*, «Исследование теплоотвода газовой среды в колбе лампы типа «filament»», ТУСУР, г. Томск;
- *Новосельский Владислав Андреевич*, «Светодиодный облучательный прибор для ускоренного восстановления спортивных газонов», НИУ «МЭИ», г. Москва.

Секция «Архитектура и световой дизайн»

1 место: *Иванова Евгения Валерьевна*, «Видеомэппинг как инструмент создания предметно-пространственной среды» РГХПУ им. С.Г. Строганова, г. Москва.

2 место: *Худолеева Елена Олеговна*, «Светоцветовые мультимедийные формы в организации архитектурно-световой среды города», ДВФУ, г. Владивосток.

3 место: *Хасанова Юлия Маратовна*, «Система архитектурно-художественного освещения и ее роль в формировании туристического облика города», РГХПУ им. С.Г. Строганова, г. Москва.

Секция Иностраных докладов

1 место: *Sevda Aliparast*, «An energy efficient human centered office lighting, a case study on open plan office with no access to daylight», Istanbul Technical University, Türkiye.

2 место: *Li Junliang* «Analysis of Bedroom Light Illumination and Sleep Quality of Elderly People at Bedtime», Tongji University, China.

3 место: *Fenik Maksim Andreevich*, «Spectrum modeling as a method for temperature correction of organic light-emitting diodes based on three-component structures», MPEI, Russia.

Приглашаем всех желающих принять участие в следующем конкурсе «Молодые светотехники», запланированном на осень 2024 г. Вся информация о конкурсе доступна на сайте Российского национального комитета МКО по адресу <https://cie-russia.ru>.

ПРИВЕТСТВИЯ

GREETINGS



Уважаемые участники Международного конкурса «Молодые светотехники»!

От имени Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии и себя лично приветствую всех вас – студентов, аспирантов, молодых специалистов в области светотехники, архитектуры и светового дизайна. Конкурс проводится уже более четверти века, и каждый год он привлекает множество талантливых молодых ученых.

Важно отметить, что конкурс проводится как среди российских, так и иностранных студентов. В жюри и Программный Комитет конкурса вошли представители ведущих технических вузов России, а университетов Китая, Японии, Таиланда, Турции, Словении и Индии. Это открыло новый этап развития конкурса – теперь уже в статусе Международного, и я хотел бы поздравить с этим достижением его организаторов – Российский национальный комитет Международной комиссии по освещению.

В сфере обеспечения единства измерений и стандартизации в светотехнике Россия является одним из признанных лидеров, чему во многом способствует и активное участие в деятельности Международной комиссии по освещению и Международной электротехнической комиссии.

Российскими специалистами в этом году планируется завершение совершенствование Государственного первичного эталона единицы силы света и светового потока непрерывного излучения, реализующего воспроизведение с наивысшей точностью единицы силы света и светового потока. Совершенствование эталонной базы позволяет решить широкий круг задач по метрологическому обеспечению испытательных лабораторий, где проходят испытание ламп, светильников, осветительных установок.

В свою очередь, Фонд стандартов в области светотехники в России сегодня насчитывает более 170 документов, около половины из которых являются межгосударственными. Уровень гармонизации с международными стандартами высокий и составляет более 50 процентов, средний возраст стандартов не превышает 9 лет.

Нельзя недооценить важность света в нашей повседневной жизни. Так, в 2023 году Росстандартом были утверждены два ГОСТа на светодиодное музейное освещение. Выполнение требований этих документов обеспечит безопасность применения светодиодного освещения в экспозиционных и выставочных залах, а также повысит уровень комфорта посетителей музеев при осмотре экспозиции.

В конкурсе участвовали лучшие работы студентов по светотехнике и светодизайну. При этом эти работы – только начало творческого и исследовательского пути авторов, прекрасное начало, которое, уверен, приведёт ко многим профессиональным успехам и принесёт ощутимую пользу российской электротехнической отрасли, науке и технике. Я желаю вам, дорогие друзья, плодотворной и интересной работы, обмена опытом и вдохновения для дальнейшей исследовательской работы!

А.П. Шалаев

***Руководитель Федерального агентства
по техническому регулированию и
метрологии***



Я рад поздравить всех участников и экспертов, благодаря которым был успешно организован конкурс «Молодые светотехники». Некоторые из них, возможно, впервые столкнулись с написанием научной работы, другие уже имеют опубликованные статьи в научных журналах. Однако все участники продемонстрировали высокий уровень научной работы и заслуживают поощрения от научного и профессионального сообщества.

Мы все переживаем непростые времена. Мировое сообщество стоит на пороге политического и экономического раскола, а глобальные климатические изменения могут привести к катастрофическим последствиям и поставить под угрозу существование нашей планеты. В эти дни нас объединяет вера в то, что сегодняшние молодые люди сумеют разрешить назревшие глобальные проблемы и объединить мир своими мужеством, мудростью и дружбой.

На протяжении всей истории молодые люди инициировали и претворяли в жизнь изменения в обществе и мире. Вы обладаете огромной силой и смелостью для следования своим идеалам. Кроме того, ваш мозг еще молод и работает на полную мощность, что делает его источником свежего мышления, которое обеспечивает гибкость в межличностных, в том числе и дружеских, отношениях.

Вы – ученые, инженеры и дизайнеры. Ваши знания и опыт позволяют находить решения сложных проблем: наука дает бесценные подсказки к этим решениям, инженерное дело – новые технологические инструменты, а дизайн может изменить наше общество и окружающую среду.

Мудрость обретается через образование и опыт. Важно изучать историю наших предков. Их успехи и неудачи – это бесценный опыт, необходимый для создания новых технологий и изменения мира. Но недостаточно учиться только по книгам: нужно путешествовать и встречаться с людьми различных культур. Так человек обретает истинную мудрость.

Вы должны быть захвачены глобальными вопросами, постоянно получать новую информацию, создавать новые технологии, учитывая их значение для общества и окружающей среды, чтобы служить человечеству во всем мире. Перед вами стоят возвышенные задачи. Конкурс «Молодые светотехники» – уникальная возможность отточить исследовательские навыки. Я настоятельно рекомендую вам и дальше регулярно участвовать в конкурсах. Постоянные научные испытания позволят вам реализовать свою благородную миссию.

История также учит нас, что при выполнении трудных задач без друзей не обойтись. Я призываю вас поддерживать связь с вашими соперниками и после окончания конкурса. Участники, которые вчера боролись с вами за победу, завтра могут стать вашими лучшими соратниками, поскольку у всех вас одни и те же цели.

Мотохару Такао, Ph.D.

***Профессор Токайскойго Университета,
Председатель Lux Pacifica***



Вы держите в руках сборник докладов конференции «Инновационная светотехника России», а это значит, что конференция состоялась и оправдала все надежды и планы на нее. Даже беглый просмотр оглавления говорит о полном охвате всех основных проблем современной светотехники. Нельзя не заметить, что создание светодиодов (СД) – источников с неограниченными возможностями, компьютерной графики (КГ), позволяющей перейти от расчетов распределения света к мышлению образами в освещении, а развитие цифровых систем управления освещением (ЦСУО) дает возможность практически реализовать эти образы в реальности. Современная тенденция в освещении – человеко-ориентированное освещение (Human centric lighting, HCL), когда критерием качества освещения является не освещенность на рабочей поверхности, а ощущение хорошего настроения. Однако СД, КГ и ЦСУО только открывают возможности создания технологии HCL, сама же технология будет реализована, только когда критерии качества освещения будут выражены через фотометрические характеристики распределения света в сцене освещения. Конференция стала важной вехой в этом направлении.

В рамках конференции был проведен конкурс «Молодые светотехники», что явилось продолжением более чем тридцатилетних традиций, поскольку конференция является продолжением конференции «Молодые светотехники России», проводившейся в рамках выставки «Интерлайт». Уверен, что конкурс послужил хорошей рекламой для молодых заниматься наукой. Сама идея объединения конференции по новейшим направлениям светотехники с конкурсом молодых исследователей является важнейшим требованием времени по передаче научных традиций.

Очень важно в работе конференции появление новой секции «Архитектура и световой дизайн». Именно создание образа в освещении является одной из важнейших составляющих HCL. Однако приемы и правила дизайна, выработанные в других областях, требуют пересмотра и развития в применении к освещению, где восприятие получаемого образа существенно зависит от яркости и цветности адаптации.

Не менее важно появление и третьей секции – иностранных докладов. Наука принципиально имеет международный характер, любое ограничение национальными рамками ведет к стагнации, отеснению исследований на периферию основных направлений исследований. Работа секции наглядно показала, что иностранцы существенно лучше подготовлены в вопросах написания научной работы по международно-признанному формату IMRAD, что исключительно важно в эпоху информационной революции. Это серьезный повод для внесения изменений в подготовку наших студентов.

Конференция состоялась, теперь ждем ее международного признания!

В.П. Будак,

***профессор кафедры светотехники
НИУ «МЭИ», доктор технических наук,
главный редактор журнала
«Светотехника/ Light & Engineering»,
глава Отделения 8 РНК МКО***



Дорогие специалисты в области светотехники!

Техника освещения постоянно развивается и меняется, и именно молодые профессионалы, такие как вы, являются двигателями этих изменений. Ваши свежие идеи, неординарные подходы и стремление к инновациям – это то, что делает вашу профессию столь увлекательной и перспективной.

Светотехника – это не просто наука, это еще и творчество, ведь каждый световой дизайнер или инженер имеет возможность создать нечто уникальное, что будет радовать глаз и приносить пользу.

Ваш выбор этой профессии говорит о том, что вы готовы учиться и расти, преодолевать трудности и стремиться к новым достижениям. Ваши знания и навыки станут основой для создания комфортных и безопасных условий жизни в городах и поселках, а также для развития инфраструктуры и улучшения качества жизни людей.

Мы уверены, что изучение светотехники станет для вас увлекательным путешествием в мир света, где каждый из вас сможет открыть для себя новые горизонты и найти свое место. Помните, что самое главное в нашей профессии – это любовь к своему делу и уважение к традициям светотехнического искусства. Будьте всегда готовы учиться новому и делиться своими знаниями с другими!

И.М. Василев

***Директор по развитию
ООО «Брайтэлек»***



Светотехника вносит важный вклад в создание здоровой, продуктивной, эффективной, комфортной и безопасной среды. Технологии освещения прошли долгий путь с момента изобретения огня, свечей и газовых ламп. С появлением электрического освещения стало намного проще освещать дома, улицы и общественные места, привнося уже упомянутые выше комфорт и безопасность в нашу повседневную жизнь.

На сегодняшний день все большее применение находят светодиодные источники света, которые широко используются в различных областях – от жилых до промышленных, благодаря их многочисленным преимуществам по сравнению с предыдущими технологиями освещения.

С появлением и развитием светодиодов однозначно необходимо продолжать развивать это важное и нужное направление в светотехнике.

Уверены, что молодые профессионалы, чьи доклады опубликованы в этом сборнике, откроют нам много нового и интересного, а ООО ПТК «СВЕТОГОР» всеми силами будет поддерживать конференцию и молодых светотехников! Желаем успехов и новых достижений!

К.А. Зевахин

***Генеральный директор
ООО ПТК «СВЕТОГОР»***

Коллеги, специалисты, учёные!



Развитие общества не может идти без развития науки. На базе достижений XX века в физике, особенно послевоенного периода, сформирован современный постиндустриальный уклад. Наука становится всё более междисциплинарной, не знающей национальных границ. Только опираясь на научные разработки, смелые гипотезы, упорный труд и веру в свои силы, мы сможем построить технологически суверенную страну, в которой технические достижения помогают нравственным ценностям работать на благо всего общества, делая нашу повседневную жизнь лучше, светлее и проще.

Наша компания не понаслышке знает, как важно для светотехнической отрасли внедрение передовых технологий. Поэтому мы с особым вниманием относимся к мероприятиям такого масштаба, ведь здесь происходит обмен знаниями, опытом и живое обсуждение новейших мировых достижений.

Во многом именно благодаря труду исследователей мы можем применять сегодня высокотехнологичное оборудование для выпуска качественной российской продукции. Улучшать существующее и создавать новое светотехническое оборудование. Разрабатывать технологии с искусственным интеллектом для повышения качества света и оптимизации энергопотребления. Этот сборник — свидетельство того, что ни наука, ни производство не стоят на месте. И впереди ещё много открытий и прорывов.

Желаю организаторам и участникам успехов, веры в свои силы, вдохновения и продуктивной работы на научном поприще!

С.А. Мордавченков

*Исполнительный директор
ООО ТПК «Вартон»*

ОТ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ «ИННОВАЦИОННАЯ СВЕТОТЕХНИКА»



Настоящее издание включает в себя доклады конференции «Инновационная светотехника» и состоит из двух частей: первая часть представлена 37 статьями русскоязычной секции, вторая – шестью публикациями на английском языке.

Публикации русскоязычной секции охватывают широкий спектр актуальных направлений многогранной отрасли науки и технологий – светотехники:

- световой дизайн и архитектурное освещение (10 докладов);
- музейное освещение (3 доклада);
- детали разработки современных источников света на основе светодиодов и органических светодиодов, а также газоразрядных источников света (6 докладов);
- системы освещения, их автоматический контроль и управление (5 докладов);
- зрительное восприятие цвета и света (6 докладов);
- физиологическое воздействие зрительного и незрительного характера в различных условиях (работа в офисе, среда обитания, в медицинских учреждениях) пребывания человека (3 доклада);
- освещение в растениеводстве (3 доклада);
- применение систем освещения со световодами (1 доклад).

Публикации на английском языке включают в себя пять докладов зарубежных участников конференции и один российский доклад. Публикации посвящены системам освещения в помещениях различного назначения с ориентацией на физиологию человека (3 доклада), применению световодов (1 доклад), характеристикам органических светодиодов (1 доклад), и исследованиям суточной световой модуляции зрачка, т.е. физиологии зрения (1 доклад).

Таким образом, можно сказать, что наибольший интерес у молодых светотехников вызывает направление светового дизайна и архитектурного освещения. Но, к сожалению, это направление рассматривается, в основном, с точки зрения художественно-эстетического восприятия цветоцветовой среды без учёта психофизиологии зрения. Вопросам методик субъективных статистических оценок создаваемой цветоцветовой среды внимание практически не уделяется. Так, в занявшем первое место докладе «Видеомеппинг как инструмент создания предметно-пространственной

среды» на архитектурные формы накладывается яркая мультипликация, что может нарушить восприятие архитектурного облика ансамбля в целом. Кроме того, за рамками обсуждения остались характеристики применяемого оборудования и такие существенные параметры, как яркость и цветовые характеристики используемых изображений, хотя в целом это интересный доклад, заслуженно получивший первое место в секции «Архитектура и световой дизайн». Второе место в этой секции присуждено докладу «Светоцветовые мультимедийные формы в организации архитектурно-световой среды города», т.е. тематика аналогичная предыдущему докладу. Третье место в этой номинации заняла работа «Система архитектурно-художественного освещения и её роль в формировании туристического облика города». Практически представлен сложный и ответственный проект архитектурного освещения исторического комплекса Новгородского Кремля во всех деталях поставленных задач, путей их решения и реализации. Настораживает только увлечение наших молодых дизайнеров видеомэппингом.

В секции «Светотехника» первое место заняла работа «Исследование особенностей восприятия сложных цветных объектов и цветовых предпочтений», выполненная на основе субъективных и объективных методов оценок зрительного восприятия. В процессе исследований разработаны методы и методики, имеющие перспективное значение для дальнейших исследований.

Второе место в этой секции разделили два доклада – «Станция метро с колонами-световодами» и «Моделирование и экспериментальное исследование *RGB*-цветоделения излучения органических светодиодов белого цвета свечения для дисплейных технологий».

Световоды в метро – потрясающая идея как с точки зрения освещения пространств под землёй дневным светом, так и с точки зрения внедрения систем световодов в наземную архитектуру. Настоящая инновационная идея, объединяющая архитектуру, архитектурное освещение и системы освещения подземных пространств, с присутствием доли дневного света.

Вторая работа демонстрирует возможности применения современных теоретических и экспериментальных методов студентами в практике дисплейных технологий, что свидетельствует о высоком уровне кафедры светотехники МЭИ.

Третье место было присвоено двум работам в области источников света и световых приборов со светодиодами:

- «Исследование теплоотвода газовой среды в колбе лампы типа «*filament*»;
- «Светодиодный облучательный прибор для ускоренного восстановления спортивных газонов».

Обе работы носят исследовательский характер с большим прикладным потенциалом.

В секции докладов, представленных на английском языке, первое место присуждено докладу из Стамбульского университета «*An Energy Efficient Human Centered Office Lighting, a Case Study on Open Plan Office with no Access to Daylight*». Речь идёт об эффективном офисном освещении, ориентированном на человека, на примере офиса открытой планировки без доступа дневного света. Сочетание экспериментальных данных, субъективных оценок участников эксперимента и моделирования системы освещения позволило определить оптимальные условия установки осветительных приборов с учётом функций зрительного и незрительного восприятия световой среды в офисе без доступа дневного света. Список литературы к публикации содержит ссылки на новейшие публикации.

Второе место в этой секции заняла работа из Тунджинского университета Китая «*Analysis of Bedroom Light Illumination and Sleep Quality of Elderly People at Bedtime*». Заслуживает глубокого уважения не только сама постановка вопроса о специализированном подходе к освещению спальных мест для пожилых людей, но и подход к исследованиям и решению задачи в процессе апробации специальных методов субъективных оценок.

Третье место среди докладов номинации на английском языке занял российский доклад «*Spectrum modeling as a method for temperature correction of organic light emitting diodes based on three-component structures*». Публикация посвящена результатам разработки оригинальной программы, позволяющей на основе спектров электролюминесценции белых образцов органических светодиодов при различных температурах и токах с учётом спектральных характеристик специальных цветных фильтров осуществлять подбор токов для получения заданных координат цветности пикселей дисплейного экрана. Исследовательская экспериментальная задача с моделированием, имеющая важное прикладное значение.

Все зарубежные доклады из Турции, Китая и Японии интересны.

Отличное впечатление от доклада из Японии, в котором авторы, изучая световой рефлекс зрачка, установили, что чувствительность к красному и зеленому свету повышается с утра до вечера, а к синему – с полудня до вечера снижается. Эти результаты указывают на то, что чувствительность ганглиозных клеток сетчатки *ipRGC* может снижаться в вечернее время. Интересны и исследования систем освещения родильного дома, которым посвящена работа из Шанхайского университета Китая. Субъективные оценки рожениц и измерения параметров систем освещения непосредственно в помещениях госпиталя легли в основу исследования, которое получило реальное прикладное будущее.

Моделированию систем освещения на основе световодов для исторических зданий посвящена работа из Измирского университета (Турция). Моделирование параметров трубчатых световодов дневного освещения позволило оптимизировать вклад в освещённость закрытого от естественного освещения помещения в дневное время при оптимальном выборе размеров трубчатых световодов и соотношения этих размеров.

Краткий обзор материалов сборника свидетельствует об актуальности поставленных задач и инновационном характере их решений.

К недостаткам данного материала можно отнести только отсутствие одного очень важного для светотехники направления – прикладной фотометрии, т.е. теории и практики световых измерений. Впрочем, один обращающий на себя внимание доклад из области теоретической фотометрии, посвящённый проблемам моделирования переноса излучения в газоразрядной ртутной плазме, был представлен на секции светотехники. Но тема световых измерений в этом году не прозвучала совсем. Причинами этого могут быть недоступность для лабораторий учебных заведений дорогостоящих современных средств измерений, отсутствие учебных пособий, учитывающих «светодиодную революцию» в системах освещения и методиках световых измерений, с ней связанных.

Все вопросы моделирования, субъективных оценок световой среды с применением различных шкал и анкет связаны с объективными оценками этой световой среды, т.е. со световыми измерениями.

Будем надеяться, что следующий журнал «Инновационная светотехника» – с докладами уже следующей конференции, 2024 года, – ещё больше расширит спектр актуальных и интересных направлений светотехники, будет содержать доклады, посвященные также и световым измерениям, а студенты, выпускники и аспиранты захотят стать не только светодизайнерами, но и «измерителями».

Р.И. Столяревская

*Доктор физ.-мат. наук, глава
Отделения 2 РНК МКО,
член Программного комитета
конференции «Инновационная
светотехника»*

**ДОКЛАДЫ УЧАСТНИКОВ
РУССКОЯЗЫЧНОЙ
СЕКЦИИ**
PAPERS OF RUSSIAN
SESSION

СВЕТОГОР



Передовые решения тепличного освещения с классическими натриевыми и инновационными светодиодными облучателями СВЕТОГОР.

Мы помогаем вырастить Вашу прибыль!



7 лет



> 600 Га



< 0.5% рекламаций



> 700.000 светильников

- Доказанное качество и стабильность работы оборудования.
- Использование компонентной базы мировых лидеров в отрасли ассимиляционного освещения.

svetogor.info

+7 (495) 788-80-23



**СВЕТОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ И ФОРМЫ В ПРИБРЕЖНОМ
ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ ВЛАДИВОСТОКА)**

Абрамова М.А., студент; Бородина Д.А., студент; Зубченко А.Б., студент; Музыченко К.И., студент, Карпенко В.Е., кандидат архитектуры, доцент; Пономаренко Н.В., доцент, ДВФУ, г. Владивосток

**LIGHT COMPOSITIONS AND FORMS IN THE COASTAL SPACE
OF THE CITY (BY THE EXAMPLE OF VLADIVOSTOK)**

Abramova M.A., student; Borodina D.A., student; Zubchenko A.B., student; Muzychenko K.I., student; Karpenko V.E., candidate of architecture, associate professor; Ponomarenko N.V., associate professor, FEPU, Vladivostok

Аннотация

Основной тезис доклада заключается в художественном и светотехническом механизме преобразования предварительно разработанных световых композиций в световую малую архитектурную форму, световую инсталляцию или скульптуру, которые заполняют и формируют ночное средовое пространство города. Первоначально эскизно художественно-изобразительными средствами создаются эффекты освещения на листе бумаги. Затем формулируются художественная идея световой композиции и формы, где уточняются вопросы образности, размещения светильников, направления световых лучей, основной световой прием, источники электрического света. При этом моделируются приемы световой композиции (отражение, преломление, просвечивание, цветность), применяемые при создании искусственного декоративного освещения форм городской среды (световые скульптуры, световые инсталляции, малые архитектурные формы и т.д.). В процессе компьютерного моделирования с помощью программ трехмерного проектирования и светотехнического расчета представляются световые формы отдельно и в структуре набережной города. В заключении создается проект светового дизайна набережной, в котором контекстуально размещаются световые формы и используются светокомпозиционные эффекты. Формулируется основной комплексный подход создания световой прибрежной среды города.

Abstract

The main thesis of the report is the artistic and lighting mechanism for transforming pre-designed lighting compositions into a light small architectural form, a light installation or a sculpture that fills and shapes the nighttime environment of the city. Initially, lighting effects are created on a sheet of paper by sketchy artistic and visual means. Then the artistic idea of the light composition and form is formulated, where the issues of figurativeness, the placement of lamps, the direction of light rays, the main light technique, and sources of electric light are clarified. At the same time,

light composition techniques (reflection, refraction, translucence, color) are modeled, which are used to create artificial decorative lighting for urban environment forms (light sculptures, light installations, small architectural forms, etc.). In the process of computer simulation with the help of three-dimensional design programs and lighting calculation, light forms are presented separately and in the structure of the city embankment. Finally, a lighting design project for the embankment is created, in which light forms are placed contextually and light compositional effects are used. The main integrated approach to creating a light coastal environment of the city is formulated.

Ключевые слова: светоцветовое моделирование, набережная, световая форма, световая композиция, световой эффект

Keywords: light-color modeling, embankment, light form, light composition, light effect

Введение

Существующие научные исследования в области светового дизайна и городской среды посвящены анализу многообразия световых форм в городской среде, представляется их структура, техническое и образно-художественное устройство. Показывается, какие они могут распространять световые лучи и создавать светопространственные эффекты [1–4]. Анализируется опыт и принципы размещения световых форм в городской среде Владивостока [1].

Метод исследования

Метод создания светового пространства общественных пространств города, в частности набережной, раскладывается на несколько стадий [2].

Стадия 1. Художественно-изобразительное моделирование световой формы. Создается эскиз световой композиции, в которой графическими средствами разрабатываются световые эффекты в графике, акварели, уголь с растушёвкой или другими изобразительными средствами. Рисунки должны имитировать искусственный свет изобразительными приемами (рис. 1).

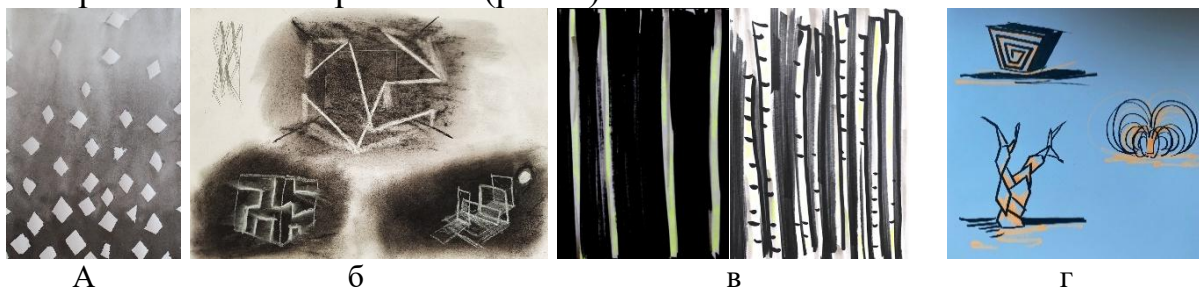


Рис. 1. Художественно-изобразительное моделирование световых эффектов в световой композиции (студенты ДВФУ: а – М.А. Абрамова; б – Д.А. Бородина; в – А.Б. Зубченко; г – К.И. Музыченко)

Далее формулирование светового образа и идеи – преобразование композиции в малую архитектурную световую форму. Производится

описание художественной идеи световой композиции, её световых эффектов, размещение светильников, основной световой прием, источники света (рис. 2).

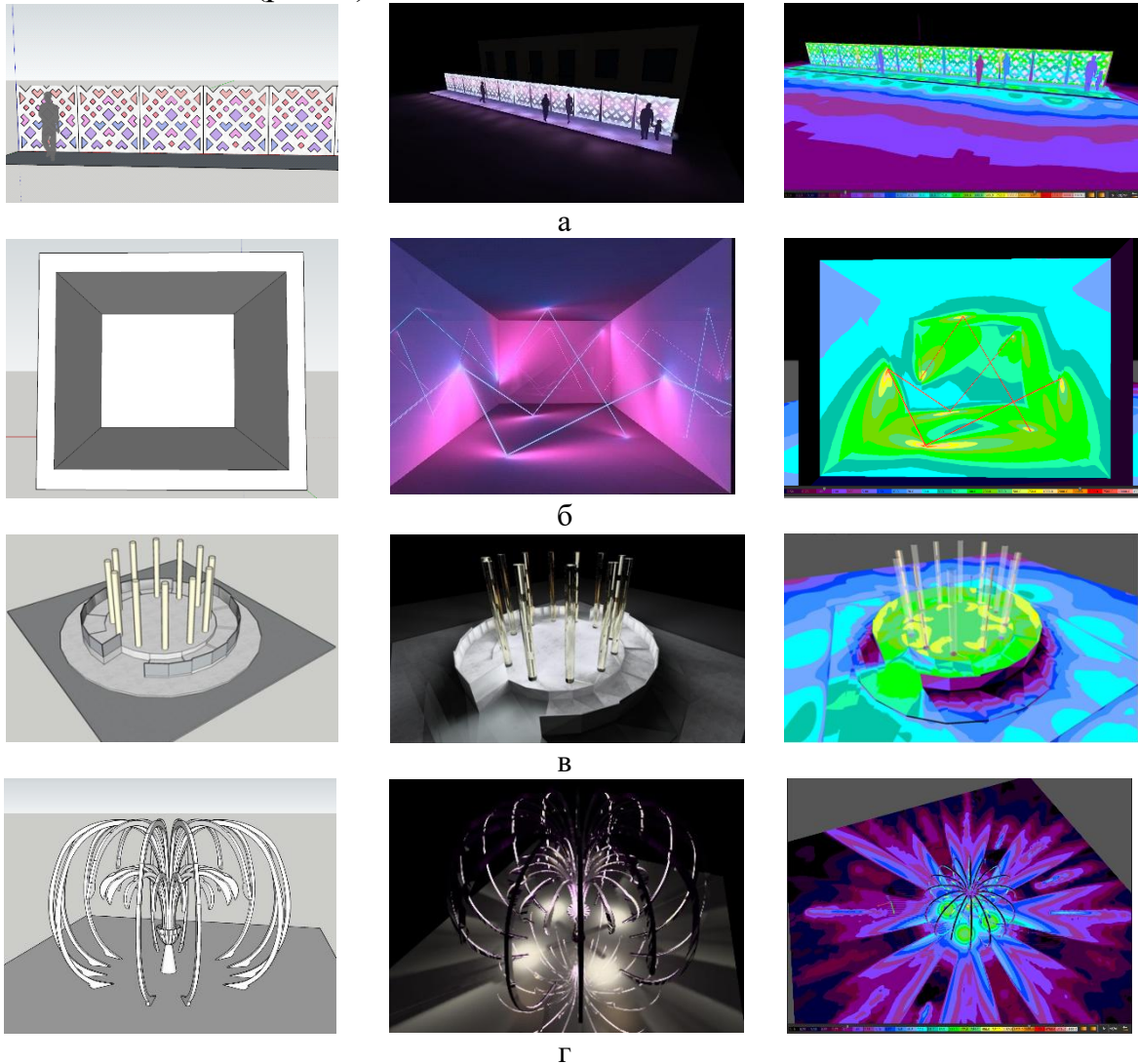


Рис. 2. Компьютерное моделирование световой композиции и формы в практических работах студентов ДВФУ: а – «Heart Time», М.А. Абрамова; б – «Лазерный поток», Д.А. Бородина; в – «Столпы», А.Б. Зубченко; г – «Эйва», К.И. Музыченко

Стадия 2. Компьютерное моделирование световой формы. Создается световая композиция, которая может быть представлена как световая городская малая форма. В данной форме необходимо визуализировать световые лучи, которые были изображены в эскизе световых эффектов. Дневной вид формы моделируется в редакторе 3D-моделирования.

Стадия 3. Компьютерное моделирование световой формы в светотехнической программе. Моделирование ночного вида формы создается в специализированной программе *DIALux evo*, выполняется в электронном виде, при этом используются плагины реальных производителей ОУ, которые вставляются в программную среду *DIALux evo*, где размещаются реальные световые устройства и светильники (рис. 2).

Стадия 4. Создание архитектурно-световой прибрежной среды города. Методика прежде всего выражается в том, что предварительно разработанные формы, вписываются в архитектурно-световую среду набережной Владивостока. При этом композиционная форма преобразуется в малую архитектурную и световую [1] (рис. 3).

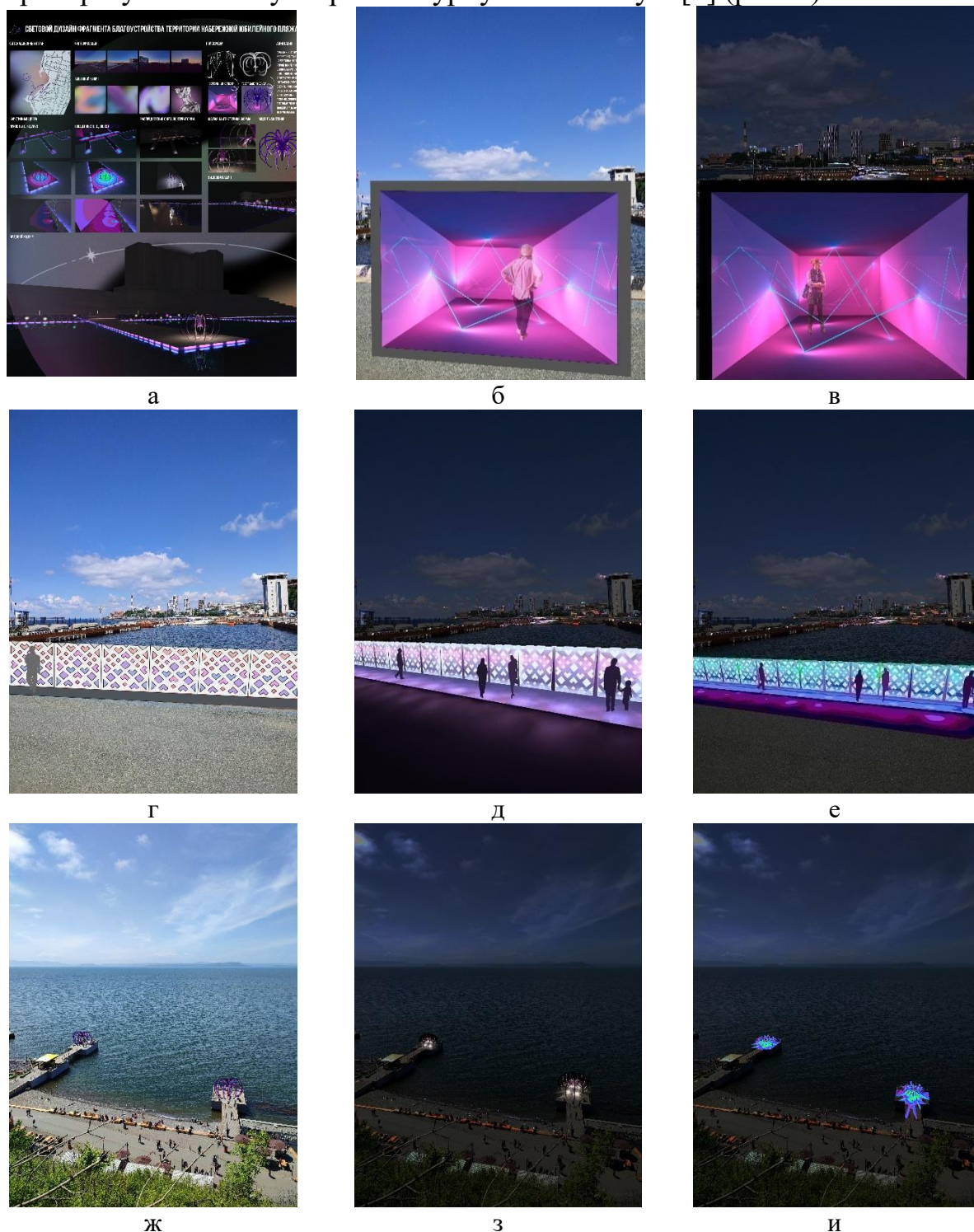


Рис. 3. Малые архитектурные и световые формы в дневном и ночном пространстве набережной Владивостока, визуализация и светотехнический расчёт: а – общий вид практической работы; б, в – малая архитектурная и световая форма «Лазерный поток»; г-е – малая архитектурная и световая форма «Heart Time», визуализация и схема распределения яркости (L , $кд/м^2$); ж-и – малая архитектурная и световая форма «Эйва», визуализация и схема распределения освещенности (E , люкс)

Основная идея проекта «Световой дизайн фрагмента благоустройства территории набережной Юбилейного пляжа г. Владивосток» заключается в свободном расположении световых форм в пространстве города в соответствии с прибрежной линией и пирсами, выходящими в Амурский залив (рис. 3а). Так формируется выставочное ночное пространство города. Пешеходы заинтересованы двигаться в определённом направлении и рассматривать аттракторы – световые формы вблизи.

Результаты

Методика светомоделирования состоит в создании ночных световых форм художественно-изобразительными, компьютерными средствами и возможностями визуализации оптических эффектов с помощью алгоритмов и плагинов реальных ОУ, реализованных в среде специализированных светотехнических программ и далее проектное включение этих форм в реальное пространство городской среды. Данная методика может использоваться в других общественных пространствах города.

Обсуждение

В дальнейшем данные световые формы могут быть созданы и расставлены в общественных пространствах Владивостока в рамках культурной или фестивальной программы.

Выводы

Разработанная методика может быть использована в художественных, светотехнических, архитектурно-строительных высших учебных заведениях в рамках дисциплин световой архитектуры и светового дизайна.

Список литературы

1. *Худолеева Е.О., Карпенко В.Е.* Современные цветоцветовые формы в архитектурной среде (на примере г. Владивосток) // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы шестой международной научной конференции, 12–14 апреля 2022, Владивосток, Россия / науч. ред. А.В. Копьёва; Политехнический институт (Школа). Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2022. С. 247–252.
2. *Карпенко В.Е., Щепетков Н.И.* Световые формы в городской среде/ Светотехника. 2022. № 1. С. 4–10.
3. Interactive Installation Art & Design – Art Experience Driven by Technology. Shenzhen, 2020. 280 p.
4. New Media Installation. Technology in Public Art. Berkeley: Ginko Press, 2018. 240 p.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРСОНАЖА ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСВЕЩЕНИЯ СКВЕРА ГЕРОЕВ
ЧЕРНОБЫЛЯ**

*Аверкова О.А., студент; Трущенко Е.Е., студент;
Коржнева Т.Г., доцент; Толкачева К.П., доцент
НИ ТПУ, г. Томск*

**USING THE CHARACTER METHOD APPLIED TO HEROES OF
CHERNOBYL SQUARE LIGHTING DESIGN**

*Averkova O.A., student; Trushchenko E. E., student;
Korzneva T.G., Tolkacheva K.P., NR TPU, Tomsk*

Аннотация

Освещение парковых зон при отсутствии должного внимания к процессу проектирования может быть скудным, и движение по паркам в темное время суток затруднено. Есть и вторая крайность – излишняя освещенность, которая создает эффект «аквариума» и неприятный контраст освещенности при выходе из парка, что увеличивает время световой адаптации. Часто данные проблемы усугубляются тем, что использованные концепции слишком распространены в городской среде и не кажутся горожанам интересными; также зачастую при проектировании городского освещения проект рассматривается только с точки зрения соответствия нормам, а не ожиданиям потенциальных потребителей.

В данной статье продемонстрировано применение метода персонажа при создании актуального и ориентированного на человека освещения парковой зоны с мемориальным памятником. Использование метода персонажа позволяет избежать перечисленных проблем: бережное и внимательное исследование потребностей целевой аудитории пространства, анализ и коррекция целей освещения. Концепция освещения соответствует ожиданиям населения от проекта и актуальным нормам и представляет собой пример использования символических образов в светодизайне.

Abstract

Lighting of parks in the absence of attention to the lighting design can be inadequate, and as a result walking through the park is difficult at night. There is also the second problem - over illumination, which leads to the effect of an "aquarium" and makes high contrast of illumination in exit of the park, which increases the time for adaptation. Often these problems are exacerbated by the fact that the concepts used are too common in the urban environment and do not look interesting for the citizens. Also often urban lighting project is considered only in terms of compliance with standards, except for the expectations of potential consumers. This article demonstrates the application of the character method in creating relevant and human-oriented lighting of a park area with a memorial monument. The use of the character method helps

to avoid problems mentioned. A careful analysis of the target audience needs, analysis and correction of the lighting purpose makes meet the expectations and solve the problems of the majority of space users possible. The created lighting concept meets citizen's project expectations and actual standards and shows an example of symbol application in lighting design.

Ключевые слова: светодизайн, метод персонажа, парковое освещение, светодиодное освещение, урбанистика

Keywords: *light design, character method, park lighting, LED-based lighting, urban planning*

Введение

Каждый город имеет свою уникальную историю, узнать которую помогают объекты культурного, исторического и мемориального наследия. Освещение парковых зон нормируется согласно СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" [1], но при этом не учитываются потребности людей, которые чаще всего посещают подобные общественные пространства. Поэтому актуально использование метода персонажа [2] при планировании освещения. Этот метод позволяет уточнить техническое задание проекта, конкретизировать ожидания населения от него, что после реализации положительно скажется на ментальном здоровье и удовлетворенности горожан.

В рамках проектирования освещения необходимо провести измерения на объекте, обработать их результаты, определить основных стейкхолдеров проекта и их потребности, на их основании разработать проект освещения сквера героев Чернобыля в программе *DIALux evo*.

Метод исследования

Объект исследования – Сквер героев Чернобыля, который располагается на пересечении улиц Дзержинского и Карташова в городе Томск. Для исследования объекта были проведены измерения освещенности – горизонтальной на поверхности земли и полуцилиндрической на высоте 1,5 м [4].

При анализе задач освещения был использован метод персонажа, который заключается в определении основных стейкхолдеров данного объекта, изучение их потребностей и ожиданий. Суть метода персонажа при проектировании освещения в том, что на основании сформированных предпочтений стейкхолдеров создается проект, удовлетворяющий потребности большинства [2].

Результаты

На рисунке 1 продемонстрированы численные результаты измерений освещенности в разных частях сквера. Освещенность в основной части парка ниже нормируемой. В благоустроенной части освещенность значительно выше, что создает излишний контраст между

двумя частями, из-за чего человек чувствует дискомфорт, потому что необходимо время на световую адаптацию [3].

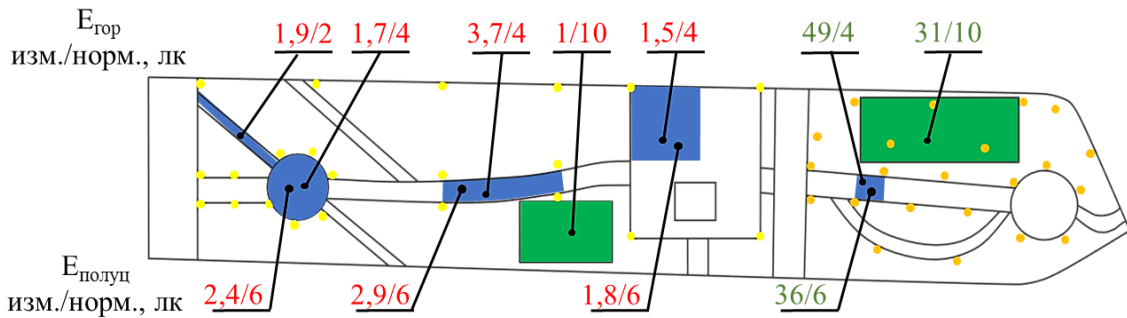
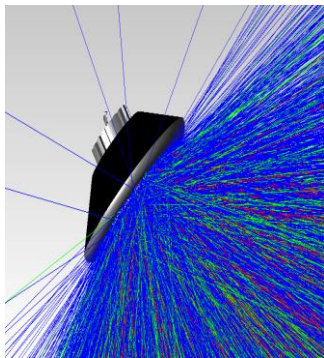


Рис. 1. Результаты измерений освещенности в сквере: красный – отклонение от норм, зеленый – соответствие нормам

Сквер достаточно популярен, его основные посетители – прихожане часовни, родители, владельцы собак, прохожие, а также туристы. Каждый из них пользуется разными зонами сквера – пространством движения, общения или отдыха [5]. Выбраны два основных стейкхолдера проекта, характеристики которых представлены на рисунке 2.



Анастасия, 24 года

Молодая мать шестилетнего Артема

Место проживания: г. Томск, Советский район

«Мне нравится гулять с ребенком, но недалеко от дома, и чтобы там было интересно и приятно проводить много времени. Особенно хотелось бы, чтобы это место было пригодно для прогулок зимой. И, разумеется, оно должно быть с зеленью и достаточно просторным»

Потребности:

- Безопасная среда, где будет легко следить за ребенком.
- Интересная локация, где ребенку будет не скучно.
- Тематическое место, связанное с историей, о чем можно будет рассказать ребенку.



Владислав, 47 лет

Инженер, ходит на работу пешком

Место проживания: г. Томск, Советский район

«Лично я считаю, прогулки – это путь к долголетию. Я часто возвращаюсь в темноте, даже летом, и иногда очень страшно видеть впереди силуэты. Еще в выходные мы вечерами гуляем с женой и друзьями в парке, и хотелось бы, чтобы вокруг была красота, чтобы можно было и помолчать приятно, и поговорить»

Потребности:

- Безопасная среда, где возможна ориентация и комфортно психологически.
- Эстетично освещенное зеленое пространство, которое приятно созерцать.
- Нейтральное место, где удобно общаться.

Рис. 2. Стейкхолдеры проекта

В основе концепции освещения идея иерархичного пространства. Детская площадка залита светом прожекторов с высоких мачт, главные дорожки освещены уличными светильниками с широкой КСС, второстепенные – низкими грунтовыми светильниками, создающими световой рисунок за счет чередования темных и светлых полос. Кроме того, тематика сквера, посвящённого героям Чернобыля, отражена в стилизованном рисунке реактора на площади у часовни. Рисунок составлен из светильников, встроенных в плитку (рис. 3). Освещение часовни выполнено прожекторами и рамочными светильниками, что исключает световое загрязнение и засветку окон. Свет деликатно подчеркнул вытянутую форму часовни и особенности тектоники.

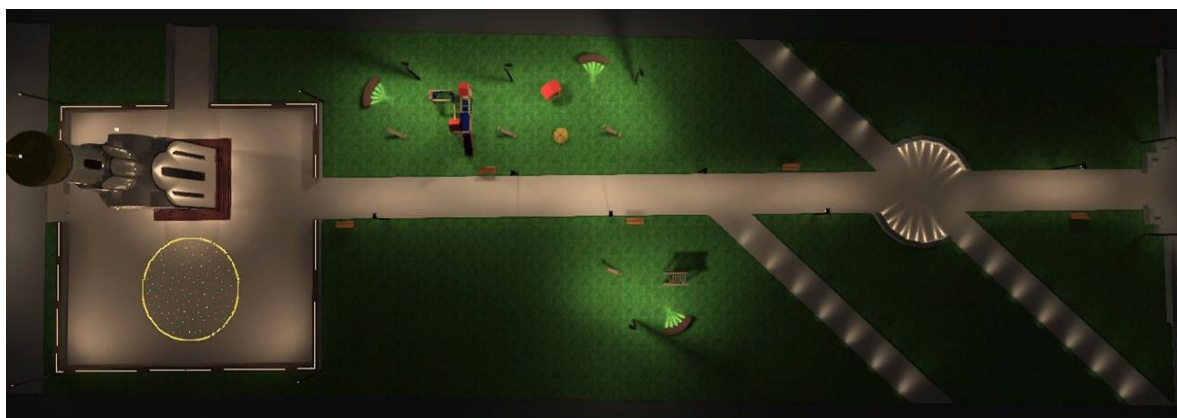


Рис. 3. Визуализация концепции освещения

Обсуждение

Разработанный проект освещения удовлетворяет потребности конкретных категорий граждан и при этом соответствует актуальным нормам паркового и архитектурного освещения.

В парке организованы пространства общения на лавочках вдоль главной дорожки и на площади около часовни. Комфортная среда создается благодаря нейтральному белому свету и световому рисунку. Такое пространство привлекает внимание людей всех возрастов, благодаря чему повышается популярность и мемориального объекта. Освещение в парке обеспечивает комфорт и видимость при передвижении по аллеям и дорожкам, чувство безопасности, что снижает риск нападения злоумышленников и способствуют эффективному отдыху.

Выводы

Метод персонажа является новым, но эффективным подходом к проектированию освещения, поскольку позволяет уточнить потребности потенциальных потребителей проекта в дополнение приведению проекта к актуальным нормам освещения. Созданный проект обеспечивает видимость для комфортного передвижения и ориентации в темное время, что важно для населения всех возрастов; повышает популярность мест общественного отдыха и объектов мемориального наследия; способствует качественному отдыху, что является потребностью

молодежи; снижает риск нападения злоумышленников; не создает излишней засветки соседних фасадов и светового загрязнения.

Человекоориентированное освещение невозможно без понимания человеческих нужд, и метод персонажа, основа которого – эмпатия, необходимый инструмент анализа перед проектированием.

Список литературы

1. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение". – Введ. 2017-05-08. – Москва: Минстрой России. – 106 с.
2. Natalia Sokol. 'Personas for lighting'. Three methods to develop personas for the indoor lighting environment // Energy and Buildings. – 2023. – vol. 278.
3. Степанова Е. М. Необходимость формирования комфортной городской среды и факторы, препятствующие этому процессу в России // Молодой ученый. — 2019. — № 49 (287). — с. 542–545.
4. ГОСТ Р 55707 — 2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров. Введен 1013-11-03. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
5. Щепетков Н. И. Светодизайн города и интерьера: Учебное пособие для высших учебных заведений / Н. И. Щепетков. – Москва: Редакция журнала Светотехника 2021. 456 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНОГО
СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ПРИКРОВАТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ
МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

*Александров А.А., магистрант; Горбунов А.А., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск*

**INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF AN LED LAMP
FOR BEDSIDE LIGHTING OF MEDICAL INSTITUTIONS**

*Alexandrov A.A., Master's student; Gorbunov A.A., Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor, National Research Mordovia State
University, Saransk*

Аннотация

Статья посвящена исследованию характеристик и особенностей светодиодного прикроватного светильника для освещения медицинских учреждений. В статье рассматриваются особенности применения прикроватного освещения обеспечивающее не только удобство, но и комфортное пребывание пациента в палате. Для удобства пациента и медицинского персонала прикроватные светильники оснащаются дополнительными функциями. На светильники данного направления освещения устанавливаются требования к мощности светодиода, цветовой температуре, средней яркости и световой отдаче светильника. Все требования устанавливаются нормативными документами. Для проверки соответствия требований проводится ряд измерений с помощью гониофотометра GO–2000 фирмы Everfine, фотометрического шара OLIS 7600 и спектрорадиометра OL 770 VIS/NIR. При соответствии полученных результатов светильник в дальнейшем может быть применён для освещения медицинских учреждений.

Abstract

The article is devoted to the study of the characteristics and features of an light-emitting diode luminaire bedside lamp for lighting medical institutions. The article discusses the features of the use of bedside lighting, which provides not only convenience, but also a comfortable stay of the patient in the ward. For the convenience of the patient and medical staff, bedside lamps are equipped with additional functions. The luminaires of this lighting direction have requirements for light-emitting diode luminaire power, color temperature, average brightness and luminous efficiency of the lamp. All requirements are established by regulatory documents. To verify compliance with the requirements, a number of measurements are carried out using the Everfine GO–2000 goniophotometer, the OLIS 7600 photometric ball and the OL 770 VIS/NIR spectroradiometer. If the obtained results are consistent, the lamp can be used in the future to illuminate medical institutions.

Ключевые слова: прикроватное медицинское освещение, нормы и требования, фотометрический шар, цветовая температура

Keywords: *bedside medical lighting, norms and requirements, photometric ball, color temperature*

Введение

Светодиодные светильники для прикроватного освещения в освещении больничных палат в настоящее время начинают широко использоваться. Светильники такого типа имеют две разделенные линии освещения: верхняя засветка для общего освещения и нижняя засветка для индивидуального.

СанПиН 2.1.3.2630-21 [1], СП158.13330.2014 [2] и СП 52.13330.2016 [3] устанавливают нормы и требования на светодиодные светильники для освещения медицинских учреждений.

К основным относятся:

- коррелированная цветовая температура должна составлять в диапазоне от 4000 К до 4500 К;
- защита электронных компонентов светильника зависит от назначения помещения, в котором будет эксплуатироваться светильник, для чистых помещений это IP65 и для отдельных помещений от IP20 до IP54;
- средняя яркость святающей поверхности видимой в направление к взгляду человека должна составлять более 2000 кд/м²;
- световая отдача светильника 85 лм/Вт;
- мощность одного светодиода должна находиться в диапазоне 0,25–0,5 Вт;
- установка светильника производится на высоте 1,7 метра от пола.

Методы исследования

Методы исследования: анализ и обобщение специальной литературы и публикаций посвященные освещению медицинских учреждений, а также поиск информации с помощью Интернет-ресурсов. Проведение измерений с помощью специализированных приборов для получения конкретных величин.

Результаты

Для измерения электрических и световых величин светильника использовался гониофотометр *GO-2000* фирмы *Everfine*, фотометрический шар *OLIS 7600* и спектрорадиометр *OL 770 VIS/NIR*.

Фотометрический шар удовлетворяет всем требованиям установленным ГОСТ Р 55702-2013:

- размер фотометрического шара соответствует размеру светильника;
- фотометрическое отверстие не превышает 0,1 диаметра шара;
- поверхность светорассеивающего стекла в фотометрическом отверстии обращена к внутренней стенке шара.

Световые характеристики, измеренные с помощью фотометрического шара представлены в таблице 1.

Таблица 1. Световые характеристики светильника

Характеристики	Значения
$\Phi_{л}$, лм	2600
$T_{ц}$, К	4100
Ra	81,25
η , лм/Вт	92,8

Спектр и диаграмма цветности светильника *BH LED PS* представлены на рисунках 1–2.

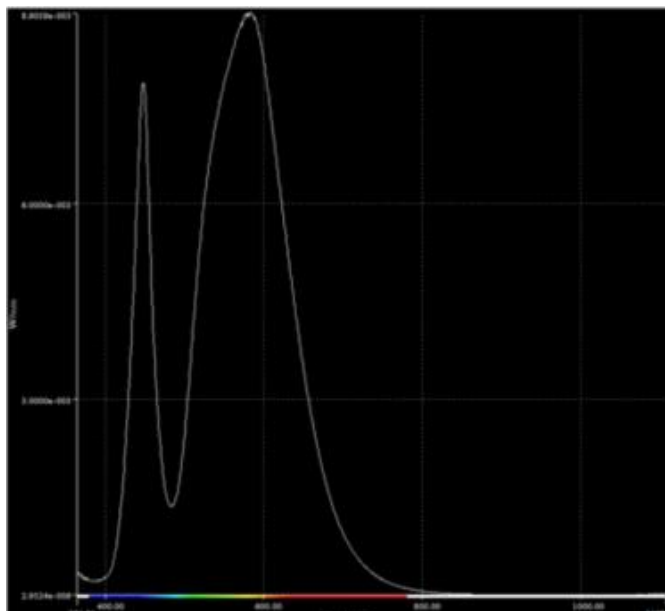


Рис. 1. Спектр светильника BH LED PS

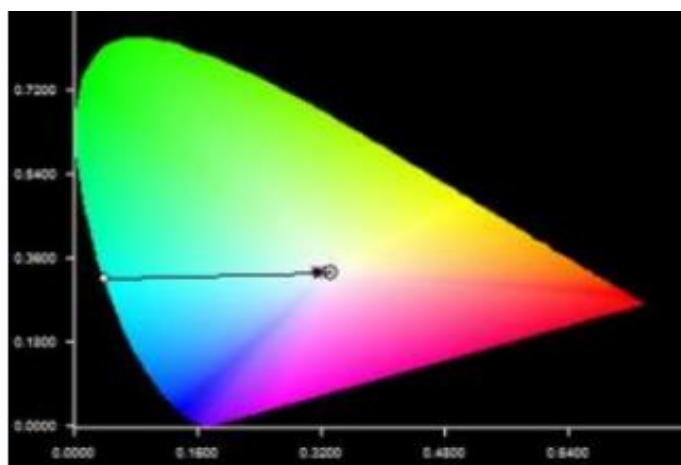


Рис. 2. Диаграмма цветности светильника BH LED PS

Полученные электрические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2. Электрические характеристики светильника

Характеристики	Значения
U, В	220,0
I, А	0,127
P, Вт	25
ν , Гц	50,0

Обсуждение

Больничные палаты повышенного комфорта оснащаются так называемыми прикроватными светильниками, в которых их основная функция комбинируется с дополнительными.

В настоящее время у каждого человека есть телефон, который нужно постоянно заряжать и розеток для зарядки телефона может не хватать в палатах. Для этого в корпус светильника устанавливаются розетки для подключения к сети 220 В портативных устройств.

Некоторые модели светильников могут иметь разъемы для подключения ноутбука к интернету. На случай экстренной ситуации в светильники может применяться кнопка вызова медперсонала. Так же в прикроватные светильники могут встраиваться разъемы, через которые подаются медицинские газовые смеси [4].

Объектом исследования является светодиодный светильник *BH LED PS* (рис. 3).



Рис. 3. Внешний вид светильника *BH LED PS*

Светодиодный светильник *BH LED PS* для больничных палат производится из окрашенной листовой стали.

Основная засветка находится в верхней оси, проходя через рассеиватель из поликарбоната для общего освещения, нижняя ось освещения используется для индивидуального освещения.

Дополнительные опции светильника *BH LED*: *CB (Call Button)* – светильник оснащен кнопкой вызова медперсонала, *PS (Power Socket)* – светильник оснащен розеткой 230 В, *up/down* – светильник, кроме лампы основного, функционального освещения, оснащен лампой верхнего, отраженного света, *LH (Left Hand)* – корпус светильника левосторонний.

Электрические и световые характеристики светильника удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Светотехнические и электрические характеристики прикроватного светильника представлены в таблице 3.

Таблица 3. Светотехнические и электрические характеристики светильника *BH LED PS*

Параметры	Значения
Световой поток	2600 лм
Мощность	28 Вт
Световая отдача	98 лм/Вт
Индекс цветопередачи	>80
Цветовая температура	4000 К
Коэффициент мощности ($\cos\varphi$)	>0,95
Напряжение питания	230 В
Коэффициент пульсации	<5 %
Цвет свечения	Белый

Выводы

Освещение палат медицинских учреждений играет не малую часть в лечение пациентов. Для более комфортного пребывания пациента в медицинском учреждении в палатах ставятся прикроватные светильники.

В свою очередь прикроватные светильники могут иметь различные функции. За счет большого функционала прикроватные светильники уже являются медицинским оборудованием и требуют специальной сертификации, а так же должны соответствовать нормам и требованиям уставные нормативными документами.

Светильник *BH LED PS* обеспечивает качественное освещение и полностью удовлетворяет установленным нормам и требованиям для освещения палат медицинских учреждений.

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие выводы:

- цветовая температура светильника *BH LED PS* получилась $T_{ц}=4100$ К, что входит в установленный СП 158.13330.2014 диапазон значений 4000–4500 К,
- индекс цветопередачи 81,25 также удовлетворяет требованию СП 52.13330.2016.

Список литературы

1. СанПиН 2.1.3.2630-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность; введ. 2020–12–24. – СМК СТО 006–2020. – М.: Издво. ООО "ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ", 2020. – 90 с. – [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/573275590> (дата обращения: 26.07.2023).
2. СП 158.13330.2014 Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования; введ. 2014–06–01. – СМК СТО 006–2020. – М.: Издво. ООО "ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ", 2014. – 145 с.. – [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/1200110514/> (дата обращения: 26.07.2023).
3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Свод правил; введ. 2017-05-08. – СМК СТО 006–2020. – М.: Издво. ООО "ЦЕРЕРАЭКСПЕРТ", 2017. – 135 с.. – [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/456054197/> (дата обращения: 26.07.2023).
4. Сайт компании Световые Технологии – [Электронный ресурс] <https://www.ltcompany.com/ru/news/1954-novinka-prikrovatnyi-svetilnik-dlia-bolnichnykh-palat-bh-comfort> - (дата обращения: 26.07.2023).

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЦВЕТНОСТИ
ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДВУХКРИСТАЛЬНОГО
СВЕТОДИОДА**

*Амбарникова Н.В., аспирант,
НИ «ТПУ», г. Томск*

**VISUALIZATION OF CHROMATICITY IRREGULARITY OF
OPTICAL SYSTEM BASED ON DOUBLE-CRYSTAL LED**

*Ambarnikova N.V., PhD student,
TPU, Tomsk*

Аннотация

В данной работе предложен метод визуализации неравномерности цветности в программе TracePro для простых оптических систем. Заданы параметры светящей поверхности для синих кристаллов и люминофора в виде сеточного источника света. Оптическое моделирование позволяет визуализировать распределение тёплой и холодной коррелированной цветовой температуры при проектировании светодиодного прибора.

Abstract

In this paper, a method for visualization the chromaticity irregularity in the TracePro program for simple optical systems proposed. The parameters of the luminous surface for blue crystals and a phosphor in the form of a grid light source are set. Optical modeling allows you to visualize the distribution of warm and cold correlated color temperature when designing an LED device.

Ключевые слова: неравномерность цветности, оптический расчёт, вторичная оптика

Keywords: *chromaticity irregularity, optical calculation, secondary optics*

Введение

В современных светильниках наиболее популярно использование полупроводниковых светодиодов на основе синих кристаллов и жёлтого люминофора. Однако при использовании вторичной оптики в виде линз или отражателей встаёт актуальный вопрос равномерного распределения цветности по освещаемой поверхности. Специализированное программное обеспечение для расчёта оптических систем позволяет учитывать данный фактор на этапе проектирования светового прибора.

Данная работа содержит уникальный метод визуализации неравномерности цветности в программе TracePro для простых оптических систем на основе двух кристального светодиода, размером 5×5 мм, кристаллы равноудалены от центра корпуса. В качестве вторичной оптики смоделирована эллипсоидная линза и параболический отражатель.

Метод и результаты

Оптическое моделирование выполнялось в программе *TracePro*. Изначально построена модель простого светодиода с двумя синими кристаллами, равноудалёнными друг от друга (рис. 1). Заданы светящиеся поверхности светодиодов 1, в качестве прототипа люминофора 2 служит невидимая сетка, имитирующая источник света. Для более реалистичной картины светодиодам присвоен спектр свечения, близкий к синему кристаллу, а сетке спектр жёлтого люминофора соответственно (рис. 2).

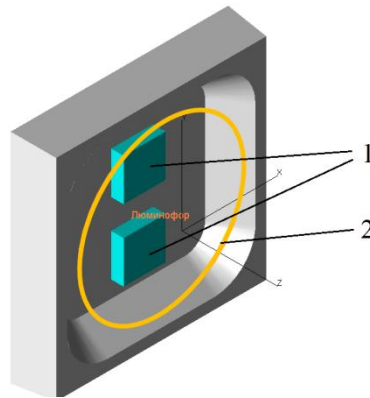


Рис. 1. Модель светодиода

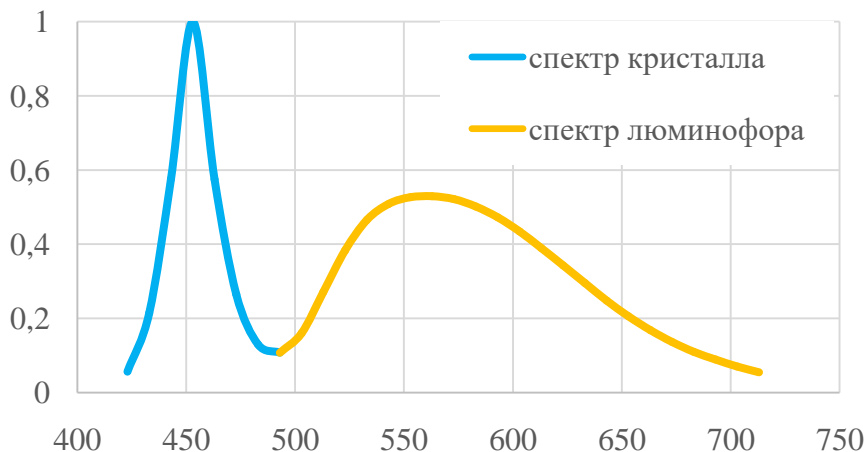


Рис. 2. Спектр свечения кристаллов и люминофора

Мощность испускающих лучей поверхностей и сетки приближена к реальным значениям среднего белого светодиода. Общее количество трассируемых лучей составляет 3 млн. Пространственное распределение силы света для каждого источника света является косинусным. Коррелированная цветовая температура после трассировки составляет 5500 К, холодный свет задан для более выраженного эффекта наблюдения разброса цветности. В качестве элементов визуализации распределения цветности служат прозрачные сферы, диаметром 20, 50 и 100 мм. Ход лучей и направление наблюдения представлено на рис. 3. Результаты равномерного распределения цветности по прозрачным сферам в «истинных» цветах для модели светодиода представлены на рисунке 4.

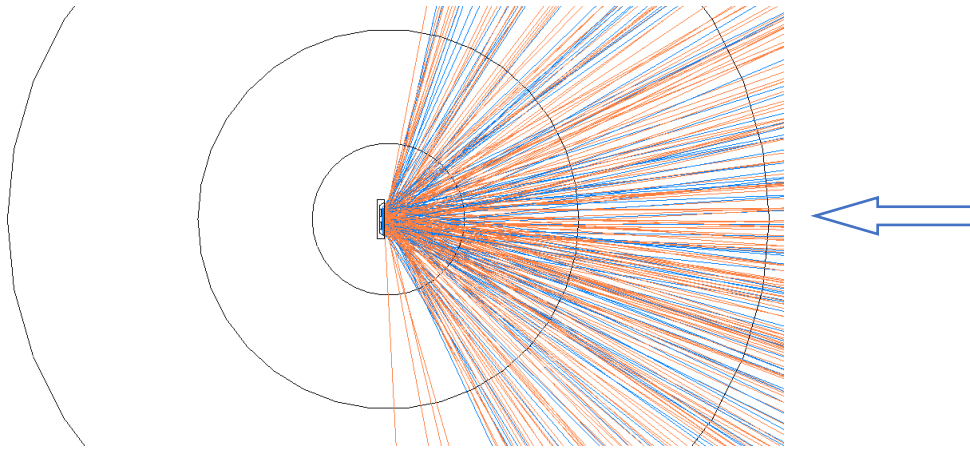


Рис. 3. Ход лучей после трассировки и направление наблюдения

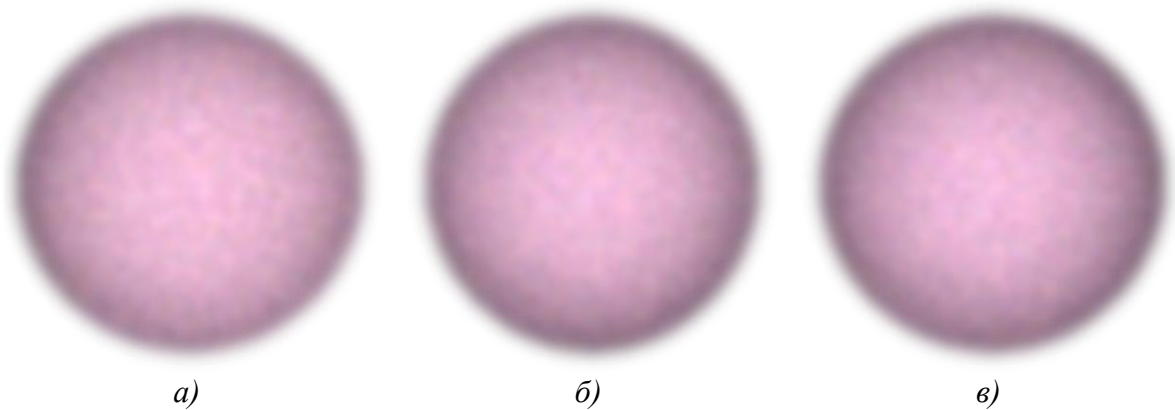


Рис. 4. Визуализация распределения цветности для модели светодиода:
 а – сфера 20 мм, б – сфера 50 мм, в – сфера 100 мм

Для построения простых оптических систем использованы эллипсоидная линза и параболический отражатель, где дополнительно заданы 2 положения светодиода (Рис. 5). Материал линзы выбран *PMMA*, а отражателю приданы свойства поверхности в качестве идеального зеркала.

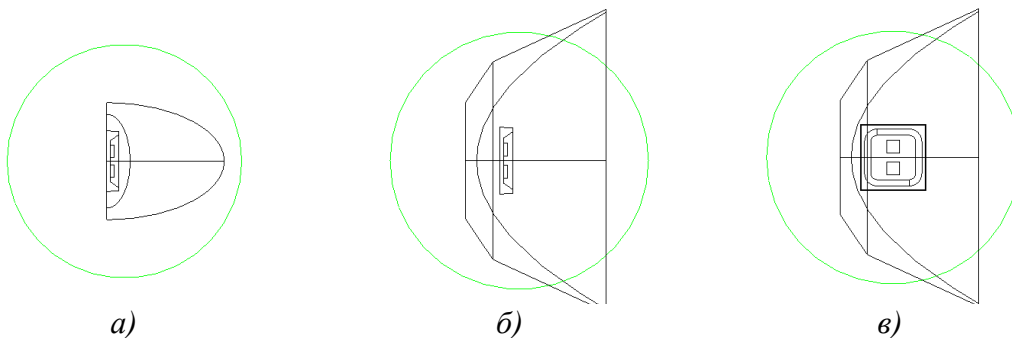


Рис. 5. Оптические системы с использованием:
 а – линзы, б – отражателя, в – отражателя, светодиод повёрнут

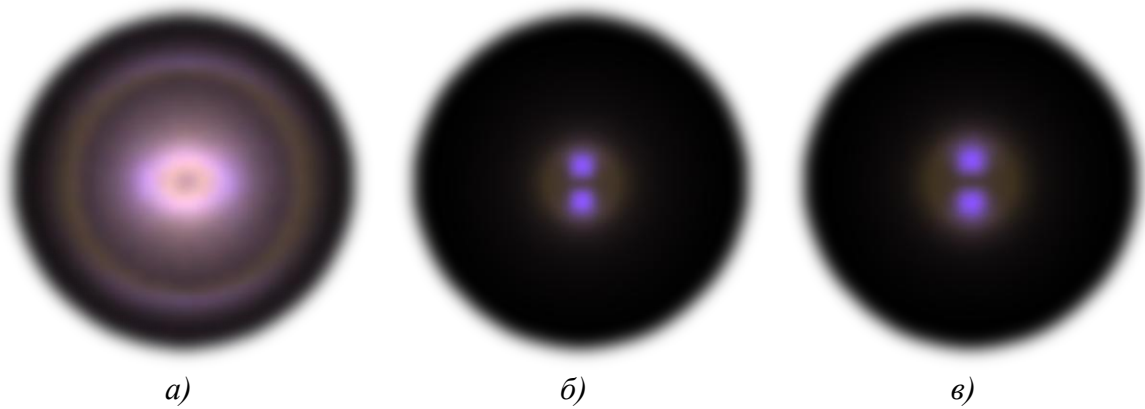


Рис. 6. Визуализация для светодиода с использованием эллипсоидной линзы:
a – сфера 20 мм, *б* – сфера 50 мм, *в* – сфера 100 мм

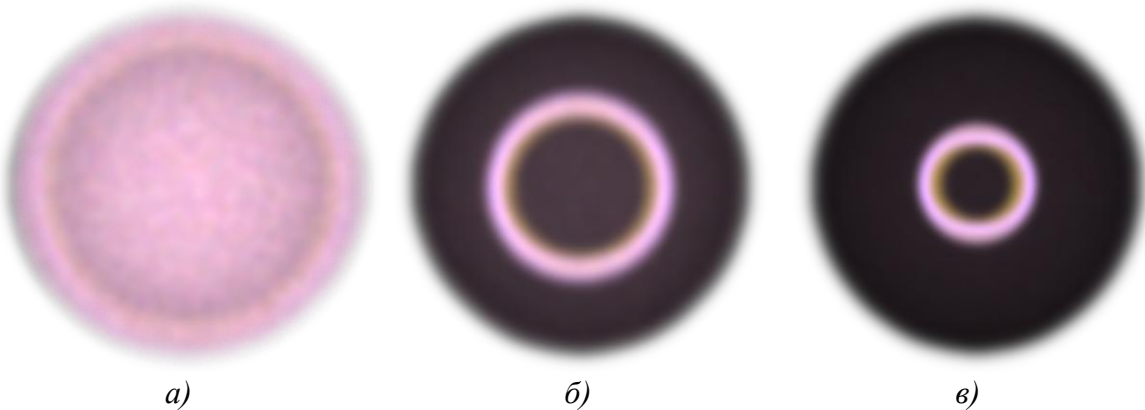


Рис. 7. Визуализация для светодиода с использованием параболического отражателя:
a – сфера 20 мм, *б* – сфера 50 мм, *в* – сфера 100 мм

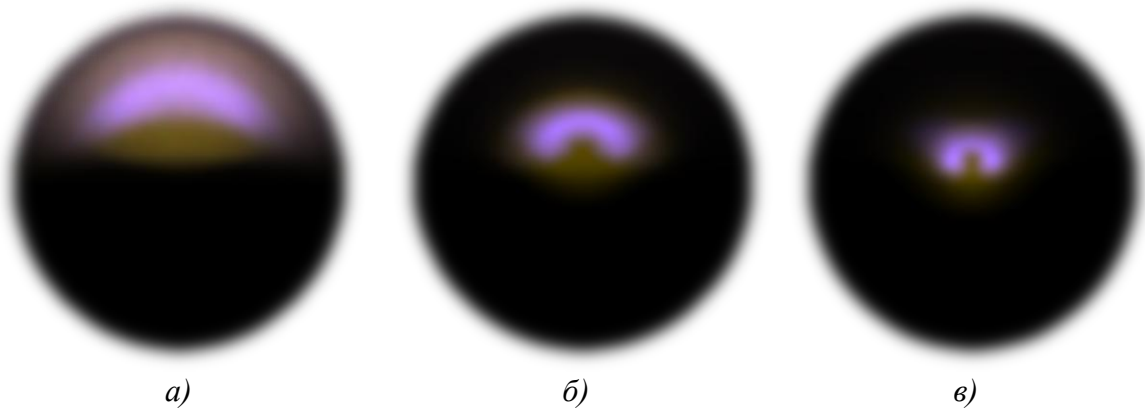


Рис. 8. Визуализация для отражателя и светодиода в повёрнутом положении:
a – сфера 20 мм, *б* – сфера 50 мм, *в* – сфера 100 мм

На рисунках 6, 7 и 8 наблюдается неравномерность цветности освещаемых сферических поверхностей. Линза фокусирует лучи в узкий пучок с углом излучения около 30° , при этом с увеличением расстояния наблюдается разложение света в синюю и жёлтую область. При использовании параболического отражателя в положении по направлению свечения визуализируется вполне равномерное кольцо, отражатель на данных расстояниях свою функцию не выполняет, не фокусирует свет в пятно. При изменении положения светодиода

отчетливо видны области светло-синего и жёлтого света, интересен эффект слияния света от кристаллов. Стоит заметить, что смешение цветов в зеркальном отражателе в большей степени равномерное по сравнению с линзой.

Обсуждение

Для получения качественных результатов визуализации важно обеспечить схожесть модели светодиода к реальному прототипу. Для этого проводится ряд измерений световых параметров, как по поверхности светодиода, так и пространственном распределении. Сферы были выбраны как наиболее информативная поверхность распределения лучей в пространстве, при этом результаты расчёта можно сравнить с результатами измерений в системе S, γ .

На визуализацию влияет задание исходного количества лучей и спектра свечения для каждой светящей поверхности. При недостаточном количестве можно получить цветные пятна по поверхности и неправильно интерпретировать данные. Важный фактор задание свойств вторичной оптики, такие как спектральное преобразование света после отражения, поглощения и преломления.

Выводы

В результате трассировки лучей по предложенному методу визуализации можно прогнозировать распределение цветности при проектировании световых приборов. Для реализации качественного расчёта важно проводить сравнительные измерения световых параметров как светодиода, так и готового изделия.

Список литературы

1. *Данилко А. В.* Вопросы учёта неоднородности цветности излучения при производстве и эксплуатации осветительных приборов со светодиодами // *Светотехника*. – 2022. – № 3. – С. 4–9.
2. Lambda Research Corporation URL: <http://www.lambdares.com>. (Дата обращения: 18.07.2023).
3. *Амбарникова Н.В., Бакин Н.Н., Дениско С.В., Лелеков М.А, Литовкин Ю.А.* Светодиодный модуль для круговых сигнальных огней // Патент на полезную модель № 208453 U1, 21.12.2021. Заявка № 2020133800 от 13.10.2020.
4. *Байнева И. И.* Моделирование световых приборов в программном комплексе TRACERPRO // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в рамках IV Всероссийского светотехнического форума с международным участием. – Саранск: ИП Афанасьев Вячеслав Сергеевич, 2017. – С. 202–208.

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТОВОГО ВОСПРИЯТИЯ

*Аниканов К.И., студент; Снетков В.Ю., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

GENDER FEATURES OF COLOR PERCEPTION

*Anikanov K.I., student; Snetkov V.Yu., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, NRU MPEI, Moscow*

Аннотация

В работе впервые получены количественные результаты гендерных отличий в цветовом восприятии людьми в зеленой области цветов. Была проверена и подтверждена гипотеза работы И. Абрамова с савторами о несколько лучшем цветовом различении зелёных оттенков у женщин по сравнению с мужчинами. Кроме того, данная работа дополняет исследования в области красных цветов, приведённые в публикации специалистов кафедры светотехники НИУ «МЭИ». Это позволяет установить по 12 наблюдателям существенно (до 30 %) лучшее цветоразличение красных цветов у женщин. Важно и то, что нами были измерены координаты цветности и яркости всех исходных и исследованных цветов.

Abstract

In the work, for the first time, quantitative results of gender differences in color perception by people in the green region of colors were obtained. The hypothesis of the work of I. Abramov with the authors about a slightly better color discrimination of green shades in women compared to men was tested and confirmed. In addition, this work complements the research in the field of red colors, cited in the publications of specialists from the Department of Lighting Engineering of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute". This allows us to establish a significantly (up to 30 %) better color discrimination of red colors in women using 12 observers. It is also important that we measured the chromaticity and brightness coordinates of all the original and studied colors.

Ключевые слова: цветоразличение, координаты цветности, гендерные особенности, дисплей ноутбука

Keywords: *color discrimination, color coordinates, gender features, laptop display*

Введение

Авторы работы [1] предположили, что разница в цветовом восприятии между мужчинами и женщинами связана с тем, что у мужчин есть гормон тестостерон. Чем больше тестостерона, тем может быть хуже цветовое восприятие. По данным, приведённым в статье [1], за зрительное восприятие млекопитающих отвечают аксоны – длинные цилиндрические отростки нервных клеток, передающие сигналы от

нервных клеток к органам. На их развитие и формирование в коре головного мозга могут влиять изменения в гонадных (половых) гормонах. Представителями данной группы гормонов являются андрогены (мужские половые гормоны) и эстрогены (женские половые гормоны) [3]. Имплантация самкам крыс капсул с дигидротестостероном (предшественником полового мужского гормона) предотвращала раннюю гибель нейронов, в свою очередь, имплантация эстрадиола не подавляла гибель нейронов. В связи с этим отсутствие у женщин большого количества мужских половых гормонов позволяет им лучше воспринимать цветовую палитру. Нами ставится задача продолжить исследования работы [2] по гендерным особенностям цветоразличения для красных цветов и впервые провести эксперименты с зелёными цветами. Представляется, что результаты этих исследования актуальны и важны для углубления представлений о зрительной системе и для практических применений, в частности для работы операторов со средствами отображения информации в самых ответственных случаях.

Метод исследования

Исследования проводились при помощи ноутбука *Apple Macbook Air 2018* с диагональю 13,3 дюймов, разрешение экрана 2560×1600. Эксперимент проходил в помещении с искусственным освещением (горизонтальная освещённость 300 лк), создаваемым при помощи светодиодных светильников с цветовой температурой 4000 К и черными стенами. В поле зрения наблюдателя отсутствовали любые яркие цвета, чтобы не отвлекало от проведения эксперимента. Отношения яркостей экрана, стены и корпуса ноутбука в поле зрения наблюдателя было не более 1:10.

Предварительно каждый наблюдатель проверялся на возможные нарушения цветового зрения путем прохождения теста Рабкина и Ишихары. Для выявления гендерных особенностей цветового восприятия, использована методика эксперимента из работ [4, 5]. Исследование цветового восприятия красного и зеленого цвета проводилось при помощи программы «*Color Filtre*», написанной в среде *MATLAB*. Названная программа позволяет поочередно или вместе изменять градации красного, зеленого или синего основных цветов ноутбука в исходном изображении. Доля определенного цвета или нескольких цветов изменялась на одну градацию до момента, пока наблюдатель не заметит изменение цвета. Для каждого нового цвета, которые фиксировал испытуемый, определялись значения R , G , B при помощи встроенной программы «Цифровой колориметр», а затем определялись координаты цветности x , y и измерялась яркость. Для более точного определения цветности была создана программа в *Excel*, позволяющая по координатам цвета R , G , B данного ноутбука получить координаты цвета в стандартной международной системе XYZ при помощи матрицы перевода (формула 1).

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,57673 & 0,18555 & 0,18819 \\ 0,29738 & 0,62735 & 0,07527 \\ 0,02703 & 0,07069 & 0,99111 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

В табл. 1 приведены координаты цветности основных цветов и опорного белого *LED*-дисплея используемого компьютера, а также яркости этих цветов, измеренные яркомером типа *Konica Minolta LS-100*.

Таблица 1. Координаты цветности опорного белого и основных цветов дисплея компьютера *Apple MacBook Air 2018*

Цвет	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>L</i> , кд/м ²
Белый	0,3127	0,3290	274
Красный	0,6400	0,3300	59
Зеленый	0,2100	0,7100	194
Синий	0,1500	0,0600	21

Для исследования использовалось два исходных изображения: первое было полностью окрашено в красный цвет (180, 20, 20), субъективно близкий к цвету из работ [2, 6], но менее насыщенный и с небольшой зеленой составляющей, что позволяет надеяться на расширение области изменений цветности; второе было полностью окрашено в зеленый цвет (20, 180, 20) – выбранный нами по аналогии с работами [2, 6] и с учётом возможных применений.

Результаты исследования

Нами был проведен эксперимент по изменению цветности по 4-м направлениям для исходного красного цвета: изменение доли красного, изменение доли красного и зеленого, изменение доли красного и синего, а также изменение доли красного, зеленого и синего основных цветов ноутбука. Также был проведен эксперимент по изменению цветности по 4-м направлениям для исходного зеленого цвета: изменение доли зеленого, изменение доли зеленого и красного, изменение доли зеленого и синего, изменение доли зеленого, красного и синего основных цветов. Для красного цвета в среднем по всем 4-м направлениям для 6-ти наблюдателей женщинами различалось 12 новых цветов, а мужчинами – 10, это на 2 оттенка больше (или 21 %) (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение количества новых красных цветов, обнаруженных в среднем по всем наблюдателями и по всем направлениям изменения цветности

№	Пол	Количество новых красных цветов	Доверительный интервал по Стьюденту при доверительном уровне 80 %
Сред	м	9,75	±0,78
Сред	ж	11,92	±0,75

Если обобщать результаты для красного цвета с изменением только в красном направлении с работой [2], то для 12 наблюдателей, 6 из которых женщины, видят на 30 % больше оттенков. Максимальное изменение яркости между цветами составило 11 %, среднее изменение – 8,5 %. Подчеркнём, что на практике люди воспринимают новые цвета

чаще всего именно по изменению цветности и яркости совместно. Важно это измерять и учитывать при определении, например, порога по цветоразличению по памяти, что мы и делали.

Для зеленого цвета в среднем по всем 4-м направлениям для 6-ти наблюдателей женщинами различалось 8 новых цветов, а мужчинами – 7, это на 1 оттенок больше (или 12 %, но с пересекающимися доверительными интервалами) (табл. 3). Максимальное изменение яркости между цветами составило 13,5 %, среднее изменение – 10,6 %. На рис. 1 и рис. 2 фрагмента диаграммы цветности в международной цветовой системе XYZ построены графики для одного наблюдателя мужского пола по 4-м направлениям изменения цветности.

Таблица 3. Сравнение количества новых зелёных цветов, обнаруженных в среднем по всем наблюдателями и по всем направлениям изменения цветности

№	Пол	Количество новых зелёных цветов	Доверительный интервал по Стьюденту при доверительном уровне 80 %
Сред	м	7,41	$\pm 0,81$
Сред	ж	8,33	$\pm 0,80$

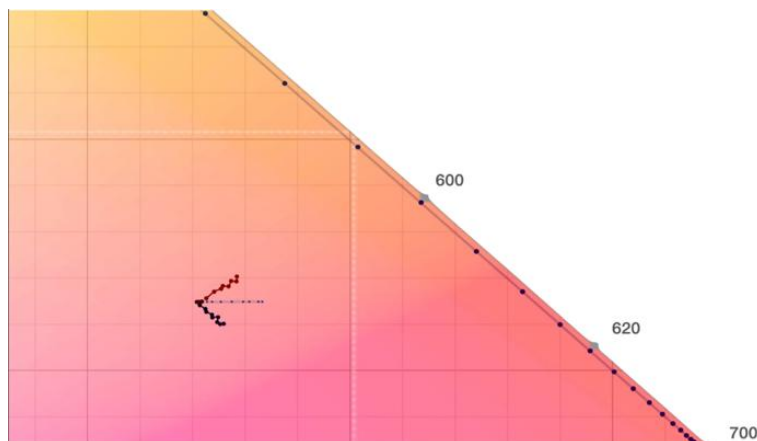


Рис 1. Координаты цветности различных красных оттенков у наблюдателя №1 мужского пола на фрагменте цветового графика стандартной международной системы XYZ МКО 1931 г. для 4-х направлений

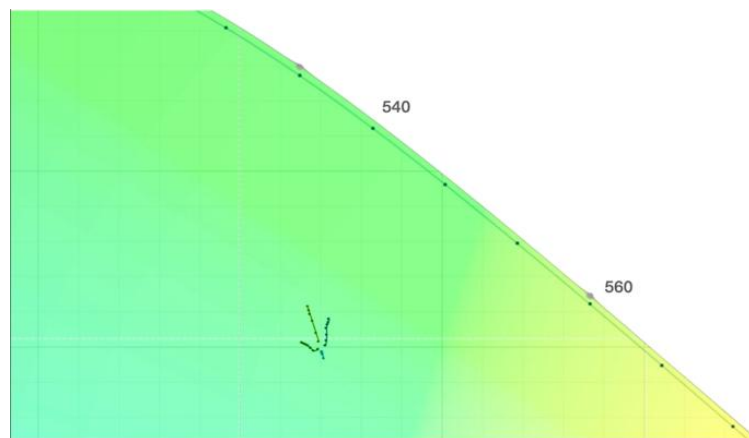


Рис 2. Координаты цветности различных зелёных оттенков у наблюдателя №1 мужского пола на фрагменте цветового графика стандартной международной системы XYZ МКО 1931 г. для 4-х направлений

Обсуждение

Для зеленых цветов нами выдвинута гипотеза о лучшем цветовом восприятии женщин, поэтому данная работа может быть продолжена с привлечением большего числа наблюдателей. В работе [1] лучшее цветоразличение наблюдалось по всему спектру, поэтому имеет смысл провести исследование и для других цветов. Для большей корректности экспериментов предполагается создать программу изменения цветности на дисплее, чтобы сохранить яркость постоянной. Для красных цветов нами получены, близкие с работой [2], результаты, которые мы обобщили.

Выводы

Анализируя полученные нами данные можно сказать, что женщины имеют лучшее цветоразличение (до 30 %) для красных и чуть лучшее (но, для доверительного уровня 55 %) для зелёных цветов и, скорее всего, воспринимают более широкую цветовую палитру, чем мужчины. Нами впервые были получены количественные данные по цветоразличению для выбранного зеленого цвета для 6 наблюдателей. Все исходные и новые красные и зелёные цвета установлены по цветности и яркости. Что касается красных цветов, то можно констатировать гендерные отличия уже по 12 наблюдателям (мы имеем в виду наши исследования и результаты работы [2]).

Список литературы

1. *Abramov I., Gordon J., Feldman O., Chavarga A. SEX AND VISION II: COLOR APPEARANCE OF MONOCHROMATIC LIGHTS // Biology of Sex Differences. 2012, с. 1–15.*
2. *Владимиров И.А., Снетков В.Ю. Исследование особенностей цветового восприятия людьми разного пола. Инновационная светотехника России: сборник научных докладов Всероссийской научно-технической конференции 22.09.2022. М. / отв. ред. П.А. Федорищев. – СПб: Изд-во «Ниц Арт», 2022, с. 31–35.*
3. *Кребс Д., Голдштейн Э., Килпатрик С. Гены по Льюину. // пер. 10-го англ. изд. — 3-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2020, с. 919.*
4. *Книженцева А.Д., Снетков В.Ю., Густелёва Ю.А., Масальская А.А. Новые аспекты цветовосприятия людей с нарушенным цветовым зрением. Социальные трансформации: сборник научных статей / Под ред. Ю.А. Грибер, В.М. Шандлер. – Смоленск: Издательство СмолГУ, 2019. - Выпуск 30: Первый Всероссийский конгресс по цвету, с. 81-85.*
5. *Книженцева А.Д., Снетков В.Ю., Густелёва Ю.А., Алексеев Е.А., Кистенёва А.В. Исследование особенностей восприятия цветов цветоаномалами // Вестник МЭИ. – № 6. 2019. – С. 77–82.*
6. *Стаценко А.Е., Борисова Е.А., Шинкевич М.Н. Мужское и женское восприятие цвета. Омский Государственный технический университет, 2020 г, с.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТВОДА ГАЗОВОЙ СРЕДЫ В КОЛБЕ
ЛАМПЫ ТИПА «FILAMENT»**

Афонин К.Н., к.т.н., доцент каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

**THE STUDY OF HEAT REMOVAL BY THE GAS INSIDE IN THE
«FILAMENT» LAMP TYPE**

Afonin K.N., PhD, Associate Professor of the Department of Radioelectronic Technologies and Environmental Monitoring, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR)

Аннотация

В работе описано построение модели светодиодной лампы типа «Filament» и модели светоизлучающего модуля. Выполнены тепловые расчёты для модели лампы с изменяемым коэффициентом теплопроводности внутренней газовой среды лампы. Установлено, что увеличение теплопроводности заполняющего газа от 0,15 до 2 Вт/(м·К) снижает максимальную температуру в среднем на 8,5 % на каждые 0,25 Вт/(м·К). Последующее увеличение теплопроводности от 2 до 5 Вт/(м·К) снижает температуру в среднем на 2,3 %, а увеличение теплопроводности от 5 до 10 Вт/(м·К) – на 0,4 %.

Abstract

The paper describes the construction of a model of an LED lamp of the Filament type and a model of a light emitting module. Thermal calculations are performed for a lamp model with a variable coefficient of thermal conductivity of the internal gaseous medium of the lamp. It has been established that an increase in the thermal conductivity of the filling gas from 0,15 to 2 W/(m·K) reduces the maximum temperature by an average of 8.5 % for every 0.25 W/(m·K). A subsequent increase in thermal conductivity from 2 to 5 W/(m·K) reduces the temperature by an average of 2.3 %, and an increase in thermal conductivity from 5 to 10 W/(m·K) by 0.4 %.

Ключевые слова: светодиодная лампа, моделирование, тепловой расчёт, ANSYS, Filament

Keywords: LED lamp, modeling, thermal calculation, ANSYS, Filament

Введение

От выбранного теплового режима зависит световой поток и срок службы светодиода [1–4]. Так, например, для мощных светодиодов компании CREE была проанализирована зависимость светового потока и срока службы от рабочей температуры [1]. В работе описаны испытания светодиодов серии XPG при температурах в «точке пайки» равных 55, 85 и 105°C. Авторы делают вывод, что разница в сроке службы светодиода при работе на 85 и 105°C составляет 200 тысяч часов.

В работе [2] показано, что снижение рабочей температуры светодиода даже на 1°C приводит к увеличению срока службы на несколько тысяч часов.

При работе устройства в условиях повышенных температур активизируются различные физико-химические механизмы деградации [5, 6]. Для светодиодной лампы наиболее характерны виды деградации, связанные с перегревом p - n перехода кристаллов и некорректными электрическими режимами. В конечном итоге деградация светодиодных кристаллов и СДМ приводит к увеличению вероятности локального перегрева и преждевременного выхода из строя. Во избежание перегрева СДМ в светодиодной филаментной лампе применяют различные методы для увеличения теплоотвода от источников тепла – светодиодных кристаллов на основе InGaN/GaN , среди которых можно выделить следующие наиболее значимые.

Объект исследования в данной работе – конструкция лампы с использованием светодиодных излучающих модулей (СДМ) в виде светодиодных нитей (*Filament LED Bulb*). Конструкция данного типа лампы включает стеклянную колбу и металлический цоколь. Внутри цоколя располагается миниатюрный источник питания (ИП) светоизлучающих модулей, которые приварены к металлическим контактам внутренней конструкции, расположенной на стеклянной ножке.

СДМ сконструированы по технологии «*COB (chip-on-board)*» из металлического, сапфирового или керамического основания, на котором расположена последовательность светоизлучающих кристаллов GaN/InGaN . СДМ покрыт люминофорной композицией, состоящей из оптически прозрачного компаунда и люминофорного порошка. Модули в лампе электрически соединены между собой по последовательно-параллельной схеме.

Колба лампы заполнена инертным газом, что позволяет снизить температуру СДМ за счёт естественной конвекции гелия внутри колбы. Такие лампы обладают несколькими преимуществами по сравнению со светодиодными лампами на *SMD*-светодиодах.

Методы исследования

В данной работе использован метод твердотельного моделирования и метод конечных элементов (МКЭ) для расчёта тепловых параметров исследуемых объектов.

Построение тепловых моделей выполнено в программном комплексе «*ANSYS*». Модель СДМ (рис. 1а) состоит из основания с выводами, полупроводниковых кристаллов, смонтированных на основание при помощи клея, и люминофорной композиции. Основание имеет размеры $30 \times 1 \times 1$ мм и выводы по 5 мм с каждой стороны. На поверхность основания нанесён слой теплопроводящего клея. Полупроводниковые кристаллы планарного типа с размерами $480 \times 200 \times 130$ мкм расположены в количестве 28 штук на клеевом слое

таким образом, чтобы длинная сторона кристалла была сонаправлена с длинной стороной основания. Основание с кристаллами окружено люминофорной композицией в форме цилиндра с диаметром 1,7 мм и длиной 30 мм. Коэффициенты теплопроводностей используемых материалов взяты из справочных данных и приведены в таблице 1.

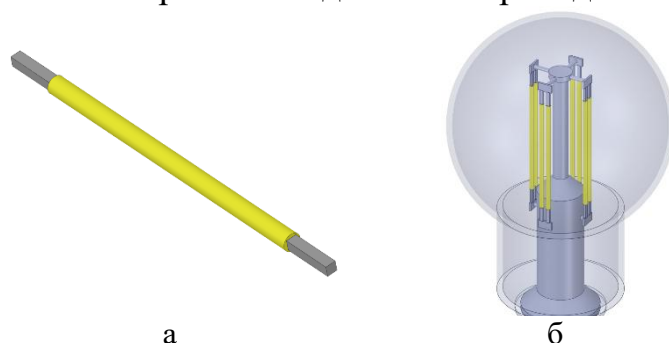


Рис. 1. Модели светодиодного модуля и лампы

Таблица 1. Значения коэффициентов теплопроводностей материалов модели СДМ и лампы

Компонент модели	Материал/марка	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Основание СДМ	Сталь	60
Клей	<i>Dow Corning</i>	1,7
Компаунд	Силиконовый эластомер	0,15
Кристалл	<i>InGaN/GaN</i>	40
Колба	Стекло	0,96
Опорная конструкция		
Выводы	Платинит	60

Используемые полупроводниковые кристаллы фирмы *Epistar* сконструированы на основе нитрида галлия, обладают синим цветом свечения и КПД 45 – 50 %, поэтому в дальнейших расчётах в качестве источника тепловыделения использована половина мощности, потребляемой в рабочем режиме СДМ, которая равняется 0,375 Вт, поскольку одна линейка с 28 полупроводниковыми кристаллами в рабочем режиме потребляет 0,75 Вт электрической мощности.

Конструкция модели лампы (рис. 1б) состоит из стеклянной колбы, опорной конструкции с электрическими выводами и восемью СДМ. Для упрощения модели было решено пренебречь цоколем с источником питания и исследовать запаянную часть лампы со светоизлучающими модулями.

Теплопередача в лампе происходит от источников тепла – СДМ к колбе за счёт передачи тепла газовому наполнению колбы. Затем тепло отводится в окружающую среду с температурой 25°C методом естественной конвекции. Коэффициент естественной конвекции в

газовой среде был выбран исходя из справочных данных. Передача тепла излучением учтена в модели через коэффициент излучательной способности стеклянной колбы, поверхность которой находится в контакте с окружающей средой.

В общем случае уравнение теплопроводности – дифференциальное уравнение второго порядка с частными производными, устанавливающее зависимость между температурой (T), временем (τ), и координатами тела (x, y, z) [5, 6]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = a \nabla^2 T, \quad (1)$$

где $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа;

a – коэффициент температуропроводности, м²/с;

T – функция температуры от пространственных координат и времени.

Для твёрдых тел коэффициент температуропроводности вычисляется по формуле [6]:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}, \quad (2)$$

где c – удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К);

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)

γ – плотность тела, кг/м³.

Решение уравнения типа (1) позволяет определить распределение температуры внутри исследуемого объекта в любой заданный момент времени. Для решения подобного уравнения обязательными параметрами являются начальное и граничное условия. Температурное поле в нулевой точке по временной координате описывает начальное условие. Чаще всего, температурное поле в начальный момент времени при тепловых расчётах моделей объектов задают как равномерное. Геометрия исследуемого объекта и правила взаимодействия окружающей объект среды составляют совокупность условий, которые и называют граничными.

В настоящее время для тепловых расчётов совокупности объектов сложной формы с набором граничных условий разного рода используют программные комплексы, в которых реализован метод конечно-элементного анализа. Суть метода заключается в замене сложных в решении дифференциальных уравнений системой алгебраических уравнений. Исследуемый объект разбивается на малые, имеющие конечные размеры, подобласти. В узлах полученной сетки значение непрерывной величины считается переменной. Для каждого элемента непрерывная величина аппроксимируется с помощью полинома, подобранного таким образом, чтобы непрерывность величины сохранялась вдоль границ элемента.

В связи с вышеописанным принципом расчёта тепловых параметров системы дифференциальных уравнений для моделируемых объектов вычисляются внутри программного комплекса и не выносятся

пользователю из-за их сложности и громоздкости. Результатами теплового расчёта является распределение внутри и на поверхности рассчитываемого объекта.

Для сконструированной модели лампы были проведены тепловые расчёты с газовым заполнением повышенной теплопроводности. Заполняющий колбу лампы газ заменён на модель газа с регулируемым коэффициентом теплопроводности.

Результаты

Полученные результаты тепловых расчётов (рис. 2) свидетельствуют о том, что увеличение теплопроводности заполняющего газа от 0,15 до 2 Вт/(м·К) снижает максимальную температуру в среднем на 8,5 % на каждые 0,25 Вт/(м·К). Последующее увеличение теплопроводности от 2 до 5 Вт/(м·К) снижает температуру в среднем на 2,3 %, а увеличение теплопроводности от 5 до 10 Вт/(м·К) – на 0,4 %.

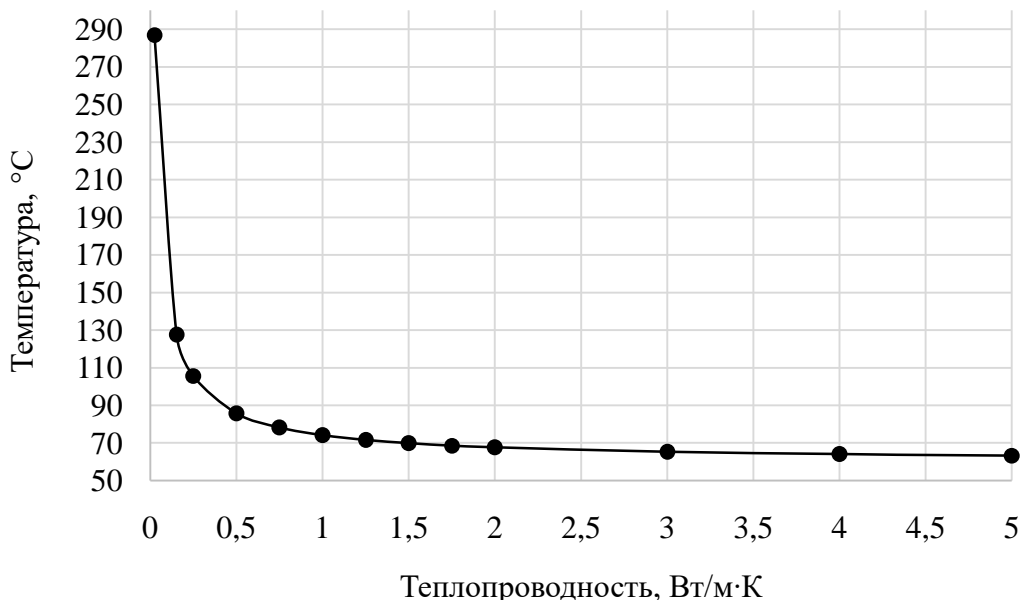


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры модели лампы от теплопроводности заполняющего колбу газа

Обсуждение

Полученные результаты тепловых расчётов хорошо согласуются с результатами подобных исследований, описанных в [3, 4, 9, 10].

Выводы

В результате исследования выявлено, что наибольшее снижение температуры СДМ в колбе лампы типа «*Filament*» можно добиться, повышая теплопроводность газового наполнения колбы лампы от 0,15 до 2 Вт/(м·К). В этом случае снижение максимальной температуры составляет в среднем 8,5 % на каждые 0,25 Вт/(м·К).

Список литературы

- 1 Гонин М. Спасительная прохлада, или теплоотвод для мощных светодиодных матриц [Электронный ресурс] // Новости

- электроники+светотехника. – 2013. – № 2. – Режим доступа: <https://www.compel.ru.>, свободный. (дата обращения: 01.07.2023).
- 2 Тукушаитов Р., Исыхакэфу. Как обеспечить заявленный срок службы светодиодных ламп // Полупроводниковая светотехника. – 2016. – №3. – С. 8–11.
 - 3 Lee J.C., Wu Y.F., Wang Y.P., Nee T.E. Temperature and current dependences of electroluminescence from InGaN/GaN multiple quantum wells // J. Cryst. Growth (Paris). – 2008. – Vol. 310, No. 23. – P. 5143–5146.
 - 4 Feng W., Feng B., Zhao F., Shieh B., Lee R. Simulation and Optimization on Thermal Performance of LED Filament Light Bulb // Proceedings of the 12th China International Forum on Solid State Lighting (SSLCHINA 2015). – 2015. – Vol. 12. – P. 88–92.
 - 5 Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
 - 6 Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена: учеб. Пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с.
 - 7 Бочкарева Н.И. Ефремов А.А., Ребане Ю.Т., Горбунов Р.И., Ключков А.В., Шретер Ю.Г. Неоднородность инжекции носителей заряда и деградации голубых светодиодов // ФТП. – 2006. – Т. 40, 1. – С. 122–128.
 - 8 Закгейм А. Л., Левинштейн М. Е., Петров В. П., Черняков А. Е., Шабунина Е. И., Шмидт Н. М. Низкочастотный шум в исходных и деградировавших синих InGaAs/GaN- светодиодах // ФТП. – 2012. – Т. 46, 2. – С. 219–223.
 - 9 Афонин К.Н., Солдаткин В.С., Каменкова В.С., Ганская Е.С., Туев В.И. Определение температурной зависимости электрических и световых параметров светодиодных элементов в лампе общего назначения // Доклады ТУСУРа. – 2017. – Том 20. – № 3. – С. 148–151.
 - 10 Солдаткин В.С., Ряполова Ю.В., Афонин К.Н., Олисовец А.Ю., Туев В.И. Анализ срока службы светодиодных излучающих элементов // Доклады ТУСУРа. – 2015. – №3. – С. 55–61.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕРИЯ В
АЛЮМОИТТРИЕВОМ ГРАНАТЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМИНОФОРА**

Беркович Р.С., студент, НИ «ТПУ», г. Томск

**STUDY OF THE EFFECT OF THE CONTENT OF CERIUM IN
YTTRIUM ALUMINUM GARNET ON THE PHYSICAL
CHARACTERISTICS OF THE PHOSPHOR**

Berkovich R.S., student, National Research «TPU», Tomsk

Аннотация

Предложенная методика исследования люминофора полученного в результате воздействия мощного потока высокоэнергетических электронов при изменении содержания церия является значимым шагом в разработке новых материалов для световой техники [1]. В ходе проведенных исследований были выявлены ключевые факторы, оказывающие влияние на светоизлучающие свойства люминофора. Установлено, что увеличение содержания церия при его не полной интеграции в структуру люминофора и чистоты керамического порошка повышает яркость свечения.

Для достижения максимального эффекта был предложен метод измельчения и отчистки керамики, позволяющий получить порошок определенной фракции и высокого уровня чистоты. Это важно, поскольку наличие примесей может негативно повлиять на светоизлучающие свойства материала.

Результаты эмпирического исследования подтвердили, что увеличение содержания церия является фактором, способствующим приросту светимости люминофора. Изменение содержания церия влияет на температуру цвета люминофора. Кроме того, выявлено, что чистота и фракция алюмоиттриевого порошка играет важную роль в формировании световых свойств материала.

В целом, проведенные исследования позволяют улучшить светоизлучающие свойства люминофора и разработать новые материалы для светотехники с более высокой яркостью свечения.

Abstract

The proposed method for studying the phosphor obtained as a result of exposure to a powerful flow of high-energy electrons with a change in the cerium content is a significant step in the development of new materials for lighting technology [1]. In the course of the conducted studies, the key factors influencing the light-emitting properties of the phosphor were identified. It has been established that an increase in the content of cerium with its incomplete integration into the structure of the phosphor and the purity of the ceramic powder increase the brightness of the glow.

To achieve the maximum effect, a method was proposed for grinding and cleaning ceramics, which makes it possible to obtain a powder of a

certain fraction and a high level of purity. This is important because the presence of impurities can adversely affect the light emitting properties of the material.

The results of an empirical study confirmed that an increase in the cerium content is a factor contributing to an increase in the phosphor luminosity. Changing the cerium content affects the color temperature of the phosphor. In addition, it was found that the purity and fraction of yttrium aluminum powder plays an important role in the formation of the light properties of the material.

In general, the conducted research allows improving the light-emitting properties of the phosphor and developing new materials for lighting engineering with a higher luminosity.

Ключевые слова: керамика, алюмоиттриевый люминофор, церий, уаg:се, люминесценция, свечение люминофора

Keywords: *ceramics, yttrium aluminum phosphor, cerium, уаg:се, luminescence, phosphor glow*

Введение

В настоящее время светящиеся материалы создаются с использованием различных люминофоров включительно. Одним из таких материалов является алюмоитреевый гранат, с примесью церия полученный в ускорительной установке [1]. В данной статье рассматривается методика проведения испытаний материала при изменении содержания церия. Были проведены испытания с целью определения светоизлучающих свойств, а также проверен получаемый уровень чистоты и фракция измельченной керамики. В результате исследования было определено, что основным источником прироста светимости является увеличение содержания церия и чистоты керамического порошка.

Методы исследования

Объектом исследования были два образца расплава с содержанием 0,2 % и 0,5 %. Образцы были измельчены в агатовой ступке и промыты деионизированной водой. С помощью лазерного анализатора частиц *Micro Sizer 201* была измерена фракция частиц.

Измерение чистоты было проведено при помощи микроскопа Альтами.

Для измерения светоизлучающих свойств был создан закрытый короб, ограничивающий паразитную засветку окружающей среды с подсветкой в синем спектре светодиодом мощностью 0,14 Вт и местом под камеру. В качестве источника тока был использован лабораторный блок питания. Образцы были помещены в измерительную установку и уровень свечения был зафиксирован с помощью камеры с фиксированными настройками.

Результаты

В результате проведенных исследований было отмечено, что при процессе очистки порошка люминофора удалось успешно отделить легкие фракции и агатовую пыль. Диаметр частиц измеренных образцов тяжелой фракции были представлены в таблицах 1 и 2, где отмечается наличие крупных элементов в значительном количестве у всех образцов.

Таблица 1. Образец с содержанием церия в 0,2 %

Диаметр, мкм	0,55	0,89	1,27	1,77	2,64	8,25	17,3	20,6	24,9	50,0
Процентное содержание частиц, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 2. Образец с содержанием церия в 0,5 %

Диаметр, мкм	1,02	2,47	7,78	15,2	17,3	18,2	21,3	23,5	27,1	50,0
Процентное содержание частиц, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

При этом, замечено, что даже после отчистки, некритичное количество пыли присутствует.

Результаты эмпирического измерения уровня яркости свечения (представленные на рисунке 1) показали, что образец с содержанием церия 0,5 % обладает более ярким свечением. На рисунке 2 видно, что образец с содержанием церия 0,2 % обладает более низкой температурой цвета по сравнению со вторым образцом.

Можно отметить, что на крупных кристаллах цвет свечения неравномерный, но в совокупности интенсивнее однородных кристаллов.

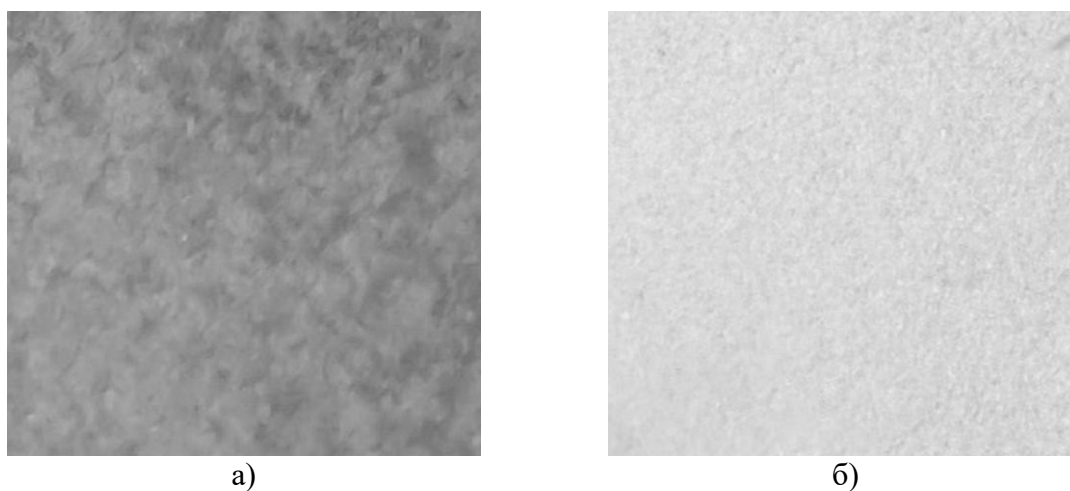


Рис. 1. а) образец 0,2 %, б) образец 0,5 %

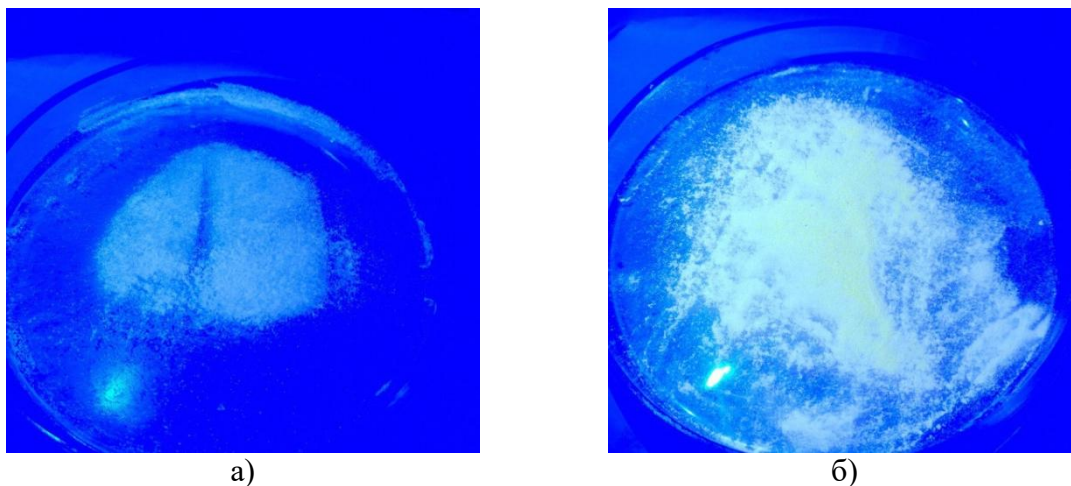


Рис. 2. а) образец 0,2 %, б) образец 0,5 %

Выводы

Результат эксперимента показал что, добавление церия в алюмоиттриевый гранат оказывает положительное влияние на светоизлучающие свойства люминофора, увеличивая его свечение. Приводит к получению более теплого оттенка светодиода [2]. Предположительно, церий не полностью входит в структуру граната, что оставляет места с повышенной концентрацией церия и более высокой яркостью свечения. Высокая твердость полученной керамики вызывает истирание применяемой оснастки, что приводит к появлению грязи.

Список литературы

1. Лисицын В. М., Лисицына Л. А., Голковский М. Г. Формирование люминесцирующей высокотемпературной керамики в мощном потоке высокоэнергетических электронов // Известия вузов. Физика. – 2020. – Т. 63, № 9(753). – С. 150–156. – DOI 10.17223/00213411/63/9/150.
2. Сарасеко Д. В. Люминесцентные характеристики люминофоров на основе гадолиний-иттрий алюминиевого граната активированного церием // Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт физики высоких технологий (ИФВТ), Кафедра лазерной и световой техники (ЛиСТ); науч. рук. С. А. Степанов. — Томск, 2016.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда №23-73-00108, <https://rscf.ru/project/23-73-00108>

**ПРОЕКТ ЛАБОРАТОРИИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ
ОСВЕЩЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

*Брошко О.О., магистр; Кистенева А.В. ст. преподаватель,
НИУ МЭИ, г. Москва*

**THE PROJECT OF THE LABORATORY FOR THE STUDY THE
EFFECT OF LIGHTING ON THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS
OF THE HUMAN BODY**

*Broshko O.O. Master; Kisteneva A.V. Senior Lecturer,
National Research University MPEI, Moscow*

Аннотация

В современной жизни мы проводим значительное количество времени в условиях искусственного освещения, качество которого оказывает влияние на наше здоровье и настроение. Постоянные исследования в этой области позволяют совершенствовать системы освещения, проектировать их с учетом полученных данных о влиянии света на зрительные и незрительные функции человека [1–3]. Развитие и совершенствование нейротехнологий позволяет получать более объективные данные влияния различных показателей освещения на физиологическое состояние человека. В работе данной была разработан проект научно-технической лаборатории для кафедры Светотехники НИУ «МЭИ», в которой возможно проведение самых современных исследований влияния света на человека.

Abstract

In our life, we spend a significant amount of time in artificial lighting conditions, the quality of which affects our health and mood. Constant research in this area allows us to improve lighting systems, design them taking into account the data obtained on the influence of light on human visual and non-visual functions [1–3]. The development and improvement of neurotechnologies allows us to obtain more objective data on the influence of various lighting indicators on the physiological state of a person. In this work, a project of a scientific and technical laboratory was developed for the Department of Lighting Engineering of the MPEI, in which it is possible to conduct the most modern studies of the influence of light on a person.

Ключевые слова: светотехническая лаборатория, зрительные характеристики, незрительные характеристики, нейротехнологии

Keywords: *lighting laboratory, visual characteristics, non-visual characteristics, neurotechnology*

Введение

Влияние освещения на организм человека изучалось в ходе многих научных исследований на протяжении многих лет [4–8]. Однако

большинство из них проводились без использования современных технологий и уже не могут считаться достоверными, а некоторые параметры освещения изучаются еще слишком мало. Именно поэтому создание проекта комплексной лаборатории для исследований является актуальной целью на сегодняшний день.

Основная цель работы состояла в том, чтобы создать лабораторию, предоставляющую широкие возможности по изучению влияния различных характеристик освещения на физиологические параметры человеческого организма.

Основными задачами данной работы, которые помогли достичь поставленной цели, были:

1. Разработка научно-исследовательской лаборатории, позволяющей задавать и менять характеристики освещения.
2. Подбор оборудования для комплексного измерения физиологических параметров организма человека и обработки результатов экспериментов.
3. Предложение ряда наиболее актуальных на сегодняшний момент исследований, которые можно будет проводить в лаборатории.

Результаты этих исследований могут внести значительный вклад в изучение влияния освещения на человека и впоследствии использовать более детальный подход к разработке систем освещения с учетом создания качественной световой среды, учитывающей индивидуальные потребности человека.

Методы исследования

В процессе проектирования лаборатории для исследования влияния освещения на физиологические показатели организма человека была смоделирована новая аудитория на кафедре «Светотехники» в НИУ МЭИ. Моделирование лаборатории проводилось в программе *DIALux evo*.

Были проведены измерения естественной освещенности в проектируемой лаборатории. Описаны и обоснованы подбор необходимого оборудования, способы достижения определенных уровней освещенности, цветовой температуры, изменение пульсации светового потока.

Результаты

В ходе проектирования светотехнической части лабораторной установки, было подобрано специальное осветительное оборудование, которое позволяет изменять и настраивать следующие параметры:

1. Создание равномерного рассеянного освещения с возможностью диммирования (0–100 %);
2. Создание направленного освещения с возможностью изменять направление и место установки осветительных приборов;
3. Учет влияния естественного освещения с возможностью его устранения;

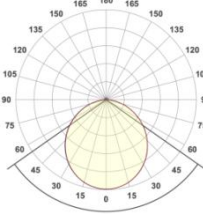
4. Изменение спектрального состава излучения белого цвета (КЦТ) 2700 – 6500 К, а также использование цветного света;
5. Освещенность на рабочих поверхностях от 50 до 1500 лк при использовании светового потолка и до 2500 лк при использовании светильников на шинопроводе;
6. Изменение пульсации светового потока.

Данные параметры были достигнуты с помощью использования светового потолка с изменяемой цветовой температурой, трековых светильников с различными характеристиками, системы датчиков естественной освещенности и сложной системы управления.

Для создания равномерного рассеянного освещения был выбран световой потолок, который позволяет имитировать естественный свет. Выбранный световой потолок имеет возможность диммирования и возможность регулирования цветовой температуры.

Для создания направленного освещения было решено использовать трековые светильники на шинопроводе. Такая осветительная установка позволяет изменять направление и места установки осветительных приборов в зависимости от эксперимента, который там нужно провести.

Таблица 1. Характеристики светового потолка и трековых светильников

Наименование	Производитель	Мощность, Вт	Свет. поток, лм	КСС светильника/угол светораспределения	Ra Тцв, К	η , лм/Вт
Световой потолок	Viso Systems	135	5400		80 2700 – 6500	40
Трековые светильники	FireLED	32	3360	38	3000	105

Для наглядности, на рис. 1–2 приведены визуализации лаборатории с использованием светового потолка с необходимыми характеристиками.

Также в существующем кабинете в НИУ «МЭИ», где и будет располагаться проектируемая лаборатория, была измерена естественная освещенность на высоте 0,8 м от пола.

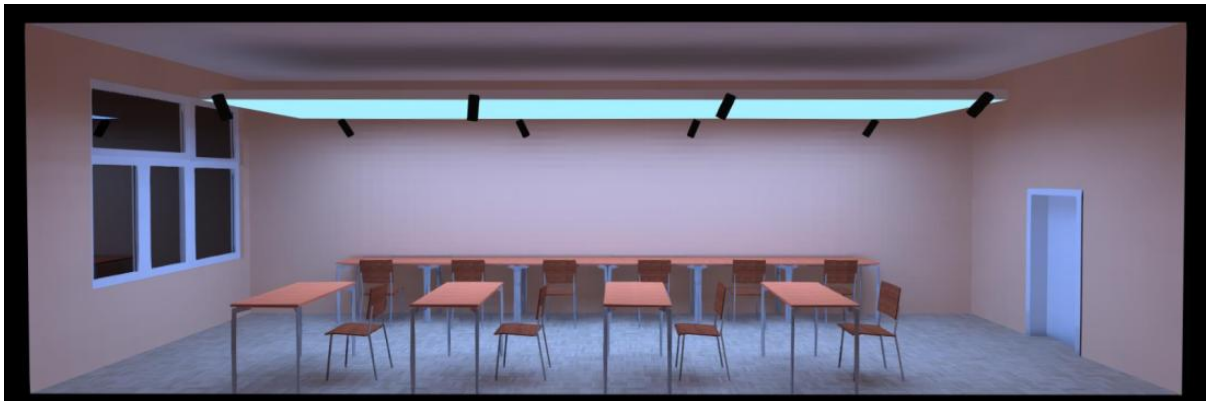


Рис. 1. Визуализация помещения с равномерным рассеянным освещением и при включении на 100 %

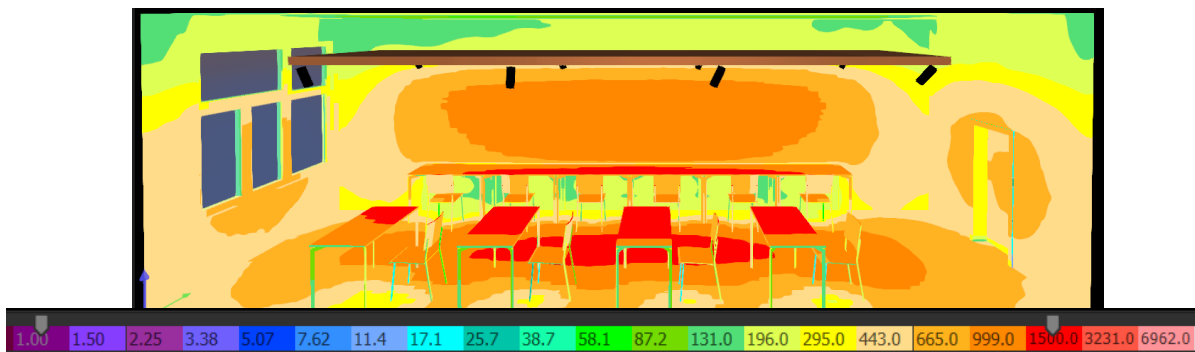


Рис. 2. Визуализация помещения с равномерным рассеянным освещением и при включении на 100 % в фиктивных цветах

В данной лаборатории предполагается использование сложной системы управления с компьютера или мобильного устройства со специально установленным приложением, которая позволит независимо регулировать и создавать световые сценарии для уровня освещенности и спектрального состава светильников прямого света и светового потолка, создающего диффузное освещение в помещении. Для измерения светотехнических характеристик был предложен вариант оборудования для измерения фотометрических и физиологических показателей.

1. Люксметр + Пульсметр типа "ТКА-ПКМ" 08 (или аналог)
2. Спектрометр типа *Sekonic C-700R* (или аналог)
3. Яркометр типа *Konica Minolta LS-100* (или аналог)



Рис. 3. Внешний вид оборудования для измерения фотометрических показателей

1. Мобильные айтрекер-очки *B200 HD* компании *Pupil Labs*
2. Компьютерный электроэнцефалограф – комплект Мицар ЭЭГ *SmartBCI*
3. Набор датчиков *Shimmer ECG/EMG/GSR*
4. Управляющий компьютер с ПО от Нейробюро

Данная лаборатория со специальным оборудованием позволяет оценивать влияние освещения на человека по субъективным (опрос, заполнение анкет и т.д.) и объективным критериям (данные ЭЭГ, показания айтрекеров, пульс давление и т.д.). Соответственно, в любом эксперименте участники будут обязательно заполнять анкеты, отвечать на вопросы, а также в течение всего эксперимента все физиологические данные участника эксперимента будут записываться на компьютер и далее обрабатываться специальным программным обеспечением для дальнейшего анализа.

Обсуждение

Проектирование и создание подобной лаборатории является приоритетной задачей кафедры светотехники НИУ «МЭИ». Комплекс оборудования может быть скорректирован с учетом текущей ситуации на рынке, однако основные типы осветительных приборов, системы управления и измерительных приборов определены с учетом возможности проведения максимального количества необходимых исследований. Данная лабораторная установка позволит оценивать влияния количественных и качественных показателей освещения, таких как уровень освещенности и яркости, спектральный состав излучения, пульсация и направление освещения, на различные физиологические показатели человека, такие как пульс, давление, диаметр зрачка, температуру, данные о мышечной и мозговой активности человека и др.

Выводы

В результате работы был проведен анализ литературных источников, где было изучено и проанализировано современное состояние исследований влияния освещения на человека, описаны их результаты, выявлены слабые места и потребность в новых исследованиях. Было выбрано осветительное оборудование и обосновано его применение, также был проведен и обоснован подбор оборудования для измерения параметров организма человека и обработки результатов экспериментов.

В программе *DIALux evo* была создана модель лаборатории и проведен расчет осветительной установки, рассчитаны основные режимы работы и описаны технические параметры установки. Также была приведена спецификация светотехнического оборудования и описание системы управления.

Кроме того, учтено влияние естественного света, проведены измерения естественной освещенности в существующем помещении (где и планируется создать лабораторию).

Были также предложены и описаны некоторые наиболее актуальные эксперименты по влиянию зрительных и незрительных функций света на организм человека, которые можно будет провести в проектируемой лаборатории.

Список литературы

1. *Мешков В.В., Матвеев А.Б.* Основы светотехники ч.2. Физиологическая оптика // М.: Энергоатомиздат – 1989, с. 432.
2. *Berson DM, Dunn FA, Takao M* (2002) Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 295:1070–1073.
3. *Wout van Bommel* Interior Lighting: Fundamentals, Technology and Application. Springer, 2019, 503 pages.
4. *Архангельский В.Д., Снетков В.Ю.*, Исследование влияния света на зрительную работоспособность и утомление человека с учетом его циркадных ритмов // Ж. «Вестник МЭИ». – 2012. – № 6.
5. *Веденева, Л. М.* Влияние характеристик источников света на здоровье человека / Л. М. Веденева, А. Г. Болотова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками. – 2014. – № 1. – С. 52–66. – EDN UBRRUT.
6. *J. van Duijnhoven, M. P. J. Aarts, M. B. C. Aries, A. L. P. Rosemann and H. S. M. Kort*, Systematic review on the interaction between office light conditions and occupational health: Elucidating gaps and methodological issues. 2019;28(2):152–174
7. *Weitbrecht, W.U.; Bärwolff, H.; Lischke, A.; Jünger, S.* Effect of Light Color Temperature on Human Concentration and Creativity. *Fortschritte Neurol. Psychiatr.* 2015, 83, 344–348.
8. *Terman M., Terman J., Williams J.*, Seasonal Affective Disorder And its Treatments // *Journal of Psychiatric Practice*, 1998, p. 287–300.

**УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ
ОБРАЗЦОВ СМЕШАННЫХ ЦВЕТОВ**

*Гафуров В.Р., магистр,
филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске*

**DEVICE FOR MEASURING COLOR PARAMETERS OF MIXED
COLOR SAMPLES**

*V.R. Gafurov, Master's Degree,
Branch of the National Research University Moscow Power Engineering
Institute in Smolensk*

Аннотация

В работе описано инновационное цифровое устройство для точного измерения цветовых характеристик объектов сложной формы и смешанных цветов, таких как камни, минералы, кристаллы и кости. В работе описан прототип устройства, методика измерения, специальное программное обеспечение для анализа данных и результаты эксперимента. Полученные результаты подтверждают высокую конкурентоспособность и практическую значимость этого устройства.

Abstract

This paper describes an innovative digital device for accurate measurement of color characteristics of objects with complex shapes and mixed colors, such as stones, minerals, crystals, and bones. The paper presents the device prototype, measurement methodology, specialized software for data analysis, and experimental results. The obtained outcomes confirm the high competitiveness and practical significance of this device.

Ключевые слова: устройство, колориметрия, цвет, фотоприемник, цифровая камера, обработка изображений, колориметрическая система

Keywords: *device, colorimetry, color, photodetector, digital camera, image processing, colorimetric system*

Введение

Измерение цвета объектов с неоднородным цветом и сложной формой представляет существенную технологическую проблему. В настоящее время на рынке существует широкий ассортимент цифровых колориметров, работающих в различных колориметрических системах. Однако существует недостаток инструментов для работы с объектами, обладающими неравномерным цветом, включая диаметрально расположенные цвета (красный – зеленый, синий – желтый и т.д.). Это существенно влияет на возможность оценки качества и стоимости продукции в таких областях как геология и геммология. Кроме того, потребность в таких приборах особенно актуальна в промышленности, где цветность определяет концентрацию определенных веществ, в биологии для обнаружения генетических отклонений растений, в аэрофотосъемке и картографии, в археологии, в светотехнике и

измерительной промышленности. Несмотря на наличие некоторых приборов, способных измерять цветовые параметры объектов разной цветовой насыщенности, такой как *CR-5*, который способен работать только с однородными образцами в различных состояниях, включая твердые, гранулированные и жидкие формы, характеризуются высокой стоимостью при своей ограниченности.

Техническая задача, на решение которой направлена предлагаемая модель устройства для измерения цветовых параметров объектов с неравномерной окраской и сложной формой, заключается в реализации различных схем освещения/наблюдения и программного оснащения таким образом, чтобы была возможность определить отдельные цвета разноцветного объекта без цветовых помех.

Методы разработки и исследование

Сущность предлагаемой модели поясняется на рис. 1 структурной схемой предлагаемого устройства. Она состоит из двух частей: первая включает короб, покрытый внутри поглощающим покрытием более 90 %, источник излучения, объектив с возможностью макросъемки, приемник – цифровая *RGB* камера; вторая – преобразователь напряжения для источника излучения; фиксаторы источника излучения; световые заслонки и бленда [1–4].

Также для работы устройства разработана программа для обработки и снятия координат цвета снимков на ПК.

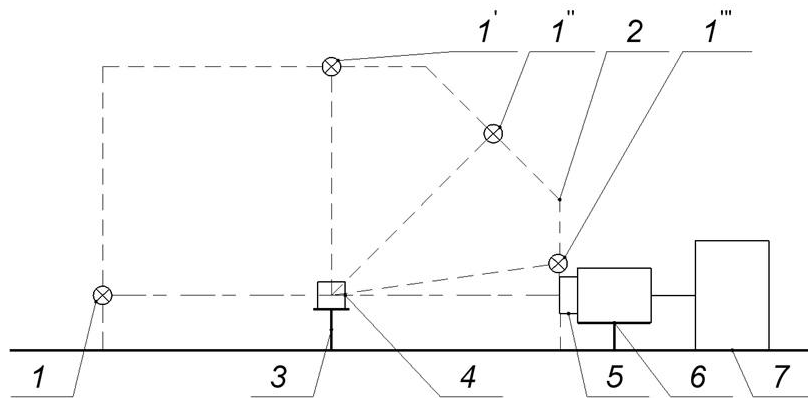


Рис. 1. Структурная схема устройства для измерения цветовых параметров

В основе методики измерений лежат следующие стандарты: ГОСТ 7721-89, ГОСТ 9411-91, ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002, ГОСТ Р 52489-2005, ГОСТ Р 52490-2005, ГОСТ Р 52662-2006, ГОСТ 23198-2021, ГОСТ Р 55702-2020.

Структура устройства определяется следующим образом: в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по освещению (МКО), держатель источника излучения (1, 1', 1'' или 1''') ввинчивается в резьбовые отверстия, находящиеся на расстоянии, превышающем размеры исследуемого образца в 5 раз. Существует одно выходное отверстие для регистрации излучения и четыре входных, в которых расположены источники света под углами: 8°, 45°, 90° и

предложенным 0° относительно нормали к поверхности предметного стола. Изменение положение источника света относительно объекта способствует наиболее полному освещению объектов сложной формы и определению оптимальной рабочей позиции, при которой достигается однородное цветовое освещение объекта без световых помех. В некоторых случаях может использоваться вращение предметного стола. Источник излучения освещает объект (4), размещенный на регулируемом предметном столе (3). Внутренние поверхности бокса (2) покрыты поглощающим материалом, который предотвращает множественное отражение света от объекта, предотвращая цветовые и световые искажения и возможный блеск. Отраженный свет проходит через объектив (5) и формирует изображение на матрице цифровой камеры (6), где оно регистрируется и оцифровывается. Полученное изображение передается на ПК (7) через *USB*-порт и выводится на монитор. С использованием специализированного программного обеспечения выделяются рабочие области на изображении для измерения цветовых координат и их конвертации в различные колориметрические системы для последующего анализа.

Согласно фотометрическим стандартам МКО, была разработана модель короба в программе *SolidWorks* (рис. 2). Данная *3D*-модель предусмотрена для *3D*-печати и последующей сборки устройства. Форма короба была выбрана таким образом, чтобы обеспечить реализацию всех предложенных схем освещения/наблюдения, сохраняя компактность и мобильность устройства [4–5].

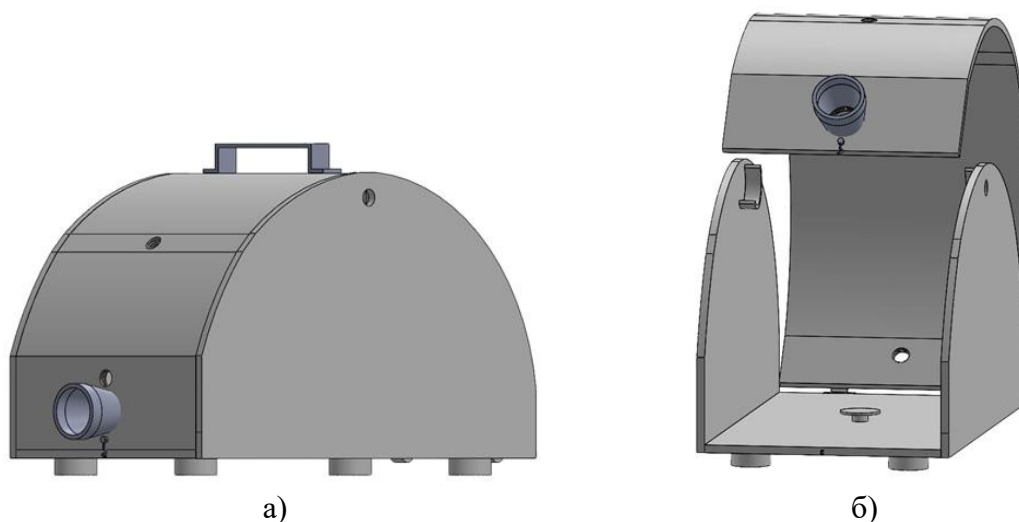


Рис. 2. Спроектированная модель бокса

В рамках проведения экспериментального исследования в качестве объектов выбраны специально разработанные цветовые мишени, соответствующие каталогу цветов *RAL CLASSIC* (рис. 3 и таб. 1). При составлении этой подборки цветов были учтены различные оттенки, а также их градация от светлых к более темным тонам. Данный выбор цветов обоснован целью обеспечения максимальной вариативности исследования и анализа цветовых характеристик объектов. Размеры специально разработанных

тестовых объектов составили 3×3 см, что позволило обеспечить необходимое соотношение между источником света и размерами исследуемых объектов.

Таблица 1. Координаты RAL цветовых мишеней для красных, синих, зеленых и желтых оттенков.

RAL CLASSIC	красный			Зеленый			Синий		
	3004	3003	3002	6002	6001	6000	5003	5005	5001
	3005	3011	3013	6026	6029	6024	5010	5009	5007
	3016	3020	3028	6016	6017	6018	5017	5015	5012
	Желтый								
	1006			1007			1017		
	1004			1003			1021		
1024			1018			1016			

Исследование проводилось с источником излучения тип А (2856 К) из условий ГОСТ 7721-89 и ГОСТ Р 55703-2013. Регистрация изображения проводилась цифровой камерой *Canon EOS 650*, схемой освещения/наблюдение выбрана позиция 45°/0°. В ходе исследования была использована программа, написанная в среде *C#*, с помощью которой были получены координаты цвета *R, G, B* в выбранной области интереса на снимке.

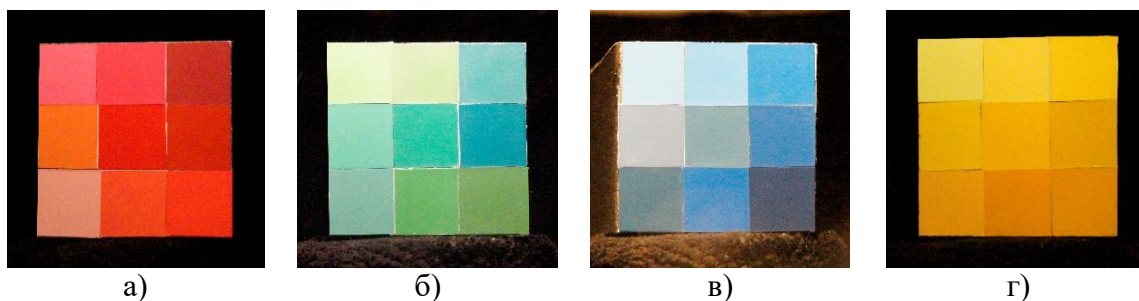


Рис. 3. Тест-объекты – цветовые мишени: а) красная; б) зелёная; в) синяя; г) желтая

Далее полученные значения преобразованы в другие колориметрические системы для определения цветового различия при заданном источнике излучения в системе МКО 1960 года, по формулам [7]:

$$u = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}, v = \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z},$$

$$\Delta e = \sqrt{(\Delta u)^2 + (\Delta v)^2} = \sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2},$$

где, *X, Y, Z* – цветовые координаты; *u₁, v₁* – теоретические координаты цветности; *u₂, v₂* – практические координаты цветности.

Результаты

В результате исследования цветового различия по равноконтрастной системе 1960 г. для различных цветовых мишеней были получены следующие значения: для красного – 0,081, зеленого – 0,032, синего – 0,051 и желтого – 0,036. Известно, что пороговое значение, при котором возникает заметное цветовое различие, составляет 0,0054. Из анализа результатов стало ясно, что для мишени зеленых цветов цветовое различие превышает пороговое значение в 15 раз, для синей – в 9 раз, а зеленой и желтой – в 6 раз. Однако стоит учитывать, что для насыщенных цветов возможно подобное цветовое различие.

Обсуждение

Наблюдаются погрешности в исследуемых цветовых областях, вызванные искажениями в самом регистраторе изображений (камера Canon), особенно в областях синих и красных цветов. Это соответствует исследованиям спектральной характеристики цифровых камер [6]. Поэтому далее планируется провести как теоретические, так и практические исследования при отборе фотоприемника для разработанного устройства.

Выводы по работе

В ходе данного исследования был осуществлен отбор рабочих колориметрических систем, методов расчетов, а также специально разработанных цветовых мишеней в качестве тест-объектов. Кроме того, была разработана программа на языке программирования C#, способная обработать изображения из памяти компьютера или внешнего устройства, с последующим редактированием и вычислением координат цвета. Также были предусмотрены элементы управления для захвата цветовых координат в пространстве *RGB* с последующим преобразованием в систему *XYZ* использовался соответствующий подход. Также можно отметить, что исследование показало исправную работу разработанного устройства. Однако были выявлены погрешности, связанные с приемником излучения. Для достижения более точных результатов в оценке цветового восприятия и калибровке на цветовых мишенях потребуют дополнительных исследований и оптимизации. Планируется проведение экспериментов с фотоприемниками, обладающими спектральными характеристиками с минимальными потерями качества цвета регистрируемой сцены. Кроме того, предполагается применение поглощающего покрытия с отражением менее 1 %.

Список литературы

1. Гафуров В.Р. Усовершенствование устройства для исследования цветовых параметров объектов // XXX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «ЛОМОНОСОВ-2023» [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, – 2023.

2. Гафуров В.Р. Усовершенствование короба для цифрового колориметра // XXI Международная научно-техническая конференция «Новые технологии в учебном процессе и производстве». – Рязань, – 2023. – С. 890.
3. Парвлюсов Ю.Б., Жбанова В.Л. Принципы построения колориметра для оценки насыщенных цветов // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 5. – С. 122–126.
4. Noboura O. Colorimetry Fundamentals and Applications / O. Noboura, A. R. Robertson. – Wiley, 2005 – p.354.
5. Oleari C. Standard Colorimetry: Definitions, Algorithms and Software / C. Oleari. – Wiley, 2015. – p.512.
6. Гафуров В.Р. Усовершенствование цифрового колориметра // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, – 2022. – С. 145.
7. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: учеб. пособие для вузов в 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 1989. – 432 с.
8. Zhbanova V.L., Zhbanov I.L. A method for analysing the color rendering of digital cameras // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. – 2021. – 21(3). – pp. 326–333.
9. Гафуров В.Р. Анализ цифровых фотокамер с помощью колориметра // Информационные технологии, энергетика и экономика. – Смоленск, – 2023. – С. 153–156.

Научная работа была выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям.

**ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЕ ИСКУССТВО
КАК СРЕДСТВО АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**
*Генералова В.Д., студент; Драгунов А.Н., студент; Карпенко В.Е.,
к.архитектуры, доцент; Пономаренко Н.В., доцент,
ДВФУ, г. Владивосток*

FINE ART AS A MEANS OF ARCHITECTURAL LIGHTING
*Generalova V.D., student; Dragunov A.N., student; Karpenko V.E.,
candidate of architecture, associate professor; Ponomarenko N.V., associate
professor, FEFU, Vladivostok*

Аннотация

В докладе представлен процесс светового моделирования подземного пространства средствами образности и цветовой палитры известной картины «Демон сидящий» художника символиста Михаила Врубеля. Основной тезис раскрывается в создании атмосферности, камерности и уюта подземного пространства методом трансляции ощущения и определенного настроения, колорита картины, реализации ее цветовой гаммы в реальном пространстве подземного перехода художественными приемами стрит-арта, освещения и светодиодных технологий. Кроме этого создается диалог, образная и медиа коммуникация между зрителями-пешеходами, туристами и художником средствами изобразительного образа и цитаты художника на стенах перехода. Таким образом, подземное пространство становится эмоционально теплее, полностью преобразуясь в дружелюбную и теплую среду. В результате логика проектного процесса, состоящей из предпроектного анализа, изучения истории картины, рисования скетча и эскиза, художественного и компьютерного моделирования, показывает, что подземный переход превращается в комфортное пространство при помощи методов светового дизайна, эффектов искусственного освещения, создается чувство открытой среды, положительно меняется настроение пешехода.

Abstract

The report presents the process of light modeling of the underground space by means of imagery and color palette of the famous painting "Seated Demon" by symbolist artist Mikhail Vrubel. The main thesis is revealed in the creation of atmospheric, intimate and cozy underground space by transmitting a feeling and a certain mood, the color of the picture, the implementation of its color scheme in the real space of the underpass using the artistic techniques of street art, lighting and LED technologies. In addition, a dialogue, figurative and media communication is created between spectators-pedestrians, tourists and the artist by means of a pictorial image and quotes by the artist on the walls of the passage. Thus, the underground space becomes emotionally warmer, completely transformed into a friendly and warm environment. As a result, the logic of the design process, consisting of

pre-project analysis, studying the history of the painting, drawing a sketch and sketch, artistic and computer modeling, shows that the underground passage is transformed into a comfortable space using lighting design methods, artificial lighting effects, a feeling of an open environment is created, positively the mood of the pedestrian changes.

Ключевые слова: светоцветовое моделирование, изобразительное искусство, подземный переход, атмосферность, Врубель

Keywords: *light-color modeling, visual arts, underpass, atmosphere, Vrubel*

Введение

Анализ научных работ, посвященных формированию психологической атмосферы, показывает, что ощущение тесно связано с эффектами и характером искусственного света в общественных пространствах. Так передаётся образная и зрительная идея пространства для пешехода, происходит воздействие на сенсорные системы человека. Свет является эффективным средством формирования эмоциональной атмосферы пространства [1]. Ставится вопрос о влиянии спектральных характеристик искусственного света в зависимости от климатических особенностей города. Цветной свет диодных источников позволяет создавать особый колорит и атмосферу в зимнее праздничное время в различных климатических зонах [2].

Метод исследования

Метод создания искусственного освещения подземного пространства пешеходного перехода включает несколько задач.

1. *Фотофиксация, предпроектный анализ и изучение аналогов.* Подземный переход находится в центре Владивостока, соединяет транспортно-пешеходное пространство Океанского проспекта, собор и здание университета, изучается городской контекст (рис. 1а). Использование технологии медиаповерхностей в практике современного урбанизма характеризуется активным транслированием определенных визуальных медийных образов, текстовой информации, рекламы, афиш с использованием иммерсивности и интерактивности [3]. В других примерах цветовые, яркостные контрасты незначительные, восприятие комфортное. В то же время в пространствах присутствует эффект естественного света, но при этом за счет свечения всей стены достигается необходимая светонасыщенность, замкнутое помещение воспринимается равномерно наполненным цветным светом (рис. 1б). Показаны современные тенденции оформления переходов при помощи граффити, художественной росписи и специальных светильников (рис. 1в).



Рис. 1. Натурное изучение контекста и проектные аналоги: а – фотофиксация; б – изучение освещения закрытых пространств (URL, список источников, дата доступа 22.06.2023): 1-Advertising led display screen; 2-Interference: An Interactive Tunnel (Kolding, Denmark); 3-the light lab installs LED integrated art wall at king's cross london, photo © john sturrock; 4-Threshold (1801 K Street) (Washington, DC); в – стрит-арт в подземном переходе в Зеленограде

2. *Художественно-графическое моделирование.* Картина Михаила Врубеля отсылает к строкам из поэмы Лермонтова «Демон». Художник создаст иллюстрации к юбилейному изданию поэта. Сидящий демон Врубеля тоскует и печалится о цветущем и живом мире, от которого он отстранён, но за его спиной разгорается незаметная золотая заря. Он изображен на фоне мерцающей красоты пейзажа, где «есть только причудливые колючие скалы да каменные облака» [4, с. 11]. Фигура выражает одиночество, сомнение и внутреннюю борьбу. Картина в проекте применяется в качестве основной художественной идеи освещения, как текст, цветовой ключ и изобразительное полотно, нанесенное на стену методом стрит-арта, с использованием технологии медиаповерхности, воспроизведением цветности в качестве дополнительной подсветки в тон колорита картины (рис. 2а). Кроме этого на внутреннюю конструкцию перехода наносится портрет и высказывание художника. Предварительно были выполнены концептуальное эскизирование, зарисовки и скетчи с размещением светильников и световых эффектов (рис. 2б).

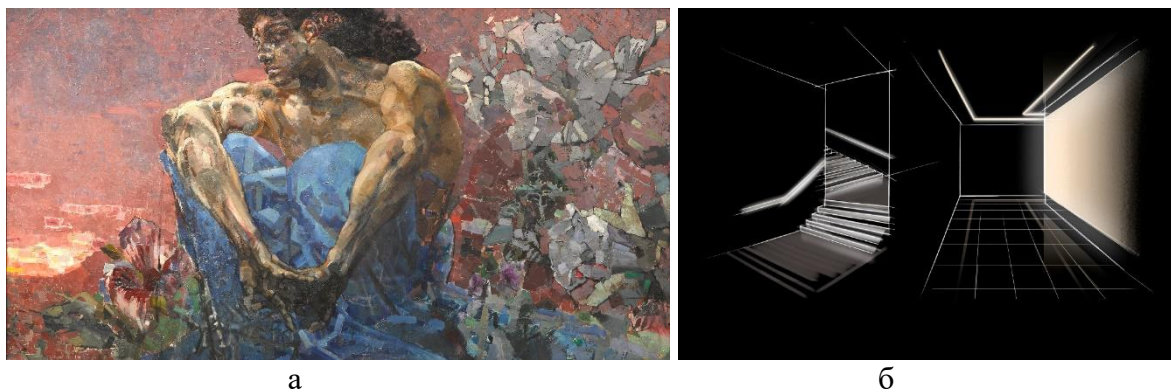


Рис. 2. Поиск идеи: а – картина М. Врубеля «Демон сидящий»; б – концептуальные зарисовки (моделирование лучей в графике)

3. *Компьютерное моделирование.* Основная проектная идея освещения подземного перехода заключается в преобразовании непримечательного пространства в выставочную зону, посвященную М.А. Врубелю. Картина, портрет художника и его цитата нанесены на одну стену перехода при помощи художественной росписи в технике стрит-арт. На другой противоположной стене *LED*-экран транслирует плавно перетекающие цвета картины из одного оттенка в другой (рис. 3).



Рис. 3. Проектное решение освещения пешеходной галереи подземного перехода с фрагментом картины и лестничным спуском

Результаты

Методика представляет последовательность создания искусственного освещения подземного перехода, состоящей из трёх задач: 1. Предпроектный анализ территории, зарисовки и фотофиксация позволяют погрузиться в контекст. Формируется уникальная концепция превращения перехода в выставочное пространство. Картина Врубеля «Демон сидящий» воспринимается как необходимый символический контраст и сопровождение пространства собора, расположенного над переходом. Картина даёт семантический и образный ряд, насыщающий подземное пространство перехода новыми смыслами. 2. Анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования позволяет выявить тенденции светового оформления переходов. 3. Светильники и *LED*-экраны позволили темному и мрачному пространству стать светлее. Пространственное освещение создает комфортную, безопасную среду, улучшаются психологическая атмосфера и световой климат. Обеспечивается видимость и восприятие идущих навстречу людей, что дает ощущение безопасности.

Обсуждение

Результаты исследований могут определить подходы при формировании световой среды подземных переходов с учетом цветности и атмосферности искусственного освещения. В последующих работах возможно сравнение светотехнических данных в переходах с учетом нового светового дизайна. Могут быть измерены горизонтальная освещенность (E_z), полуцилиндрическая освещенность (E_{nu}), контраст (E_z/E_{nu}), светомоделирующий эффект и равномерность освещения ($E_{z\min}/E_{zcp}$) с выявлением закономерностей и предложением принципов

освещения подземных пространств и использованием искусства стрит-арта и искусственного освещения.

Выводы

Предложенная методика может быть рекомендована в различных подземных переходах и других изолированных пространствах города с учетом цветности и атмосферности искусственного освещения. При этом в пространстве перехода могут использоваться несколько путей оживления пространства с помощью истории искусств, стрит-арта, светового дизайна и светотехники.

Список литературы

1. *Астахов Ю.И., Соколова М.А., Силкина М.А.* Влияние искусственного света на атмосферу общественных пространств // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. М.: МАРХИ, 2022. С. 904–905.
2. *Скульская М.В., Соколова М.А.* Исследование предпочтений использования спектральных характеристик архитектурного и праздничного освещения в разных климатических зонах // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. М.: МАРХИ, 2022. С. 890–891.
3. *Карпенко В.Е.* Дополненная и виртуальная реальности в световых инсталляциях и ночной городской среде // Светотехника. 2022. № 5. С. 78–84.
4. *Королева С.* Великие художники. Том 33. Михаил Александрович Врубель. М.: Директ-Медиа, 2010. 48 с.: ил.
5. Источники рисунков URL (дата доступа: 22.06.2023):
Рис. 1б:
1 – <https://ledsun-eg.com/en/advertising-led-display-screen/>
2 – <https://architizer.com/projects/interference-4/>
3 – <https://www.designboom.com/architecture/the-light-lab-kings-cross-led-integrated-art-wall-06-17-2014/> © john sturrock
4 – <http://villareal.net/threshold-1801-k-st-2008-washington-dc>
Рис. 1в:
https://zelaomos.news/news/society/podzemnyy_perekhod_v_zelenograde_predlozhili_peredelat_pod_art_prostranstvo/

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК «УМНОГО»
СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА С АВТОНОМНЫМ
ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ**

*Григорькин А.В., магистрант; Горбунов А.А., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск*

**INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF A
“SMART” LED LAMP WITH AN AUTONOMOUS POWER SOURCE**

*Grigorkin A. V., Master's student; Gorbunov A. A., Candidate of
Technical Sciences, Associate Professor
National Research Mordovia State University, Saransk*

Аннотация

Статья посвящена исследованию характеристик и особенностей «умного» светодиодного светильника с автономным источником питания.

Abstract

The article is devoted to the study of the characteristics and features of a “smart” LED lamp with an autonomous power source.

Ключевые слова: умное освещение, световые характеристики, автономный источник питания, особенности, сравнение

Keywords: *smart lighting, lighting characteristics, autonomous power supply, features, comparison*

Введение

В современном мире, большое внимания в сфере разработок уделяется «умным» источникам света для личного и общественного пользования. Выбор источников света для «Умного дома» стоит производить из наиболее «умной» категории. Они должны совмещаться с различного типа датчиками, диммерами, реле. Умный светодиодный светильник может собирать всю информацию об окружающей среде: температура, влажность, давление, расстояние до предмета, присутствие звука или света.

Смарт-освещение состоит из источника света и управляющей системы. В качестве лампочки обычно используется светодиодные лампочки или светодиодные модули, дополненные различными встроенными сенсорами, например, такими как микрофон, камера, датчики температуры и модули для дистанционного управления.

Автономность – главное и неоспоримое достоинство оборудование. Автономность достигается благодаря установке солнечной панели для подзарядки встроенных аккумуляторных батарей. Для работы ему не нужно подключение ни к электросети, ни к генератору. Следовательно, экономим электроэнергию. Второй бонус –

эффективное использование света и расширение области использования светильников в целом [1].

Методы исследования

В работе использовались такие методы исследования, как анализ литературных источников, анализ информации в интернете, а также получение исследуемых световых и электрических характеристик в фотометрическом шаре и на гониофотометре.

Результаты

В данном исследовании был использован светомерный шар (2 м) – *OL IS 7600* и гониофотометр *GO-2000*.

Фотометры на основе фотометрического шара используются для измерения светового потока широкого диапазона устройств.

Второй этап измерения световых характеристик является гониофотометр *GO-2000*.

Гониофотометр – это поворотное устройство, обеспечивающее возможность измерения силы света источника излучения или осветительного прибора в разных направлениях пространства.

Измерения производились исходя из 2 типов питания, а именно питания от сети и питания от автономного источника.

Все полученные данные по световым и электрическим характеристикам светодиодного прожектора представлены в таблице 1-2.

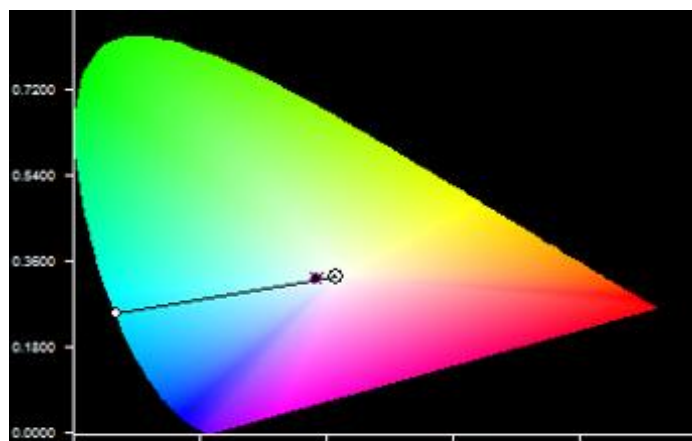
Таблица 1. Полученные световые характеристики светильника *NFL-20*

Характеристики	Значения с питанием от сети	Значения с питанием от автономного источника
$\Phi_{л}$, лм	1611	305
$T_{ц}$, К	6489	6489
η , лм/Вт	89	98
Ra	82,3	82,3

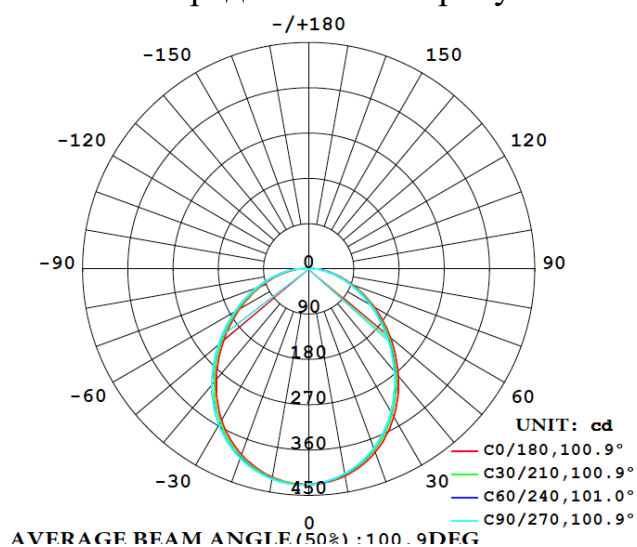
Таблица 2. Электрические характеристики светильника *NFL-20*

Характеристики	Значения с питанием от сети	Значения с питанием от автономного источника
U, В	220,0	3,7
I, А	0,08	0,015
P, Вт	18	3,1

Диаграмма цветности светильника *NFL-20* представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Диаграмма цветности светильника *NFL-20*

КСС светильника *NFL-20* представлена на рисунке 2.

Рис. 2. КСС светильника *NFL-20*

Обсуждение

NFL-20 (рис. 3) это световой прибор изобретенный и собранный фирмой *Navigator*. Светодиодный прожектор *Navigator NFL-20-RGB* предназначен для освещения или декоративной подсветки как снаружи помещения, так и внутри, а выносной автономный источник питания с двумя батареями 18650 с напряжением 3,7 В и емкостью 5000 мА·ч увеличивает способы его применения путем отсутствия монтажа проводки электросети [2].

Рис. 3. Светодиодный прожектор *NFL-20*

Умный прожектор *NFL-20 Smart Home Navigator* имеет ряд возможностей и особенностей, а именно:

- возможность дистанционного включения/выключения,
- беспроводное подключение производится при помощи *Wi-Fi*,
- возможность организации световых сценариев,
- *RGB* — возможность выбирать температуру света от 2700 до 6500 К, а также любой оттенок цветного свечения,
- диммирование – плавная регулировка яркости свечения,
- IP65 – для использования внутри и снаружи помещений,
- Ra индекс цветопередачи >70,
- отсутствие пульсаций светового потока,
- 3 года гарантии.

Выводы

В результате работы была изучена теоретическая информация по функциональности и особенностям «умных» источников света, а также автономности с помощью солнечных батарей. В результате измерений были получены характеристики светового прибора с двумя типами питания, а именно с питанием от сети и от автономного источника, содержащего две литий ионных батарей на 5000 мА·ч.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при автономном питании световые характеристики падают прямо пропорционально снижению мощности светового прибора. Уменьшение световых характеристик может плохо сказаться на освещении определенных объектов, но это может компенсироваться за счет автономности светового прибора и установки его в места, где проложить кабеля для питания нет возможности, а также за счет экономии электроэнергии.

Список литературы

1. *Галушак В. С.* Перспективные технологии в автономных светильниках / В. С. Галушак, А. Г. Сошинов // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. тр. – Саратов, 2009. – С. 99–101.
2. Сайт компании Navigator. Светильник NFL-20-RGB – URL: Светильник Navigator 14 559 NFL-20-RGBWW-BL-WIFI-IP65-LED -Официальный сайт компании Navigator (Навигатор) (navigator-light.ru) (дата обращения 01.04.2023).
3. Сайт компании Википедия. Система управления освещением – URL: Система управления освещением — Википедия (wikipedia.org) (дата обращения 03.04.2023).
4. Сайт компании LusTRON. Светильники на солнечных батареях – URL: https://lu.ru/stati/plyusy_i_minusy_svetilnikov_na_solnechnyh_batareyah/#toped1-1 (дата обращения 09.07.2022)
5. *Галушак В.С.* Автономный светильник эвакуационного освещения / В.С. Галушак – Текст: непосредственный // Светотехника. – 2006. – №2. – С. 55–57.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛУЧЕНИЯ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МИКРОЗЕЛЕНИ**

*Грицаенко В.С., студент; руководитель: Смирнов П.А., к.т.н.,
доцент, НИУ «МЭИ», г. Москва*

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF LIGHTING
CHARACTERISTICS IN GROWING MICROGREENS**

*Gritsaenko V.S., Smirnov P.A. National Research University «Moscow
Power Engineering Institute»*

Аннотация

Цель работы – изучение влияния уровней облученности микрозелени на массу растения, скорость роста, качество биомассы, внешний вид и другие параметры. Исследования проводились с октября 2022 по май 2023 года в учебно-исследовательском комплексе УИК ВНИСИ. Объект исследования: условия облучения агрокультур: кресс-салат, дайкон и редис. Растения выращивались на гидропонной установке 7 дней и 14 дней. Была проведена серия темновых опытов. Для изменения распределения облучения, уровней облученности и спектра использовались методы: 1) размещение под облучателями кальки в 1, 2 и 3 слоя. 2) размещение черной металлической сетки на облучатель. 3) добавление дополнительных источников света 4) пластиковые прозрачные стаканы на каждый горшочек с растением. В результате исследований было установлено: качество биомассы лучше при условиях произрастания с наибольшей фотосинтетической фотонной облученностью, дайкон в качестве микрозелени необходимо выращивать 14, а не 7 дней, т.к. дополнительная неделя увеличивает массу более чем в 3 раза. Установка стаканов увеличивает массу урожая в среднем на 37 %, а массу листьев – в 1,8 раза. Даже в первые 2 недели роста вклад облучения в массу составляет около 50 %.

Abstract

The purpose of the work is to study the effect of microgreen lighting levels on plant mass, growth rate, biomass quality, appearance and other parameters. The research was carried out from October 2022 to May 2023 at the educational and research complex at Russian lighting research institute. Object of study: conditions for plant lighting of agricultural crops: watercress, daikon and radish. Plants were grown in a hydroponic installation for 7 and 14 days. A series of experiments in a dark room was carried out. To change the lighting distribution, lighting levels and the spectrum, the following methods were used: 1) placement of tracing paper under the light sources in 1, 2 and 3 layers. 2) placing a black metal mesh on the light source. 3) adding additional light sources 4) plastic transparent glasses for each plant pot. As a result of the research, it was found that the quality of biomass is better under growing conditions with the highest photosynthetic photon irradiance; daikon as a microgreen must be grown for 14, not 7 days, because

an additional week increases the mass by more than 3 times. The installation of cups increases the yield weight by an average of 37 %, and the leaf weight by 1.8 times. Even in the first 2 weeks of growth, the contribution of lighting to the mass is about 50 %.

Ключевые слова: уровни облученности, микрозелень, фотосинтетически активная радиация (ФАР), гидропонная установка, спектр излучения, фотосинтетическая фотонная облученность (PPFD), светодиодные облучатели, светокультура растений

Keywords: *lighting levels, microgreens, photosynthetically active radiation (PAR), hydroponic installation, spectrum, photosynthetic photon flux density (PPFD), LED light sources, plant photoculture*

Введение

Дополнительное облучение растений фитосветильниками применяется повсеместно, однако, чтобы добиться наибольшей эффективности, необходимо правильно подобрать спектр, мощность осветительной установки, периоды облучения. Анализ литературных источников показал, что на разных фазах роста растений наиболее оптимальными оказываются разные варианты освещения [1], причем наблюдается зависимость не только от стадии развития, но и от вида растения [2]. В зависимости от стадии роста, растение может быть в разной степени восприимчиво к уровням облученности и спектру [3].

Теоретическая значимость данной работы заключается в оценке влияния дополнительного облучения микрозелени. Данные типы культур набирают популярность, т.к. выращиваются быстро (в течение 1– недель) и содержат в себе большое количество витаминов и микроэлементов. Однако облучение этих типов растений еще практически не изучалось, следовательно, по результатам исследований можно будет понять, можно ли увеличить сроки созревания и биомассу с дополнительными источниками света.

В ходе работы были решены следующие задачи: 1) Рассмотреть и изучить теоретический материал по данной тематике. 2) Провести серию экспериментов с различными культурами и облучателями, обработать результаты и сделать выводы.

Методы исследования

Для исследования была выбрана гидропонная установка с красными и синими светодиодами. В качестве исследуемых культур было решено выращивать кресс-салат и дайкон в качестве микрозелени на основе исследования наилучшего процента всхожести. Для сравнения показателей культур микрозелени при увеличении срока выращивания в 2 раза растения выращивались 7 дней и 14 дней. Также были проведены темновые опыты в фотометрической темной лаборатории.

Для изменения распределения облучения, уровней облученности и спектра использовались следующие методы: 1) Использование кальки в

1, 2 и 3 слоя, натянутой под облучателями установки. Это позволило снизить уровень облученности и перераспределить световые потоки. 2) Установка дополнительных облучателей *TDM ELECTRIC* лампа светодиодная *T8-9 Вт-230 В-G13 «Фито»* 600 мм в количестве 2-х штук. 3) Установка на облучатель черной металлической сетки. 4) Установка на корзиночки с растениями прозрачных пластиковых стаканов с отверстиями в стенках для регуляции температуры.

При сборе урожая массы каждого растения, стеблей (осевой части побега до узла) и листьев взвешивались на ювелирных весах с точностью 0,01 г. Оценка площади листьев производилась по модели листа дайкона и измерениям длины и ширины листьев, также измерялась длина стеблей. Каждую неделю проводился контроль освещенности люксметром *LMT POCKET LUX-2*.

Измерение спектра облучателей производилось ручным спектрометром *UPRtek MK350N* раз в 2 недели при сборе урожая и посадке новых растений.

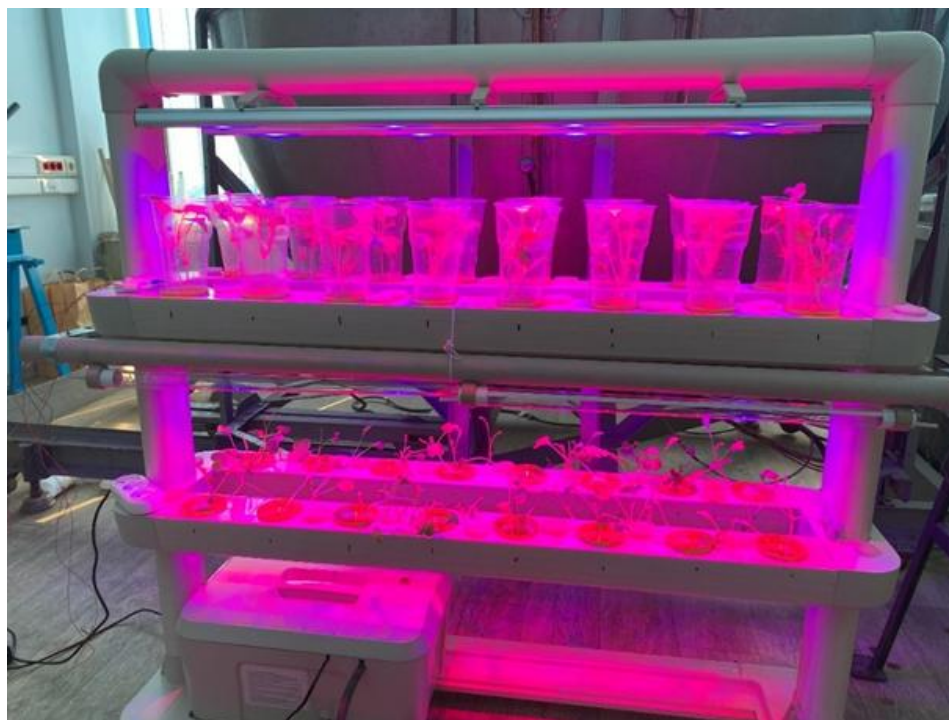


Рис. 1. Экспериментальная установка с установленными стаканами на верхнем ярусе

Результаты

Были получены массы каждого растения, массы и площади листьев, массы и длины стеблей и сопоставлены с соответствующими значениями *PPFD* для каждого опыта. Также были получены сухие массы каждого урожая для оценки вклада воды в массу растения. Данные были сведены в итоговые таблицы по каждому урожаю. По ним были построены графики зависимостей средней массы растения от *PPFD*, диаграммы рассеяния и размаха, рассчитаны стандартные отклонения

каждого опыта. Ввиду ограничения объемов доклада здесь приводятся лишь примеры одной сводной таблицы и графика, остальные результаты планируются привести в презентации.

Таблица 1. Полученные результаты

	под ИС установки	Доп. лампа + стаканы	с сеткой	Под 2-мя слоями кальки
масса листьев/масса стеблей	3,93	5,07	3,96	2,28
средняя масса 1 шт, мг	1018,33	1265	1033,96	1364
Средняя PPFD, мкмоль / м ² / с	270	297	136	9.5

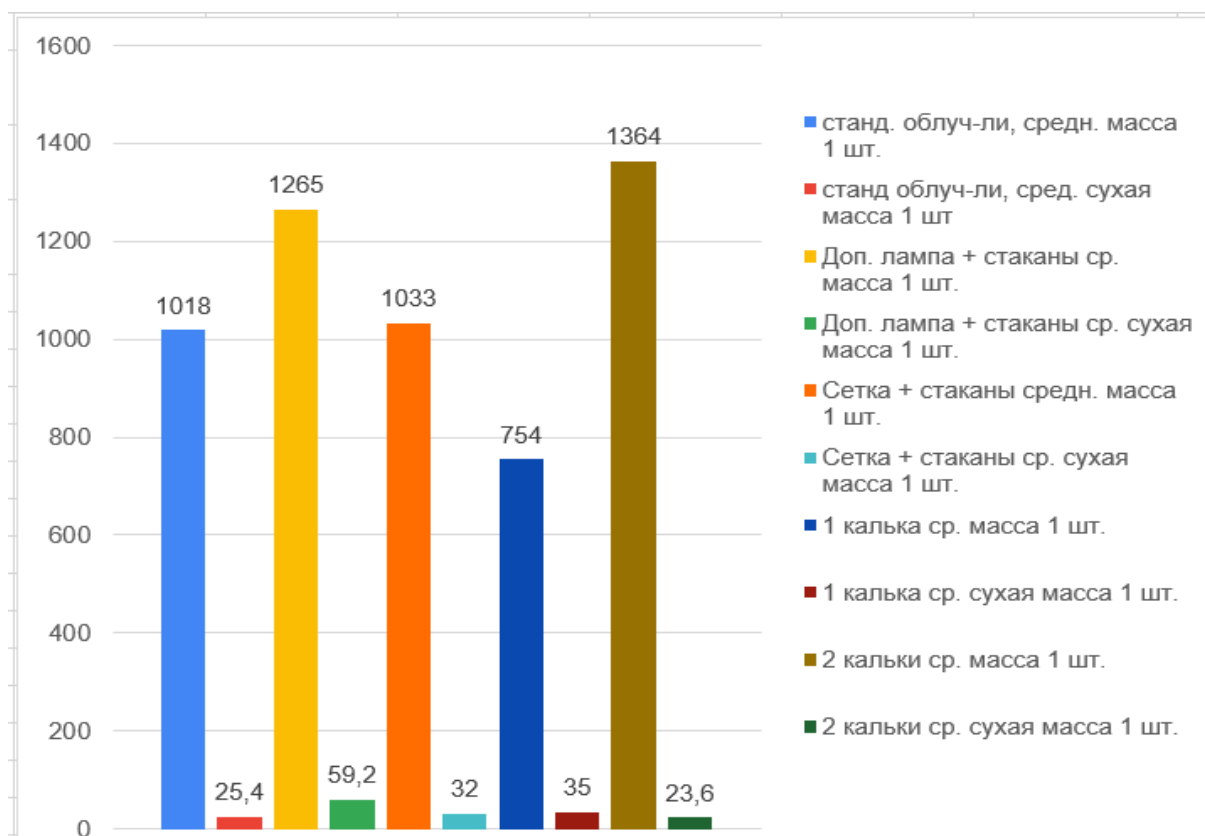


Рис. 2. Пример сравнения результатов исследуемых вариантов облучения

Обсуждение

Возможна необходимость дополнительной оценки особенностей распределения облучения с использованием кальки и пластиковых стаканов. Для уточнения полученных результатов возможно провести дополнительные серии экспериментов с другими видами металлических сеток, стаканов и другими дополнительными облучателями, например, со спектральным составом, отличным от используемого в данной работе.

Вывод

Из таблицы 1 можно заметить, что лучший по средней массе результат оказался у растений под 2 кальками, однако отношение массы листьев к массе стеблей минимально. Хотя средняя масса 1 шт. оказалась выше под 2-мя слоями кальки, сухая масса в этом случае оказалась меньше, чем в других случаях, что говорит о более высоком содержании воды. Таким образом, качество биомассы лучше при условиях произрастания с наибольшей *PPFD*.

Также было установлено, что дайкон в качестве микрозелени предпочтительнее выращивать 14 дней.

Установка пластиковых стаканов значительно улучшает полезную массу, практически не требуя затрат, т.к. стаканы увеличивают *PPFD* за счёт переотражений от стенок стакана, и внешней поддержки растений, следовательно, культура способна поглощать большую долю энергии излучения. Будет полезным проектирование наиболее оптимальной осветительной установки с использованием стаканов. Также возможно развитие исследований по проектированию рассеянного освещения или другого расположения светодиодов для увеличения биомассы и для уменьшения эффекта отклонения растений в стороны, из-за которого они получают меньше энергии от освещения.

Благодаря темновым экспериментам удалось оценить вклад энергии облучения в формирование биомассы, хотя на начальном этапе роста растение наиболее активно использует энергию семени, которое богато питательными веществами.

Список литературы

1. Маркова А. Е., Мишанов А. П., Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Оценка влияния факторов световой среды на эффективность выращивания рассады томата // *АгроЭкоИнженерия*. — 2020. — № 1. — С. 23–34.
2. Боос Г.В., Прикупец Л.Б., Терехов В.Г. Влияние дозы и времени облучения на продуктивность салатно-зеленных растений в условиях светокультуры // *Светотехника*. — 2022. — № 4. — С. 4–11.
3. Галуллин Р. Р., Аипов Р. С., Яруллин Р. Б. Эффективность облучения растений в сооружениях защищенного // *Вестник БГАУ*. — 2019. — № 4. — С. 100–105.

**БАЛАНС АРХИТЕКТУРЫ И СВЕТА В ОСВЕЩЕНИИ
ФАСАДОВ ЗДАНИЙ**

*Еременко А.А., студент; Топоркова А.А., студент;
Гречкина Т.В., к.ф.-м.н., доцент, НИ ТПУ, г. Томск*

**BALANCE OF ARCHITECTURE AND LIGHT
IN THE LIGHTING OF BUILDING FACADES**

*Eremenko A.A., student; Toporkova A.A., student;
Grechkina T.V., Ph.D., associate professor, NR TPU, Tomsk*

Аннотация

Работа посвящена вопросам освещения фасадов зданий в сочетании факторов архитектуры, современных отделочных материалов и световых светодиодных технологий. Проведена работа по знакомству с разноплановыми фасадами. Выполнено построение моделей объектов, подобрано световое оборудование и получены результаты расчёта освещения двух фасадов зданий на базе сцен освещения и фрагментов визуализации проектирования.

Abstract

The project is devoted to the lighting of facades of buildings in a combination of architectural factors, modern finishing materials and light LED technologies. Work was carried out to familiarize with various facades. Models of objects were constructed, lighting equipment was selected and results of calculation of lighting of two facades of buildings on the basis of lighting scenes and fragments of visualization of design were obtained.

Ключевые слова: фасад, архитектура, искусственное освещение, архитектурно-художественное освещение, светодиодное освещение

Keywords: *facade, architecture, artificial lighting, architectural and artistic lighting, LED lighting*

Введение

Одной из основных задач подсветки зданий является воплощение архитектурно-художественного освещения, которое направлено на гармоничное, узнаваемое и эстетически привлекательное убранство фасадов в отсутствии дневного света. Идея освещения, безусловно, должна быть взаимосвязана с архитектурой и структурой здания, его расположением, функциональным назначением, которое занимает объект в городской среде. Общая направленность проектов освещения фасадов зданий обязана сводить к минимуму вредное воздействие света в ночные часы, при сбалансированном и энергоэффективном его потреблении [1].

С технологическим прогрессом появились новые возможности для создания уникальных фасадов, отличающихся своим инновационным дизайном и неординарной конструкцией: использование в своей конфигурации сочетание любых геометрических форм, изгибов и острых

углов, применение нетипичных материалов: стекло, бетон, композиты и т.д. Такие фасады значительно изменили способ взаимодействия зданий с окружающей средой и привнесли специальную эстетику [2]. Независимо от стиля и эпохи, фасады всегда были и остаются ключевым архитектурным элементом, отражающим сущность и характер здания. Они являются мостом между прошлым и будущим, их эстетика и функциональность продолжают вдохновлять и впечатлять, создавая неповторимые архитектурные шедевры.

Стеклянный фасад представляет собой архитектурное решение, которое часто используется в современных зданиях, и эта тенденция распространяется на самые разные объекты от небольших жилых домов до небоскрёбов, от малых форм административных зданий до значимых социальных объектов [3] городской среды. Классический фасад, напротив, представляет собой архитектурный стиль, основанный на традиционных формах и элементах [4] с включением характерных деталей, например, колонны, арки и фронтоны, что призвано отражать историческое и культурное значение здания и сохранять его аутентичность.

Объектами исследования настоящей работы послужили разноплановые фасадные строения. С позиций современной архитектуры это фасад жилого строения с многоуровневыми панорамными стеклянными блоками и с другой стороны пример классического исторического облика фасада – здание железнодорожного вокзала в г.Томске.

Метод исследования

Конструкция жилого строения с панорамными окнами планировалась в несколько этапов, как представлено на рис. 1. Работа по прорисовке и компоновке данных модели здания производилась в *DIALux evo* с использованием вспомогательного программного обеспечения по созданию 3D объектов *Autodesk 3ds Max*.



Рис. 1. Знакомство со стеклянным фасадом на этапах: создания макета (а), формирования 3D модели (б), компоновки данных с учётом ландшафтной архитектоники расположения объекта (в)

Погружение в тематику классического фасада связано с наблюдением и знакомством с объектом на местности. На рис. 2 (а, б) приведены иллюстрации здания вокзала в разное время суток, где можно

видеть великолепие сооружения в дневное время и совсем иной облик в отсутствии естественной освещённости. Предварительным этапом проектирования освещения классического фасада стали работа с фотографией и изучение особенностей архитектуры здания [2, 4], обзора норм и правил по искусственному освещению [5], а также подбор светодиодного оборудования для целей освещения фасадов.

План мероприятий по формированию архитектурно-художественного освещения ж/д вокзала отмечен, как показано на рис. 2 (в, г) в ходе работы по светопланированию и компоновке светового оборудования для этого фасада здания.



Рис. 2. Здание ж/д вокзала в дневное (а) и вечернее (б) время; компоновка данных по светопланированию и схематическому представлению расположения световых приборов на главном фасаде (в) и боковом строении – протяжённой его части (г).

Зелёным маркером обозначены места размещения светильников,
красным – номер модели светильника

Результаты

Каждый из представленных фасадов имеет колорит и притягательную форму, в том числе при моделировании освещения этих зданий. Создавая образ освещаемого объекта для вечернего и ночного облика важно сохранить баланс архитектуры и света, выполнить гармоничное продолжение светового оформления здания в отсутствии дневного света.

Результатом проекта освещения стеклянного фасада, стала композиция сцен освещения, как представлено на рис. 3. Объект представляет собой трехэтажное здание нетипичной формы с широкими панорамными стеклянными блоками. При дневном свете здание выделяется за счёт тёмного цвета фасада и формы сооружения. Свет

искусственный подчёркивает силуэт и структуру здания в сочетании сцен освещения наружного и внутреннего освещения.

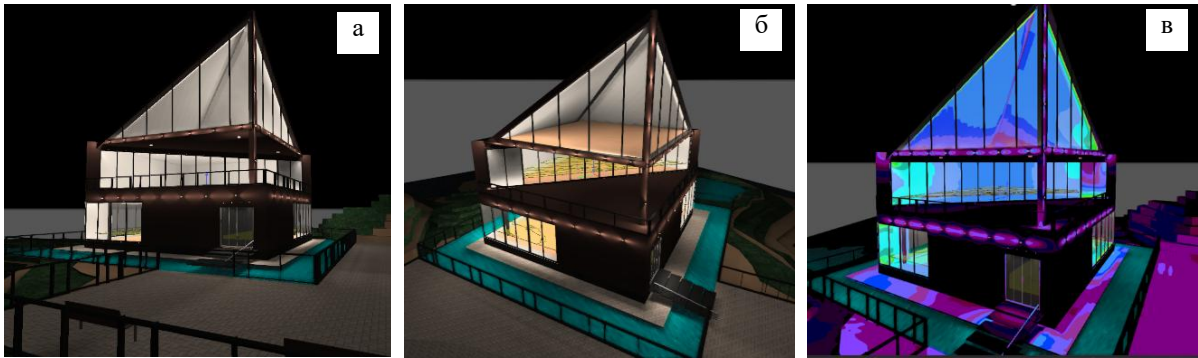


Рис. 3. Фрагменты визуализации по освещению стеклянного фасада в программе *DIALux evo*

Для освещения фасада ж/д вокзала предусмотрено 6 групп светильников, каждый из которых призван подчеркнуть стилистику здания и преобразить вечерне-ночной облик сооружения. На рис. 4 представлен результат работы по моделированию (а, б) и формированию общего вида сцены освещения фасада здания (в).

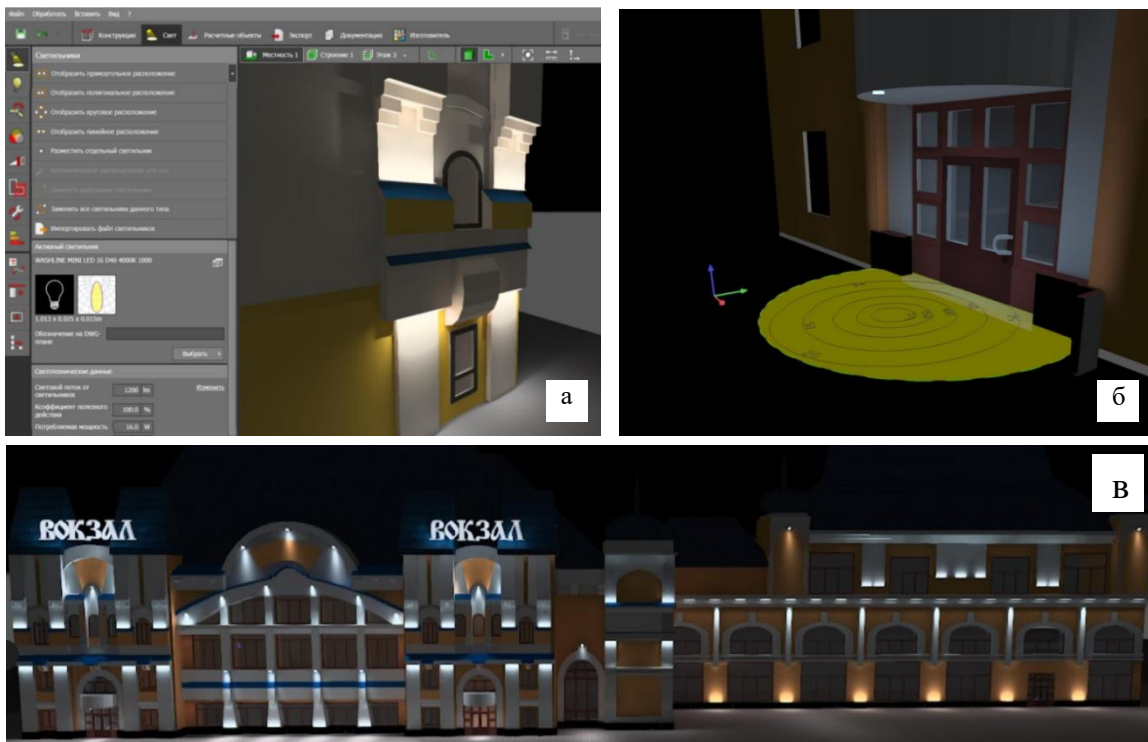


Рис. 4. Этапы моделирования и проработки освещения отдельных элементов фасада здания (а, б), общий вид (в) сцены освещения фасада ж/д вокзала

Обсуждение

Современные осветительные приборы стали инструментом работы с архитектурой, её фактурой и декором фасадов. Облик здания становится более выразительным в ночное время за счёт намеренного выделения светом элементов и деталей [1, 4, 6]. Образ форм сложной объемно-пространственной композиции сосредоточено в фасадном

архитектурном освещении зданий с классическим и/или историческим фасадом.

Стекланный фасад на сегодняшний день достаточно распространённая и востребованная форма реализации конструкции здания. Это практичный и визуально манящийся формат, это стиль, архитектурный вызов и привлекательный вид в сочетании с современными подходами и технологиями строительства [1, 3]. Здания с прозрачным фасадам могут быть освещены по-разному. Для привлечения внимания свет должен объемно распространяться внутри здания, либо упор делать на освещении несущей конструкции фасада, чтобы чётко считывалась структура здания [6].

Выводы

К итогам работы следует отнести то, что разные типы фасадов имеют свои отличительные черты и формы архитектурного построения, что отражается в подходах и приёмах к реализации проектного решения по освещению. Сохранение баланса архитектуры и света в фасадном освещении яркий пример соотношения типологии и стиля сооружений с учётом функционала зданий и окружающего пространства.

Список литературы

1. *Щепетков Н.И.* Световой дизайн города. - Москва: Изд-во Архитектура-С, 2006. - ISBN 5-9647-0103-5.
2. *Бабич В.Н., Кремлёв А.Г.* Динамические качества инновационных фасадов. URL: https://archvuz.ru/2019_2/1/ (дата обращения: 27.06.2023)
3. Great examples of glass architecture from around the world. URL: <https://www.aussieglass.com.au/the-top-10-glass-buildings-of-the-world> (дата обращения: 27.06.2023)
4. Классический стиль в архитектуре. URL: <https://www.topdom.info/article/catarticle1/articlenews403.php> (дата обращения: 27.06.2023)
5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Дата введения 08.05.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 28.06.2023).
6. Свет в городе. URL: <https://svetvgorode.dlinavolny.ru/> (дата обращения: 28.06.2023)

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В
ГАЗОРАЗРЯДНОЙ РТУТНОЙ ПЛАЗМЕ**

*Железнов И.И., аспирант; Будаков В.П. д.т.н., проф.,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

**PROBLEMS OF MODELING RADIATION TRANSFER IN GAS-
DISCHARGE MERCURY PLASMA**

*Zheleznov I.I., post-graduate student; Budakov V.P., PhD, Professor, NRU
"MPEI", Moscow*

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с описанием механизма переноса излучения в газоразрядной ртутной плазме, которая является неравновесной средой. Авторами представлен алгоритм решения системы кинетических уравнений и переноса излучения в такой плазме, используя кубическую дискретизацию для источника излучения. Этот алгоритм позволяет получить решение для произвольного контура спектральной линии, что представляет собой значимое достижение в исследовании данного типа плазмы. В ходе исследования проведено сравнение диффузионного и радиационного переноса частиц и фотонов с результатами классического матричного метода. Для этого использовалась геометрия конечного цилиндра с точечным источником возбуждения в центре объёма. Важным выводом стало обнаружение корреляции между экранированием внутренним цилиндром излучения в коаксиальной геометрии и результатами, полученными с помощью матричного метода. Настоящая работа представляет интерес для ученых, занимающихся физикой плазмы и оптикой, и может найти применение в различных технологических процессах, связанных с газоразрядными плазменными системами. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию переноса излучения в ртутной плазме и открывают новые перспективы для дальнейших исследований в этой области.

Abstract

This article discusses issues related to the description of the mechanism of radiation transfer in a gas-discharge mercury plasma, which is a nonequilibrium medium. The authors present an algorithm for solving a system of kinetic equations and radiation transfer in such a plasma using cubic discretization for the radiation source. This algorithm allows us to obtain a solution for an arbitrary contour of the spectral line, which is a significant achievement in the study of this type of plasma. In the course of the study, the diffusion and radiation transfer of particles and photons was compared with the results of the classical matrix method. For this purpose, the geometry of a finite cylinder with a point source of excitation in the center of the volume was used. An important conclusion was the discovery of a correlation between the shielding of radiation by the inner cylinder in the

coaxial geometry and the results obtained using the matrix method. The present study is of interest to scientists involved in plasma physics and optics, and can find application in various technological processes related to gas-discharge plasma systems. The results obtained contribute to a deeper understanding of radiation transport in mercury plasma and open up new prospects for further research in this area.

Ключевые слова: перенос излучения в неравновесной среде, моделирование газового разряда, ртутная плазма, метод вокселизации
Keywords: *radiation transfer in a nonequilibrium medium, gas discharge modeling, mercury plasma, voxelization method*

Введение

Изучение газоразрядных плазменных систем имеет большое значение для различных научных и технических областей, от астрофизики и аэродинамики до лазерных технологий и источников света. Особое место занимает ртутная плазма, благодаря своим уникальным свойствам и широкому спектру применений.

Ключевым фактором, определяющим поведение ртутной плазмы, является механизм переноса излучения. Понимание этого процесса представляется сложной и актуальной задачей для исследователей, так как ртутная плазма является неравновесной средой. В отличие от большинства плазменных систем, которые характеризуются термодинамическим равновесием, в ртутной плазме имеются значительные различия в температуре, плотности и концентрациях носителей зарядов [1]. Очень важно учитывать влияние таких факторов, как столкновения, возбуждение и рекомбинация атомов и молекул, а также радиационные процессы, которые могут существенно повлиять на эффективность переноса энергии и излучения.

В связи с этим, разработка точных моделей переноса излучения в неравновесной ртутной плазме имеет определяющее значение для развития новых технологий и усовершенствования существующих плазменных систем в различных областях применения. Правильное понимание этого процесса способствует улучшению эффективности плазменных систем и содействует их успешному применению в различных научных и технических областях.

Метод исследования

Рассмотрим процесс переноса излучения в низкотемпературной ртутной плазме на основе двухуровневой системы. Пусть n_1 , n_2 – концентрации атомов на 1 и 2 уровнях. В основу анализа положим систему кинетики частиц и излучения [2]. При анализе интеграла столкновений мы учитываем элементарные процессы: ударное возбуждение и тушение при столкновении атомов с вероятностями w_{12} и w_{21} ; поглощение и излучение атомами фотонов.

Сформулируем кинетическое уравнение для концентрации частиц на втором уровне:

$$n_2(\mathbf{r}, t) = \int f_2(\mathbf{r}, \mathbf{p}, t) d^3 p. \quad (1)$$

Тогда:

$$\begin{cases} \frac{\partial n_2}{\partial t} = A_{21}n_2 - w_{21}n_2 + w_{12}n_1 + \frac{1}{4\pi} \int \int L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) [B_{12}n_1 - B_{21}n_2] P(\nu) d\hat{\mathbf{l}} d\nu, \\ (\hat{\mathbf{l}}, \nabla) L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) = -\varepsilon_\nu(\mathbf{r}) + \kappa_\nu(\mathbf{r}) L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}), \end{cases} \quad (2)$$

Заметим, что интегральное выражение системы уравнений (2) представляет собой:

$$\begin{aligned} \frac{1}{4\pi} \int \int L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) [B_{12}n_1 - B_{21}n_2] P(\nu) d\hat{\mathbf{l}} d\nu &= \\ &= \frac{B_{12}n_1 - B_{21}n_2}{4\pi} \int \int L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) [B_{12}n_1 - B_{21}n_2] P(\nu) d\hat{\mathbf{l}} d\nu \\ &= \frac{B_{12}n_1 - B_{21}n_2}{4\pi} \int E_0(\mathbf{r}, \nu) P(\nu) d\nu \end{aligned}$$

Здесь $E_0(\mathbf{r}, \nu)$ – пространственная облученность.

$$\begin{aligned} E_0(\mathbf{r}, \nu) &= \int \int L_\nu(\mathbf{r}, \hat{\mathbf{l}}) d\hat{\mathbf{l}} = \int \int_0^\xi \varepsilon_\nu(\mathbf{r} - \hat{\mathbf{l}}) \int_0^\xi \varepsilon_\nu(\mathbf{r} - \hat{\mathbf{l}}) \exp(-\kappa_\nu t) \frac{t^2}{t^2} dt d\hat{\mathbf{l}} \\ &= \int \varepsilon_\nu(\mathbf{r}') \frac{\exp(-\kappa_\nu |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} d^3 r'. \end{aligned}$$

где $d^3 r = r^2 dr d\hat{\mathbf{l}}$ – переход к интегрированию по объему.

Откуда, получим уравнение переноса возбуждения в виде:

$$\frac{\partial n_2}{\partial t} = A_{21}n_2 - w_{21}n_2 + w_{12}n_1 + \int \varepsilon_\nu(\mathbf{r}') \mathcal{K}(|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|) d^3 r' \quad (3)$$

при

$$\mathcal{K}(|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|) = \frac{1}{4\pi} \int \kappa_\nu(\mathbf{r}') P(\nu) \frac{\exp(-\kappa_\nu |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} d\nu. \quad (4)$$

Решение уравнения (3) представляет значительные трудности, и на сегодняшний день известны результаты для простейших ситуаций. Часто на практике пользуются различными приближениями и аппроксимациями, основанными на близости решения к равновесному состоянию, при котором соответствующие интегралы столкновений равны 0. Однако это не позволяет рассматривать полную физическую картину явления переноса.

Выходом из данной ситуации может послужить метод вокселизации [3]. Он представляет собой процесс преобразования

сложной геометрии разрядной плазмы в трехмерную сетку объемных кубических элементов, называемых вокселями. Этот метод позволяет дискретизировать разрядное пространство, что облегчает численные расчеты и учет особенностей геометрии при моделировании в цилиндрической системе координат. Так, для дискретизации ядра переноса (4) имеем:

$$a_{k,i} = A \cdot \begin{cases} \frac{\Delta V}{4\pi} \int_0^\infty \frac{P_k(\nu) \kappa_{\nu,i}}{\rho_{k,i}^2} \exp\left(-\sum_{j=L_1^{k,i}}^{L_m^{k,i}} \kappa_{\nu,j} \Delta l\right) d\nu, & k \neq i, \\ 1 + \int_0^\infty \left[\int_0^{\Delta r} P_k(\nu) \kappa_{\nu,i} \exp(-\kappa_{\nu,i} r) dr \right] d\nu, & k = i. \end{cases} \quad (5)$$

Полученные выражения справедливы для произвольного контура спектральной линии, и сводятся к независимому от величины коэффициента поглощения произведению эффективной вероятности A на матрицу переноса, что подтверждает корректность метода [4]. Такой метод достаточно тривиален с точки зрения математики, однако, при этом требуется выполнение значительного числа простых операций. С учетом вышеизложенного, авторами для получения оптимального решения, разработан следующий алгоритм (рис. 1)

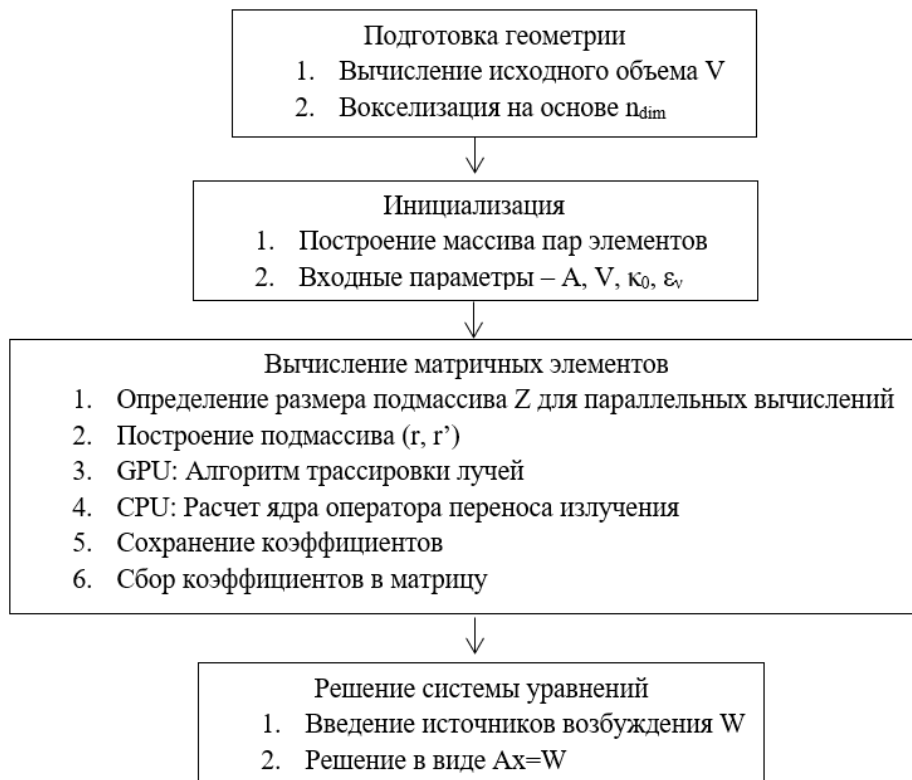


Рис. 1. Алгоритм решения задачи

Результаты и обсуждение

Ввиду того, что алгоритм трассировки лучей подходит в основном для описания объектов конечных размеров, для тестовой задачи выбрана геометрия коаксиального цилиндра [5].

Источником возбуждения служит δ -функция в радиальном направлении, спадающая вдоль оси: $W(r, z) = W_{\max} \cdot \delta(r) \cdot 10^{-\alpha z}$, где W_{\max} – максимум источника возбуждения, $\alpha = \text{const}$. Выбор количества точек сетки определялся оптимальным соотношением времени затрачиваемого на проведение расчета и требуемой детализации описания исследуемых процессов. Установлено, что размер сетки должен быть $n_{\text{dim}} = 42$, при этом коэффициент поглощения $\kappa_0 = 10^6 \text{ см}^{-1}$.

За счет учета угловой симметрии размерность матрицы оказалась n_{dim}^2 с размером сетки $r_{\text{dim}} \times z_{\text{dim}} = 117 \times 61$.

Необходимо сравнить полученные данные, например, с результатами классического матричного метода [6] (рис. 2). Видно, что экранирование внутренним цилиндром излучения в коаксиальной геометрии коррелирует с результатами, полученными с помощью матричного метода.

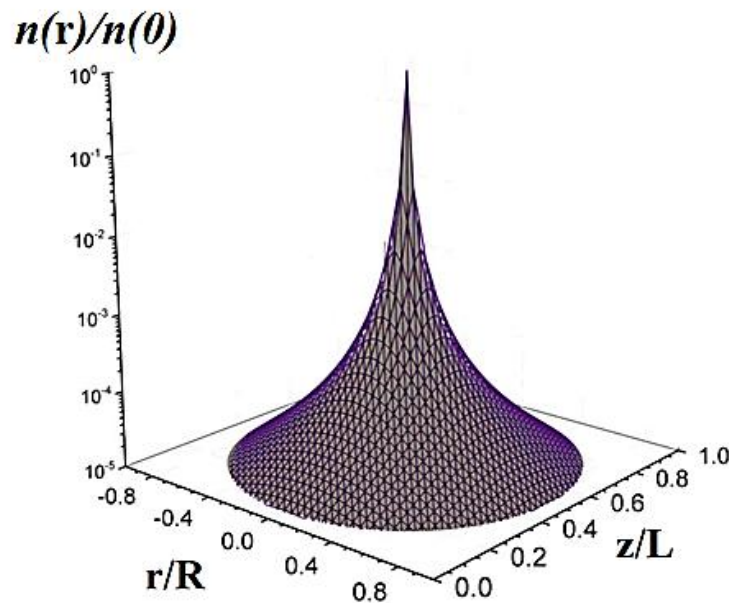


Рис. 2. Сравнение методов. Сетка – метод вокселизации; закрашенная поверхность – матричный метод с симметричными конечными объемами

Выводы

Таким образом, в настоящей работе получено решение системы уравнений кинетики частиц и излучения, при помощи сведения интегрального оператора переноса к системе линейных алгебраических уравнений. Рассмотренный в работе метод вокселизации, основанный на использовании эффективного алгоритма параллельного расчета задачи на графических вычислительных процессорах, позволил рассматривать источники плазмы 3D конфигурации произвольной формы, и

продемонстрировал наивысшую скорость вычислений по сравнению с существующими методами, особенно в сценах с неравномерным распределением излучающих объектов. Также, предложенный метод может быть использован при различных механизмах уширения (Фойгта, Штарка и др.) спектральных линий.

Это делает привлекательным его применение в широком спектре задач, связанных с моделированием переноса излучения в неравновесной среде – газоразрядной ртутной плазме.

Список литературы

1. *Ключарев А. Н., Мишаков В. Г., Тимофеев Н. А.* Введение в физику низкотемпературной плазмы / Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2009. – 224 с.
2. *Климонтович Ю.Л.* Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы. – М.: Наука, 1975. – 352с.
3. *Amanatides J., Woo A.A* Fast Voxel Traversal Algorithm for RayTracing//Eurographics. —1987.—Vol.87.—P.3–10
4. *Zheleznov I. I., Popov O. A.* Electrodeless source of UV radiation based on low pressure microwave mercury discharge // Light & Engineering. 2023. Vol. 31, No. 3. P. 36–42.
5. *Железнов И.И., Будаков В.П.* Метод вокселизации при моделировании переноса излучения в неравновесной среде // Сб. тез. Межд. Симп. «АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ и ДИНАМИКА» (МСАРД – 2023), 21 – 24 июня 2023, Санкт-Петербург. С.110–112.
6. *Golubovskii Y. B., Gorchakov S., Uhrlandt D.* Transport mechanisms of metastable and resonance atoms in a gas discharge plasma // Plasma Sources Science and Technology. — 2013. — Vol. 22. — P. 32

СТАНЦИЯ МЕТРО С КОЛОННАМИ-СВЕТОВОДАМИ

Казаков Д. М., студент; Макаров Д. Н., к.т.н., старший преподаватель, НИУ «МЭИ», г. Москва

UNDEGROUND STATION WITH LIGHT GUIDE COLUMNS

Kazakov D. M., student; Makarov D. N., Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, NRU "MPEI", Moscow

Аннотация

В данной статье пойдёт речь про станцию метро, освещаемую естественным светом с помощью вертикальных полых световодов, выполненных в виде прозрачных колонн, транспортирующих солнечный свет с поверхности в глубь платформенного зала. Столь необычная идея совмещает в себе несколько важных и полезных особенностей, благодаря которым, людям будет намного выгодней и комфортней пользоваться такой системой освещения станции: в первую очередь экономный расход электроэнергии на платформенном зале в дневное время суток, что влечёт за собой снижение вредных выбросов в атмосферу; обеспечение комфортной и здоровой световой среды; футуристический современный дизайн, радующий глаз пассажиров и привлекающий туристов и гостей города. Благодаря современным программным продуктам мы можем воссоздать модель такой станции и провести относительно правильные световые расчёты в разное время года, при меняющейся погоде и в разной местности, чтобы корректно оценить возможности реализации данной системы. Современные технологии смогут помочь в решении управления освещением, контролируя постоянное световое пространство в течение всего дня, плавно заменяя естественный свет искусственным с наступлением сумерек.

Abstract

In this article we will talk about an underground station illuminated by natural light using vertical hollow light guides made in the form of transparent columns transporting sunlight from the surface into the depths of the platform hall. Such an unusual idea combines several important and useful features, thanks to which it will be much more profitable and more comfortable for people to use such a station lighting system: first of all, the economical consumption of electricity on the platform hall during the daytime, which entails a reduction in harmful emissions into the atmosphere; providing a comfortable and healthy light environment; futuristic modern design that pleases the eyes of passengers and attracts tourists and visitors to the city. Thanks to modern software products, we can recreate a model of such a station and carry out relatively correct light calculations at different times of the year, with changing weather and in different localities in order to correctly assess the possibilities of implementing this system. Modern technologies will be able to help in the solution of lighting control, controlling

a constant light space throughout the day, smoothly replacing natural light with artificial light at dusk.

Ключевые слова: Метро, естественное освещение, метро с естественным освещением, световоды, полые световоды, системы освещения, экономия электроэнергии

Keywords: *Undeground station, natural lighting, underground station with natural lighting, light guides, hollow light guides, lighting systems, energy saving*

Введение

В нынешнее время освещение станций метро играет ключевую роль в обеспечении безопасности, создании комфортной атмосферы и облегчении ориентации для пассажиров. Правильно организованное освещение может сделать поездки в метро более приятными и комфортными. Недостаточное или некачественное освещение может вызывать дискомфорт, утомление и даже негативное влияние на психологическое состояние пассажиров. С развитием современных технологий на помощь пришли светодиоды, значительно облегчая эти проблемы. Но всё-таки именно естественный свет имеет лучшее влияние на психологическое состояние человека. Он создает ощущение простора, уюта и гармонии, что способствует расслаблению и снижению уровня стресса, содержит все необходимые спектральные составляющие, которые помогают поддерживать здоровье и биологические ритмы человека, а также позволяет более точно воспроизводить цвета, в отличие от искусственного света. Это особенно важно для пассажиров, например, для тех, кто ищет путь на платформу или определяет цвета на схеме метро.

Естественное освещение придает станции метро природности и эстетическую привлекательность, с изменением погоды меняется атмосфера на станции и её визуальный облик. Следствием этих изменений является снижение затраты на электроэнергию и создание более энергоэффективной системы освещения на станции.

Метод исследования

Для достижения вышеперечисленных целей были использованы полые колонны-световоды из стекла с высокой степенью IP, одновременно служащие, как декоративной составляющей, так и функциональной. Они прекрасно подойдут для однопролётных станций мелкого заложения. Выходящие из-под земли световоды могут послужить декоративно парковым освещением в вечернее время суток, из-за проникновения искусственного света со станции наружу (рис. 1). Идея разбить сквер на поверхности снизит давление на грунт и потолок станции, а также исключит попадания теней от домов.



Рис. 1. Вид световодов на поверхности (дневное (а) и вечернее время суток (б))

Для проектирования использовалась программа *3d studio max*, благодаря которой удалось смоделировать платформенный зал и наружную часть станции. С помощью плагина *Corona Render* получилось подобрать подходящие материалы для лучшего отражения света и качественно произвести рендер сцены, используя трассировку лучей в концепции станции с естественным освещением (рис. 2). Предполагается, что стенки колонн внутри земли будут покрыты специальной отражательной поверхностью по типу тонкой многослойной интерференционной плёнкой фирмы 3M (США) с коэффициентом отражения 0,995, а на дне будет отражающий конус, рассеивающий попадающий сверху свет по станции.



Рис. 2. Визуализация станции при естественном освещении

Для искусственного освещения в условиях сумеречного неба, мной также была смоделирована сцена с двумя типами светильников: цилиндрические и светодиодная лента в виде кольца в торцах колонн (рис. 3), управляемые системой *DALI* и датчиками на поверхности, благодаря которым появляется возможность плавно регулировать свет при восходе и заходе солнца.

Работа по расчёту точных параметров световодов и их материалов, а также светильников в дальнейшем будет проводиться в программе *TracePro*. *RELUX* же поможет учесть более точно когда и в каком количестве будут работать осветительные установки в разное время суток и года, а также в разных погодных условиях.

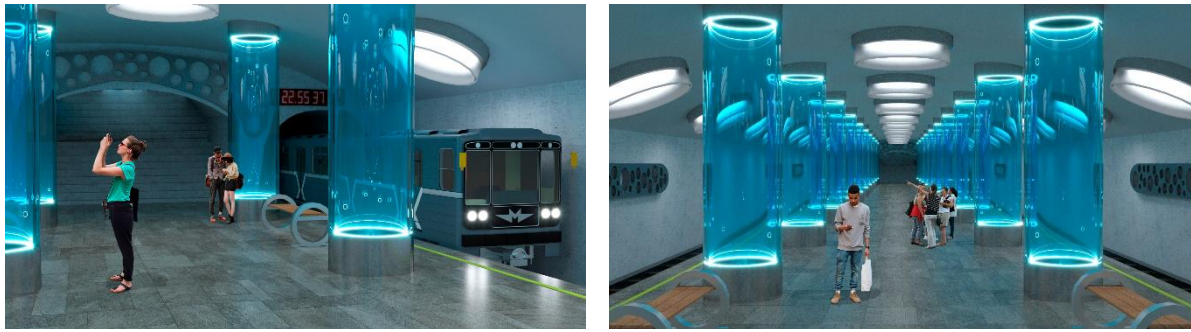
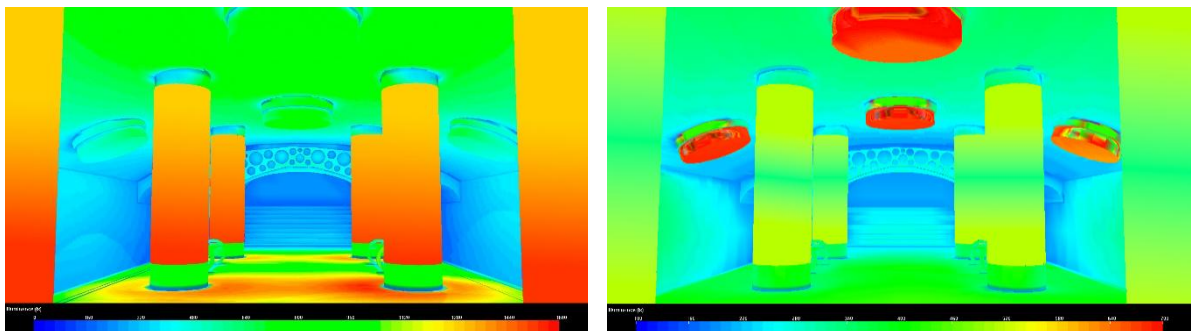


Рис. 3. Визуализация станции при искусственном освещении

Для того, чтобы лучше понимать насколько эффективна будет такая конструкция проведём расчёты освещённости в фиктивных цветах в программе *Lightscape* (рис. 4). Обращаясь к СП 32-105-2004 видим, что при норме в 200 лк среднего и платформенного зала расчёты выдают примерно 300 лк, что является нормой. Также является нормой и освещённость естественным светом. Хоть и имеются засветы, надо учитывать, что это прямые лучи от солнца.



а) б)
Рис. 4. Расчёт освещённости в фиктивных цветах для естественного (а) и искусственного освещения (б)

Результаты

Была смоделирована станция метро, способная освещать платформу с помощью естественного света в дневное время суток, тем самым экономя электроэнергию и благоприятно влияя на эмоциональный фон и здоровье человека. Для дальнейших расчётов характеристик светильников были подобраны примерные параметры: 300 Вт, 28 000 лм – для цилиндрических светильников, 100 Вт – для одного кольца светодиодной ленты. Оба типа осветительных приборов имеют коррелированную цветовую температуру 4000 К и индекс цветопередачи *CRI* больше 80.

Обсуждение

В нашем городе на сегодняшний день слабо развиты системы световодов в частности в метро, люди считают это очень финансовозатратным. Но ознакомившись с рядом публикаций, к примеру, такой, как пишет Соловьёв А.К. [4], понимаешь, что все эти затраты оправданы. Стоит задумываться, как и об экологии, так и о человеке. Ведь будет человеку комфортно, и работать он будет эффективней,

принося больше пользы (световоды в виде светящих колонн впервые использовались в школе [5]). И мой проект полностью удовлетворяет и экономии электроэнергии, и здоровью человека.

Также моё внимание привлекли гелиостаты, которые упоминает у себя в статье Айзенберг Ю. Б. [1]. Поворачиваясь в течение всего дня, они направляют солнечные лучи постоянно в одном направлении, не смотря на движение Солнца. Данное устройство может неплохо вписаться в проект метро с колоннами-световодами.

Выводы

Благодаря современным программным продуктам мы можем спроектировать сложные системы освещения отраженного света и понять их возможность применения в условия современного метро.

Список литературы

1. *Айзенберг Ю. Б.* Российские патенты на протяжённые полые световоды за рубежом// Справочная книга по светотехнике / Под. Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса 4-е изд. перераб. и доп. М.: – С 575–579
2. *Овчаров А.Т.* Системы совмещённого и гибридного освещения с помощью полых световодов// Справочная книга по светотехнике / Под. Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса 4-е изд. перераб. и доп. М.: – С 580–586
3. СП 32-105-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Метрополитены.
4. *Соловьёв А.К.* Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии.// Светотехника. 2011, №5, С. 41–47.
5. *Айзенберг Ю.Б., Буоб В., Зингер Р., Коробко А.А., Пятигорский В.М.* Система совмещённого освещения школьного здания солнечным и искусственным светом на основе полых световодов //Светотехника. 1996. № 8. С. 8–18.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОФИСНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С
ИЗМЕНЯЕМОЙ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ НА
ЗРИТЕЛЬНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ**

*Краснов С.В., магистр; Фомин А.Г., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

**INFLUENCE OF VARIABLE COLOR TEMPERATURE OFFICE
LIGHTING ON VISUAL PERFORMANCE**

*Stepan V. Krasnov, M.Sc.; Alexander G. Fomin, Ph.D. of Engineering
Sciences*

National Research University MPEI, Moscow, Russia

Аннотация

Проведено исследование установки офисного освещения с изменяемой цветовой температурой с целью определения влияния динамических сценариев освещения на зрительную работоспособность испытуемых. Подтверждено, что зрительная работоспособность возрастает с увеличением цветовой температуры освещения, но в определенных пределах оказывает значительное негативное воздействие на человека. Определено, что использование динамических сценариев позволяет в целом увеличить среднюю зрительную работоспособность относительно статического белого света. Предложены рекомендации для проектирования офисного биодинамического освещения.

Abstract

A study has been made of an office lighting installation with variable color temperature in order to determine the effect of dynamic lighting scenarios on the visual performance of the observers. It has been confirmed that increase of lighting color temperature stimulates visual performance, but within certain limits it has a significant negative effect on a person. It has been determined that the use of dynamic scenarios allows, in general, to increase the average visual performance compared to static white light. Recommendations for the design of office biodynamic lighting are proposed.

Ключевые слова: Искусственное освещение, внутреннее освещение, динамическое освещение, изменяемая цветовая температура, зрительная работоспособность

Keywords: *Artificial lighting, indoor lighting, dynamic lighting, human centric lighting, variable color temperature, visual performance*

Введение

В настоящее время системы освещения развиваются очень быстро, появляется все больше новых технологий, улучшающих качество освещения. Одной из таких технологий является освещение с изменяемой цветовой температурой, в частности биодинамическое или циркадное освещение. Вместе с тем, для многих людей, работающих в

офисе, зрительная усталость становится серьезной проблемой, которая влияет на производительность и ухудшает качество работы.

Множество исследований в 1990-х и 2000-х годах доказало существование третьего типа фоторецепторов млекопитающих, который значительно отличается от палочек и колбочек. Новые рецепторы оказались гораздо менее чувствительны к свету. Они имеют гораздо более низкое пространственное разрешение и реагируют на свет гораздо медленнее [1].

Установлено, что ганглиозные светочувствительные клетки выполняют две основные функции:

1) Играют важную роль в синхронизации циркадных ритмов во время дневного цикла свет/темнота, обеспечивая оценку дневного и вечернего появления световой и цветовой информации.

2) Отвечает за зрачковый рефлекс. Резкое увеличение яркости вызывает быстрое и сильное сужение зрачка, в основном вызванное колбочками и/или палочками.

С помощью искусственного динамического освещения можно оказывать существенное влияние на периоды жизнедеятельности человека, изменяя цветовую температуру в течение рабочего дня для улучшения настроения, работоспособности и общего состояния человека [2, 3].

Целью данной работы явилось исследование установки офисного освещения с изменяемой цветовой температурой для определения влияния сценариев динамического освещения на зрительную работоспособность испытуемых, а также разработка рекомендаций по проектированию циркадного освещения.

Методы исследования

Для проведения эксперимента нами был выбран способ, наиболее приближенный к реальным условиям работы в офисе. Это программа *Test Vision 2.0.*, созданная на кафедре светотехники НИУ «МЭИ» и имитирующая работу с текстом за компьютером [4]. Она реализует тест на зрительную работоспособность, основанный на методах корректирующих проб, а также тест на зрительное утомление, базирующийся на измерении времени яркостной адиспаропии.

Эксперимент состоит из двух частей. В первой части в окне программы (рис. 1) наблюдателю предъявляются ряды расположенных в случайном порядке букв. Испытуемый просматривает текст на экране монитора и отвечает, сменился ли участок поля на сочетание букв. Для исключения привыкания и автоматизма в работе испытуемым предлагаются случайно генерируемые варианты сочетания букв. Во второй части эксперимента наблюдатели проходят тест на утомление по яркостной адиспаропии. Критерием зрительного утомления может быть временной порог зрительной адиспаропии.

Эксперимент производился в рабочем отделе офиса светотехнической компании. В эксперименте участвовало 10 человек,

среди которых 7 мужчин и 3 женщины, возраст испытуемых от 22 до 36 лет. Во время эксперимента было полностью исключено воздействие естественного света. Управление освещением осуществлялось автоматически по расписанию с помощью системы управления *Dali* через программу *Designer*. Помещение освещалось с помощью одного линейного светильника индивидуального изготовления с двумя типами источников света, 3000 К и 6000 К, одинаковой мощности.

Исследовалось три сценария динамического освещения:

1) освещение статическим белым светом 4000 К на протяжении всего рабочего дня. Этот сценарий является стандартным повседневным освещением для испытуемых работников;

2) динамическое освещение с имитацией солнечного цикла. Цветовая температура в течение дня плавно изменяется в диапазоне от 2900 К до 4800 К, достигая максимума в 12:00;

3) специальный динамический сценарий, учитывающий график работы в офисе и известное влияние цветовой температуры освещения на человека. В этом сценарии алгоритм динамики следующий: 4800 К до 10:00, 4000 К с 10:30 до 12:00 и с 14:00 до 16:30, 3500 К с 12:30 до 13:30, после 16:30 температура плавно понижается вплоть до 2900 К к 19:00.

Испытуемые не были осведомлены об алгоритме изменения освещения, чтобы исключить "эффект ожидания" или "подтверждение гипотезы". Эти эффекты представляют собой влияние знания о предполагаемых результатах на поведение испытуемого в направлении их подтверждения, что может привести к искажению результатов эксперимента. Таким образом, было реализовано "слепое" тестирование, когда испытуемый не знает, какой вариант эксперимента он проходит.

В ходе эксперимента также измерялась горизонтальная освещённость на рабочих местах, фактическая цветовая температура освещения и рассчитывалась эквивалентная меланопическая освещённость.

Результаты

По результатам экспериментов были построены зависимости всех измеренных и рассчитанных параметров от времени суток. Данные были статистически обработаны и представлены в виде графиков (пример графика для сценария №3 показан на рис. 1).

Полученные результаты подтверждают известные данные о том, что зрительная работоспособность возрастает с увеличением цветовой температуры освещения. А также о том, что использование динамических сценариев позволяет увеличить среднюю зрительную работоспособность по сравнению со статическим белым светом с цветовой температурой 4000 К.

Согласно полученным данным, при имитации дневного света работоспособность сначала возрастает, достигая максимума к обеду, и затем постепенно снижается. При специальном сценарии, наоборот, была максимальна в утреннее и вечернее время, снижаясь перед обедом. В

целом наиболее эффективным оказался специальный сценарий. При нем зрительная работоспособность в течение всего дня была выше, чем при любом другом сценарии, при этом работники не испытывали какого-либо дискомфорта.

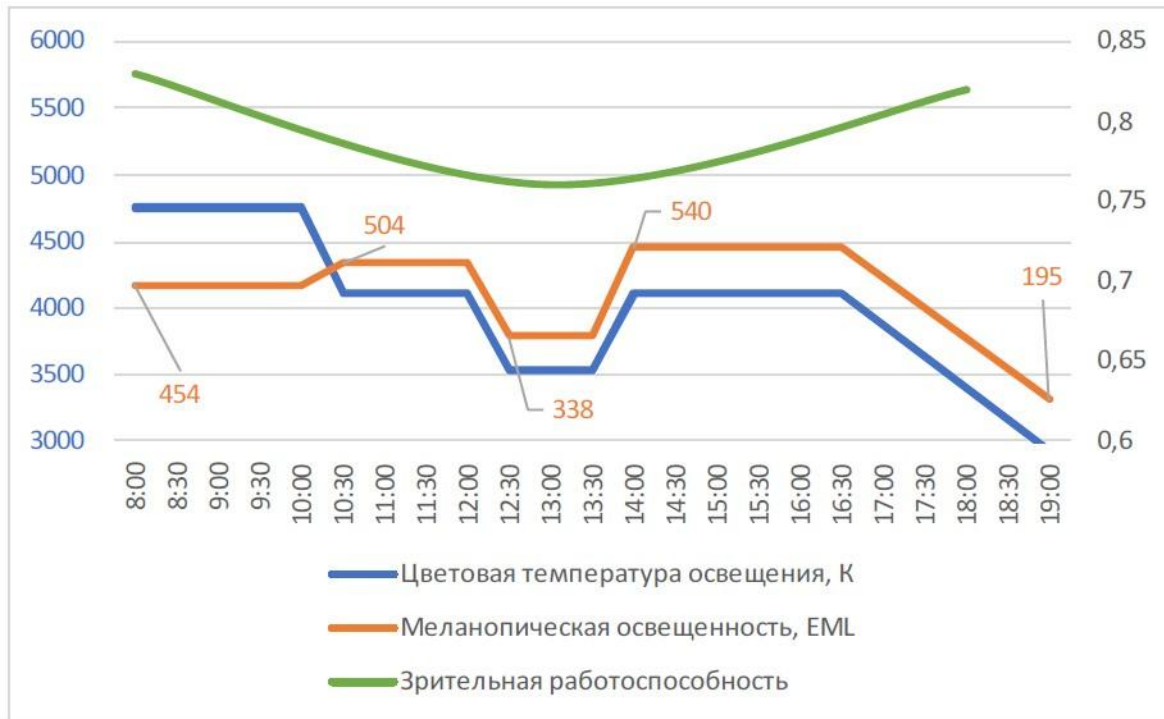


Рис. 1. Зависимость зрительной работоспособности, меланопической освещенности и цветовой температуры от времени суток для сценария динамического освещения №3

Обсуждение

Помимо прочего, результаты экспериментов позволяют сделать ряд следующих дополнительных выводов:

1) Цветовые температуры, близкие к крайним значениям в 3000 К и 6000 К, воспринимаются резко негативно, поэтому при создании сценариев общего освещения можно порекомендовать использовать более умеренные значения (3500–5000 К).

2) Даже при относительно непродолжительном воздействии холодное освещение с цветовой температурой от 5000 К вызывало у испытуемых дискомфорт. Значительное негативное влияние оказывает освещение светом с температурой 5000–6000 К на протяжении двух часов и более. У большинства испытуемых возникла негативная эмоциональная реакция, а у одной из испытуемых (по-видимому, в связи с особой чувствительностью) возникло головокружение, тошнота.

3) В условиях открытого офиса (“*openspace*”) возникают дополнительные сложности с проектированием универсального сценария освещения, поскольку у каждого из работников может отличаться как график работы, так и вид деятельности. Поэтому рекомендуется предусматривать зонирование освещения с возможностью отдельного управления сценариями.

Выводы

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании освещения офисов, где работа в основном происходит за компьютером, чтобы добиться оптимальных условий для высокой зрительной работоспособности.

Значительный интерес представляет также изучение более долгосрочного влияния динамических сценариев освещения на работников, в том числе на их утомление, например динамика работоспособности и утомления при таком освещении в течение недели, месяца, года. В будущих экспериментах также можно было бы изучить установки не только искусственного, но и совмещенного освещения.

Список литературы

1. *Wong, Kwoon Y., Dunn, Felice A., Berson, David M.* Photoreceptor Adaptation in Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells. *Neuron*. 2005 Dec 22;48(6):1001-10.
2. *Li Q, Zheng T, Holford TR, Boyle P, Zhang Y, Dai M.* Light at night and breast cancer risk: results from a population based case control study in Connecticut, USA. 2010;21(12):2281-2285.
3. *Соловьёв А.К., Никонова Е.В.* Совмещённое освещение: требования к автоматическому управлению и эффективность его работы // *Светотехника*», 2022. – №6, с. 32–35.
4. *Черезова М.В., Кудрявцева М.В., Снетков В.Ю.*, Тест-программа для оценки качества текстовых изображений на дисплее компьютера // Тез.докл. на научно-технической конференции «Молодые светотехники России». – М.: Вигма, 2009. с.86–88.

**ВИДЕОМЭПИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ СОЗДАНИЯ
ПРЕДМЕТНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

*Кузнецова Е.А., доцент; Иванова Е.В., старший преподаватель;
Шепетина А.В., преподаватель
РГХПУ им. С.Г. Строганова, г. Москва*

**VIDEOMAPPING AS A TOOL FOR CREATING A
SUBJECT-SPATIAL ENVIRONMENT**

*Kuznetsova E.A., docent, Ivanova E.V., senior lecturer,
Shepetina A.B., lecturer, Moscow State Stroganov University of Design and
Applied Arts, Moscow*

Аннотация

Мультимедийный дизайн задействует различные каналы коммуникации и области знаний для создания наиболее удачного дизайн-решения. Синтез новаторских идей происходит, в том числе, в области академического образования, объединяя традиционный проектный подход с современными требованиями креативной индустрии. В РГХПУ им. С.Г. Строганова на кафедре «Средовой дизайн» (направление «Мультимедиа дизайн») проводятся эксперименты в области мультимедийного проектирования, которые позволяют создавать прототипы дизайн-решений. Разнообразие цифрового пространства и использование мультимедийных технологий в нем позволяют определить основные принципы взаимодействия с пользователем при создании контента. Все эти примеры подчеркивают важность признания роли и субъективности пользователя в процессе восприятия и участия в медиа-коммуникации. Интерактивные технологии, дизайн и искусство дополнительно подчеркивают эту концепцию.

Abstract

Multimedia design uses a lot of communication channels and areas of knowledge to create the most successful design solution. The synthesis of innovative ideas also takes place in the field of academic education, combining the traditional design approach with the modern requirements of the creative industry. Experiments in the field of multimedia design are being conducted at the Stroganov University at the Department of Environmental Design (Multimedia Design direction), which allow creating prototypes of design solutions. The diversity of digital space and using multimedia technologies in it allow us to determine the basic principles of interaction with the user when creating content. All these examples emphasize the importance of recognizing the role and subjectivity of the user in the process of perception and participation in media communication. Interactive technologies, design and art further emphasize this concept.

Ключевые слова: Световой дизайн, видеомэппинг, *3d-mapping*, учебное проектирование, мультимедиа, художественное образование, компьютерный дизайн, креативные индустрии, световые инсталляции, проектная концепция, средовой подход

Keywords: *Lighting design, 3d mapping, video mapping, educational design, multimedia, art education, computer design, creative industry, light installations, project concept, environmental approach*

Введение

Многообразие современной городской среды вынуждает искать новые точки взаимодействия пользователя и пространства. Развитие технологий приводит к новому восприятию того что нас окружает — динамичному, эмоциональному, антропоцентричному. Архитектура и жизненная среда должны создаваться не только для жизни и их восприятия днем (это лишь одно визуальное состояние окружающего мира), но и ночью, и выглядеть при этом не простым повторением дневной (что в экстерьере и невозможно), а имея свои характерные образно-эмоциональные качества [1]. Одним из областей применения светового дизайна в проектировании городской среды становится видеомэппинг. Применение медиа в современном искусстве простирается далеко за пределы технических направлений, таких как компьютерная графика, гейм-дизайн, художественная виртуальная реальность и медиа арт. Существующий фактологический материал позволяет говорить о возрастающей тенденции синтеза в искусстве, которая проявляется в смешении жанров, стилей и заимствовании выразительных средств. При этом медиа являются наиболее универсальным инструментом в этом процессе. Синтез может быть реализован на основе любых медиа средств: как общеиспользуемых, так и авторских, созданных специально для того или иного произведения. Наиболее сложные, нюансированные способы объединения создаются с применением компьютера, поскольку именно программные и вычислительные возможности, которыми обладает компьютер, позволяют внедрять гибкие алгоритмы, проводить сложные вычисления, решать задачи со многими переменными и учетом различных параметров, запускать нелинейные, вариативные сценарии [2].

Метод исследования

Мультидисциплинарный подход профиля «Мультимедиа» представлен коллаборацией таких дисциплин, как «Проектирование», «Интерактивные проекции», «Сториборд и анимация», «Основы компьютерного моделирования», а также дополнен изучением академических дисциплин (рисунка, живописи, истории искусств) в рамках программы РГХПУ. Приоритет художественной подготовки и навыки образного мышления, необходимые для моделирования объектов виртуальной среды, способствуют высокому уровню исполнения и развивают эстетические навыки студентов [3]. Проекционный дизайн,

также известный как *3d-mapping* или видеомэппинг, представляет собой специальный дизайн помещения или конкретного объекта в нем, который создается с использованием видеоэффектов, а также учитывает геометрию и положение объекта в пространстве.

Во время обучения студенты создают видеосюжеты на выбранные темы, которые объединены использованием различных профессиональных технологий, таких как: *motion*-дизайн, трехмерное моделирование, монтаж, основы проецирования, *3d-mapping*, и другие. Итоговым заданием курса является создание собственных проекций на макеты реальных зданий в определенном масштабе, где студенты применяют аналитическое, пространственное и творческое мышление.

Мультимедийная лаборатория кафедры предоставляет возможность работы с современными технологиями. Одним из инновационных способов создания мультимедийного контента является проецирование с помощью специального оборудования (проекторы, датчики движения и программное обеспечение для управления проекцией и создания *3d-mapping*).

Результаты

Важным аспектом при создании проекционного контента является подбор подходящего тематического материала, отражающего цели и задачи проекта. Каждый выполненный проект имел уникальное графическое решение и метод проецирования на архитектуру.

Точкой проецирования в проекте «Сказания Калевалы» (рис. 1) выбрана снежная скульптура зимнего фестиваля. Визуальный образ решен в 2д-графике, персонажи имеют различные характерные черты культуры и национального характера, которые иронично выражены в визуальном гротеске. В анимации используется эффект «параллакс», разделяя кадр на несколько планов: дальний, средний и фронтальный — герои, фон, дополнительные элементы. Смена сюжетов использует горизонтальное и вертикальное движение камеры.



Рис. 1. Сказания Калевалы. Мультимедийное оформление мероприятий, 2022 г. (руководители доцент Кузнецова Е.А., ст.преп. Иванова Е.В., студенты Аммосова С., Байер К., Мельникова А., Назаренко Ю., Пабон Х.)

В проекте, посвященном визуализации работы сервиса «Яндекс.Алиса» (рис. 2) здание офиса Яндекс было использовано в качестве «компьютерного экрана», на котором показана презентация работы голосового помощника. Переход анимации с одного здания на другое расширяет восприятие пространства и позволяет погрузиться «внутри» сути интерфейса. Звуковое сопровождение (голос «Яндекс.Алисы») также является частью проекционного шоу.

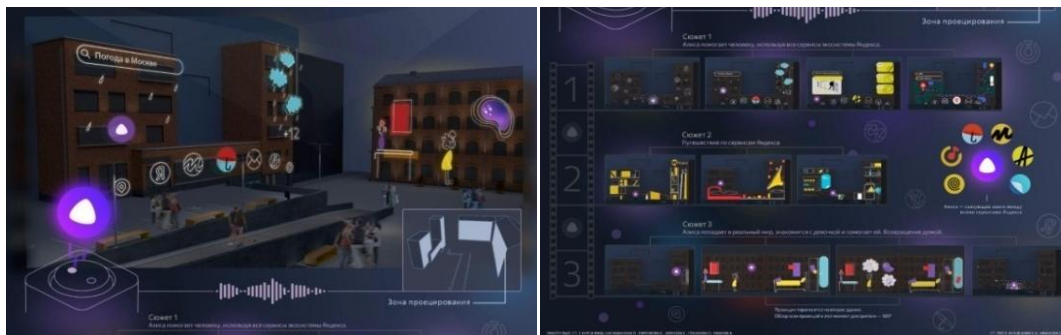


Рис. 2. Мультимедийная проекция на фасаде главного офиса Яндекс, 2023 г. (руководители доцент Кузнецова Е.А., ст.преп. Иванова Е.В., студенты Ефремова К., Калашников П., Зернова Е.)

В проекте для церемонии награждения от Департамента предпринимательства и инновационного развития города Москвы и Агентства инноваций «Лидеры Цифровой Трансформации» (рис. 3) был создан видеомэппинг. Колонны благодаря своей вертикальной форме, становятся идеальными поверхностями для проекции, обеспечивая широкий угол обзора и максимальную видимость. Визуальный ряд включает образы технологического льда, анимацию трещин и пульсации, символизирующие оживление разбитого сердца, анимированную матрицу чисел и букв. Также в выставочной экспозиции была представлена интерактивная проекция — видеомэппинг на экран с применением датчиков движения и генеративной графики. Выбранные образы соответствовали целям и концепции выставки — создать атмосферу футуризма и технологий для будущих лидеров цифровой индустрии.

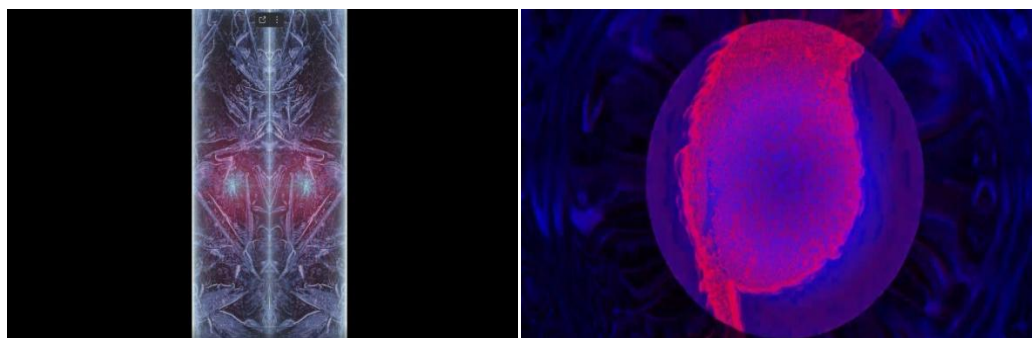


Рис. 3. Интерактивные инсталляции для церемонии награждения «Лидеры Цифровой Трансформации», 2022 г. (руководители доцент Кузнецова Е.А., преп. Шепетина А.В., студенты Чернова В., Василькова М., Ерина А., Назаренко Ю.)

В мае 2023 г. в стенах РГХПУ был представлен проекционный мультимедиа-спектакль (рис. 4), посвященный памяти победы в Великой Отечественной войне. Концепция включала в себя реализацию ряда видеопроекций с информационным контентом, подсветку экспонатов и создание интерактивной проекции с применением датчиков движения. Важной особенностью данного проекта является деликатная работа с патриотической тематикой.



Рис. 4. Мультимедиа-спектакль, посвященный Великой Отечественной войне, 2023 г. (руководители доцент Кузнецова Е.А, преп. Шепетина А.В., студенты Василькова М., Ерина А., Корнева Д., Михедова Е., Вавульская М., Иванова А., Силантьева Д.)

Обсуждение

На примере студенческих проектов показано образовательное, развлекательное, событийное направления видеомэппинга для создания мультимедийной среды. Художественно-эстетические и сценарные решения в каждом проекте подбирались индивидуально с учетом всех факторов (технических, пространственных, концептуальных). Междисциплинарность позволяет обращаться к академическим знаниям, сочетая их с новейшими технологиями.

Выводы

Комплексный подход в изучении различных дисциплин в РГХПУ позволяет широко смотреть на проектную задачу и воплощать ее в реальность, раскрывая потенциал технологии видеомэппинга. Полученный опыт студенты применяют на практике, участвуя в многочисленных мероприятиях с привлечением реальных заказчиков. В ближайшее время планируется внедрение в учебную программу технологий, которые будут включать в себя интерактивную подсветку, создание световых инсталляций, что позволит с образовательной точки зрения шире взглянуть на возможности применения света в городском пространстве мультимедиа дизайнерами.

Список литературы

1. *Щетков Н.И.* Световой дизайн города / Учеб. пособие. – М.: Архитектура – С, 2006, 320 с.

2. Югай И.И. Медиа-арт: предпосылки возникновения, художественные основания. СПб.: СПбГУП, 2013. 216 с.
3. Заева-Бурдонская Е.А., Назаров Ю.В. «Про свет в дизайне среды. Взгляд педагога», Светотехника, Москва, 2018, № 6, сс. 66–73.
4. Сидоренко В.Ф. Дизайн как проектная деятельность / В.Ф. Сидоренко // Техническая эстетика. – М., 1977. – №8.
5. Лаврентьев, А. Эксперимент в дизайне: учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2010. – 244 с.
6. Кузнецова Е.А. Медиа-реконструкция историко-культурных объектов при помощи технологий дополненной и виртуальной реальности. Международной научно-практической конференции «Медиаискусство — XXI век. Генезис, художественные программы, вопросы образования».

ОСВЕЩЕНИЕ МУЗЕЯ СОВРЕМЕННОГО ИСКУССТВА

*Куйдин Д.С., бакалавр; Фомин А.Г., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

LIGHTING DESIGN FOR MODERN ART MUSEUM

*Denis S. Kuydin, B.S.E.; Alexander G. Fomin, Ph.D. of Engineering
Sciences, National Research University MPEI, Moscow, Russia*

Аннотация

Предложен проект системы освещения ряда залов музея цифрового искусства Мультимедиа Арт. При разработке проекта приняты во внимание отечественные и зарубежные нормы освещения музеев, а также проанализирована практика освещения известных музейных экспозиций. Особое внимание уделено системе управления освещением, обеспечивающей ряд дополнительных возможностей для осветительных установок.

Abstract

A lighting system design for a number of halls of the Digital Multimedia Art Museum is proposed. When developing the project, national and foreign standards for museum lighting were considered, and the famous museum expositions lighting practice was analyzed. Particular attention was paid to the lighting control system, which provides a number of additional options for lighting installations.

Ключевые слова: Освещение музеев, внутреннее освещение, управление освещением, светостойкость экспонатов, сцены освещения

Keywords: *Museum lighting, interior lighting, lighting control, light damage, lighting scenes*

Введение

Создание музейных экспозиций и выставок требует особого внимания к их освещению, свет является одной из основ экспонирования. Световая среда в экспозиционно-выставочном помещении при использовании полноценного светотехнического оборудования во многом влияет на первое впечатление посетителей от экспозиции: способствует повышению престижа музейного экспонирования, решает вопрос баланса между требованиями посетителей и необходимостью сохранности музейных экспонатов.

Разработка проекта оснащения экспозиционного освещения решает комплекс важных задач. Главной задачей для музейного освещения является организация правильного светового образа для оказания мощного эмоционально-психологического влияния на посетителей, верно расставленные акценты на внимание к выставочным экспонатам. Кроме того, посетитель должен иметь возможность рассмотреть мелкие детали, увидеть истинную цветопередачу, текстуру материала. Так как

требуется преподнести каждое произведение искусства максимально качественно. Нужно, с одной стороны, целиком и без изъянов показать детали, доказывающие основу его искусственной ценности (форму, фактуру, оттенок, материал изготовления), а с другой, с учетом специфики органов зрения человека, максимально ликвидировать вероятные негативные факторы – блики, ослепляющий свет, контрастные переходы. Во-вторых, важно сохранить все экспонаты невредимыми, так как влияние света действует на них крайне негативно – бумага выцветает, биологические вещества могут распадаться, изменяются химические свойства красок [1]. Универсального рецепта для всех вариантов освещения в музее нет, так как требования определяются в зависимости от тематики экспозиции и вида экспонатов.

Общее освещение помещений музеев должно обеспечивать безопасные и комфортные условия пребывания людей в выставочных и вспомогательных помещениях музеев, не вступая в конфликт с экспозиционным освещением. Для музеев определяются нормируемые показатели искусственного освещения при использовании осветительных установок со светодиодными источниками света [2].

Методы исследования

Объектом светотехнического проектирования являются 1-й и 2-й этаж первого музея фотографии и современного искусства в России – Московского Мультимедиа Арт Музея, расположенного по адресу г. Москва, ул. Остоженка 16. Музей принимает выставки современного искусства из разных стран, а также славится своими биеннале и большими инсталляциями, регулярно проводит крупные события, вызывающие резонанс среди ценителей культуры, организует тематические экспозиции. Объект состоит из 12 помещений, площадь освещаемой части объекта составляет около 830 м².

Основными задачами проекта было поставлено:

- создание комфортной световой среды в помещениях музея;
- обеспечение необходимого уровня освещенности экспонатов с учётом требований по их сохранности;
- исключение резких световых пятен и бликов в пределах экспозиции;
- применение оборудования, которое возможно интегрировать в систему управления освещением.

Экспозиционные залы 1 и 2 содержат постоянную экспозицию музея, выставочный зал – предназначен для проведения временных выставок. С учётом различной специфики этих помещений для них были выбраны разные световые решения. В экспозиционных залах применены светильники *ERCO Light Board Lens wallwasher* (для освещения стен), *ERCO Uniscan OnTrack Oval* (для акцентного освещения экспонатов) и *ERCO Compar Downlight* (для общего освещения). В выставочном зале применены светильники *ERCO Uniscan OnTrack framing* с регулируемой оптикой, а также дополнительными кадрирующими насадками.

Размещение светильников производится на жёстко закреплённом на потолке шинопроводе. Конфигурация и расположение шинопроводов в каждом зале подобрана индивидуально. Данная система делает возможным совместное использование светильников общего и акцентного освещения при сохранении высокой гибкости и адаптивности установки. Визуализация освещения зала №1 приведена на рис. 1.

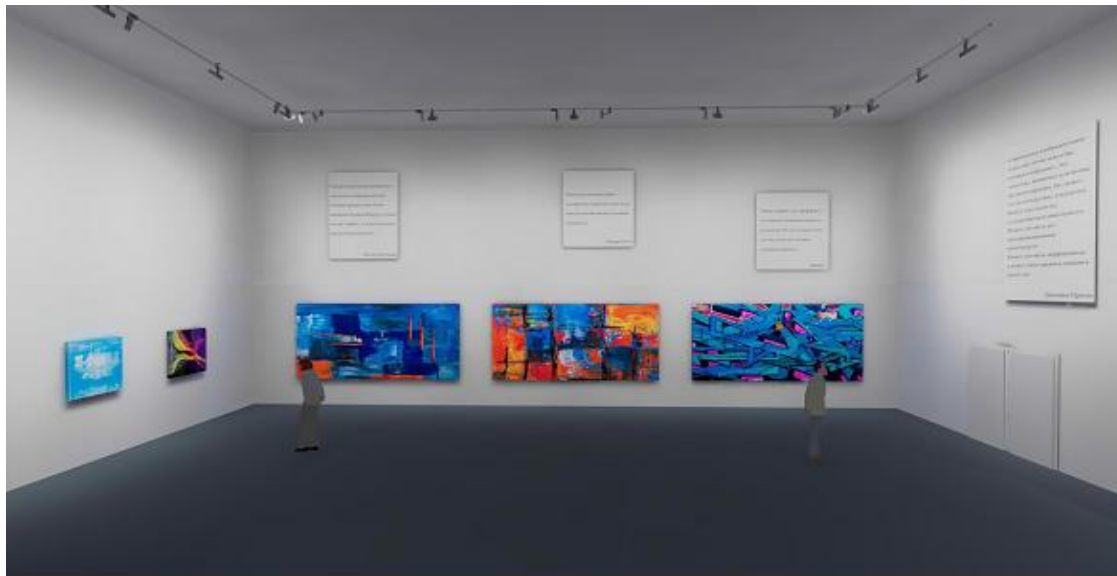


Рис. 1. Визуализация освещения экспозиционного зала №1 в программе *DIALux evo*

Для всех остальных помещений музея была выбрана система общего равномерного освещения, предусматривающая равномерное распределение освещенности. В каждом помещении освещаемого объекта предусмотрено рабочее освещение, а также в помещениях, находящихся по пути эвакуации предусмотрено резервное, аварийное освещение путей эвакуации и антипаническое.

Отдельное внимание было уделено системе управления освещением, в качестве которой был выбран комплекс *Philips DynaLite*. Система содержит датчики присутствия посетителей, позволяющие адаптировать режимы освещения экспонатов к заполненности залов, а также контроллер с функцией программирования и воспроизведения световых сцен.

Общее время работы музея – 9 часов в день. При помощи датчиков движения в залах определяется наличие посетителей и устанавливается режим работы осветительной установки и уровень освещенности на поверхности экспонатов. Было спрогнозировано среднее суммарное время отсутствия посетителей в залах в зависимости от времени года и дня недели, по итогам которого были проведены расчёты соответствующей световой экспозиции для экспонатов и определено максимальное время их демонстрации в зависимости от типа по светочувствительности.

Результаты

Для разработанных осветительных установок была рассчитана допустимая годовая продолжительность демонстрации экспонатов с

учётом и без учёта наличия системы автоматического управления. Значения демонстрационной годовой световой экспозиции для экспонатов II, III и IV групп по светостойкости принималось согласно [3], время работы музея составляло 9 часов в сутки, включая выходные и праздничные дни. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Предельно допустимое время демонстрации экспонатов с учётом и без учёта наличия системы автоматизированного управления освещением

Группа экспонатов по светостойкости	Допустимое время годовой демонстрации экспонатов групп по светостойкости	
	без использования системы управления освещением	с использованием системы управления освещением
II	весь год	весь год
III	11 месяцев	14 месяцев
IV	5 недель	7 недель

Обсуждение

Результаты, приведённые в таблице 1, позволяют увидеть, что за счет использования системы управления удалось увеличить время демонстрации музейных экспонатов III группы на 27 %, а IV группы на 40 %. Данное решение позволяет повысить сохранность экспонатов, что подчеркивает значимость работы.

Выводы

В рамках рассматриваемой работы был предложен проект системы освещения музея с использованием автоматического управления, которая позволяет:

- регулировать уровень освещенности на экспонатах в зависимости от тематики экспозиции и вида демонстрируемых произведений искусства;
- повысить сохранность музейных экспонатов путем снижения искусственной освещённости в зависимости от присутствия посетителей;
- настраивать различные сценарии освещения для каждого зала, которые могут использоваться в том числе при проведении экскурсий.

В ходе работы был также произведен расчет допустимой годовой продолжительности демонстрации музейных экспонатов разных групп по светостойкости.

Список литературы

1. Control of damage to museum objects by optical radiation / CIE157:2004 – division 3 – ISBN 978-3-901906-27-5.
2. Шахпарунянц А.Г., Розовский Е.И., Черняк А.Ш., Федорищев П.А. Светодиоды в музеях: новые возможности и проблемы // Светотехника, 2009. – спец. выпуск «Свет в музее» – С. 36–39.
3. ПНСТ 392-2020 «Музейное освещение. Освещение светодиодами. Нормы». – М., Стандартинформ, 2020. – 20 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЙТРЕКИНГА ДЛЯ
ОЦЕНКИ ВОСПРИЯТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ
АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

*Лозанова Д.А., магистр; Кистенева А.В. ст. преподаватель,
НИУ МЭИ, г. Москва*

**THE USE OF EYE TRACKING TECHNOLOGY FOR
EVALUATING THE USERS' PERCEPTION OF ARCHITECTURAL
LIGHTING IMAGES**

*Lozanova D.A., Master; Kisteneva A.V. Senior Lecturer, National
Research University MPEI, Moscow*

Аннотация

В данной работе проводилось пилотное исследование возможности использования технологии айтрекинга для оценки восприятия изображений объектов архитектурного освещения. В ходе исследования 10 респондентов рассматривали изображения двух объектов – здания Большого Театра и здания Министерства Обороны РФ, для каждого из которых было предложено 3 варианта архитектурного освещения. С помощью программы-айтрекера *Gazerecorder*, которая использует камеру ноутбука в качестве элемента, оценивающего движение глаз наблюдателя, были получены тепловые карты для каждого варианта. Анализ тепловых карт позволяет сделать вывод о том, что расположение точек и время фиксации взгляда зависит от распределения яркости по фасаду. Соотношение яркостей и контрасты в поле зрения влияют на то, какие части и архитектурные особенности объекта привлекают наибольшее влияние. Результаты данного исследования позволяют сделать вывод о возможном объективном сравнении восприятия объектов при естественном и искусственном свете, в том числе с помощью введения каких-либо количественных критериев оценки.

Abstract

In this paper, a pilot study of the possibility of using eye tracking technology to assess the architectural lighting objects images perception was conducted. During the study, 10 respondents looked at images of two objects - the building of the Bolshoi Theater and the building of the Ministry of Defense of the Russian Federation, for each of which 3 options for architectural lighting were proposed. Using of the Gazerecorder eye tracker program, which uses a laptop camera as an element that evaluates the eye movement of the observer, heat maps were obtained for each option. Analysis of heat maps allows us to conclude that the location of the points and the time of fixing the gaze depends on the luminance distribution on the façade. The luminance ratios and contrasts in the field of view affect which parts and architectural features of the object attract the most attention. The results of this study allow us to conclude that there is a possible objective comparison of the perception

of objects in natural and artificial light, including through the introduction of any quantitative evaluation criteria.

Ключевые слова: айтрекинг, окулография, архитектурное освещение, зрительное восприятие

Keywords: *eye tracking, oculography, architectural lighting, visual perception*

Введение

Развитие компьютерных нейротехнологий позволяет получать больше объективных данных о взаимодействии человека с окружающей средой. Одной из наиболее развивающихся технологий в психологии, обучении, юзабилити и оценке желаний потребителей является технология айтрекинга (отслеживания движения глаз) [1–4]. Сама по себе окулография известна и используется в науке уже давно, но современные компьютерные технологии сделали ее более доступной для различных областей исследований. Архитектурное освещение является одной из самых важных частей светового дизайн города. При создании той или иной концепции освещения на этапе проектирования используется компьютерная визуализация, и выбор одного из вариантов осуществляется по изображениям субъективно «нравится/не нравится». Цель архитектурного освещения объекта редко конкретизируется, что затрудняет оценку правильности выбора концепции с точки зрения достижения этой цели. Использование технологии айтрекинга при оценке различных вариантов архитектурного освещения позволит перейти от субъективного восприятия освещаемого объекта к более объективной оценке, позволяющей делать выводы о том, насколько концепция согласуется с творческой идеей архитектора, позволяет ли так же как при естественном свете оценить особенности геометрии объекта за счет правильного распределения яркостей и цвета освещения по фасаду или наоборот создает полностью новый визуальный облик здания [5–7].

Цель данного пилотного исследования состояла в том, чтобы с помощью технологии айтрекинга оценить изменение «маршрута» движения глаз при просмотре изображений при различных распределениях яркостей и контрастов на фасадах зданий.

Методы исследования

В ходе исследования 10 респондентам были показаны фотографии двух зданий разной архитектуры (здания Большого театра и Министерства обороны РФ). Для каждого из двух объектов было предъявлено по 4 варианта изображения:

1. при дневном освещении,
2. с существующим световым решением
3. с заниженными контрастами яркости по сравнению с существующим вариантом,
4. с завышенными контрастами яркости.

Каждое из изображений демонстрировалось по 15 секунд, в случайном порядке. Движения и фиксации взгляда респондентов по каждому изображению фиксировались с помощью программы-айтрекера Gazerecorder. Программа позволяет получать результаты фиксаций и перемещения взгляда в формате тепловых карт, одна из полученных тепловых карт представлена на рисунке 1.

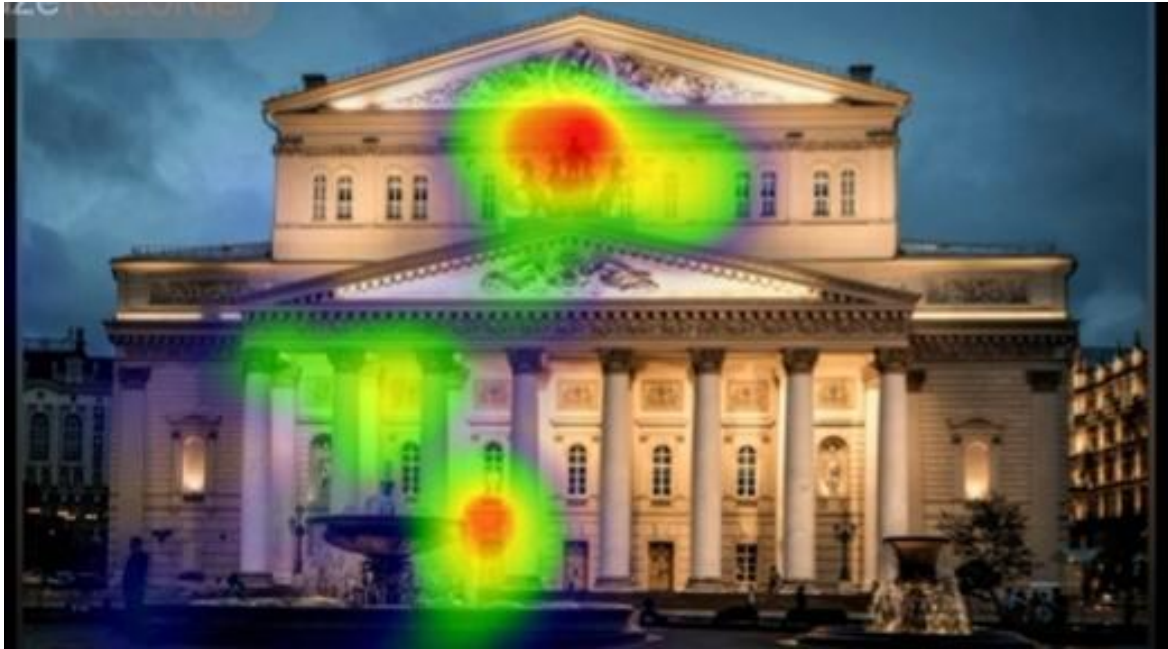


Рис. 1. Тепловая карта изображения здания Большого театра с существующим световым решением

Цветом обозначено время фиксации взгляда на конкретной части изображения, зеленый – наименее длительная фиксация, красный – самая длительная фиксация. Результаты представлены с частотой фиксации 500 мс.

Результаты

В результате объединения тепловых карт всех наблюдателей для каждого изображения, были получены карты каждого для изображения. Анализ этих тепловых карт позволяет сделать однозначный вывод о влиянии распределения яркости на фасаде зданий на расположение точек и время фиксации взгляда, что меняет «сценарий» зрительного восприятия изображения объекта. Детальные результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа тепловых карт для каждого изображения

Вариант освещения	Наиболее длительная фиксация взгляда	Средняя фиксация взгляда	Наименее длительная фиксация взгляда
Здание Большого театра			
1. Естественный свет	Статуя	Заколонное пространство	Боковые окна
2. Существующее освещение	Статуя	Боковые окна, барельефы крыш	Колонны, заколонное пространство

3. Заниженные контрасты	Статуя, барельефы крыш	Боковые окна, колонны, заколонное пространство	Фон
4. Завышенные контрасты	Статуя, боковые окна	Барельефы крыш	Колонны, заколонное пространство
Здание Министерства обороны РФ			
1. Естественный свет	Центральная часть здания	Боковые части здания	Фон
2. Существующее освещение	Барельеф центральной части, статуи	Центральная часть здания	Боковые части здания
3. Заниженные контрасты	Мозаика	Центральная часть здания	Боковые части здания
4. Завышенные контрасты	Барельеф центральной части	Мозаика	Центральная и боковые части здания

Обсуждение

Использование технологии айтрекинга для подобных исследований открывает новые возможности для более объективной оценки восприятия как архитектурного освещения, так и распределения зрительного внимания при любой зрительной работе. В ходе пилотного эксперимента было отмечено, что зоны с большим контрастом привлекают внимание, заставляют задерживать на них взгляд респондента, и эти изменения можно оценить количественно. В ходе исследования респондентам не ставилась задача выявления архитектурных особенностей объекта, однако очевидно, что рельефные объекты за счет контраста света и тени, а также любые зоны повышенной яркости будут привлекать внимание, отвлекая от других областей, что необходимо учитывать при правильном проектировании архитектурного освещения, стараясь не злоупотреблять акцентным освещением без необходимости. Количественная оценка влияния контраста на время и частоту фиксации взгляда на этих зонах позволит разработать рекомендации по правильному выбору распределения яркостей фасада.

Выводы

В целом по результатам анализа тепловых карт можно отметить, что сценарий осмотра здания при естественном и искусственном освещении меняется и может быть задан с помощью распределения яркостей. При необходимости при помощи освещения можно менять точки фиксации взгляда. Время фиксации взгляда зависит от величины контраста и может быть измерено количественно. При ограничении времени просмотра здания, например, при движении, можно оценить

какие элементы здания будут замечены и понять, насколько это будет соответствовать цели архитектурного освещения. Однако, это требует проведение дальнейших исследований с более сложным оборудованием.

Проведенное пилотное исследование позволяет сделать вывод о возможности и перспективности применения системы айтрекинга для оценки восприятия объектов архитектурного освещения. Это позволит более осознанно формулировать цели архитектурного освещения и разрабатывать концепции с учетом объективных данных о его влиянии на зрительное восприятие. Технология айтрекинга может применяться также для других задач в светотехнике, однако это требует разработки единой методики использования этой технологии.

Список литературы

1. *Барабаничиков В.А., Жегалло А.В.* Окуломоторная активность при восприятии динамических и статических выражений лица// Экспериментальная психология, 2018, 30с.
2. *Шелепин Е.Ю., Шелепин К.Ю., Скуратова К.А.* Айтрекинг. Методическое пособие по применению. СПб.: Скифия-принт, 2019
3. *Zhiwei Zhu, Kikuo Fujimura, Qiang Ji.* *Real-Time Eye Detection and Tracking Under Various Light Conditions* // Data Science 6, 2007
4. Введение в нейроиконику: Монография / *Шелепин Ю.Е.* — СПб.: Троицкий мост, 2017. — 352 с.:
5. *Реутская И.П., Алави А.М., Перминова А.А.* Визуальное восприятие как фактор формирования архитектурной композиции жилых зданий // Строительство. Прикладные науки, 2009, №11 с. 7–12
6. *Krupina A.A., Vespalov V.V., Kovaleva E.Yu., Bondarenko E.A.* Eye tracking in urban visual environment// Строительство уникальных зданий и сооружений. 1 (52). 2017. 47–56
7. *Ставцева М.С., Суховеева Е.Е., Ким А.А.* Архитектурная подсветка зданий, виды и значение в городской среде// Новые идеи нового века: Материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ, 2016, с. 290–296

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО
ОСВЕЩЕНИЯ**

*Молдыбаева К.Ж., студент; Макаров Д.Н., к.т.н., старший
преподаватель, НИУ «МЭИ», г. Москва*

PROBLEMS OF ARCHITECTURAL LIGHTING MODELING
*Moldybayeva K. Zh., student; Makarov D. N., Candidate of Technical
Sciences, senior lecturer, NRU "MEI", Moscow***Аннотация**

Под наружным архитектурным освещением в городе понимается стационарное искусственное освещение фасадов зданий, сооружений, произведений монументального искусства, элементов городского ландшафта и благоустройства, отвечающее функциональным и социальным запросам и эстетическим требованиям зрительного восприятия. В данной работе будут показаны проблемы, возникающие при моделировании архитектурного освещения. Актуальность работы сохраняется, т.к. не все нюансы учитываются при моделировании: параметры окружающей среды, параметры облицовочных материалов, параметры осветительной установки. Современное представление проектирования архитектурного освещения включает в себя моделирование объекта в компьютерных программах (таких как *3ds Max* и *DIALux evo*) с добавлением освещения и учетом деталей, способных нарушить зрительное восприятие освещаемого объекта. Моделирование — одна из основных категорий теории познания: на идее моделирования базируется любой метод научного исследования — как теоретический, при котором используются различного рода знаковые, абстрактные модели, так и экспериментальный, использующий предметные модели. Главная нерешенная научная проблема, имеющая важное значение для рабочей стадии проектов архитектурного освещения объектов, когда выполняется светотехнический расчет осветительных установок, — обеспечение соответствия созданного проектно-графического (или смоделированного иным способом) образа объекта реализуемому расчетному варианту.

Abstract

Outdoor architectural lighting in the city is understood as stationary artificial lighting of facades of buildings, structures, works of monumental art, elements of the urban landscape and landscaping, meeting functional and social needs and aesthetic requirements of visual perception. In this paper, the problems arising in the modeling of architectural lighting will be highlighted. The relevance of the work remains, because not all nuances are taken into account when modeling: environmental parameters, parameters of cladding materials, parameters of the lighting system. The modern concept of architectural lighting design includes modeling an object in computer programs (such as 3ds Max and DIALux evo) with the addition of lighting and

taking into account details that can disrupt the visual perception of the illuminated object. Modeling is one of the main categories of the theory of cognition: any method of scientific research is based on the idea of modeling — both theoretical, which uses various kinds of symbolic, abstract models, and experimental, using subject models. The main unsolved scientific problem, which is important for the working stage of architectural lighting projects of objects, when the lighting engineering calculation of lighting installations is performed, is to ensure that the created design—graphic (or otherwise modeled) image of the object corresponds to the implemented design variant.

Ключевые слова: моделирование архитектурного освещения, проектирование архитектурного освещение, наружное архитектурное освещение, компьютерное моделирование, *DIALux evo, 3ds Max*

Keywords: *architectural lighting modeling, architectural lighting design, outdoor architectural lighting, computer modeling, DIALux evo, 3ds Max*

Введение

При формировании световой среды города функциональный, зрительно-экологический, художественный, технико-экономический и социальный эффекты освещения зависят от качества и взаимодействия различных осветительных установок, одновременно действующих в городском пространстве, во-первых, между собой, во-вторых, с архитектурной формой. Это качество может быть обеспечено на проектной стадии, на основе определенной светокомпозиционной системы, разработанной с использованием традиционных средств и принципов гармонизации архитектурно-градостроительной формы и широких возможностей ее зрительной трансформации средствами искусственного освещения с учетом специфических условий, объективно существующих в вечернем городе [2]. Одна из технических задач при проектировании установок архитектурного освещения состоит в том, чтобы световой поток светильника, направленный на объект, струился «из ниоткуда». Наблюдатель должен видеть конечный результат — световую архитектуру объекта, а сами источники света должны быть выведены из поля зрения наблюдателя [3].

Суть работы заключается в исследовании архитектурного освещения определенного объекта, его моделировании в компьютерных программах с имеющейся осветительной установкой. Первым этапом работы был выбор объекта, которым стал главный корпус НИУ «МЭИ» (рис. 1). Здание имеет классический стиль архитектуры. Дата введения здания в эксплуатацию — 1940 г. [4].



Рис. 1. Вид сбоку с противоположной стороны дороги улицы Красноказарменной

Здание по верхнему контуру освещено линейными светильниками. Световой образ колонн создают прожекторы. Освещение центральной части здания между колоннами и фасадом выполнено заливающим светом прожекторов. Используются приемы локального, контурного и заливающего освещения. Существует различие световых эффектов на колоннах, сильно виден переход от холодной к теплой цветовой температуре, светильники устаревшего типа. При сравнении образа здания при естественном и искусственном освещении стало ясно, что существующая ОУ искажает архитектурные формы, подчеркивает рельеф поверхности фасада и плохо передает текстуры. Следующими этапами работы были световой аудит существующего освещения, а также измерения параметров поверхности фасада для дальнейшего моделирования в компьютерных программах.

Метод исследования

При помощи яркомера были измерены яркости фасада в ночное время суток при работающей осветительной установке, при помощи люксметра определена фоновая освещенность, был проведен эксперимент с определением координат цветности фасада, а также с определением коэффициентов отражения поверхностей фасада.

Вторым этапом исследования являлось измерения координат цветности фасада. Для исследования были взяты альбомы колеров. При поднесении образцов к фасаду был выбран похожий образец и измерены его координаты цветности на спектрофотометре СФ-56.

Третьим этапом исследования было измерение коэффициентов отражения поверхности фасада. Для этого с помощью яркомера

измерялась яркость ограниченной области фасада и перпендикулярная освещенность данной области.

Исходными данными при моделировании являлись: существующее здание главного корпуса НИУ «МЭИ», существующая осветительная установка здания. Целью данной части работы было воссоздание вечернего вида объекта в программе и сравнение его с реальным образом.

Результаты

Измерения яркомера показали, что в среднем от светильников яркость на фасаде 200–250 кд/м². Фоновая яркость здания 2 кд/м². Фоновая освещенность 20 лк. По нормам яркость фасада при заливающим и акцентирующем освещении должна быть 30 кд/м² [5]. Координаты цветности поверхности фасада: $x=0,4640$; $y=0,4128$, $z=0,1232$. Среднее арифметическое результатов коэффициента отражения поверхности фасада – 0,45. По данным результатам получена визуализация моделирования на рис. 2.



Рис. 2. Моделирование объекта и световой среды в программе *DIALux evo*

Обсуждения

То, что мы видим вживую, и то, что мы видим в программе кардинально различается (рис. 3). Причинами этого являются то, что проектировщики не учитывают фоновую засветку, что создает неправдоподобный образ объекту; в программах, таких как *DIALux evo* и *RELUX*, расчеты проводятся только на диффузных поверхностях, и в случаях, когда много зеркальных поверхностей, визуализация будет сильно отличаться от действительности.



Рис. 3. Врезка смоделированной части здания в реальное фото

Выводы

Для корректного проектирования наружного архитектурного освещения необходимо пользоваться компьютерной программой, имеющей возможность учитывать разнообразие факторов, так сильно влияющих на зрительное восприятие объекта. Примером служит *3ds Max*, работа в котором будет осуществляться следующим этапом моего исследования. Помимо учета всех возможных нюансов освещения мы постараемся максимально воссоздать реальный образ здания при архитектурном освещении с помощью современных средств компьютерной графики используя VR технологии.

Список литературы

1. *Н.И. Щепетков*. Светодизайн города и интерьера. М.: Редакция журнала «Светотехника», 2021.
2. *Г.Б. Минервин, А.П. Ермолаев, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов, Н.И. Щепетков*. Дизайн архитектурной среды. М.: Архитектура-С, 2006.
3. *Ю.Б. Айзенберг*. Справочная книга по светотехнике 3- езд. Перераб и доп. М.: Знак, 2006.
4. *Шамаева О. Ю.* Я расскажу Вам о своём доме... // МЭИ: история, люди, годы. Сборник воспоминаний. Т. 3 / Под общ. ред. С. В. Серебрянникова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
5. Свод правил СП 52.13330.2016

**ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО
СОСТАВА НА ВОСПРИЯТИЕ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Никулин А.С., магистр; Лебедкова С.М., к.т.н., профессор,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

**LABORATORY INSTALLATION FOR STUDYING THE EFFECT OF
RADIATION OF VARIOUS SPECTRAL COMPOSITION ON THE
PERCEPTION OF FINISHING MATERIALS**

*Nikulin A.S., master's degree; Lebedkova S.M., Candidate of Technical
Sciences, professor, NRU "MPEI", Moscow*

Аннотация

Способность источника света передавать цвета без искажений является неотъемлемым компонентом современного освещения. Наша лабораторная установка позволяет проводить эксперименты и получать наглядные результаты для лучшего понимания влияния спектра освещения на цветовую передачу и способность создания естественной цветовой палитры в различных окружающих условиях. Целью данной работы было создание лабораторной установки, спроектированной специально для изучения влияния излучения различного спектрального состава на зрительное восприятие отделочных материалов. Это позволяет углубиться в анализ и понимание того, как различные источники света (такие как лампы накаливания, люминесцентные лампы и светодиоды) влияют на способность передачи цвета отделочных материалов с точки зрения визуального восприятия. С использованием этой лабораторной установки исследователи могут сравнивать, как каждый источник света воздействует на восприятие цвета. Это важно не только для проектирования и обустройства пространств, но и для создания оптимальных условий освещения в различных ситуациях – от домашней обстановки до коммерческих и производственных пространств. Среди других достоинств этой лабораторной установки стоит выделить её способность анализировать воздействие освещения с помощью цветных светодиодов на восприятие окружающего пространства и характеристики цвета объектов.

Abstract

The ability of a light source to transmit colors without distortion is an integral component of modern lighting. Our laboratory setup allows you to conduct experiments and obtain visual results for a better understanding of the effect of the lighting spectrum on color transmission and the ability to create a natural color palette in various environmental conditions. The purpose of this work was to create a laboratory installation designed specifically to study the effect of radiation of various spectral composition on the visual perception of finishing materials. This allows you to delve into the analysis and understanding of how various light sources (such as

incandescent lamps, fluorescent lamps and LEDs) affect the ability to transfer the color of finishing materials from the point of view of visual perception. Using this laboratory setup, researchers can compare how each light source affects color perception. This is important not only for the design and arrangement of spaces, but also for creating optimal lighting conditions in various situations – from home environments to commercial and industrial spaces. Among other advantages of this laboratory installation, it is worth highlighting its ability to analyze the effect of lighting with colored LEDs on the perception of the surrounding space and the color characteristics of objects.

Ключевые слова: индекс цветопередачи, спектр ламп, цветовая температура, цветовое восприятие, влияние спектра ламп на цвета

Keywords: *color rendering index, lamp spectrum, color temperature, color perception, effect of lamp spectrum on colors*

Введение

Цвета в нашей жизни играют важную роль. Они помогают нам ориентироваться в окружающем мире, передают эмоции и создают атмосферу. Представьте себе ситуацию, когда вы заходите в помещение, где стены окрашены в яркий, насыщенный цвет, то вам кажется, что что-то не так. Цвета кажутся искаженными, неестественными, не соответствующими их истинному оттенку. Вероятно, причина в качестве света, которым освещено это помещение. Именно способность источника света передавать цвета без искажений является одним из важных аспектов освещения.

Для сравнения цветов и оценки их цветопередачи необходимы специальные установки. Целью настоящей работы являлась создание, градуирование и экспериментальное апробирование лабораторной установки по субъективной оценке цветопередачи различных источников света.

Метод исследования

Для проведения исследований была произведена настройка установки. В качестве источников света были взяты лампа накаливания, компактная люминесцентная лампа, светодиодная лампа. Цветовая температура излучения источников составляла 2700 К, 3000 К (для СД лампы), 4000 К, 6500 К. (табл. 1) Индекс цветопередачи Ra от 85 до 100. Также в установке использована светодиодная лента. В качестве цветных образцов были выбраны цветные полосы. (рис. 1) Они состоят из красной, оранжевой, желтой, зеленой, синей, фиолетовой полосы. Схема установки представлена на рис. 2.



Рис. 1. Цветные полосы установки

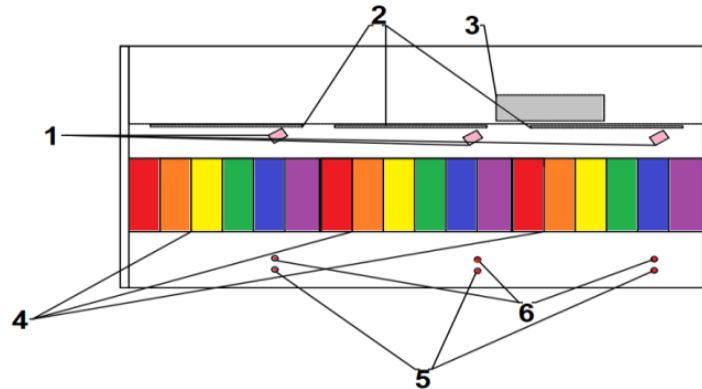


Рис. 2. Схема установки (1 – Цоколи E27 для разных ИС; 2 – Светодиодные ленты; 3 – Блок питания; 4 – Цветовые полосы стенда; 5 – Кнопки включения светодиодных лент; 6 – Кнопки включения ламп с цоколем E27)

Таблица 1. Характеристики выбранных источников света

Название	ИС	Мощность, Вт	T, К	Ra	Обозначение
TDM НЛ-FST2	ЛЛ	11	2700	85	ЛЛ1
TDM НЛ-FST2	ЛЛ	20	4000	85	ЛЛ2
TDM НЛ-FST2	ЛЛ	20	6500	85	ЛЛ3
IEK LED A60	СД	9	3000	89	СД1
IEK LED A60	СД	11	4000	89	СД2
IEK LED A60	СД	15	6500	89	СД3
Онлайн	ЛН	75	2700	100	ЛН

Методика работы на установке

Перед экспериментом наблюдателей знакомят с целью исследований, методами испытаний, шкалой оценок. Лампа накаливания будет использоваться как эталонный источник. Для оценки цветопередачи был использован метод категорий. Он предусматривает применение следующей шкалы субъективных оценок: 3 – намного лучше, 2 – лучше, 1 – несколько лучше, 0 – одинаково, -1 – несколько хуже, -2 – хуже, -3 – намного хуже. А также требовалось описать наблюдаемое изменение цвета. Задание при выполнении работы предусматривало рассмотрение следующих положений:

1. Установить, как отличаются цветные полосы стенда при освещении ЛН и исследуемой лампой. Дать субъективную оценку искажения цвета полос по сравнению с лампой накаливания. Оценку производить по методу категорий.
2. Посмотреть, как меняется цвет полос при освещении одноцветными светодиодами. Обязательно использовать красный, синий, зеленый свет.

3. Посмотреть, что будет, если добавить синего спектра к лампе накаливания

Результаты пробных экспериментов

Первый эксперимент. Сравнение ЛН и ЛЛ и СД.



Рис. 3. Сравнение ЛН и ЛЛ с $T_{цв}=2700$ К, $T_{цв}=4000$ К, $T_{цв}=6500$ К



Рис. 4. Сравнение ЛН и СД с $T_{цв}=3000$ К, $T_{цв}=4000$ К, $T_{цв}=6500$ К

Таблица 2. Результаты эксперимента при освещении образцов ЛН и ЛЛ

Образец	ЛЛ1	Изменение цвета	ЛЛ2	Изменение цвета	ЛЛ3	Изменение цвета
Красн.	-2	Тусклее	-2	Тусклее	-1	Уходит в оранжевый
Оранж.	1	Насыщеннее	-2	Тусклее	-2	Тусклее
Желт.	-1	Тусклее	1	Светлее	2	Ярче
Зел.	1	Светлее	1	Светлее	-2	Потерял цвет
Син.	0	Не поменялся	1	Насыщеннее	1	Насыщеннее
Фиол.	0	Не поменялся	-1	Изменил оттенок	-3	Потерял цвет

Таблица 3. Результаты эксперимента при освещении образцов ЛН и СД

Образец	СД1	Изменение цвета	СД2	Изменение цвета	СД3	Изменение цвета
Красн.	-1	Чуть в оранжевый	-2	Оранжевые оттенки	-2	Ушел в оранжевый
Оранж.	0	Не поменялся	-1	Блеклый	-1	Блеклый
Желт.	-1	Блеклый	1	Ярче	-2	Не насыщенный
Зел.	0	Не поменялся	-2	Не насыщенный	-2	Не насыщенный
Син.	0	Не поменялся	1	Насыщеннее	1	Ушел в голубой
Фиол.	0	Не поменялся	-2	Не насыщенный	-3	Ушел в синий

Второй эксперимент. Влияние освещения одноцветными светодиодами на восприятие цвета полос. С помощью светодиодной ленты можно посмотреть, как меняется цвет при освещении одноцветными светодиодами. Включим поочередно на светодиодной ленте красный, синий, зеленый, светло-фиолетовые цвета. Посмотрим влияние на цветовые полосы стенда и цветные образцы. Важно отметить, что воздействие освещения на цвет воспринимается субъективно и может отличаться для каждого человека.

Третий эксперимент. К спектру ЛН добавляют синее излучение, что позволяет создавать более белый или более холодный оттенок света.

Синего света добавляют от светодиодной ленты к спектру ЛН. Синий цвет будет добавляться в следующей пропорции постепенно: 100 %, 75 %, 50 %, 25 %.

Обсуждение результатов экспериментов

В первом эксперименте заметно изменение цвета практически у каждого образца. Если сложить оценки у каждой лампы, то получится, что ЛЛ передала лучше цвета практически в 2 раза, чем СД с такой же цветовой температурой.

Во втором эксперименте при освещении синим светом некоторые объекты могут казаться менее яркими. Красный, оранжевый и желтые полосы кажутся темнее и более тусклыми под синим освещением. Фиолетовая полоса ушла в темно-синий цвет. При освещении зеленым светом объекты также кажутся менее яркими и тусклыми, все цвета стали хуже. При освещении объекта красным светом его цвет будет восприниматься в основном в красной части спектра. Красная полоса стала розовой, оранжевая полоса стала красной, желтая стала оранжевее. Зеленая, синяя и фиолетовая полоса не изменились.

В третьем эксперименте при добавлении синего спектра к лампе накаливания свет становится более белым или бело-голубым. Это может создать впечатление более яркого и освежающего света. При 100 % слишком много синего оттенка, цвета становятся более тусклыми. При 75 % картинка меняется, но цвета не настолько насыщены. При 50 % цвета становятся насыщенными, красочными. По-моему, мнению самый лучший вариант. При 25 % синего света практически не видно, свет теплый.

Заключение

- Лабораторная установка позволяет наглядно продемонстрировать влияние спектра излучения на восприятие цвета.
- Был проведен эксперимент со светодиодной лампой, где было рассмотрено влияние освещения одноцветными светодиодами на цветные образцы.
- При добавлении синего цвета к лампе накаливания можно приукрашивать некоторые цвета.

Список литературы

1. Международный светотехнический словарь терминов и определений, ВНИСИ, 2011.
2. Все об индексе цветопередачи CRI и новых стандартах качества света, LEDjournal.info, 2016.
3. *Аталар Ф.* О влиянии источника света на цвета объектов // Светотехника. – 2020. – №1
4. *Фершильд М.Д.* Модели цветового восприятия. Изд-во Wiley-IS&T, 2004, перевод Шадрина А., Санкт-Петербург, 2006.

**СВЕТОДИОДНЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ
УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫХ ГАЗОНОВ**

*Новосельский В.А., магистр, НИУ «МЭИ», г. Москва;
Манаенков А.О., магистр, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
Прикупец Л.Б. к.т.н., зав.лаб., ООО «ВНИСИ» им. Вавилова г. Москва;
Будак В.П. д.т.н., проф., НИУ «МЭИ», г. Москва.*

**LED IRRADIATION DEVICE FOR ACCELERATED RESTORATION
OF SPORTS LAWNS**

*Novoselskii V.A., master's degree, NRU «MPEI», Moscow;
Manaenkov A.O., master's degree, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev;
Prikupets L.B., Cand.Sci (Tech.), head of the Laboratory VNISI Named
after S.I. Vavilov; Budak V.P., D.Sci.(Tech.), Professor of lighting
engineering department, NRU «MPEI», Moscow.*

Аннотация

В данной работе проведены фотобиологические исследования для нахождения наилучшей конфигурации светодиодных облучателей для выращивания газонной травы. В эксперименте рассмотрено влияние спектрального состава излучения, а также влияние изменения фотосинтетической фотонной облученности и интеграла дневного облучения.

По результатам эксперимента была предложена модификация существующей облучательной установки на стадионе «РЖД Арена», выполнен экономический расчет и доказана целесообразность замены облучателей с традиционными натриевыми источниками света на светодиодные облучатели.

Abstract

In this work, photobiological studies were carried out to find the best selection of LED irradiators for growing gas grass. In the experiment, the influence of the spectral composition, as well as the influence of changes in the photosynthetic photon illumination and the daylight integral, was studied.

Based on the results of the experiment, a modification of the irradiation installation at the RZD Arena stadium was proposed, an economic calculation and a expediency for the replacement of irradiators was made, taking into account the light sources on the LED irradiators.

Ключевые слова: облучательная установка для выращивания газонной травы, светодиодные облучатели, восстановление газонов, выращивание травы, интеграл дневного освещения, фотосинтетически активная радиация, фотосинтетический фотонный поток

Keywords: irradiation plant for growing lawn grass, LED irradiators, lawn restoration, grass cultivation, integral daylight, photosynthetically active radiation, photosynthetic photon flux

Введение

Перед спортивным освещением стоит задача удовлетворять зрительные потребности людей, как непосредственно наблюдающих динамично меняющиеся спортивные ситуации с трибун, так и многомиллионной аудитории телезрителей. Не менее важным является создание за счет качественного освещения условий, сводящих к минимуму возможности травмирования или ошибочных действий спортсменов, особенно в игровых видах спорта.

Для выполнения указанных требований уже в 70-х гг. прошлого века были созданы высокоэффективные металлогалогенные лампы, имитирующие дневной свет, мощные специальные световые приборы прожекторного типа, а также программы расчета крупных осветительных установок, в первую очередь, на таких объектах, как футбольные и легкоатлетические стадионы [1].

В контексте сформулированных выше задач по спортивному освещению международные спортивные организации ФИФА и УЕФА сформулированы жесткие требования к установкам искусственного освещения для ускоренного выращивания и восстановления футбольного газона. Первые подобные ОУ, укомплектованные натриевыми лампами, с учетом опыта зарубежных фирм появились в России накануне чемпионата мира по футболу в 2018 г.

В настоящей работе, на основе результатов исследований с целью определения обоснованных спектральных и интегральных параметров искусственного освещения газона, предлагаются энергоэффективные решения создания указанного типа ОУ на основе светодиодных облучателей.

Методы исследования

Для определения оптимальных параметров работы СД установки дополнительного облучения были проведены опыты в фитотроне лаборатории искусственного климата совместно с биологами РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В экспериментах использовались специальные светодиодные фитооблучатели и, частично, методики, ранее разработанные сотрудниками «ВНИСИ» им С.И. Вавилова [2].

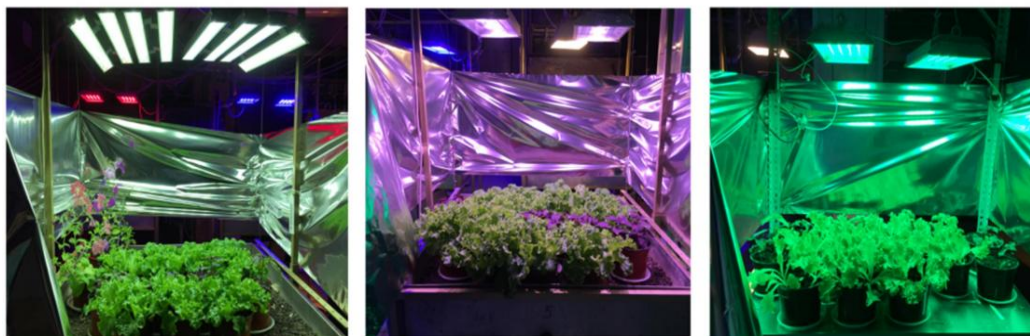


Рис 1. Внешний вид установки

Исследовалась реакция травосмеси для футбольного газона на действие излучения диапазонов ФАР с разным спектральным составом, а

также на вариацию фотосинтетической фотонной облученности и времени облучения. В качестве объекта исследования была выбрана травосмесь из трех сортов многолетних райграсов американской фирмы *Jacklin Seed*. Состав: 30 % Райграс пастбищный *ACCENT II*, 35 % Райграс пастбищный *TOP GUN II*, 35 % Райграс пастбищный *Goalkeeper II*.

Таблица 1. Используемые варианты спектрального состава излучения в области ФАР

	1	2	3	4
R (600–700 нм.)	37 %	24 %	63 %	46 %
G (500–600 нм.)	26 %	28 %	16 %	30 %
B (400–500 нм.)	37 %	48 %	21 %	24 %

Таблица 2. Используемые варианты комбинаций фотопериода и облученности

Вариант	Фотопериод, ч	Облученность, мкмоль/(м ² ·с)	DLI, моль/(м ² ·сут)
1	18	146	9,5
3	12	220	9,5
3	6	440	9,5

Во время всего эксперимента обеспечивался оптимальный полив по весу и влажность 70 %. На установках поддерживалась постоянная температура 18–20°C. Травосмесь скашивали до высоты 3 см на 48, 67 и 106 день от всходов. В течение всего вегетационного периода проводились биометрия растений. В них учитывались такие показатели как длина, ширина, сырая биомасса, площадь листьев.

Результаты

По данным, полученным в эксперименте, были построены зависимости длины листа, сырой биомассы и площади листьев от времени. На рис. 2 видно, что спектр №4 является самым благоприятным для выращивания газонной травы.

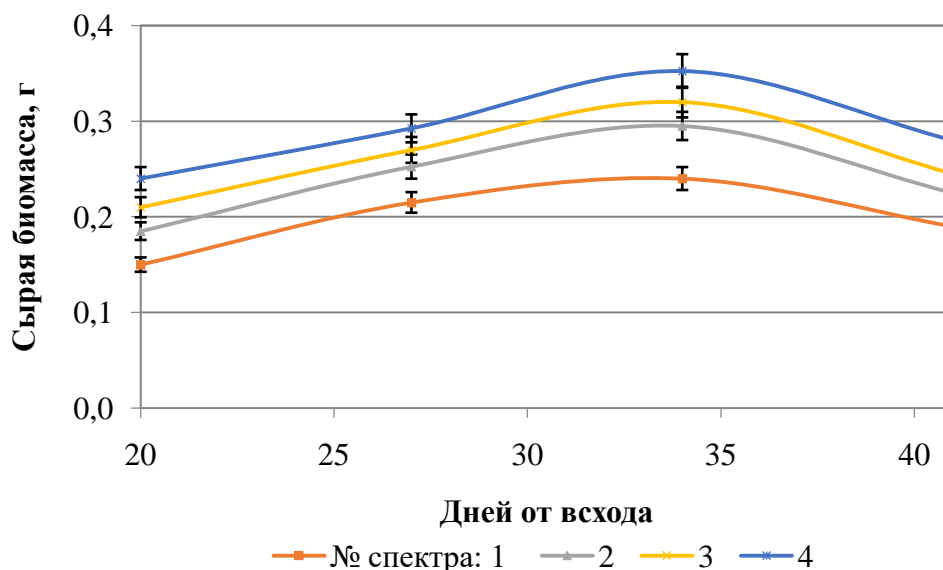


Рис. 2. Зависимость сырой биомассы от спектрального состава света

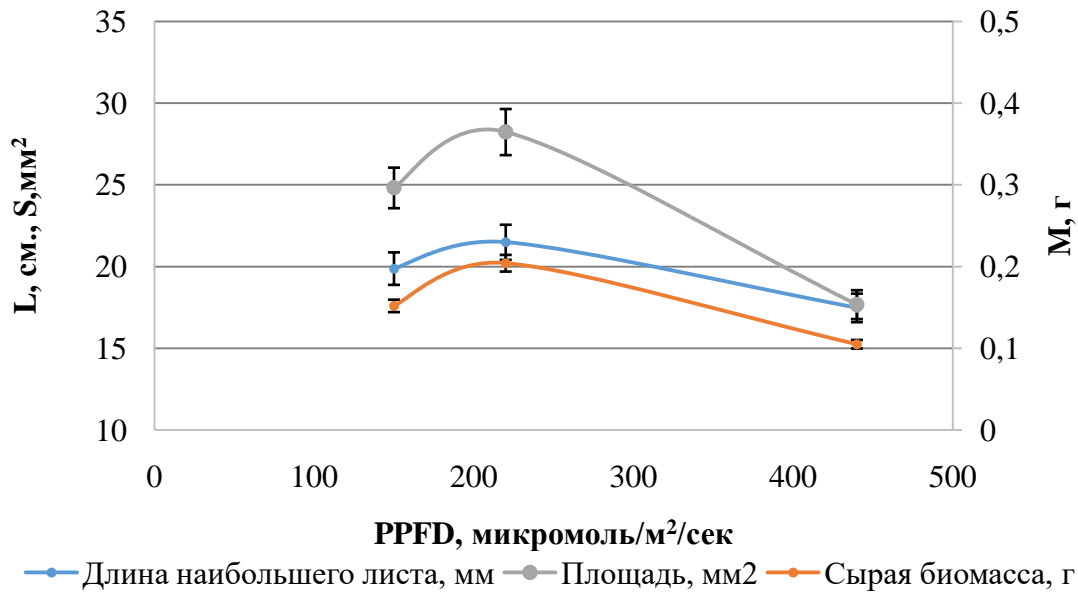


Рис 3. Зависимости длины, площади листа и сырой биомассы от значения $PPFD$ при одинаковом значении DLI

Проведенный эксперимент позволил сделать вывод об отсутствии взаимозаместимости энергетических и временных параметров при выращивании газонной травы. Тем не менее, полученные результаты позволили принять технологический режим с высоким уровнем облученности и резко уменьшенным фотопериодом, что оказалось удобным для практики использования мобильных облучательных установок.

На основе полученных из эксперимента данных был выбран наиболее благоприятный спектр излучения и на его основе произведена модернизация существующей установки, которая находится в эксплуатации на стадионе «РЖД Арена» в г. Москва [4] и оснащена 66 НЛВД облучателями мощностью 600 Вт каждая. Был предложен новый облучатель на базе существующего *GALAD ЭВЕРИКС LED* мощностью 300 Вт. Подобраны мощные фитосветодиоды, рассчитано их необходимое количество для создания выбранного спектра.

В программах *DIALux* и разработанной сотрудниками ООО «ВНИСИ» и ООО «МСК БЛ ГРУПП» под названием «*Horti-Light*» [5] было создано 2 модели установки для дополнительного облучения с НЛВД и СД облучателями, произведен расчет и сравнение, также сравнение производилось с реальными показателями облученности, измеренными нами на стадионе.

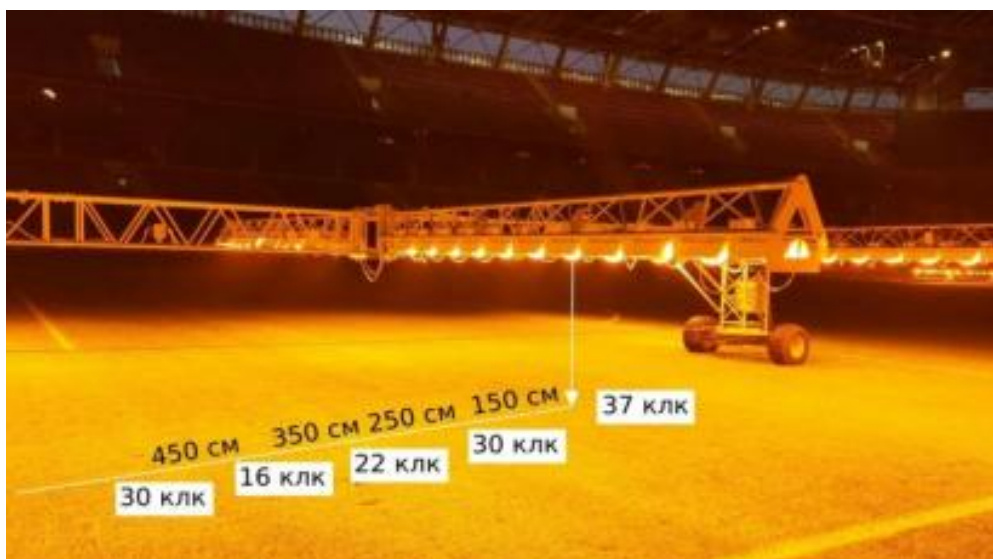


Рис 4. Измерения эксплуатируемой на стадионе «РЖД Арена» установки (на фото показана одна из консолей, расстояние между консолями 6 м)

Таблица 3. Результаты расчетов установок

Тип ОУ	Световые величины		Фотосинтетические фотонные величины	
	$E_{ср.,клк}$	$E_{макс.,клк}$	$PPFD_{ср.}$	$PPFD_{макс.}$
НЛВД	24	33	240	330
СД	28	32	520	640

Чтобы оценить, насколько экономически выгодна замена НЛВД светильников на СД был проведен технико-экономический анализ, целью которого было оценить срок окупаемости данной установки, а также затраты на электричество при полной и частичной замене.

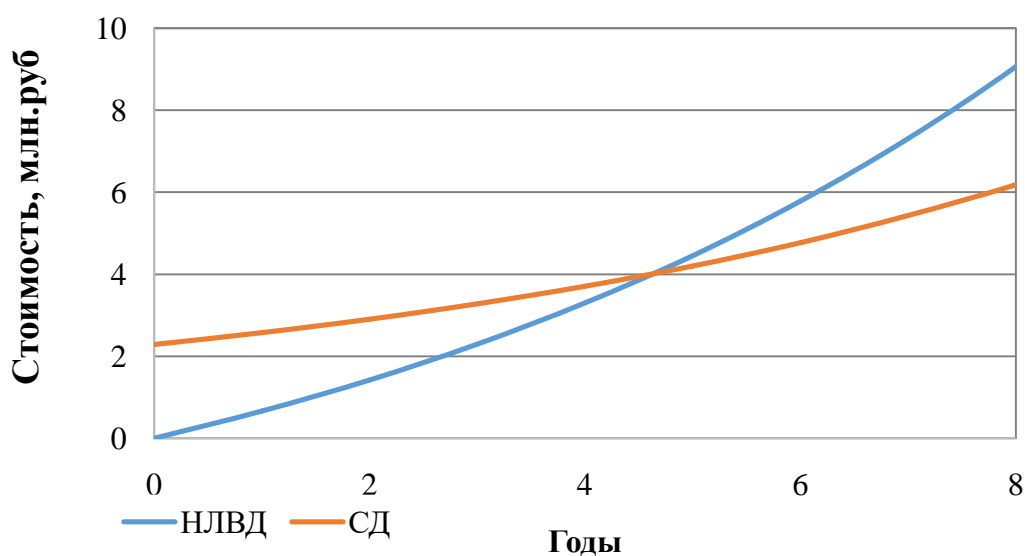


Рис 5. Срок окупаемости замены НЛВД облучателей на СД

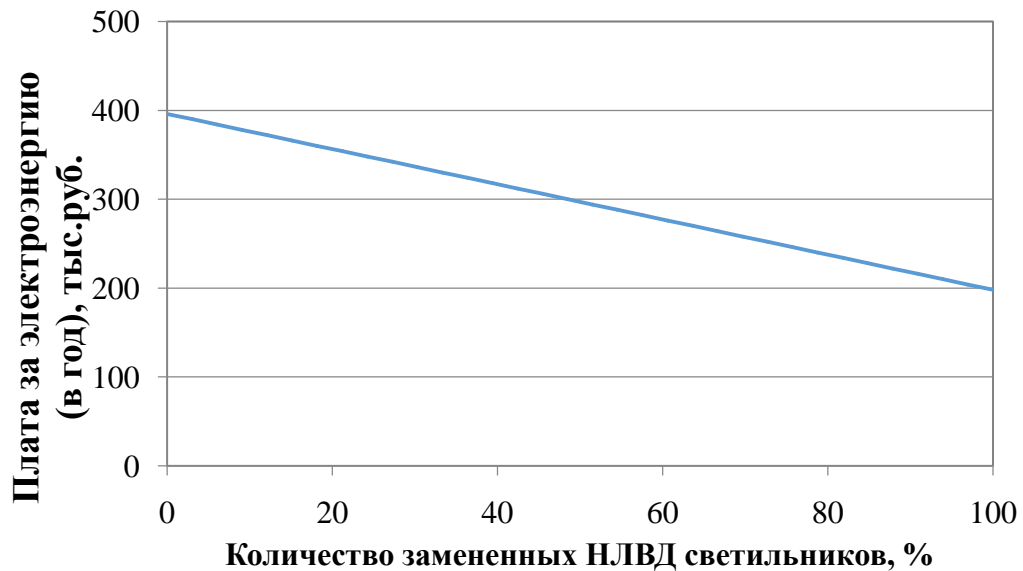


Рис 6. Зависимость платы за электроэнергию от количества СД-облучателей в установке

Обсуждение

Установка для дополнительного облучения газонов при замене НЛВД облучателей на СД обеспечила прирост в *PPF* практически в 2 раза при этом, не увеличив свою мощность.

Из-за различий в ценах на электроэнергию в регионах, срок окупаемости замены облучателей будет отличаться, при полной замене экономия электроэнергии достигает 50 %, а окупаемость установки происходит спустя 4–5 лет в зависимости от региона использования.

Выводы

С помощью фотобиологического исследования и проведенных светотехнических расчетов найдены предпочтительные характеристики облучения для газонной травы, выполнена модификация ОУ с СД, использование, которой позволяет достигнуть экономии электроэнергии вплоть до 50 %

Список литературы

1. Справочная книга по светотехнике, 2-ое издание, под ред. Ю.Б. Айзенберга, Разд. 3, Москва. «Энергоатомиздат», 1983 г.
2. Прикупец Л.Б., Боос Г.В., Терехов В.Г., Тараканов И.Г. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур // Светотехника. – 2018. – № 5. – С.6–13.
3. Каталог компании MDM Technology.
4. Коробко А.А., Лысюк С.В., Чепелевский Д.Ю., Рязанцев И.В. Компьютерная программа для проектирования освещения в теплицах // Светотехника, Спец. Выпуск, 2019, С. 59–62.

**СВЕТОВОЕ ДОПОЛНЕНИЕ ВЫСТАВОЧНОГО КОМПЛЕКСА
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ТПУ**

*Нугманова А., Штабель В.С., студенты;
Гречкина Т.В., к.ф.-м.н., доцент, НИ ТПУ, г. Томск*

**LIGHT ADDITION TO THE EXHIBITION COMPLEX
OF THE TPU PALEONTOLOGY MUSEUM**

*A. Nugmanova, V.S. Shtabel, students; T.V. Grechkina, PhD,
NR TPU, Tomsk*

Аннотация

Важным аспектом музейной экспозиции, безусловно является свет. Именно он помогает почувствовать сопричастность к коллекции и оценить даже мельчайшие детали экспонируемых предметов. Несмотря на старину и вековую историю музей преображается, давая возможность зрителям погрузиться в атмосферу древней эпохи через новый взгляд на его представление. Зрение становится основным элементом эстетического опыта, поэтому выставочная среда стремится исключить любое другое влияние, отвлекающее от этого ощущения. Участие света, его наполненное и гармоничное встраивание в экспозиционный ряд палеонтологических образцов задает тональность и увлекает зрителей в истоки зарождения Земли.

Работа посвящена анализу экспозиций музея, архитектурных особенностей здания и текущего осветительного оборудования по освещению экспонатов. Выполнен обзор текущего состояния осветительных приборов, проведены измерения освещенности зала, витринных и выставочных зон. На базе исходных данных выполнено детальное построение 3D модели помещения палеонтологического музея в программном комплексе *DIALux evo 11* для создания реалистичного воплощения объекта. Результатом работы является проект освещения по формированию композиционного решения и светового дополнения для витрин музея, и отдельных выставочных зон.

Abstract

An important aspect of a museum exposition is undoubtedly light. It is the light that helps to feel a sense of belonging to the collection and appreciate even the smallest details of the exhibited items. Despite its antiquity and centuries-old history, the museum is transformed, giving viewers the opportunity to immerse themselves in the atmosphere of the ancient era through a new look at its presentation. Vision becomes a key element of the aesthetic experience, so the exhibition environment seeks to exclude any other influence that detracts from this sensation. The participation of light, its filled and harmonious incorporation into the exposition series of paleontological specimens sets the tone and draws viewers into the origins of the Earth's birth.

The work is devoted to the analysis of museum expositions, architectural features of the building and current lighting equipment for

illumination of exhibits. The review of the current state of lighting devices is performed, measurements of the illumination of the hall, showcase and exhibition areas are made. On the basis of the initial data the detailed construction of 3D model of the paleontological museum premises in DIALux evo 11 software package was performed to create a realistic embodiment of the object. The result of the work is a lighting project to form a compositional solution and light supplement for the museum showcases and individual exhibition areas.

Ключевые слова: музейное освещение, светодиоды, экспозиция
Keywords: *museum lighting, LEDs, exposition*

Введение

В стенах палеонтологический музея собираются, хранятся экспонаты флоры и фауны, представляющие собой ценность как свидетельство того, что жизнь существовала на планете Земля миллиарды лет назад. Начало комплектованию фондов Палеонтологического музея положено ещё в 1901 г., с тех пор музейная коллекция постоянно пополнялась, и сейчас в фондах хранятся более 10000 образцов.

Уровень освещенности музейных залов во многом зависит от материалов и особенностей экспонатов. Так, останки древней фауны требуют уровня освещенности не выше 200 лк [1, 2], а изделия из камней допускают освещенность на уровне 500 лк. При этом очень важно свести к минимуму воздействие УФ и ИК-лучей, так как эти спектры излучения могут очень негативно влиять на сохранность музейных объектов, а также чрезмерную контрастность, бликование и эффект ослепления.

Метод исследования

В ходе работы проведён анализ архитектурных особенностей помещения, состоялось знакомство с выставкой и планом размещения экспонатов (рис. 1).

Пространство музея по экспонированию объектов организовано при помощи шкаф-витрин, музейных столов и выставочных подиумов. Общее освещение палеонтологического музея создают потолочные подвесные светильники, являющиеся основными источниками света для экспонатов, размещенных в открытом пространстве. В свою очередь, шкаф-витрины и музейные столы оснащены светодиодными лентами, расположенными вдоль одной из стен или по периметру стеклянных дверей. В освещение музея вносит вклад и доля естественного света, проникающего в помещение через три оконных проёма, при закрытых на две трети плотными рулонными шторами.

Несмотря на общее удовлетворительное состояние освещения помещения музея, многие выставочные экспонаты находятся без должного внимания к свету. Их демонстрация и показ чаще

характеризуется общей массой заполненных полок и стеллажей без выделения световых акцентов.

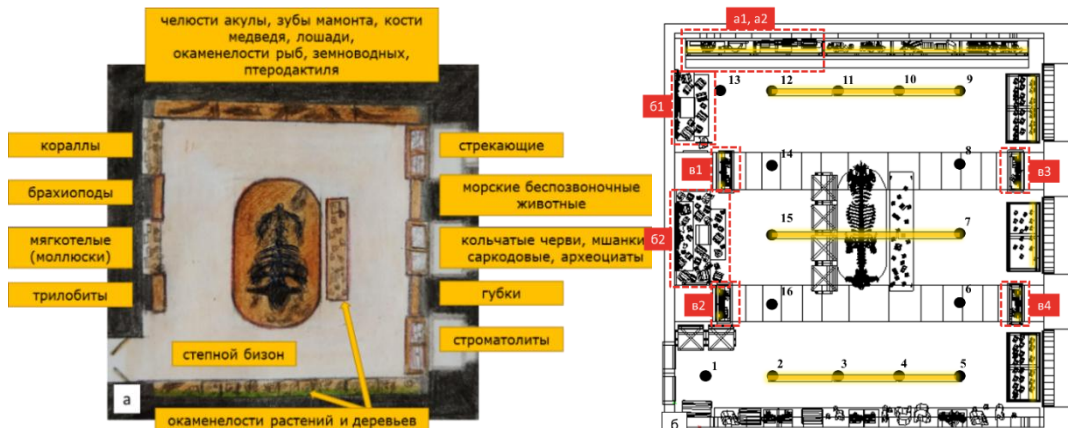


Рис. 1. Схемы расположения на виде сверху: а – музейной экспозиции, б – световых приборов (позиции отмечены желтым маркером), контрольных точек (цифры 1–16) при измерении минимальной и средней освещённости помещения, и зоны проектирования (красная штрихпунктирная линия, литерами (а-в) обозначены зоны проектирования)

Результаты

После проведения оценки освещения были обозначены несколько зон, по которым предлагается следующий ряд светотехнических мероприятий:

До



После

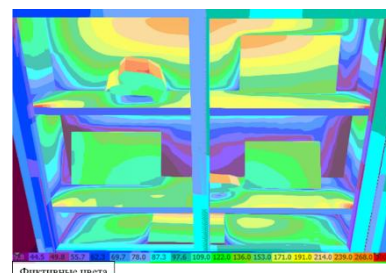
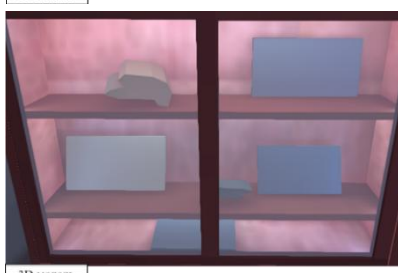
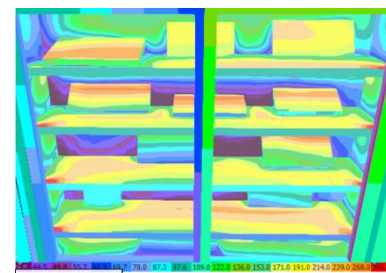


Рис. 2. Световое дополнение шкафа-витрин при моделировании освещения

1) Шкаф-витрины (рис. 1б, литеры а1, а2), демонстрирующие окаменелости рыб и земноводных имеют деревянные непрозрачные полки, поэтому контурный свет от светодиодной ленты (4000 К), установленный по границам витрины, не обеспечивает просмотр экспонатов по глубине и не формирует акценты в поле общего заливающего света. Исходя из этого планировалось подчеркнуть

рельефные особенности окаменелостей и привлечь внимание к экспонату, выставив вспомогательный свет (рис. 2).

2) Некоторые световые акценты предлагается использовать при формировании освещения для семейства кораллов и моллюсков, расположенных на выставочных подиумах. Данные образцы находятся в открытом для просмотра доступе и не имеют специального освещения. В силу многообразия окаменелостей морской фауны и их схожей цветовой гаммы, эти зоны имеют однообразный вид. Вместе с тем экспонаты обладают сложной выразительной формой, которую целесообразно подчеркнуть с помощью цветных акцентов. Применение трековых светильников *TULIP* на ножках с параметрами $P = 2$ Вт, $T_c = 4000$ К и углом свечения 12° предполагает реализацию декоративно-художественного эффекта для этой выставочной зоны в двух вариантах искусственного освещения с добавлением синих светофильтров и без них (рис. 3).

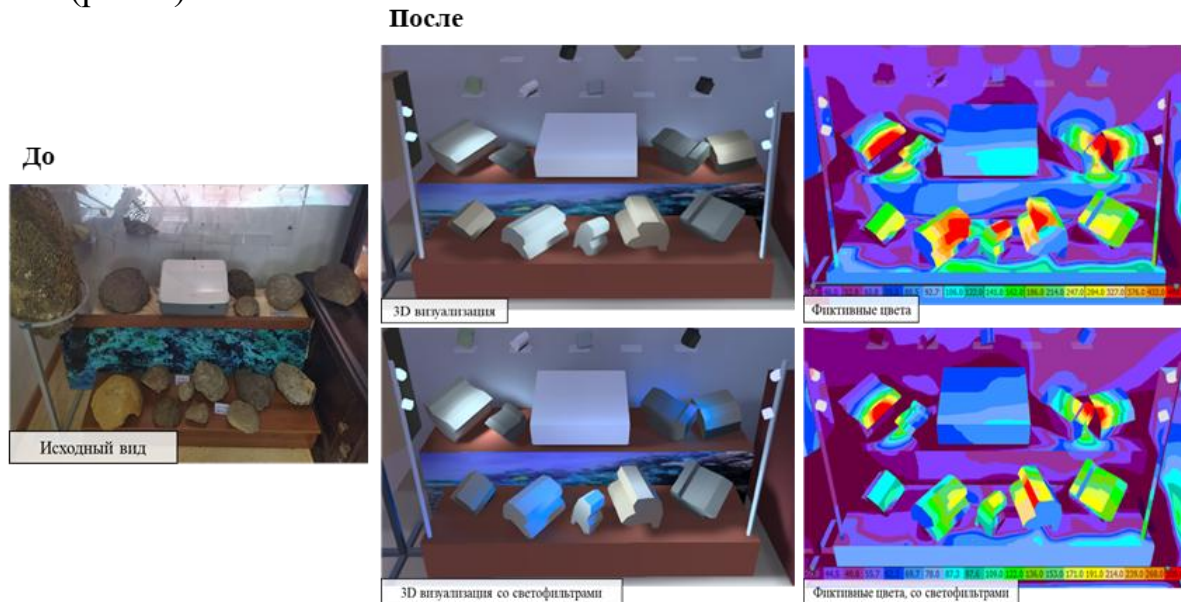


Рис. 3. Демонстрация освещения кораллов и моллюсков б1-б2, см. по обозначенным на схеме рис. 1б

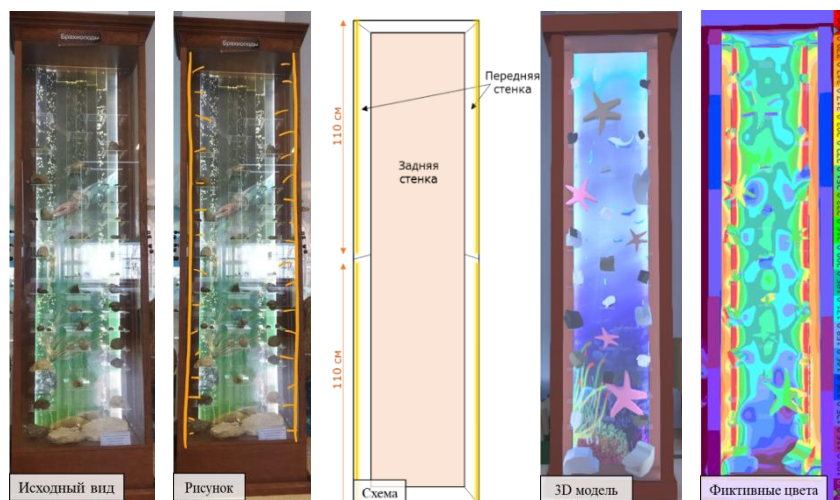


Рис. 4. Реализация дополнительного освещения узких витрин

3) Дополнительного света требуют узкие стеллажи (рис. 1б, в1–в4), демонстрирующие древних представителей подводного мира в четырех таких витринах. Текущее суммарное освещение от светодиодных лент, совместно с потолочным светом, является недостаточным для четкого восприятия представленных образцов, и в силу их ограниченной видимости. Поэтому размещение светодиодных лент с цветовой температурой 4000 К и мощностью 2,9 Вт/м (рис. 4), позволит обеспечить равномерное освещение для просмотра и способствует детальному изучению уникальных экспонатов подводного мира.

Обсуждение

Итогом анализа и проведенных исследований представляется то, что общее освещение экспозиционного зала музея является допустимым и согласуется с нормируемыми параметрами [1]. Однако в некоторых зонах и витринах специальное освещение отсутствует, что сказывается на общем восприятии и показе коллекций, а также вынужденной затененности и не равномерности, когда общего света недостаточно, а роль дневного света, как правило, нестабильна.

Результатом проектирования стала разработка освещения отдельных витрин и выставочных зон, которое демонстрируют соответствие параметров освещенности светотехнического проекта нормируемыми значениям. Проектирование освещения осуществлялось с учетом факторов [1–3] защиты экспонатов от деградации, сохранения их целостности и задачей надлежащего показа и демонстрации музейных экспонатов.

Выводы

Важной особенностью для музея является присутствие света, которое служит продолжением или неотъемлемой частью экспозиции. Сотворение атмосферы показа предполагает свет, с характеристиками удовлетворяющим нормам и правилам в сочетании с творческим замыслом и идеей продуманной подачи.

Настоящая работа направлена на этот созидательный образ и воплощение идеи гармонично встроенного света, что привлекает, удивляет и окликается в глазах смотрящего. Современные источники света и оборудование позволяют дополнить и скорректировать световое решение, придать акценты и настроить свет.

Список литературы

1. ПНСТ 392-2020. Музейное освещение. Освещение светодиодами. Нормы: - срок действия с 2020-08-01 до 2023-08-01.
2. *Чафонова В. Г.* Музейное освещение: уч. пособие/. – СПб.: СПбГИКиТ, 2019. – 94 с.
3. *Piana E.A., Merli F.* Lighting of Museums and Art Galleries // Journal of Physics: Conference Series, URICSE 2020. – 9 p. – doi:10.1088/1742-6596/1655/1/012138.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ
СВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ**

*Олейник И.А., студент; Нестеркина Н.П., ст. преподаватель,
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск; Журавлёва Ю.А.,
к.т.н, доцент, РТУ МИРЭА, г. Москва (к.т.н., доцент, НИУ «МЭИ»,
г. Москва)*

SIMULATION OF COOLING ELEMENT FOR LED MODULE
*Oleinik I.A., student; Nesterkina N.P., senior lecturer, National Research
Mordovia State University, Saransk; Zhuravleva Yu.A., Candidate of
Technical Sciences, Associate Professor, RTU MIREA, Moscow (Candidate
of Technical Sciences, Associate Professor NRU «MEI», Moscow)*

Аннотация

В статье приведены результаты моделирования макета охлаждающего элемента для светодиодного модуля. Представлен расчет теплового режима радиатора. Выполнено тепловое моделирование в программе *COMSOL Multiphysics*.

Abstract

The article presents the results of modeling the layout of the cooling element for the LED module. The calculation of the thermal mode of the radiator is presented. Thermal modeling was performed in the COMSOL Multiphysics program.

Ключевые слова: светодиодный модуль, охлаждение, радиатор, тепловое моделирование

Keywords: *LED module, cooling, radiator, thermal modeling*

Введение

Тепловой режим оказывает непосредственное влияние на продолжительность и безопасность работы любого светодиодного (СД) прибора, будь то светильник, прожектор или облучатель. При несоответствии теплового режима СД приборов и температурных характеристик, примененных в них комплектующих изделий и материалов, продолжительность работы приборов снижается. На светотехнические характеристики СД прибора значительное влияние оказывает температура, в результате чего применение отражающих покрытий с коэффициентами отражения, зависящими от температуры, приводит к ухудшению качества этих покрытий. Поэтому при проектировании СД прибора необходимо промоделировать его тепловой режим.

Метод исследования

При проведении моделирования охлаждающего элемента для СД модуля использовался метод расчета площади радиатора [1] и программа *COMSOL Multiphysics* для теплового моделирования [2]. Исходными для

оценки и расчета теплового режима СД светового прибора являются следующие сведения:

- данные о температуре на источнике света (ИС) и зависимости его параметров от окружающей температуры;
- данные о балансе энергии ИС;
- теплотехнические характеристики материалов, применяемых в СД приборе.

Тепловая модель конструируемого устройства позволяет определить важнейшие характеристики будущего изделия: количество светодиодов, плотность размещения светодиодов, оптимальный режим работы, энергоэффективность, параметры конструкции.

Существуют различные способы и средства охлаждения светодиодных световых приборов, характеризующиеся следующими свойствами:

- конструкция СД прибора и его составных частей;
- способ теплоотвода (пассивный, активный);
- тип охлаждающего элемента (геометрические параметры профиля, окраска, шероховатость);
- материал охлаждающего элемента (медь, алюминий, керамика, пластмасса).

При использовании пассивных методов охлаждения СД модулей отвод тепла обеспечивается радиатором из теплопроводного материала и естественной конвекцией воздуха. Такой метод охлаждения используется в 90 % СД приборов.

Радиатор светового прибора отводит и рассеивает тепло от ИС в окружающую среду на максимально удаленное расстояние от СД модуля.

Основным параметром пассивного радиатора является площадь его поверхности. Чем больше площадь, тем эффективнее отвод тепла. Для продолжительной и эффективной работы светодиода необходимо подобрать соответствующий материал для радиатора.

Его выбирают по значению показателя теплопроводности, который должен составлять от 6 до 10 Вт/м²·К. При более низком показателе радиатор не полностью будет отводить тепло от СД, а при значении выше 10 Вт/м²·К эффективность работы радиатора не возрастет, а затраты на материал будут лишней тратой финансовых ресурсов.

Самыми распространенными материалами для радиаторов считаются алюминий, керамика, медь.

Основным материалом для изготовления пассивных охлаждающих элементов является алюминий. Это объясняется его высокой теплопроводностью, низкой стоимостью в сравнении с другими теплопроводными материалами, относительно невысокой удельной плотностью, технологичностью и обрабатываемостью.

СД радиатор чаще всего изготавливают из пресованного алюминия, поскольку он лучше других материалов отводит тепло.

Одним из основных недостатков алюминиевого радиатора для светодиодов является большое количество слоев в изделии, что способствует появлению переходного теплового сопротивления.

Чтобы уменьшить тепловое сопротивление в изделие добавляют материалы, обладающие теплопроводными свойствами и заполняющие воздушные прослойки (клеящие вещества, изоляционные пластины).

Результаты

Моделирование охлаждающего элемента выполняется для светодиодного модуля мощностью 50 Вт. В моделируемом охлаждающем элементе функцию теплоотвода выполняет корпус-радиатор.

Максимальное тепловое сопротивление от радиатора в окружающую среду рассчитаем по формуле:

$$R\Theta_{h-a} = \frac{T_j - T_a - R\Theta_{j-sp} \cdot P_d - R\Theta_{sp-h} \cdot P_d}{P_d} \quad (1)$$

где T_j – максимальная температура перехода, °С;

T_a – температура окружающей среды, °С;

$R\Theta_{j-sp}$ – сопротивление от перехода к точке пайки, °С/Вт;

$R\Theta_{sp-h}$ – сопротивление от точки пайки к радиатору, °С/Вт;

P_d – мощность рассеяния постоянного тока, Вт.

Тепловое сопротивление $R\Theta_{h-a}$ также может вычисляться по формуле:

$$R\Theta_{h-a} = \frac{50}{\sqrt{S}}, \quad (2)$$

где S – площадь радиатора, см².

Из расчетов с помощью формул (1) и (2) определили, что примерная площадь радиатора для оптимального отвода тепла макета облучателя составляет 600 см². Трехмерная модель радиатора приведена на рисунке 1.

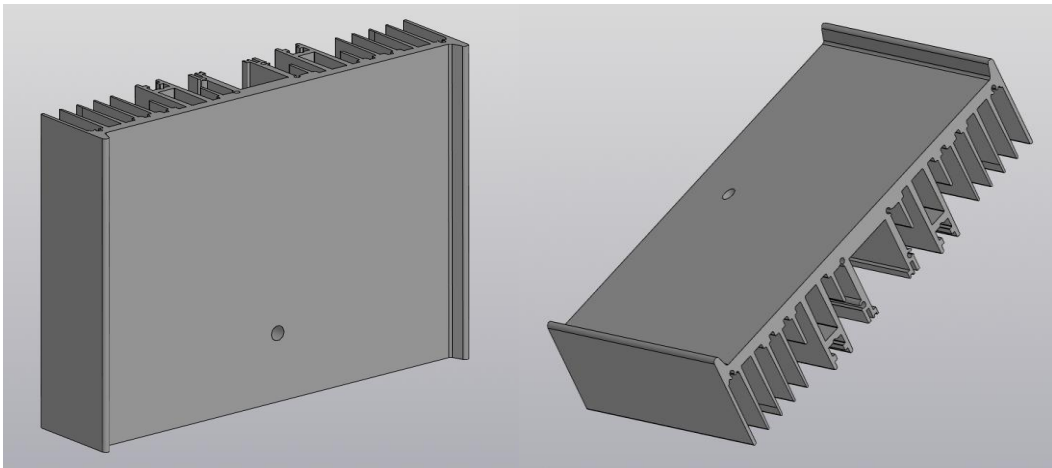


Рис. 1. Модель корпуса-радиатора для светодиодного модуля

Макетный образец радиатора создан для светодиодного модуля с суммарной потребляемой светодиодами и источником питания (ИП) мощностью 50 Вт. Светодиоды подключены последовательно-параллельно и потребляют ток 1,4 А. На рисунке 2 представлен светодиодный модуль, для которого выполнялось моделирование охлаждающего элемента. Модуль состоит из двух плат со светодиодами и линз из полиметилметакрилата.

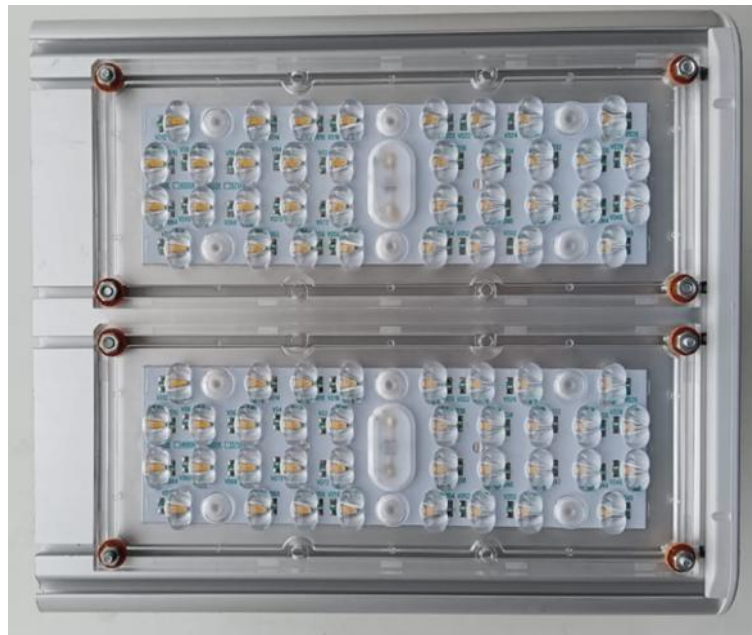


Рис. 2. Светодиодные модули

Тепловой менеджмент и определение наиболее эффективных габаритов радиатора для размещения светодиодов также целесообразно проводить с использованием различных САПРов. На рисунке 3 приведен пример теплового моделирования с использованием программы *COMSOL Multiphysics* [2].

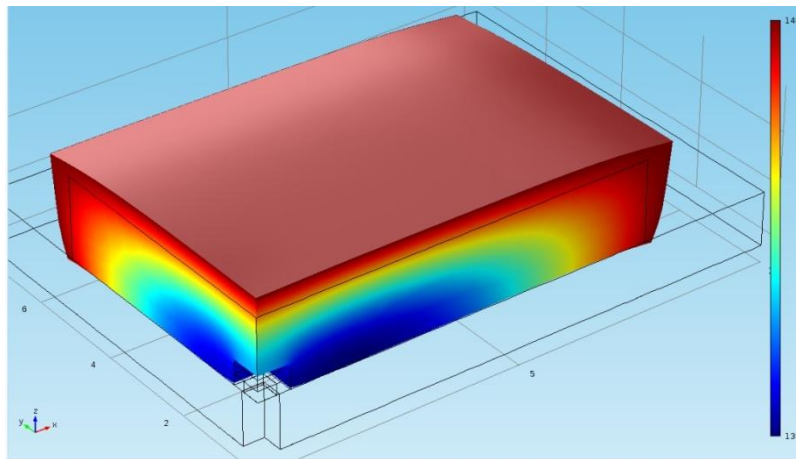


Рис. 3. Тепловое моделирование в программе *COMSOL Multiphysics*

Обсуждение

В используемом программном комплексе анализ переноса теплоты за счёт теплопроводности, конвекции и излучения осуществляется с помощью инструментов модуля «Теплопередача», входящего в состав основной программы. Функциональные возможности модуля «Теплопередача» позволяют выполнять тепловые расчёты и анализировать влияние тепловых нагрузок на различные физические модели и сложные конструкции. Программный комплекс *COMSOL* позволяет моделировать распределение температуры и плотности теплового потока в различных устройствах, деталях и объектах. Благодаря встроенным инструментам мультифизического моделирования в рамках одной расчётной задачи можно с лёгкостью описать несколько взаимосвязанных физических процессов для выполнения виртуальных исследований реальных характеристик различных систем и конструкций.

Выводы

В результате работы был смоделирован охлаждающий элемент для светодиодного модуля, построена его тепловая модель в программе *COMSOL Multiphysics*

Список литературы

1. Атес С., Юртсевен М. Б., Онайгил С. Проектирование с использованием теплового моделирования промышленных светильников с бескорпусными СД / С. Атес, М. Б. Юртсевен, С. Онайгил. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 2018. – № 6. – С. 24–32.
2. Тепловой анализ с помощью инструментов модуля «Теплопередача» – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.comsol.ru/heat-transfer-module> (дата обращения: 22.07.2023 г.)

ОСВЕЩЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

*Онищук А.В., бакалавр; Лебедкова С.М., к.т.н., профессор,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

LIGHTING OF THE SPACE STATION PREMISES

*Onishchuk A.V., bachelor, Lebedkova S.M., Candidate of Technical
Sciences, professor, NRU "MPEI", Moscow*

Аннотация

Были рассмотрены основные проблемы, которые характерны для космических станций, выбраны три основных помещения для проектирования. Это помещения для сна и отдыха, занятия спортом и лаборатории. На основе норм, которые находятся в открытом доступе, составлены нормируемые показатели световой среды. В помещениях выбраны цвета отделки, которые подходят под виды работ на космической станции. Предложено изменение цветовой температуры светильников в течение дня для регулировки циркадных ритмов космонавтов. Разработаны две концепции освещения прямого и отражённого света.

Abstract

The main problems that are typical for space stations were considered, three main rooms for design were selected. These are rooms for sleeping and relaxing, sports and laboratories. On the basis of the norms that are in the public domain, the normalized indicators of the light environment are compiled. The finishing colors that are suitable for the types of work on the space station are selected in the premises. It is proposed to change the color temperature of the lamps during the day to adjust the circadian rhythms of astronauts. Two lighting concepts of direct and reflected light have been developed.

Ключевые слова: освещение, свет, космос, космическая станция, циркадные ритмы

Keywords: *lighting, light, space, space station, circadian rhythms*

Введение

Человек по своей физиологии зависит от света. И в жизни всех людей освещение играет важную роль, ведь оно влияет на здоровье, настроение и работоспособность людей. Свет помогает людям бороться с болезнями, выращивать различные растения и даже восполнять необходимые витамины.

Сочетание правильно подобранного цвета и света помогает людям чувствовать себя комфортно даже без естественного освещения. Такие условия существуют на подводных лодках, в различных шахтах и даже на Международной космической станции (МКС), на которой естественный свет невозможно использовать для освещения из-за

недолгого нахождения станции на освещенной части орбиты. Целью данной работы является разработка и расчет комфортной светоцветовой среды ряда помещений МКС.

Основные этапы решения поставленной задачи

1. Выбор основных параметров световой среды

Нормы для освещения на космических станциях найти достаточно трудно, так как много информации засекречено. Существует ГОСТ Р 50804-95 [1], в котором есть нормы освещения на рабочих поверхностях элементов обитаемых отсеков пилотируемых космических аппаратов.

В открытом доступе находятся нормы освещенности интерьеров американских сегментов. В них показатели освещенности уже выше.

Также существует работа [2], в которой авторы смогли составить рекомендуемые значения нормируемых параметров освещения в рабочих помещениях на космических станциях на основе [1] и нормах освещенности интерьеров американских сегментов МКС. Опираясь на их рекомендации, были выбраны нормы освещенности для проектируемых помещений.

2. Особенности освещаемых помещений

Рабочей плоскостью является почти вся поверхность внутреннего помещения, включая стены и потолки, т.к. космонавты находятся в невесомости и для увеличения количества оборудования на космической станции его устанавливают на всех поверхностях.

Невозможность использования естественного света в освещении из-за короткого времени прибывания космической станции на освещенной части орбиты.

Из-за отсутствия естественного света для решения проблемы «сенсорной депривации», т.е. недостатка внешних информационных и эмоциональных воздействий, необходимо создать с помощью осветительного оборудования земной цикл смены цветовой температуры в течение дня [3].

Также из-за отсутствия естественного света у космонавтов сбиваются циркадные ритмы.

3. Характеристика объекта проектирования

Первое помещение – это отсек для занятия спортом (3х3х2.5 м), так как космонавты длительное время находятся на станции в невесомости, их мышцы начинают атрофироваться и поэтому космонавтам необходимо тренироваться каждый день для поддержания тонуса мышц. Второе помещение – это отсек лаборатории (4х2.5х2.5 м), где космонавты будут проводить исследования и выполнять различные работы. Третье помещение – это отсек для сна и отдыха (1х1х2.2 м).

4. Цветовая отделка

Для того чтобы решить проблему с небольшими размерами помещений необходимо основным цветом в отделке выбрать белый цвет. Он будет визуально расширять пространство и уменьшать давление на

космонавтов. Для создания более привычных земных условий, необходимо сделать потолок более светлым, чем пол. Делать всю отделку одним цветом нельзя, так как отсутствие разнообразия цветов может приводить к «сенсорной депривации». Поэтому предлагается использовать другие яркие цвета на маленьких элементах интерьера и оборудовании. В лаборатории решено использовать оранжевый. Этот цвет бодрит и снимает усталость. В помещении для занятия спортом был выбран синий цвет в отделке. Он снимает эмоциональное напряжение и вызывает чувство покоя. В помещении для сна и отдыха был выбран зеленый цвет. Этот цвет помогает снять напряжение, стабилизирует давление и сердечную деятельность.

5. Циркадные ритмы

Из-за невозможности использования естественного света на космической станции у космонавта возникают проблемы со сном и работоспособностью. Поэтому необходимо воздействовать на циркадные ритмы космонавтов и регулировать их под земной цикл смены дня и ночи. Циркадный ритм – это физиологический процесс, который регулирует длительность и смену фаз активности и покоя у живых организмов. Определяет цикл сна и бодрствования, а также влияет на другие биологические процессы, такие как пульс, давление, пищеварения и т.д.

Одну из важных ролей в регулировке цикла сна и бодрствования играет гормон мелатонин, который вырабатывается в шишковидной железе. Сон обычно происходит, когда уровень мелатонина высок, а бодрствование происходит, когда уровень мелатонина в плазме крови низкий. Из работы [4], в которой была описана модель подавления мелатонина, и предстандарта [5] можно выделить общую информацию, что для эффективного подавления мелатонина необходима синяя составляющая спектра света с максимальной интенсивностью на 480 нм. Необходимо использовать набор светодиодов в светильнике с разным спектром, основываясь на технологии *Tunabe White*. Это позволит подавлять мелатонин днём с помощью спектра с выраженной синей составляющей и наоборот, не подавлять выработку мелатонина вечером для правильного сна. Важно также учитывать и вредное влияние синего излучения на глаз человека, такие как повреждения сетчатки, роговицы, а также не правильная реакция зрачка на излучение. Важно учитывать возраст космонавтов, ведь от этого параметра также зависит реакция организма на свет.

6. Цветовая температура

Из норм [2], освещенность на тренажере, оборудовании и на эранах ноутбуков должна составлять 300 лк. При ведении записей освещенность составляет 500 лк. Данные требования удалось выполнить в представленных далее концепциях. Для решения проблемы «сенсорной депривации» цветовая температура будет плавно изменяться от 3000 К до 4000 К в течение дня, так как данный диапазон удовлетворяет

комфортным условиям по кривой Круитхофа для выбранных параметров освещенности.

Концепции приемов освещения

Помещение для сна и отдыха имеет небольшие размеры, поэтому осветительная установка выполнена с помощью прямого света от светильника с глубокой КСС, который располагается по середине помещения на потолке. Поток осветительного прибора составляет 880 лм. Его размер 110x110x70 мм.

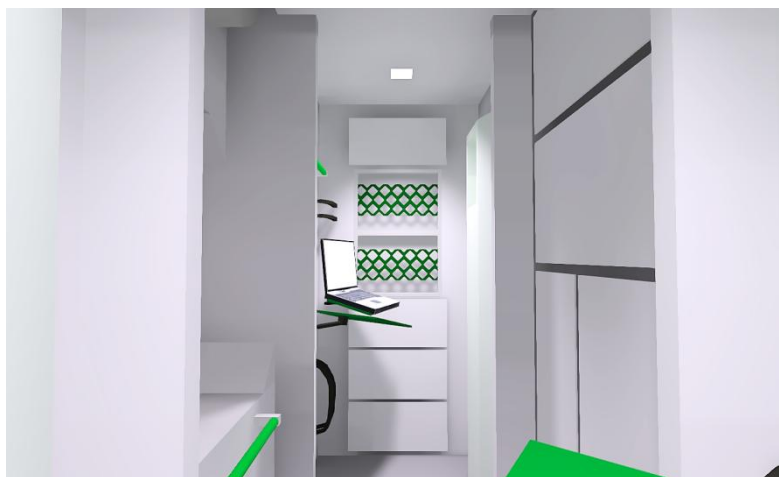


Рис. 1. Визуализация помещения для сна и отдыха.

В помещениях для занятия спортом и лаборатории созданы две концепции:

- Прямого света

Светильники располагаются на стыке стен и потолка. Это позволяет увеличить свободное место на поверхностях, на которых можно расположить различную технику и приборы. Была выбрана широкая КСС для уменьшения габаритной яркости от светильника в направлении центра помещения. Поток осветительного прибора составляет 800 лм. Его размер 500x100x50 мм.

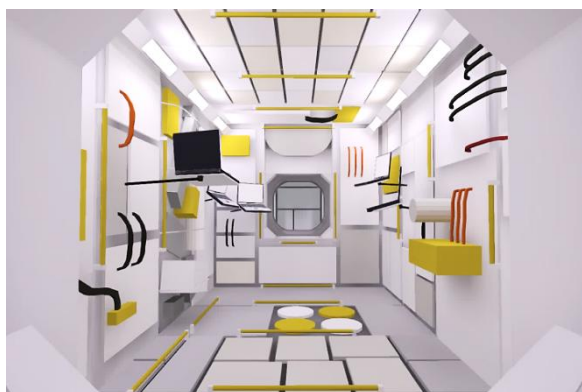


Рис. 2. Визуализация помещения лаборатории

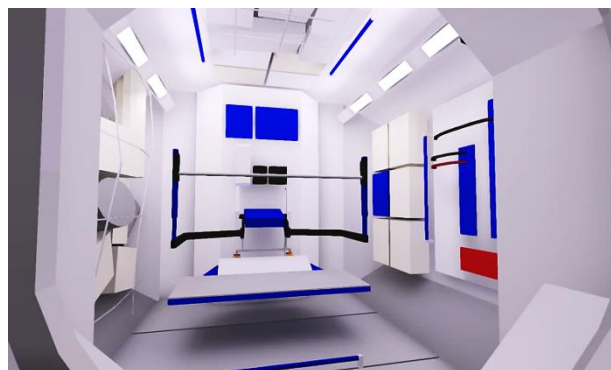


Рис. 3. Визуализация помещения для занятия спортом

- Отраженного света

Светильники также располагаются на стыке стен и потолка, но направлены в обратную сторону на отражающую поверхность. Данное решение позволяет уменьшить габаритную яркость от светильников, тем самым сделать прибывания космонавтов на станции более комфортным. Поток осветительного прибора составляет 1200 лм. Его размер 600x110x70 мм.



Рис. 4. Визуализация помещения лаборатории

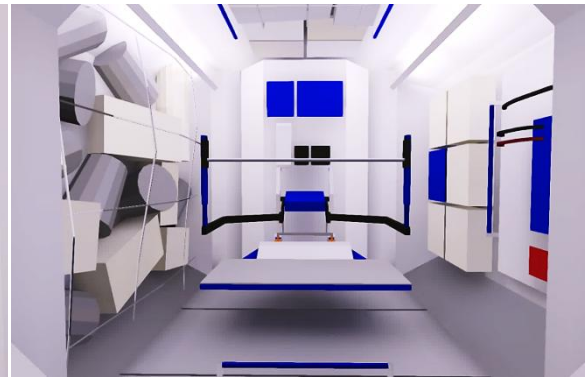


Рис. 5. Визуализация помещения для занятия спортом

Заключение

Для выбора между концепциями следует исходить из возможностей питания осветительного оборудования. Чтобы уменьшить слепимость космонавтов необходимо использовать систему с отраженным светом, но для того, чтобы создать необходимую норму освещенности потребуются большие мощности, нежели с системой прямого света. В данной работе осветительная установка с отражённым светом потребляет на 50 % больше энергии, чем установка прямого света, при условии одинаковой светоотдачи.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате.
2. *Беляев Р.И.* Об освещении помещений орбитальных космических станций / Р.И. Беляев, А.В. Леонов // *Светотехника* – 2007. – №4. – С. 41–44.
3. *Айзенберг Ю.Б.* Справочная книга по светотехнике – 4-е изд. – 2019. – 892 с. – ISBN 978-5-6043163-0-6.
4. Mark S. Rea. A model of phototransduction by the human circadian system – 2005. – С. 213–228.
5. DIN SPEC 5031-100:2015-08. Optical radiation physics and illuminating engineering – Part 100: Non-visual Effects of ocular light on human beings // Quantities, symbols and action spectra. 2015.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОСПРИЯТИЯ СЛОЖНЫХ
ЦВЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЦВЕТОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ**

*Панарин Г.А., студент; Снетков В.Ю., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

**RESEARCHES OF PECULIARITIES PERCEPTION OF COMPLEX
COLOURED OBJECTS AND COLOUR PREFERENCES**

*Panarin G.A., student; Snetkov V.Y., Candidate of Sciences, Associate
Professor, National Research University "MPEI", Moscow*

Аннотация

В работе описаны созданная нами установка, методики исследований и многочисленные экспериментальные данные по зрительному восприятию сложных объёмных цветных объектов и цветовому предпочтению людей при разных уровнях освещённости. Нами апробирован новый объективный инструмент оценки зрительного восприятия – количество видимых граней объёмного многогранника, с помощью которого определены лучшие для восприятия цвета сложного объекта. Результаты наших субъективных измерений по цветовым предпочтениям находятся в хорошем соответствии с данными публикации Чжен Хуана с соавторами и Питера Бодроги с соавторами.

Abstract

The publication describes the installation of its own design, research methodology and experimental data on the visual perception of complex volumetric colored objects and the color preference of people in different places of illumination. We have tested a new objective tool of visual perception – the number of visible faces of a three – dimensional polyhedron, by means of which the best detection of the color of a complex object is achieved. The results of our subjective measurements of color preferences are in good agreement with the data published by Zheng Huang et al. and Peter Bodrogi et al..

Ключевые слова: зрительное восприятие, цвет, освещенность, сложные объекты, цветовые предпочтения

Keywords: *visual perception, color, illumination, complex objects, color preferences*

Введение

В настоящее время нет единого мнения о факторах, определяющих зрительное восприятие и распознавание объектов. В ряде работ [1, 2, 4] исследуются разные параметры, влияющие, по мнению авторов, на суммирование информации, ошибки и механизмы восприятия информации. В данной работе нами была предпринята попытка определить влияние цвета сложного объёмного цветного объекта и уровня освещенности на зрительное восприятие человека. Ставится

задача создать установку, провести экспериментальные исследования и, тем самым, освоить объективный инструмент оценки зрительного восприятия – определение количества видимых граней объёмного многогранника для актуальных практических применений, в частности выбора цвета объекта для его поиска и распознавания в разных условиях освещения. Ещё одна задача – продолжить исследования цветовых предпочтений других авторов [1, 3], у которых отсутствуют световые и цветовые параметры исследуемых цветов.

Методики исследования

Для того, чтобы рассмотреть интересующие нас вопросы, были проведены два эксперимента. В качестве объектов для экспериментов выступали гипсовая модель икосаэдра (20 граней) с диаметром 15 см и модель в виде плоской фигуры птицы. В качестве наблюдателей (7 человек) выступали, в основном, студенты мужского и женского пола возрастом 22–25 лет. Для проведения экспериментов была сконструирована световая камера (рис. 1а) с размером видимого светового окна $50 \times 55 \times 50$ см, угловой размер фона, которой составляет $20^\circ \times 20^\circ$. Стенки и пол камеры были равномерно покрашены серой матовой краской. Измерения спектральных коэффициентов отражения сторон цветных объектов производилось с помощью спектрофотометра СФ–56. В табл. 1 приведены результаты расчёта параметров объектов.

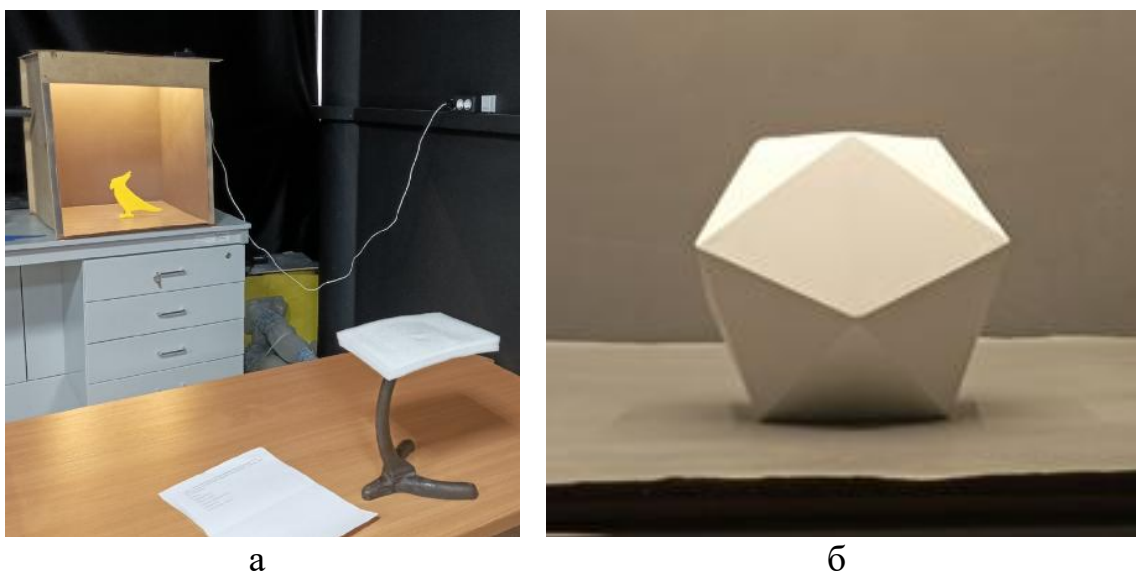


Рис. 1. Установка для эксперимента: а – световая камера; б – модель икосаэдра

Выбор цветовой палитры основывался на исследованиях в области проблематики цветовых предпочтений и на применяемых цветах в дорожной транспортной сфере и других областях [5, 6, 7].

Таблица 1. Параметры цветовых образцов

Цвет	Координаты цвета			Координаты цветности			Интегральный коэффициент отражения	Доминирующая длина волны: нм
	X	Y	Z	x	y	z		
Серый	14,66	13,296	4,6574	0,4495	0,4077	0,1428	0,1330	590,5
Желтый	73,29	60,139	2,2176	0,5403	0,4434	0,0163	0,6014	586,1
Синий	6,52	7,8098	9,2033	0,2769	0,3319	0,3911	0,0781	486,9
Красный	35,98	19,795	1,9909	0,6229	0,3427	0,0345	0,1979	613,4
Белый	91,164	81,319	25,803	0,4598	0,4101	0,1301	0,8132	588,9

Для проведения экспериментов были подготовлены 4 модели желтого, красного, синего и белого цветов икосаэдра (рис. 1б) и 4 модели попугая тех же цветов. В первом эксперименте наблюдателю необходимо подсчитать количество граней икосаэдра за ограниченный промежуток времени равный 30 секундам и за более длительный период времени 2–3 минуты. После подсчета граней, испытуемый по шкале качества [8], должен оценить цветовое предпочтение объекта. Измерения производятся в двух положениях икосаэдра. В эксперименте предусматривается четыре уровня освещённости: 150, 300, 400, 500 лк и четыре одинаковых объекта разного цвета. Перед началом эксперимента все наблюдатели должны пройти тест по таблице Рабкина для проверки цветового зрения. Важно заметить, что перед началом выполнения эксперимента с любым из цветов, наблюдателю необходимо пройти цветовую адаптацию 5 минут.

Во втором эксперименте определяется исключительно цветовая предпочтительность. По шкале качества [8] испытуемый должен оценить цветовое предпочтение объекта, сделанного в форме птицы. Эксперимент также предполагает изменение уровня освещённости: 150, 300, 400, 500 лк и изменение цвета объекта на цвета, упомянутые ранее. В качестве источника света выступала светодиодная лента компании *Feron* с цветовой температурой в 3000 К, световым потоком 1100 лм и мощностью 11 Вт. Стоит отметить, что на кривой Круитхофа данные уровни освещенности входят в диапазон «комфортных» значений.

Результаты исследования

Для обработки результатов, полученных в ходе экспериментов, использовался метод обработки статистических данных – метод двухфакторного дисперсионного анализа. Данный метод хорошо подходит для обработки статистических данных и проверки гипотез о влиянии различных факторов друг на друга. При использовании данного метода учитывались 2 фактора, цвет и освещенность, а также проверялось влияние этих факторов на количество видимых граней многогранника. Гипотеза 1 – цвет влияет на количество видимых граней. Гипотеза 2 – освещенность влияет на количество подсчитываемых

граней. Гипотеза 3 – освещенность и цвет совместно влияют на число видимых граней. Пример данных по числу видимых граней при $E=150$ лк для разных цветов объекта приведён в таблице 2.

Таблица 2. Среднее значение результатов эксперимента 1 по двум положениям икосаэдра при освещенности 150 лк

№ Наблюдателя	1	2	3	4	5	6	7	Среднее
Кол-во граней, синий	8	7	6	9	9	8,5	8,5	8,0
Кол-во граней, красный	9	6,5	6	8,5	8,5	9	7	7,8
Кол-во граней, желтый	7	7	5,5	8	9	9	6,5	7,4
Кол-во граней, белый	7	5	6	8,5	7	8,5	6	6,9

По результатам обработки данных эксперимента 1 можно заметить, что лучшими цветами при распознавании оказались красный и синий цвета на сером фоне. При сравнении средних значений подсчитанных граней в эксперименте 1 установлено, что наблюдатели различили в среднем на 10 % и 9 % больше граней у объекта красного и синего цветов соответственно по сравнению с белым, а также на 7 % больше у объекта желтого цвета по сравнению с белым. Используя метод двухфакторного дисперсионного анализа, была получена зависимость влияния цвета и освещенности на процесс распознавания. Выделить, какой именно цвет: красный или синий повлиял на результаты при данной выборке, не представляется возможным, но зато мы получаем подтверждение факта влияния освещенности и цвета, а также взаимодействие данных факторов на процесс распознавания.

В исследовании цветовых предпочтений (эксперимент 1), лидирует красный цвет икосаэдра на сером фоне с отклонением на 20 % выше среднего. Синий цвет оценивается также высоко – с отклонениями от среднего в положительную сторону в 10 %, в то время как белый цвет не понравился наблюдателям. При анализе результатов установлено, что в исследованиях по цветовым предпочтениям для разных объектов респонденты отдают предпочтение освещенности 300 лк. При обработке результатов эксперимента 2 выяснилось, что к объекту в форме птицы, больше подходят синий и желтый цвета, поскольку набирают они на 12 % и 17 % соответственно выше среднего. Предпочтительными цветами для икосаэдра являются красный и синий.

Обсуждение

По итогам нашей работы была установлена зависимость влияния цвета и освещенности на процесс распознавания объектов сложной формы. Освоен новый объективный инструмент оценки зрительного восприятия – определение количества видимых граней объёмного многогранника, с помощью которого определены лучшие для восприятия цвета сложного объекта. Наша работа – продолжение и развитие исследований [1, 2, 3, 4]. Дальнейшие эксперименты предполагаем проводить при других цветах объектов и фона с большим числом

наблюдателей. Результаты нашего эксперимента 2 для модели птицы по цветовым предпочтениям совпадают с исследованиями [1].

Выводы

В данной работе была выявлена зависимость цвета и уровня освещенности на распознавание объекта сложной формы. Лучшие результаты по количеству определённых граней икосаэдра получены для красного и синего цветов на сером фоне (их параметры в табл.1). В эксперименте по цветовым предпочтениям лучшими оказались синий и красный или жёлтый цвета на сером фоне (их параметры в табл.1).

Список литературы

1. *Хуан Ч. и другие.* Зависимость цветовых предпочтений от пола: предварительное исследование // Светотехника – 2020. – №4. – С. 23–30.
2. *Грегори Р.Л.* Глаз и мозг: Психология зрительного восприятия / Р.Л. Грегори – М.: Книга по Требованию, 2013. – 282 с.
3. *Bodrogi, P., Carella, D., Khanh, T.,* Weighting the Relevance of the Different Colours in Subjective Assessments of Colour Preference // Light & Engineering. – 2020. – Vol.28, No.3. – P.37–46.
4. Электронный ресурс: <https://new-science.ru/kak-mir-sozdaetsya-v-golove/> (дата обращения: 08.06.2023)
5. ГОСТ 12.4.026-2015. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Дата введения 2017-03-01.
6. ГОСТ 32945 – 2014. Дороги автомобильные общего пользования. Знаки дорожные. Дата введения 2016-09-08.
7. ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Дата введения 1971-01-01.
8. ГОСТ 26320-84. Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений. Дата введения 1985-06-30.

**ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОСВЕЩЕНИЯ ВИТРИН В
ЮВЕЛИРНОМ МАГАЗИНЕ**

*Патарашвили А. Н., студент; Макаров Д. Н., к.т.н., старший
преподаватель, НИУ «МЭИ», г. Москва*

**INNOVATIVE MODEL OF WINDOW LIGHTING IN A JEWELRY
STORE**

*Patarashvili A. N., student; Makarov D. N., Candidate of Technical
Sciences, senior lecturer, NRU "MEI", Moscow*

Аннотация

В настоящей статье делается попытка разработки новой системы освещения витрин с ювелирными изделиями. Концепция освещения витрин состоит из двух составляющих. Первая, для общего равномерного освещения используется линейная светодиодная система на основе светодиодной ленты со специальными светотехническими характеристиками, помещенная в специальный профиль. Вторая составляющая - это акцентное динамическое освещение для создания эффекта «игры света» драгоценных камней, что положительно влияет на визуальное восприятие изделий у наблюдателей, т.к. помогает раскрыть уникальные оптические свойства металлов и камней при отсутствии смены угла обзора. Анализ светотехнического рынка и световых приборов показал, что реализовать акцентную динамическую систему освещения для витрин невозможно без разработки совершенно нового светильника. Для этого нами была разработана специальная 3D модель светового прибора в программе *SolidWorks*. Были определены основные светотехнические и эксплуатационные характеристики будущего светового прибора: минимальные геометрические размеры (40x15) мм, коррелированная цветовая температура 6500 К, показатель цветопередачи $CRI > 90$, цифровое управление для возможности создания динамического освещения от группы светильников. Благодаря оптическим расчетам в программе *TracePro*, делается попытка определить наиболее подходящие параметры используемой в светильнике оптической системы.

Abstract

This article attempts to develop a new lighting system for jewelry display cases. The concept of window display lighting consists of two components. For general uniform illumination, a linear LED system based on an LED strip with enhanced lighting characteristics placed in an angular profile and accent dynamic lighting to create the effect of a "play of light" of precious stones, positively affecting the visual perception of products by observers, which will help to reveal the unique optical properties of metals and stones in the absence of a change in the viewing angle. An analysis of the lighting market and lighting devices has shown that it is impossible to implement an accent dynamic lighting system for showcases without

developing a completely new luminaire. To do this, we have developed a special 3D model of the lighting device in the SolidWorks program. The main lighting and operational characteristics of the future lighting device were determined: minimum geometric dimensions (40x15 mm), correlated color temperature 6500 K, color rendering index CRI >90, digital controls for the possibility of creating dynamic lighting from a group of luminaires. Thanks to optical calculations in the TracePro program, we are trying to determine the most suitable parameters for the optical system used in the luminaire.

Ключевые слова: ювелирный магазин, *SolidWorks*, *TracePro*, *3ds Max*, бриллиант, концепция освещения, разработка светильника, интеллектуальное освещение

Keywords: *jewelry store, SolidWorks, TracePro, 3ds Max, diamond, lighting concept, luminaire development, smart lighting*

Введение

Профессия светотехника открывает невероятные возможности. Её деятельность способна лечить, способна воздействовать на психологическое состояние, настроение, мысли, менять отношение к различным вещам. Свет даёт огромное поле для научных, творческих, технических исследований и экспериментов.

Речь в данной статье пойдёт об освещении ювелирных салонов, об усовершенствовании методики освещения, которая существует на сегодняшний день. А также о том, с помощью каких световых приборов это будет возможно. Для этого в программе *3ds Max* спроектировано помещение и все необходимые детали, которые должны присутствовать в ювелирном магазине. Общее освещение в настоящей работе не рассматривается, поскольку по освещению торговых помещений имеются многочисленные книги и статьи, а также существуют действующие нормы и правила. Поэтому погрузимся в самое интересное и сложное с технической точки зрения, в самое сердце витрины. В работе [5] представлено обширное эмпирическое исследование в течение 5 недель в магазине модной одежды класса люкс, расположенном в одном из самых модных и многолюдных торговых районов Милана. В ней было доказано, что внедрение интеллектуального освещения в витринах магазинов вовлекает людей сенсорно и эмоционально, вызывает реакции. Данная методика позволит улучшить эстетику и самое главное подчеркнуть ювелирное искусство.

В публикации подробно описаны шаги, которые были предприняты для улучшения сегодняшней системы освещения, а также предложения и методы специального подхода.

Методы исследования

Освещение витрин до сих пор является непростой, но актуальной задачей. Исходя из метода оценки, можно условно выделить некачественное, безразличное и качественное освещение.

Некачественное освещение не позволяет быстро и легко увидеть желаемое. Например, присутствует недостаточный или чрезмерный свет, неравномерность, вуалирующие отражения — всё это может привести к симптомам визуального дискомфорта, который присутствует при таком типе освещения. Безразличное освещение позволяет быстро и легко увидеть необходимое и не вызывает визуального дискомфорта, но никак не влияет благоприятно на зрительное восприятие. При качественном освещении быстро и легко видно желаемое, не возникает визуального дискомфорта, и появляются положительные эмоции у наблюдателя.

Сегодня для освещения витрин в ювелирных магазинах в большинстве случаев используют светодиодные ленты, которые неплохо справляются со своей задачей, но в некоторых случаях имеют ряд недостатков. Во-первых, нельзя не сказать, что присутствует слепящее действие, возникающее из-за их неправильного расположения, а также блики на защитном стекле. Кроме того, наблюдается неравномерное освещение и отсутствие индивидуального подхода к драгоценным камням, которые представляют наибольшую ценность.

Для проектирования витрины была использована программа *3ds Max*. Во избежание вышеперечисленных ошибок и с учетом статей, посвященных витринному освещению, а также рекомендаций из литературы, была использована светодиодная лента, но только теперь помещенная в специальный профиль. Благодаря этому формируется диффузно рассеянный световой пучок, который позволит уменьшить слепящее действие, а также исключить вуалирующие отражения на защитном стекле.

Драгоценные камни вызывают особый интерес для данного исследования, поскольку именно на них можно воссоздать неповторимый эффект. Для данной части работы в *3ds Max* и при использовании трассировщика лучей Corona Renderer была создана модель бриллианта с классической огранкой, присвоен необходимый материал, который будет повторять все его уникальные оптические свойства. На данной модели было построено 3 вида освещения: с помощью нескольких миниатюрных прожекторов (рис. 1а), освещение светодиодной лентой (рис. 1б), светодиодная лента с дополнительным применением миниатюрных прожекторов (рис. 1в). Тут хотелось бы отдельно отметить, какие возможности даёт компьютерная графика, которая позволяет визуализировать все изложенные варианты. При 3 варианте (рис. 1в) значительней раскрываются свойства бриллианта, появляется дополнительная дисперсия и акцентность, а также имеет место каустика. Таким образом, формируется целая система освещения, которая предполагает равномерный свет внутри витрины, а также точечное выделение формы и бликов драгоценных камней, раскрывающих зеркальную природу поверхности.

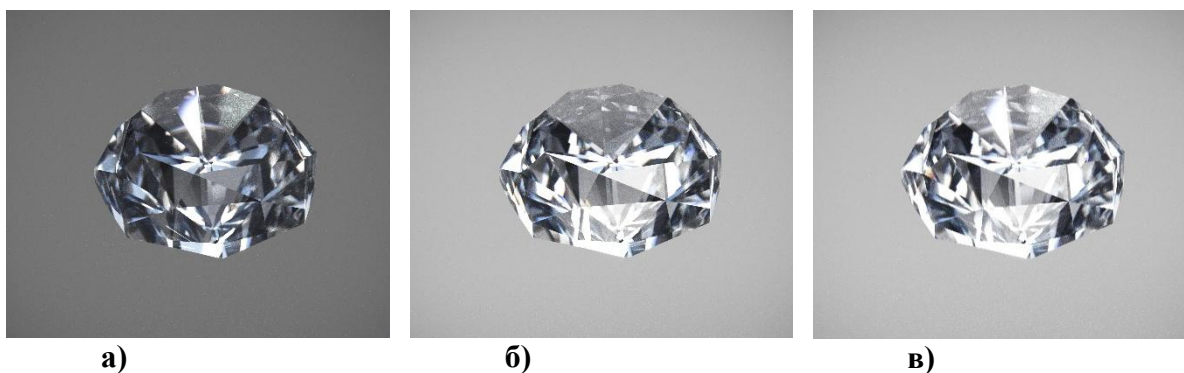


Рис. 1. Освещение бриллианта а) миниатюрными прожекторами; б) светодиодной лентой; в) светодиодной лентой с дополнительным применением миниатюрных прожекторов

Бриллианты на подлинность, чистоту и цвет проверяют методом сравнения с эталонным образцом при свете, имитирующем дневное освещение, поэтому все используемые источники имитируют спектр источника света (ИС) МКО *D65*. Данный ИС близок к солнечному свету в облачную погоду, коррелированная цветовая температура которого 6500 К. Но для выразительности и повышения привлекательности, а также для создания настроения следует добавить динамику и систему освещения, которая требует разработки нового светильника с системой управления и алгоритмом.

Отталкиваясь от световых приборов, которые создаются сегодня и активно внедряются в музейное освещение, была создана 3D модель светильника в программе *SolidWorks 2023* (рис. 2). Она включает в себя корпус с шарнирным креплением, радиатор и держатель для линзы. Благодаря этому этапу были намечены изменения, улучшения и новые решения для дальнейшей разработки уже нового светового прибора с узконаправленным пучком свечения и интерактивным действием.



Рис. 2. 3D модель светильника, созданного в программе *SolidWorks 2023*

Результаты

Была смоделирована система освещения для ювелирных изделий, которая предполагает разработку нового светового прибора. Подобраны характеристики: коррелированная цветовая температура 6500 К, угол свечения не более 8 градусов, показатель цветопередачи R_a более 90.

Данный светильник должен обладать небольшими размерами, чтобы не отвлекать внимание, а также цифровое управления для создания динамического освещения и проигрывания сценария. Всё это позволит изменить представление об освещении ювелирных магазинов, повысит привлекательность и создаст настроение посредством реализации системы освещения, невидимой для наблюдателя.

Обсуждение

На сегодня тема освещения ювелирного салона, а именно витрин, является одной из самых малоизученных. Но существует ряд публикаций, которые, так или иначе, затрагивают этот вопрос. Например, Овчаров А. Т. в [3] пишет, что в ювелирном магазине рекомендовано использовать комбинированное освещение, при котором общий свет равномерно организован по залу, а местный, для витрин, реализуется миниатюрными светильниками. Благодаря этому убираются блики на защитном стекле, поскольку освещенность изнутри витрины больше, чем снаружи. Кроме того, подобная тема рассматривается и в музейном освещении [2]. Всё это учтено в данной работе с поправками и доработками, а также использовалась информация о влиянии разных типов освещения на человека [5].

Выводы

Необходимо решение для освещения витрин ювелирного магазина, которое повысит эстетику и привлекательность драгоценных изделий. Для реализации идеи планируется разработать специальный светильник, обеспечивающий интеллектуальное освещение.

Список литературы

1. *Нюбин В.В., Широких Т.В.* Имитаторы цвета бриллиантов // светотехника. – 2001. – №6 – С.11–14
2. *Новаковский Л.Г., Боос Г.В.* Освещение музеев // Справочная книга по светотехнике. – 2019 – С.477–494
3. *Овчаров А. Т.* Освещение общественных зданий // Справочная книга по светотехнике. – 2019 – С. 460–467
4. *Широких Т.В., Иванов В.Е.* Определение цвета драгоценных камней // Светотехника. – 2023. – №2 – С.54–59
5. *Smart Lighting for Fashion Store Windows / Cremonesi, P., Di Rienzo, A., Garzotto, F., Oliveto, L., Piazzolla, P.* / Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces AVI – 13th ACM International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI 2016; Hotel Villa Romanazzi CarducciBari, 07-10.06.2016, Italy – 2016 – С.13–20

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

*Розин Д.Е., магистр; Фомин А.Г., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

ANALYSIS OF THE LIGHTING CONTROL SYSTEMS EXPEDIENCY

*Dmitry E. Rozin, M.Sc.; Alexander G. Fomin, Ph.D. of Engineering
Sciences*

National Research University MPEI, Moscow, Russia

Аннотация

Произведён анализ аспектов внедрения автоматизированных систем управления офисным освещением. На примере конкретного офиса с открытой планировкой произведены расчёты стоимостей жизненного цикла и сроков окупаемости для различных вариантов модернизации системы освещения. Произведено обобщение полученных данных, позволяющее предварительно оценить экономическую целесообразность внедрения системы автоматизированного управления в зависимости от количества и состава помещений освещаемого офиса.

Abstract

The analysis of automated office lighting control systems expediency has been considered. Basing on the case study of an open-plan office, life cycle costs and payback periods were calculated for various options for upgrading the lighting system. A generalization of the obtained data has been made, which makes it possible to preliminary assess the economic feasibility of automated lighting control system implementation, depending on the number and type of office premises.

Ключевые слова: Искусственное освещение, внутреннее освещение, управление освещением, экономия электроэнергии, экономическая целесообразность, стоимость жизненного цикла, срок окупаемости

Keywords: *Artificial lighting, indoor lighting, lighting control, energy savings, economic expediency, life cycle cost, payback period*

Введение

С каждым годом стоимость энергии продолжает расти, поэтому прикладывается всё больше усилий для минимизации энергопотребления осветительных установок, начиная от применения всё более энергоэффективных светильников и заканчивая использованием автоматизированных систем управления освещением.

В последнее время наблюдается значительный прогресс в области систем управления освещением. Они широко применяются в третичном секторе экономики – в сфере услуг. Помимо помещений для потребителей данной сферы, система управления активно используется и в офисных пространствах.

Достижимая экономия энергии зависит от следующих факторов:

1) от доступности естественного света. Кроме этого, доступ к дневному свету в зданиях, и особенно на рабочих местах, предпочтителен для большинства пользователей, а его правильное использование способствует повышению производительности и самочувствия сотрудников [1];

2) от заполняемости помещений. Особенно данный фактор важен в помещениях с индивидуальным освещением рабочих мест, к примеру, в коворкингах;

3) от типов применяемых источников света. Доля сэкономленной электроэнергии в абсолютном выражении напрямую зависит от номинальной мощности лампы/светового прибора;

4) от значений нормируемой освещённости и коэффициента эксплуатации, заложенных в проект системы освещения [2].

Основной целью данного исследования явилось определение предельно допустимой стоимости системы управления освещением с учётом заданных параметров её окупаемости.

Методы исследования

В ходе исследования было произведено экспериментальное определение реального потенциала энергосбережения за счёт применения датчиков естественного света и присутствия людей, установленных в офисных помещениях. Исследуемый офис имеет обширное пространство, располагается на двух этажах, однако экономия энергии за счёт указанных средств оказалась возможна только в шести определенных помещениях.

В офисе используется система управления *DALI*, работающая под управлением программного обеспечения *Designer*. В его функциональность включены:

- создание и настройка световых сцен, представляющих собой комбинации включенных и выключенных осветительных приборов;
- логическое программирование для определения алгоритмов работы датчиков присутствия и освещенности;
- настройка временных режимов работы освещения, что позволяет автоматически регулировать освещение в разные периоды дня или в зависимости от событий;
- возможность создания дополнительных функций и настройки освещения в соответствии с индивидуальными потребностями и предпочтениями.

В ходе эксперимента была определена экономия электроэнергии, достигаемая за счёт датчиков освещённости и датчиков присутствия, а также было рассчитано контрольное энергопотребление без использования цифровой системы управления освещением.

Результаты

Расчёт требуемой стоимости системы за выбранный период времени производился по формуле 1:

$$C_c = n \cdot c \cdot t \cdot T \cdot \left[P_e - P_{en} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right) - P_{eo} \left(1 - \frac{O}{100}\right) \right] \quad (1)$$

где C_c – требуемая стоимость системы управления за выбранный период окупаемости, n – количество лет окупаемости системы, c – стоимость электроэнергии, руб., P_e – установленная мощность осветительных установок в помещениях с датчиками, t – количество рабочих часов, T – суммарное количество рабочих дней в году, P_{en} – установленная мощность осветительных установок в помещениях с датчиками присутствия, B – экономия за счёт применения датчиков присутствия, %, P_{eo} – установленная мощность осветительных установок в помещениях с датчиками освещения, O – экономия за счёт применения датчиков освещённости, %.

Для определения предельной стоимости системы управления освещением используются результаты исследовательской части работы. Стоимость электроэнергии принята по единому тарифу 6.3 руб./кВт.ч. Был произведён расчёт стоимости системы управления для типового офиса за период в 1 год, 5 лет и 10 лет, которая составила 7000, 35000 и 70000 руб. соответственно.

Обсуждение

Для датчика присутствия была определена средняя экономия электроэнергии, которая составила 55 %. Это значение соответствует диапазону, указанному в литературных источниках, где эффективность датчиков присутствия варьируется в пределах 44–76 % [3]. Для датчика освещённости вычислена экономия, которая составила 28 %, что сопоставимо с приводимой в литературе экономией в 31 % [4]. Полученные результаты подтверждают, что применение датчиков может значительно снизить энергопотребление в офисном помещении.

Также были произведены расчёты для проекта модернизации осветительной установки, основанной на традиционных источниках света. В связи со значительно более высоким потенциалом экономии электроэнергии предельно допустимая стоимость системы управления в этом случае составила 24000, 120000 и 240000 руб. при окупаемости за 1 год, 5 и 10 лет соответственно.

Выводы

Был произведён расчёт предельной стоимости системы управления для типового офиса с использованием светодиодной и традиционной осветительных установок. Предельная стоимость системы управления традиционной установкой оказалась в 3,5 раза больше, чем для светодиодной установки, что объясняется высокой собственной энергоэффективностью светодиодных источников света. Был дополнительно рассчитан конкретный срок окупаемости системы управления освещением для конкретного исследуемого офисного пространства. Для светодиодной системы срок окупаемости составил 128 лет, в то время как для традиционной системы этот срок составил 37 лет.

Таким образом, применение системы управления в обоих случаях нельзя признать эффективным с экономической точки зрения, так как срок окупаемости в несколько раз превышает срок службы самой установки. Однако следует также учитывать и другие факторы, влияющие на целесообразность внедрения систем управления, такие как:

- гибкость и настраиваемость. Возможность настройки параметров системы освещения существенно повышает её добавленную стоимость;
- техническая надежность. Системы автоматического управления обеспечивают повышенную стабильность работы освещения и способны оперативно обнаруживать возможные сбои;
- повышение зрительной работоспособности и качества визуальной среды в помещениях;
- престижность. Внедрение системы автоматического управления освещением увеличивает престижность и повышает имидж коммерческих компаний.

Перечисленные факторы сложно оценить в конкретном стоимостном выражении, однако их сочетание с получением некоторой выгоды от экономии электроэнергии должно существенно способствовать внедрению современных систем управления освещением.

Список литературы

1. *D.H.W. Li, K. L. Cheung, S.L. Wong, T.N.T. Lam.* An analysis of energy-efficient light fittings and lighting controls. *Appl Energy*, 87 (2010), pp. 558–567.
2. *Marie-Claude Dubois, Åke Blomsterberg.* Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review // *Energy and Buildings*, October 2011. – No. 43(10): pp. 2572–2582.
3. *Xu Yu, Yuehong Su.* Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation – A literature review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, August 2015. – No. 52: pp.494–503.
4. *J.D. Jennings, F.M. Rubinstein, D. DiBartolomeo, S.L. Blanc.* Comparison of control options in private offices in an advanced lighting controls testbed // *Journal of the Illuminating Engineering Society*, June 2000. – No. 29(2): p.39.

**ЭКСПОЗИЦИОННОЕ СВЕТОВОЕ ПРОСТРАНСТВО
ВИТРИН С МИНЕРАЛАМИ**

*Сайкова П. А., студент; Гречкина Т. В. к. ф.–м. н., доцент,
НИ ТПУ, г. Томск*

**LIGHTING EXPOSURE SPACE
FOR MUSEUM DISPLAYS WITH MINERALS**

*Saikova P. A., student; Grechkina T. V., PhD, associate professor,
TPU, Tomsk*

Аннотация

Данное исследование посвящено освещению витрин (саркофагов) минералогического музея ТПУ. В работе проведен анализ освещения помещения и двух витринных комплексов. Выполнены задачи экспозиционного решения по расстановке света с целью демонстративно-художественного воплощения выставки и показа минералов.

Abstract

This study dedicated to the lighting of the exhibition cases in the Mineralogical Museum of TPU. Current work presents the analysis of museum lightning and two exhibition cases lightning. The article considers task of an exposition solution for the arrangement of light with the purpose of demonstrative and artistic performance of the exhibition and the display of minerals.

Ключевые слова: музейное освещение, витрины, светодиоды, экспозиция, светораспределение, прожекторные светильники, экспонат
Keywords: *museum lighting, museum displays, light emitting diodes, exposition, light distribution, floodlights, exhibit*

Введение

Музейное освещение играет важную роль в сохранении и демонстрации коллекций, является сопутствующим фактором выставок и экспозиционных пространств. Искусственный свет предполагает обеспечивать оптимальные условия для восприятия экспонатов, а также не допускать негативного воздействия света. Подбор параметров музейного освещения в сочетании с воплощением художественно-эстетического замысла показа и демонстрации музейных экспонатов важная и выразительная идея любой выставки [1].

Минералогический музей ТПУ содержит богатые коллекции минералов, горных пород, руд, изделий из камня, а также предметов изобразительного искусства, мемориальных вещей, архивных документов, книг, связанных с известными именами в истории науки и Вуза. Здание учебного корпуса, где расположен музей, входит в число памятников истории федерального значения и памятников архитектуры

местного значения [2]. В музее представлены коллекции природных кристаллов, синтетических веществ, поделочного и драгоценного камня, классификации по химико-структурному принципу, по месторождениям полезных ископаемых, и исторические коллекции минералов.

В данном проекте рассматриваются 2 витрины (саркофаги), обозначенные как 1 и 2 (рис. 1) с более чем сотней экспонатов в каждой.

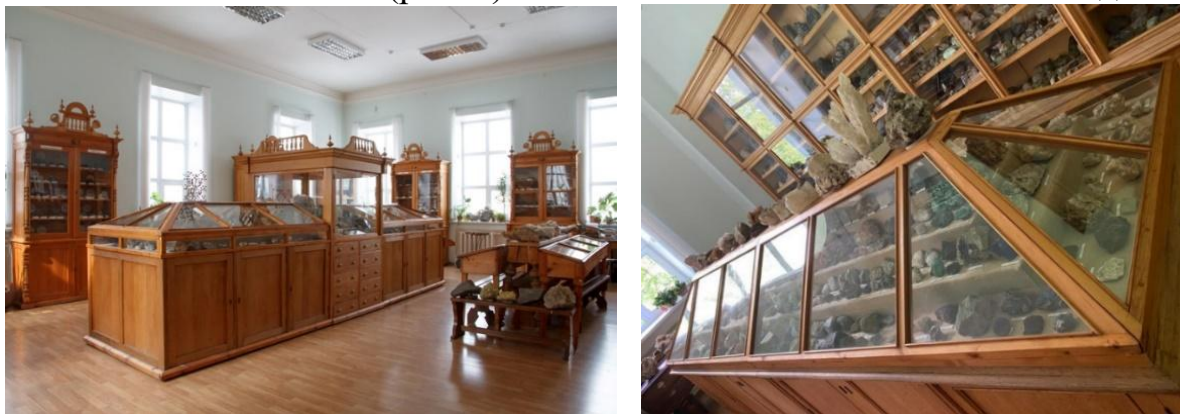


Рис. 1 Фото витрин (саркофагов) 1 (а) и 2 (б) минералогического музея ТПУ

В саркофаге 1 собраны коллекции черноземов, различных разновидностей кварцев и кристаллических кальцитов. Экспозиция саркофага 2 представлена различными минералами большая часть из них — это кварцы. Целью данного проекта является изучение вопроса освещения этих витрин по формату текущего освещения и наполнения объектов.

Метод исследования

В данном исследовании были использованы методы по измерению освещенности, выполнен анализ общего освещения и характеристик витринного освещения для саркофага 1. Выполнено посторенние 3D помещения и наполнение интерьера согласно плану расположения и внешнего вида витрин, с демонстрацией некоторых экспонатов, для более реалистичной задачи по проектированию освещения в программе *DIALux evo*. Измерения уровня освещенности в зоне экспозиций и оценке освещенности в помещении проводились с помощью люксметра.

Также был проведен анализ данных по музейному освещению, с целью определения ключевых требований к оптимальным параметрам искусственного освещения в помещении музея и классификации музейных материалов/предметов по светостойкости.

Саркофаг 1 представляет собой конструкцию витрины, которая находится по центру зала 1 и имеет три составных блока: центральный и 2 симметричных блока по левую и правую сторону. В центральном блоке расположены световые приборы прожекторного типа, для создания цветного акцента, однако без привязки к олицетворению некого образа или продуманной идеи. Расположение линейных светильников для саркофага 1 в количестве 8 шт. показано на рис. 2.

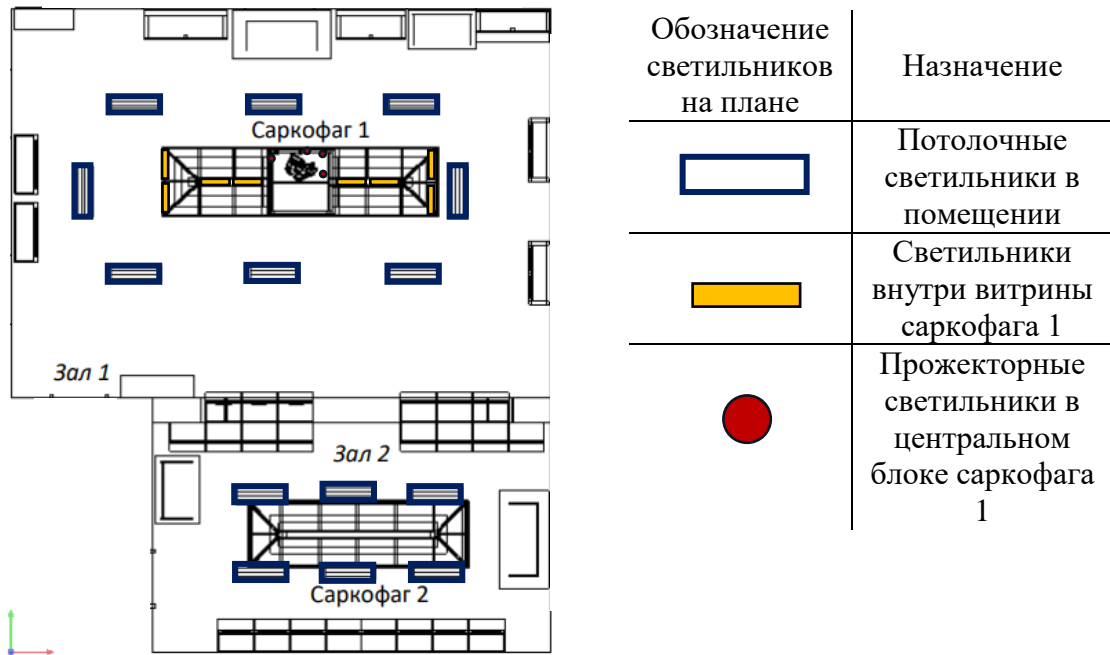


Рис. 2. План расположения саркофагов в помещении и позициями размещения осветительного оборудования

Саркофаг 2 – витрина без света, что нуждается в исправлении ситуации и предложении по созданию дополнительного в нем освещения.

Результаты исследования

По результатам измерений и проведённому анализу следует отметить, что освещенность витрины 1 создается достаточно равномерной и удовлетворяет требованиям для данного вида расположения и компоновки экспозиции, которая обеспечивается для нее наличием трех факторов света: общее освещение зала 1, освещение внутри витрины и наличие дневного света. Оценку центрального блока внутри пространства произвести не удалось, зона периферии имеет значения освещенности больше со стороны окна.

Общая тенденция оценки освещенности витрины 2 складывается в протяженном направлении распространения света от окна к стене, что обеспечивается фоном естественной освещенности, который задает направление изменения света, в частности характерное для времени измерений.

Уровень освещенности в залах немного отличается между собой, что связано с отличием в площади помещений и количестве потолочных светильников (рис. 2), при наличии переменной составляющей дневного света, что сказывается и на общем освещении витрин.

Таким образом, по результатам анализа была выполнена проработка проектного решения по освещению витрин для саркофагов 1 и 2.

**ALEDO SONIC 80**

Тип – накладной
 Мощность – 6 Вт.
 Цветопередача – CRI 90+
 Угол свечения – 12°, 24°, 38°, 45°
 Цветовая температура – 2200 - 4000 К

**RADUGA TUBE D80 500**

Тип – накладной
 Мощность – 6 Вт.
 Цветопередача – CRI 90+
 Угол свечения – 250°
 Цветовая температура – 4000 К

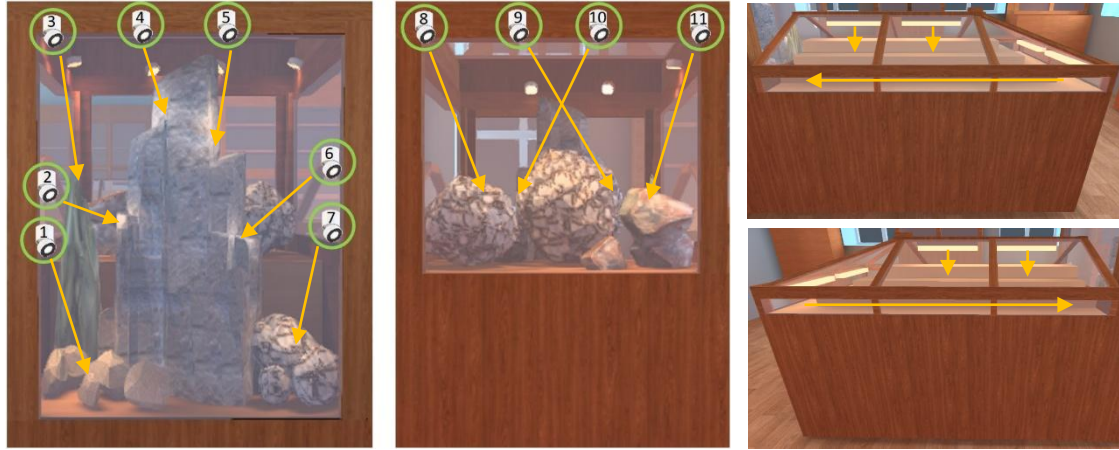


Рис. 3. 3D модель объекта и предложение по компоновке размещения светового оборудования в саркофаге 1

В проекте предложен вариант освещения витрин на базе светодиодного оборудования. Для размещения было уместно сохранить план расположения линейных светильников по левой и правой сторонам витрины саркофага 1 и в большей степени уделить внимание центральному ее блоку по подбору и компоновке светильников. В частности, подбор параметров углов светораспределения и цветовой температуры прожекторных светильников, производство *ALEDO* делает возможным настроить свет и продемонстрировать экспонаты с полноценной подачей цвета и текстуры материалов.

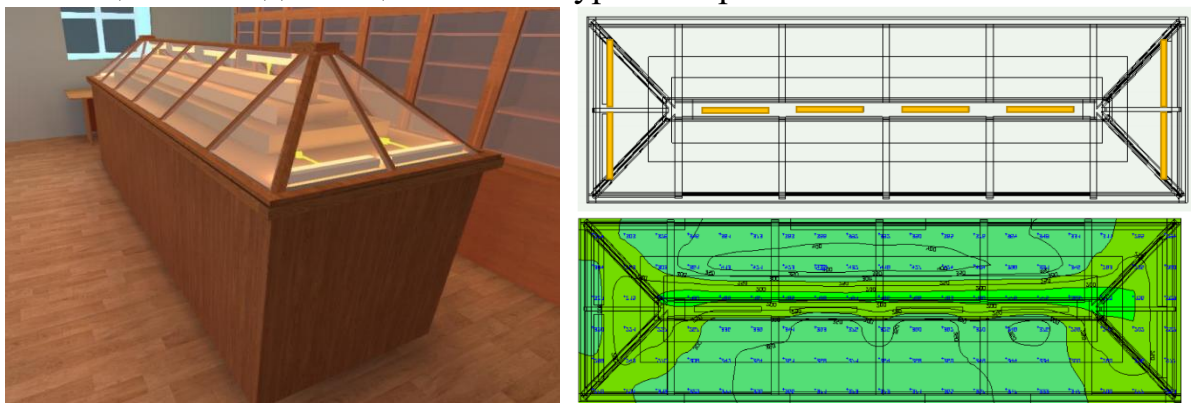


Рис. 4. Визуализация данных по проектированию освещения витрины саркофага 2

Конструкция саркофага 2 и план мероприятий по освещению показан на рис. 4. Группа светильников образующая верхний свет дает основное общее освещение всех ярусов конструкции этой витрины, боковой свет – предназначен для дополнительного освещения нижнего

яруса. Общая идея компоновки оборудования позволяет рассмотреть экспонаты более детально, что затруднительно сейчас в отсутствии искусственного освещения внутри витрины.

Обсуждение

Результаты исследования освещения в музее являются важными, в частности, для экспонатов минералогического музея. Согласно [3], рекомендуется проводить регулярные исследования освещения в музеях, чтобы обеспечить оптимальные условия для экспонирования коллекций и сохранения их качества на долгосрочную перспективу [4]. В этом смысле, результаты исследования имеют значительную ценность для музейной практики и способны вносить вклад в развитие данной области [5], что в свою очередь способствует разрабатывать новые подходы к организации выставочных пространств в тесной связи с новыми световыми технологиями.

Вывод

Анализ освещения и изучение витрин с минералами показал, что экспозиции музея нуждаются в пересмотре текущего освещения. Для улучшения качества экспозиционного светового пространства витрин с минералами требуется дополнительное освещение. При таком участии света выставочный комплекс приобретает заметно обновленный художественно-эстетический образ. Каждый из экспонатов вызывает живой интерес и привлекает внимание, что является самым ценным в ходе экскурсионного показа и знакомства с природой камней и коллекцией ВУЗа.

Список литературы

1. Шаповалова Л.Н., Леонова Н.Н. Освещение музейных экспозиций // Светотехника. – 2013. – № 4. – С. 40–43.
2. Электронная энциклопедия ТПУ / Горный корпус / Статья – URL: https://wiki.tpu.ru/wiki/Горный_корпус
3. Куренков О.И., Колобова Е.А. Освещение музейных экспозиций: выбор источников света и их характеристики // Светотехника. – 2021. – № 3. – С. 60–64.
4. Карташов Н.М., Кондратьева И.В. Музейное освещение: опыт и перспективы // Светотехника. - 2016. - № 2. - С. 42–45.
5. Карташов Н.М., Кондратьева И.В. Музейное освещение: применение светодиодных источников света // Светотехника. – 2018. – № 2. – С. 52–55.

**СИСТЕМА АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОГО
ОСВЕЩЕНИЯ И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ
ТУРИСТИЧЕСКОГО ОБЛИКА ГОРОДА**

*Слукина А.А, студент; Хасанова Ю.М., старший преподаватель,
Российский государственный художественно-промышленный
университет им. С.Г. Строганова, г. Москва*

**THE SYSTEM OF ARCHITECTURAL AND ARTISTIC LIGHTING
AND ITS ROLE IN FORMING THE TOURIST LOOK OF THE CITY**

*Slukina A.A, student; Khasanova J.M., Senior lecturer of Environmental
Design Department, the Russian State Stroganov University of Design and
Applied Arts*

Аннотация

В докладе рассматривается система архитектурно-художественного освещения и ее роль в формировании туристического облика города на примере учебного проекта «Дизайн-концепция экстерьерной световой среды Кремля (г. Великий Новгород)» студентки РГХПУ им. С.Г. Строганова Слукиной Алены Александровны, кафедры «Средовой дизайн».

Abstract

In accordance with the changed system of architectural and artistic lighting and its role in the attractive touristic appearance of the city, the project "Design concept for an exterior light environment (Veliky Novgorod) by a student of Environmental Design Department, the Russian State Stroganov University of Design and Applied Arts

Ключевые слова: свет, архитектурно-художественное освещение, световая панорама, концепция, туристический маршрут

Keywords: *light, architectural and artistic lighting, light panorama, concept, tourist route*

Введение

Архитектурное освещение является основным фактором, формирующим облик городов в ночное время. Свет, как архитектурный инструмент, не только подчеркивает индивидуальность объекта, позволяет вписать его в окружающую историческую и стилевую среду, но и создает новую реальность. Города заботятся об архитектурно-художественном облике, который обеспечит им узнаваемость, поэтому стараются в ночное время выглядеть не хуже, а порой даже эффектнее, чем днем. Это важно для формирования имиджа города и увеличения туристических потоков.

Цель проекта: создать дизайн-концепцию экстерьерной световой среды Кремля в г. Великий Новгород, направленную на привлечение туристов и улучшение перспективы развития российского туризма.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать систему освещения для туристических объектов внутри Кремля.
2. Создать концептуальное освещение кафедрального собора Святой Софии в трех режимах.
3. Привести примеры расстановки световых элементов по территории Кремля. Объяснить логику и принципы их размещения.
4. Представить визуализации и эффекты, которые можно достичь благодаря проекту архитектурного освещения. Показать, как будет выглядеть Кремль в темное время суток с использованием предложенных световых решений.
5. Подчеркнуть важность сохранения и поддержания исторической и архитектурной ценности Кремля через архитектурное освещение.
6. Подчеркнуть значимость проекта, его потенциальную пользу для города и его жителей.

Система архитектурно-художественного освещения способствует созданию особой атмосферы в городе. Она может подчеркнуть исторические, культурные или тематические особенности города, создавая неповторимую атмосферу, которая оставляет яркое впечатление на туристов. Правильно выставленные световые акценты могут подчеркнуть уникальность и красоту архитектурных деталей, а также привнести в них новую жизнь и эмоциональную глубину. Туристы, посещая город, будут восхищаться его историческими достопримечательностями, ощущая их магию и загадочность.

1. Спасская башня
2. Воеводский двор
3. Покровская башня
4. Детский музейный центр
5. Музей древностей
6. Златоустовская башня
7. Воскресенская арка
8. Новгородская областная филармония
9. Митрополичья башня
10. Грановитая палата
11. Федоровская башня
12. Никитский корпус
13. Колледж искусств им. С.В. Рахманинова
14. Пречистенская арка
15. Памятник «Тысячелетие России»
16. Краеведческий музей
17. Судейский городок
18. Церковь св. Андрея Стратилата
19. Соколиный двор
20. Дворцовая башня

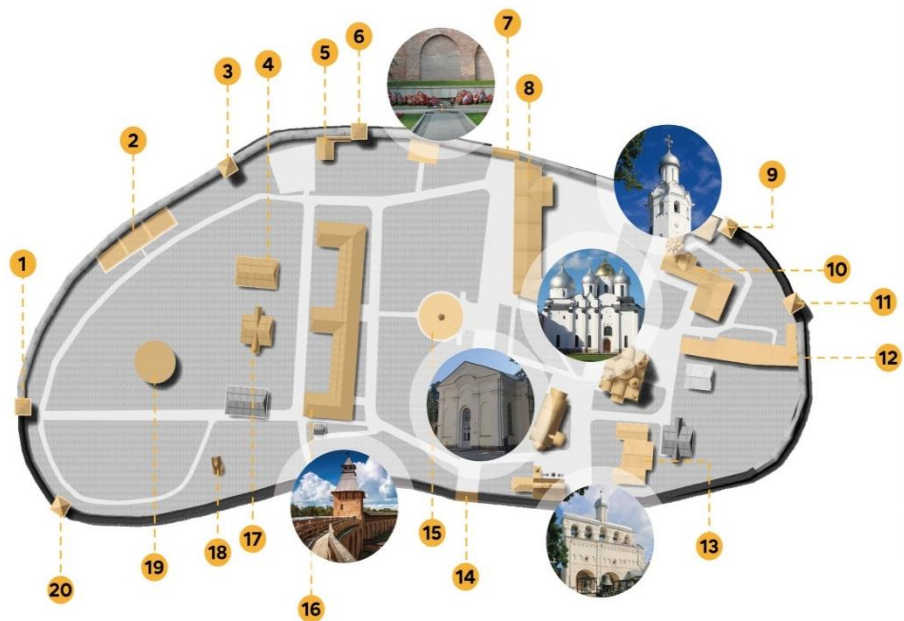


Рис. 1. Ситуационный план



Рис. 2. Схема туристического маршрута

Тот или иной объект редко бывает одиноко стоящим, без окружения, он всегда в контексте, всегда играет ту или иную роль в городском ландшафте. Поэтому самое правильное — это рассматривать его как главный или один из главных элементов в формировании той или иной световой панорамы, световой картины, которая открывается наблюдателю. В свете, как в архитектуре, важна идея, концепция.

Концепция проекта: «Облаченный в свет». Стремление «одеть» город в чистый свет в поддержку истории религии. Это смешение прожитых веков и современного будущего. Через свет и оборудование Великий Новгород может показать людям временную летопись прожитых лет и свою перспективу развития в ногу с сегодняшним днем.

Общие требования к освещению:

- средняя яркость фасада – до 10 кд/м^2 , элементов ландшафта – не выше 4 кд/м^2 ;
- освещенность площадки перед входом в здание – 6 лк, пешеходных дорожек, аллей – 3–4 лк;
- индекс цветопередачи не ниже 80 Ra, степень защиты светильников от окружающей среды не менее IP65
- светильники мощностью более 150 Вт должны иметь светоэкранирующие устройства для защиты от ослепления пешеходов
- светильники, установленные на земле, оборудуются защитными декоративными кожухами.

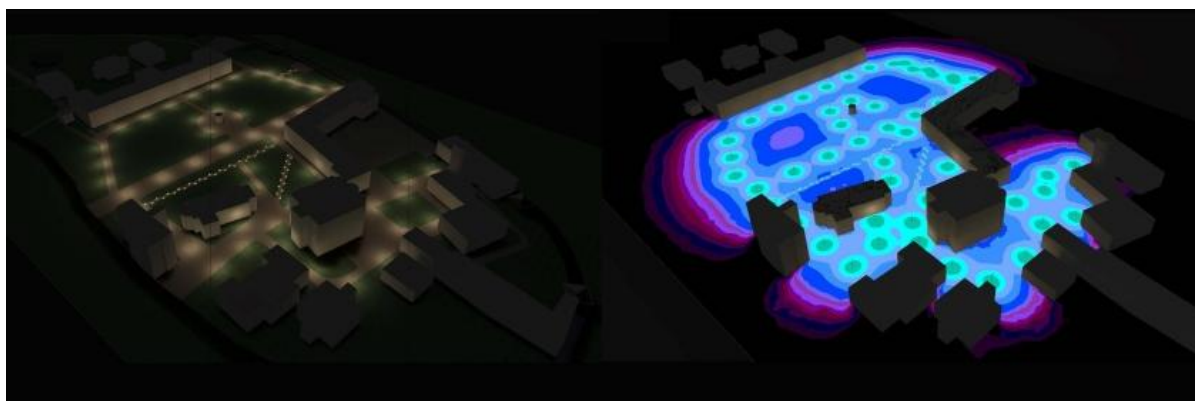


Рис. 3. Ландшафтное освещение. Визуализация. 2. Светотехнический расчет

При разработке архитектурного освещения Софийского собора были предложены 3 варианта: общее заливающее освещение (рис. 4.1) – самый простой вариант, когда мощные прожекторы, установленные на земле или подставках, заливают светом либо фасад, либо (при круговом обзоре) все стороны здания; Локальное (акцентирующее) освещение (рис. 4.2) подчеркивает отдельные декоративно-пластические детали, выразительные фрагменты сооружения. Для локальной подсветки используют настенные, грунтовые светильники и прожекторы небольшой мощности, а также приборы, размещенные на декоративных опорах; фоновая заливка (рис. 4.3) направляется с заднего плана, подчеркивая монументальный контур здания.

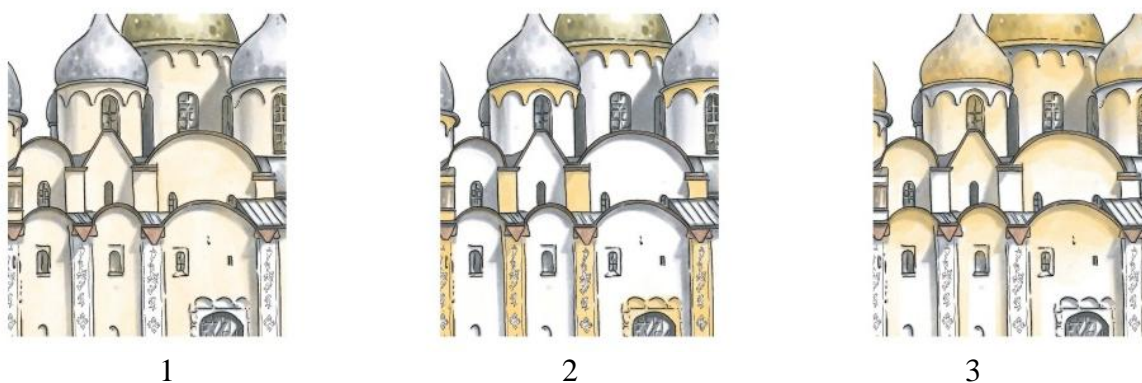


Рис. 4. Общее заливающее освещение (1), Локальное (акцентирующее) освещение (2), Фоновая заливка (3)

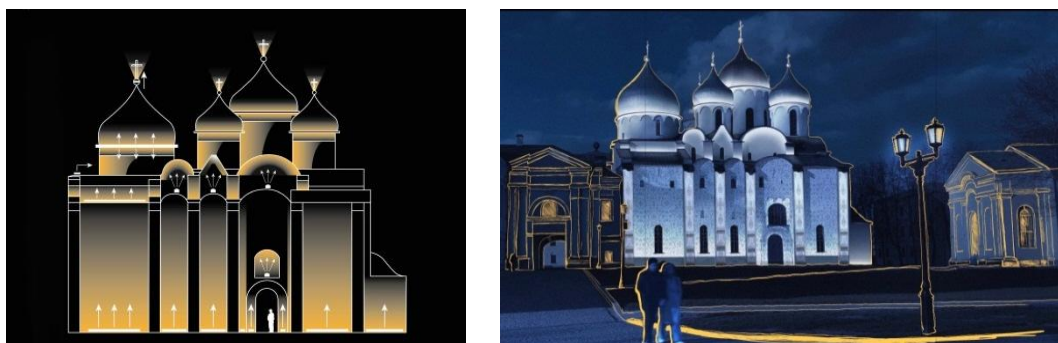


Рис. 5. Освещение Софийского собора



Рис. 6. Освещение Часозвони. Принцип подсветки.



Рис. 7. Освещение Звонницы. Принцип подсветки

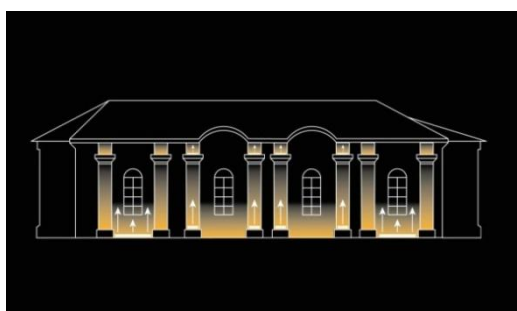


Рис. 8. Освещение церкви входа Господня в Иерусалим

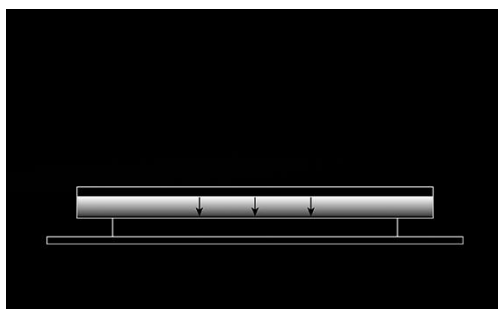


Рис. 9. Освещение мемориала

Использование световых дронов (рис. 10), это еще один современный способ, привлекающий внимание, шоу предлагает визуально восстановить силуэт башни и купола церкви входа Господня в Иерусалим. Это красочная реконструкция станет отличным развлечением для туристов и наблюдателей



Рис. 10. Реконструкция башни. Шоу световых дронов

В завершении на берегу реки Волхов проводится мэппинг-шоу (рис. 11), совмещающее в себе культуру и современность. Проекция транслируется прямо на стену Кремля, представляя зрителям возможность наблюдать со всех точек городского пляжа.

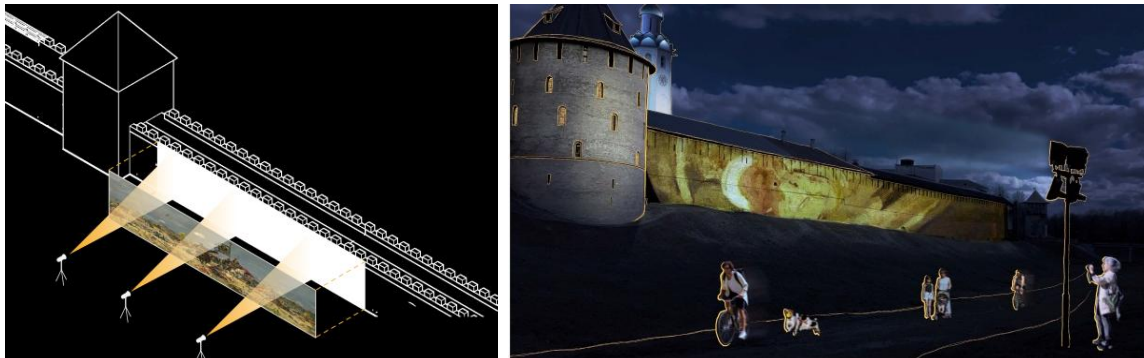


Рис. 11. Мэппинг шоу. Схема проекции

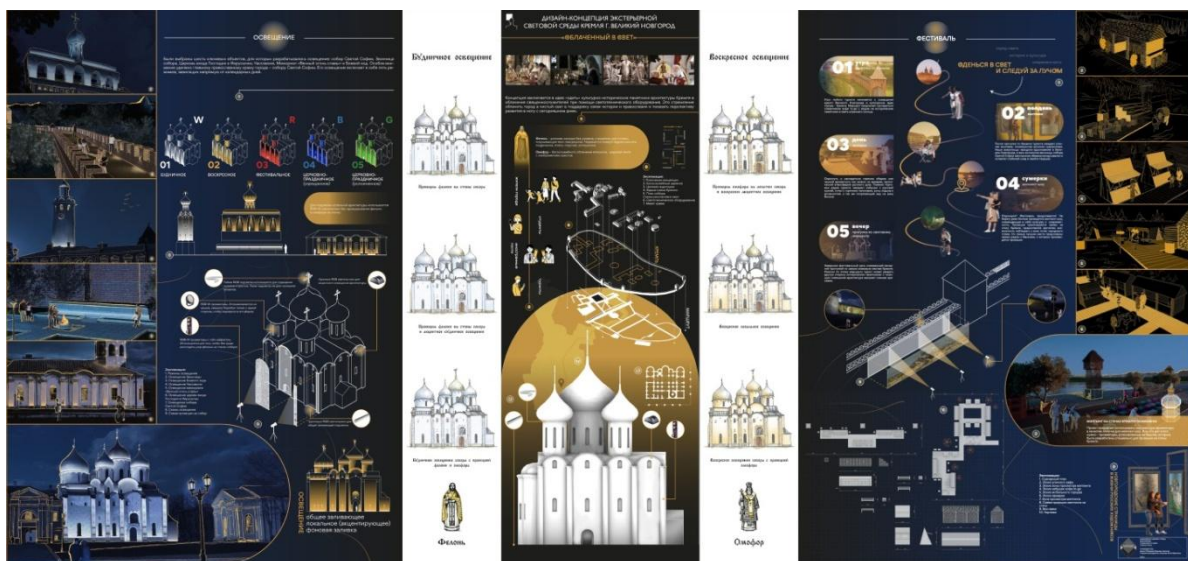


Рис. 12. «Дизайн-концепция экстерьерной световой среды Кремля (г. Великий Новгород)». Служкина А. ВКР кафедра «средовой дизайн». 2023

Результаты

В целом, разработка проекта архитектурного освещения Кремля - это сложная и ответственная задача, требующая комплексного исследования и учета множества факторов. Однако правильно разработанное освещение сможет подчеркнуть красоту и величие этого исторического объекта и создать незабываемую атмосферу для его посетителей и жителей.

Выводы

Таким образом, система архитектурно-художественного освещения играет важную роль в формировании туристического облика города. Она подчеркивает красоту и уникальность архитектурных объектов, создает особую атмосферу и способствует развитию туристической индустрии. Благодаря этой системе, город становится привлекательным для посещения и оставляет яркое впечатление на каждого туриста.

Список литературы

1. *Годованец А. Ю. Анфимий из Тралл: от познания природы света к созданию пространственного образа // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник МГХПУ. М., 2009. № 4. С. 14–22.*
2. *Годованец А. Ю. Особенности освещения храма Св. Софии Константинопольской // Декоративное искусство и предметнопространственная среда. Вестник МГХПУ. М., 2009. № 4. С. 22–28.*
3. *Назаров Ю.В. Свет в городе - проблемы и перспективы [Текст] /. // Светотехника. 2013. № 2. С. 54.*
4. *Булыгина М.Н., Корзун Н.Л. Световой дизайн в городской среде [Текст] // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. № 2(5).*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И
МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ
СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ТРЁХКОМПОНЕНТНЫХ
СТРУКТУР**

Сурков И.В., студент; Феник М.А., студент; Рыбина В.А., ассистент; Туркин А.Н., к.ф.-м.н., доцент, НИУ «МЭИ», г. Москва

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MODELING OF
EMISSION SPECTRA OF ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES
BASED ON THREE-COMPONENT STRUCTURES**

Surkov I.V., student; Fenik M.A., student; Rybina V.A., assistant; Turkin A.N., PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, National Research University "MPEI", Moscow

Аннотация.

OLED-технология широко используется в различных дисплеях, на основе которых создаются устройства, работающие в широких диапазонах температур. Вследствие чего необходимы исследования в области температурных изменений электрофизических и спектральных параметров органических светодиодов. В данной работе было проведено экспериментальное исследование и моделирование спектров излучения органических светодиодов белого цвета свечения на основе трёхкомпонентных структур в зависимости от внешних температурных изменений.

Abstract.

OLED technology is widely used in various displays, based on which devices are created that operate in a wide range of temperatures. Therefore, research into the temperature changes of the electrophysical and spectral parameters of organic light-emitting diodes is necessary. In this study, an experimental investigation and modeling of the emission spectra of white light-emitting organic diodes based on three-component structures were carried out, depending on external temperature changes.

Ключевые слова: органические светодиоды, многослойная структура, изменение спектрального состава излучения

Keywords: *organic light-emitting diodes, multilayer structure, spectral emission composition changes*

Введение

Органические светодиоды (*OLED*) – это электронные устройства, которые используют органические полупроводники для преобразования электрической энергии в световую. Подача электрического напряжения на устройство приводит к рекомбинации электронов и дырок на эмиттере, что вызывает испускание света [1].

В настоящее время *OLED*-экраны широко используются в электронике в качестве экранов и индикаторов. Как в сфере производства дисплеев, так и в области освещения используется белый свет. Существует несколько способов получения белого цвета свечения в *OLED*-технологии, в данной работе исследовались образцы, изготовленные по технологии смешения цветов.

В данной технологии используется органическая структура с тремя излучающими слоями красного, зеленого и синего цвета свечения (Рис. 1). При смешении излучений от всех светоизлучающих слоев получается свечение необходимого оттенка белого цвета [2].

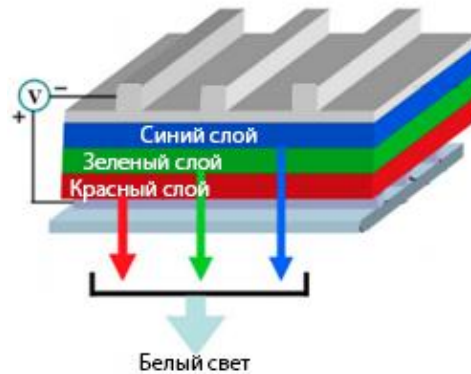
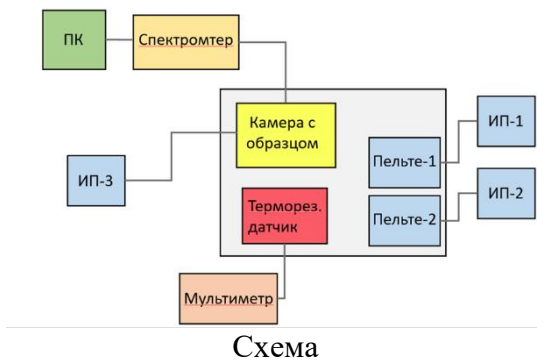


Рис. 1. Структура с тремя излучающими слоями

Методы исследования

Было проведено экспериментальное исследование трёхкомпонентных образцов светодиодов белого цвета свечения *TCW-859-65*, *TCW-928-97* и *TCW-482-N3*.

Для имитации среды с заданной температурой образец помещался в термостатическую камеру со стеклянным отверстием, в которое помещался оптоволоконный световод, подключенный к мини-спектрометру Hamamatsu. В камеру были вмонтированы элементы Пельтье, при протекании тока через которые возникает разность температур, и при подаче заданных напряжений и токов достигалась необходимая температура (рис. 2).



Схема



Фотография

Рис. 2 Экспериментальная установка

Измерены вольт-амперные (ВАХ) (рис. 3а), вольт-яркостные (ВЯХ) и спектральные характеристики образцов в области температур $[-35;65]$ с

шагом 5 градусов Цельсия (рис. 3б, 3в). Дополнительно измерены характеристики однокомпонентных образцов красного (*R*), зеленого (*G*), и синего (*B*) цвета свечения на температуре 25 градусов Цельсия.

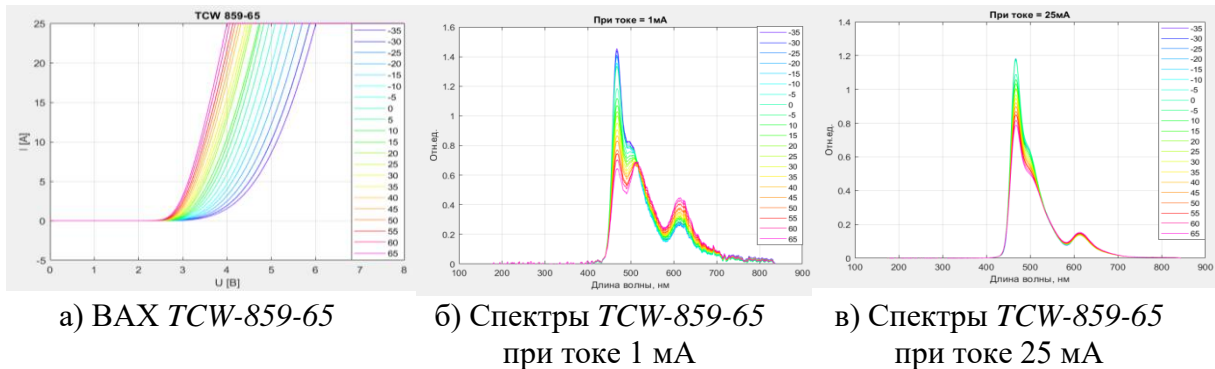


Рис. 3. Характеристики при температурах [-35, 65] градусов с шагом в 5 градусов

Для всех 3-х образцов были построены зависимости рабочего напряжения от температуры (рис. 4) и подобрано аппроксимирующее выражение (1). При этом множитель перед температурой не изменяется с ростом тока, а множитель перед экспонентой линейно зависит от тока.

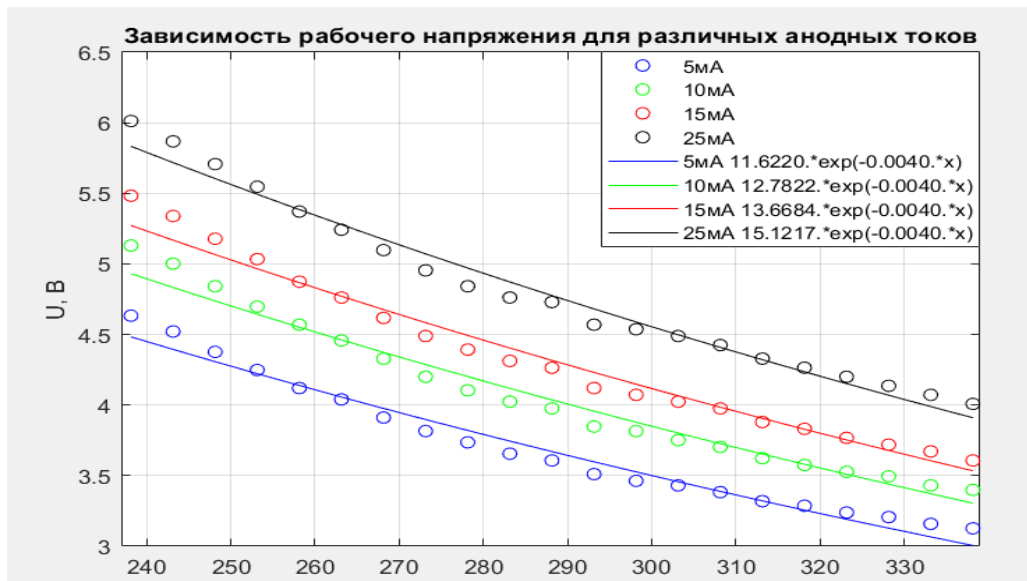


Рис. 4. Зависимость рабочего напряжения от температуры на различных значениях токов

Вследствие чего, предполагается зависимость вида:

$$U(I, T) = (C_1 + C_2 \cdot I) \cdot e^{-C_3 \cdot T}, \quad (1)$$

где C_1, C_2, C_3 коэффициенты, зависящие от технологических особенностей образцов.

Полученные данные использовались для исследования поведения *RGB* компонент в трёхслойных структурах с помощью разработанной программы в среде *MATLAB*.

Результаты

Программа на основе спектров одноцветных *RGB OLED* моделировала спектр трёхкомпонентного образца белого цвета свечения. Смоделированный спектр имеет вид:

$$\Phi_{e,\lambda}^{mod}(\lambda) = k_B \cdot \Phi_{e,\lambda}^B(\lambda) + k_G \cdot \Phi_{e,\lambda}^G(\lambda) + k_R \cdot \Phi_{e,\lambda}^R(\lambda), \quad (2)$$

где $\Phi_{e,\lambda}^B(\lambda)$, $\Phi_{e,\lambda}^G(\lambda)$, $\Phi_{e,\lambda}^R(\lambda)$ – спектральные плотности энергетических потоков излучения синего, зеленого и красного однослойных *OLED*, измеренных на токе 25 мА и 25 градусах; k_B , k_G , k_R – коэффициенты амплитуд синего, зеленого и красного.

Критерием оценки насколько смоделированный спектр схож с реальным было решено использовать среднеквадратичное отклонение, в данном случае СКО:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Phi_{e,\lambda}^{real}(\lambda) - \Phi_{e,\lambda}^{mod}(\lambda))^2}, \quad (3)$$

где $\Phi_{e,\lambda}^{real}(\lambda)$ - спектральная плотность энергетического потока излучения реального белого образца.

Используя метод Монте-Карло, несколько раз запускалась программа по поиску наиболее удачных сочетаний коэффициентов амплитуд. Поиск самих коэффициентов осуществлялся итерационным перебором с изменением шага подбора.

Ниже представлены наиболее показательные результаты моделирования спектров образца *TCW-859-65* для крайних значений токов и температур (рис. 5).

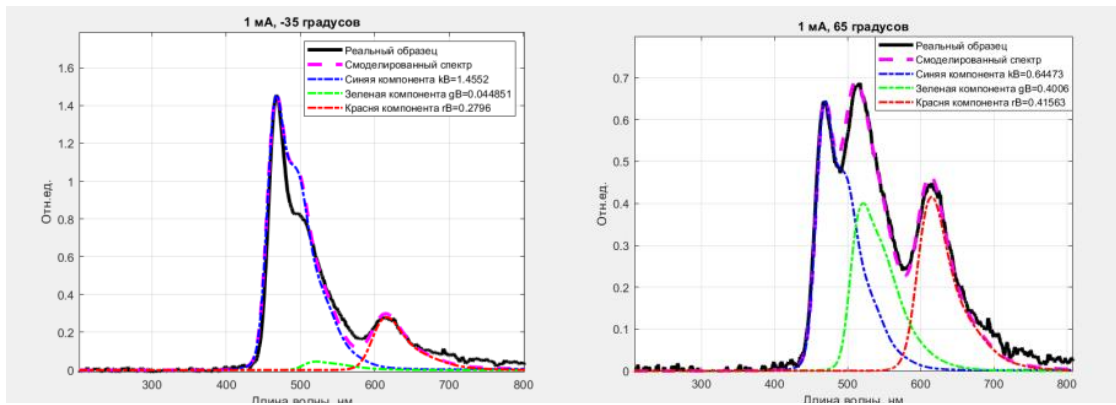


Рис. 5. Результаты моделирования образца *TCW-859-65* на токе 1 мА и температурах - 35 и 65 градусов Цельсия

Аналогичные результаты были получены и для других образцов и промежуточных значений характеристик. Анализ смоделированных спектров показал, что в трехслойной структуре подавляется второй пик синей компоненты на длине волны 488 нм.

Коэффициент амплитуд синего излучающего слоя при увеличении температуры уменьшался, зеленого и красного, в свою очередь, увеличивался (рис. 6).

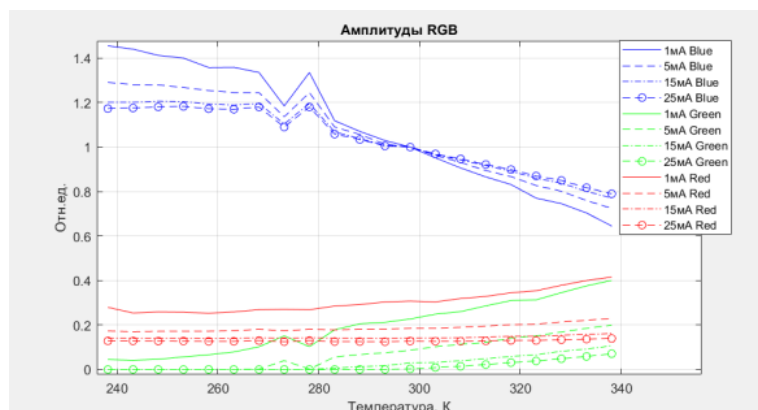


Рис. 6. Изменение коэффициентов амплитуд компонент в зависимости от тока и температуры

Предположительно, это происходит из-за уменьшения средней энергии носителей заряда, вызванного повышением с температурой хаотической составляющей движения, которая, в свою очередь, влияет на столкновения носителей заряда с кристаллической решеткой.

С повышением тока влияние температуры на коэффициенты амплитуд уменьшается (рис. 6). Это связано с появлением избыточной концентрации носителей заряда в активных областях. С увеличением ширины запрещенной зоны данный эффект наступает при больших значениях тока.

Вследствие вышеописанных эффектов для трехслойных *OLED*-структур белого цвета свечения с повышением температуры наблюдается смещение координат цветности из синеватой в оранжевую область.

Выводы

По результатам работы были исследованы электрофизические и спектральные характеристики трёх образцов органических светодиодов с несколькими излучающими слоями, предложена зависимость рабочего напряжения от тока и температуры. Проанализированы результаты моделирования трёхкомпонентных *OLED* на основе одноцветных образцов. Полученные результаты будут использованы для гамма-коррекции микродисплеев, производимых в ЦНИИ Циклон, при их эксплуатации в широком диапазоне температур.

Список литературы

1. Справочная книга по светотехнике / Под. Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. С 74 4-е изд. перераб. и доп. М.: -892 с. ил.;
2. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 496 с.;
3. Wantz G. et al. Temperature-depend electroluminescence spectra of organic light emitting diodes based on thermally evaporated bis-imidophenylene vinylene derivative / Applied Physics Letters – 2007.

**СВЕТОВЫЕ ИНСТАЛЛЯЦИИ И ФОРМЫ
В РАЙОНЕ ФУНИКУЛЕРА В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ**

*Суховерхова М.П., студент; Владимиров М.Е., студент;
Карпенко В.Е., к. архитектуры, доцент; Пономаренко Н.В., доцент,
ДВФУ, г. Владивосток*

**LIGHT INSTALLATIONS AND FORMS
IN THE AREA OF VLADIVOSTOK FUNICULAR**

*Vladimirov M.E., student; Sukhoverkhova M.P., student; Karpenko V.E.,
candidate of architecture, associate professor; Ponomarenko N.V., associate
professor, FEFU, Vladivostok*

Аннотация

В статье раскрывается проблема освещения редко используемых пешеходами территорий и пространств в вечернее время. Городская среда под транспортными опорами и конструкциями фуникулёра эксплуатируется эпизодически по причине неудобного и утомительного подъема для пешеходов по лестнице с большим уклоном, которая располагается на сложном рельефе, не имеет удобных промежуточных площадок для отдыха, комфортного и функционального освещения. Однако в определенные периоды данный лестничный подъем является единственным кратчайшим пешеходным направлением, соединяющим две высотные отметки и разные районы города. Сложность устройства и неудобство большого уклона, неблагоустроенность и не освещенность вечером характеризуют данное пространство. Решением этих вопросов средствами дополнительного освещения и придания данной территории комфортности, безопасности для пешехода в тёмное время суток являются создание под эстакадой световых инсталляций, размещения световой скульптуры и формирования оптического, световизуального эффекта расширения и увеличения пространства под эстакадой владивостокского фуникулёра.

Abstract

The article reveals the problem of lighting rarely used by pedestrians areas and spaces in the evening. The urban environment under the transport supports and structures of the funicular is operated occasionally due to the inconvenient and tiring climb for pedestrians on a staircase with a large slope, which is located on a difficult terrain, does not have convenient intermediate platforms for rest, comfortable and functional lighting. However, during certain periods, this stairway is the only shortest pedestrian route connecting two high-altitude marks and different areas of the city. The complexity of the device and the inconvenience of a large slope, poor amenities and lack of illumination in the evening characterize this space. The solution to these issues by means of additional lighting and making this area comfortable, safe for pedestrians at night is the creation of a light installation under the overpass, the placement of a light sculpture and the formation of an

optical, light-visual effect of expanding and increasing the space under the overpass of the Vladivostok funicular.

Ключевые слова: светоцветовое моделирование, фуникулёр, архитектурно-световая среда, световая форма, световой эффект
Keywords: *light-color modeling, funicular, architectural and lighting environment, light form, light effect*

Введение

Ряд научно-теоретических работ и исследований по световому и дизайну городской среды посвящены изучению влияния гармоничного освещения на формирование атмосферы фрагмента архитектурной среды и особенностей психогеографии пространства [1]. В некоторых работах изучается проблема малоосвоенности приречных территорий города и ставится вопрос их реновации средствами гармоничного пешеходного освещения [2, 3].

Метод исследования

В данной статье проектирование освещения составляет несколько стадий.

1. *Предпроектный анализ.* Фуникулёр Владивостока является памятником истории и архитектуры, объектом туризма. Он построен на сложном рельефе и открыт в 1962 году, разница между отметками нижней и верхней станции составляет около 66 метров. Во время движения вагонов в салоне открывается большая панорама южной части города и акватории бухты Золотой Рог. Фуникулер работает в течение года и лишь в летний период закрывается на короткий ремонт. Когда он не действует, передвижение по крутой лестнице для пешехода тяжелое, освещение слабое, среда непривлекательная, не соответствующая объекту, создаются некомфортные и опасные условия для утомительного подъема или спуска. На верхней отметке пассажиры и пешеходы попадают на остановку транспорта и одну из популярных видовых точек Владивостока в районе сопки Орлиное Гнездо. Сегодня там возводится музейный и театрально-образовательный комплекс, находится сквер путешественников с памятником В.К. Арсеньеву.

Согласно натурным наблюдениям, фотофиксации и типов городских пешеходных пространств исследуемая среда является светопространством движения [4, с. 246]. Пешеходы, туристы и жители города являются главными потребителями нового художественного освещения. Спуск пешком по лестнице в дневное время удобнее и менее затруднительно, пешеходный поток немногочисленный (в основном люди перемещаются в вагоне). Однако с наступлением вечера, движение усложняется по причине темноты и небезопасности. В случае введения в состав данной пешеходной зоны световых инсталляций, скульптур и форм светопространство будет включать благоприятный компонент общения и отдыха.

В связи с проведенным анализом пешеходных связей и архитектурной среды, объектами освещения могут являться большепролетные наклонные балки с рельсами, опоры (рис. 1а,б) и прилегающая территория с размещением художественно-световых форм. Свет подвесной инсталляции подчеркивает конструкции, украшает и оживляет пространство под эстакадой, где устраиваются световые формы-скульптуры и световая инсталляция, подвешенная между опор. Одновременно может решаться функциональная задача освещения лестницы (рис. 1в).



Рис. 1. Предпроектный анализ и компьютерное моделирование: а, б – фотофиксация существующей среды, лестница на рельефе и транспортные опоры фуникулера; в – компьютерная модель

2. *Художественное моделирование световой формы.* Предварительно создается компьютерный эскиз световой композиции-формы с цветовыми и световыми эффектами отражения, преломления, пропускания света, тенями и цветными бликами (рис. 2).

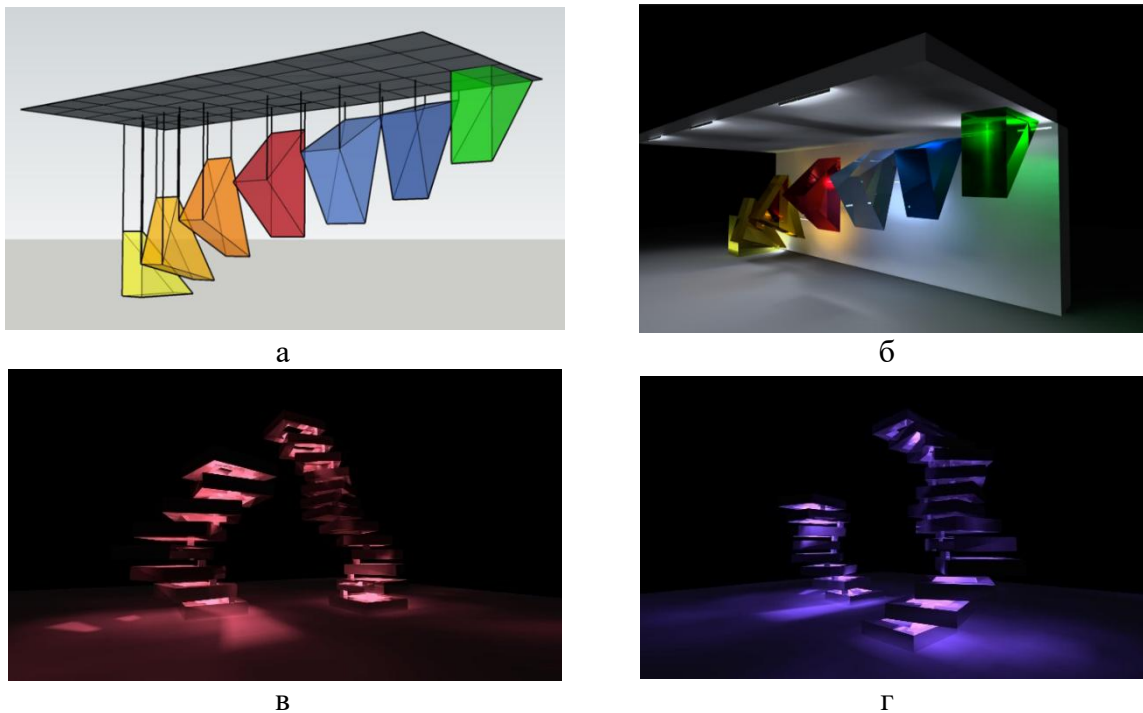


Рис. 2. Световые формы в районе фуникулера: а-б – световая форма «Коридор призм», цветовая модель и освещение в *DIALux evo* (М.П. Суховерхова); в-г – световая форма в пространстве моделирования в *DIALux evo* (М.Е. Владимиров)

3. Компьютерное моделирование световой среды. Моделирование ночного пространства создается в специализированной программе *DIALux evo* с использованием подобранных ОУ (рис. 3).

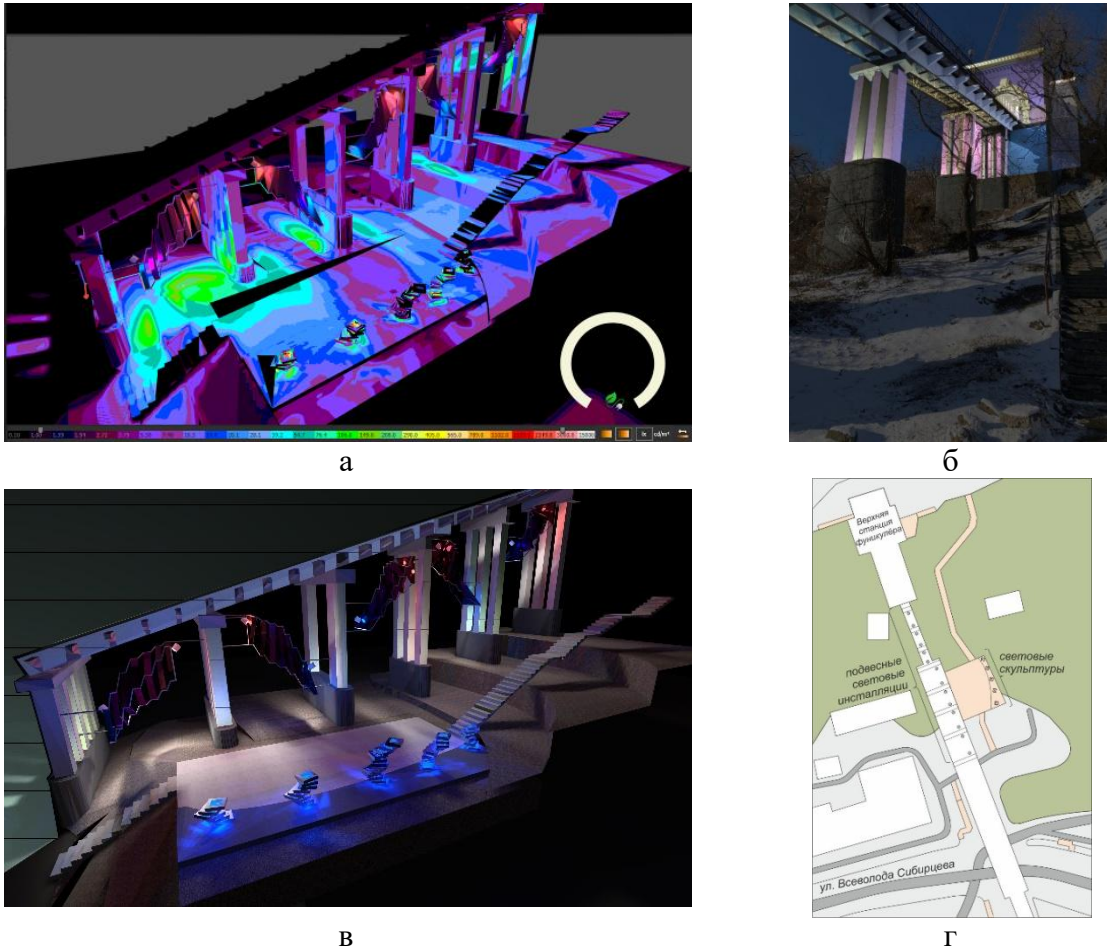


Рис. 3. Компьютерное моделирование ночной среды, световых инсталляций и форм в районе фуникулёра: а – схема распределения освещенности; б – светомоделирование в компьютерно-графической программе, схема вариант освещения верхнего павильона; в – совмещение компьютерно-графического (дополнительное освещение опор и балок) и моделирования освещения в *Dialux evo*; г – план схема ОУ с расстановкой светильников

Предварительно разработанные формы вписываются в архитектурно-световую среду пространства под опорами. Формируется привлекательная ночная среда, создается необходимое освещение. Основная идея светового дизайна заключается в создании цветных пятен на земле и опорах при помощи свечения сквозь цветные элементы-призмы или короба, подвешенные под балками. Светильники на подвесных конструкциях расположены за треугольными призмами и излучают холодный свет. Дополнительный акцент создается группой ОУ, расположенных на площадке между лестницами. В формах-скульптурах около лестницы светильники находятся внутри конструктивных элементов и также создают холодный свет, они задают пешеходное направление, в них световые лучи направлены изнутри вверх, создавая «световые столбы». Светильники, за счет их расположения, создают нужный эффект цветных пятен в пространстве,

создавая эффект увеличения пространства. В проекте и компьютерной модели условно первично использовались светильники, которые могли создать необходимые освещенность и световые эффекты. ИС: LED, световой поток Φ 8324 лм в световых инсталляциях (подвесные) и Φ 640 лм в скульптурах (встраиваемые).

Результаты

Представленная методика формирования световой среды пространства фуникулёра включает несколько стадий: предпроектное изучение ситуации, включающий рельефный и историко-градостроительный анализ; художественное создание световой формы и компьютерное моделирование архитектурного пространства. В заключении дается светотехнический анализ. Применённые световые приборы в процессе моделирования с учетом светового потока, кривых силы света и светораспределения (направлений лучей в качестве выразительного эффекта света, рисунок светового поля), освещенности (создает необходимую минимальную освещенность при условии класса объекта ПЗ [5]) и яркости (как выразительный параметр городских объектов) позволяют достичь необходимого функционального и художественного освещения фрагмента городской среды, световых инсталляций и скульптур [4, с. 192–193; 5] (табл. 1).

Таблица 1. Светотехнический анализ: параметры ИС, световые эффекты, освещенность и яркость при достижении художественного освещения

<i>тип световой формы</i>	<i>КСС светораспределение</i>	<i>Φ, лм</i>	<i>световой эффект</i>
световая инсталляция (подвесная)		9000	направленное подсвечивание цветных элементов
световая скульптура		640	просвечивание, выявление формы, цветной свет
<i>E, люкс, согласно модели в Dialux evo</i>	под опорами		2,72
	пешеходное пространство ПЗ (по[5]-не менее 6,0 лк)		7,4
<i>L, кд/м², согласно модели в Dialux evo</i>	опоры (мин/макс)		1,39 / 28,1
	пешеходное пространство (мин/макс)		1,39 / 28,1

Обсуждение

Перспектива исследования может быть в создании функционального освещения на протяжении всего пути лестничного подъема в районе фуникулёра в центре Владивостока, а также формирование рекомендаций по размещению световых форм в

городской среде. В дальнейшем могут быть детально освещены архитектурные павильоны верхней и нижней станций фуникулёра.

Выводы

В данной работе изучается актуальный вопрос освещения редко используемого пространств под транспортными конструкциями фуникулёра и привлечения внимания к данному сооружению как туристическому объекту. Предложенные приёмы освещения могут использоваться в районе транспортных коммуникаций в планировочной структуре других городов: обеспечиваются комфортные и безопасные условия продвижения по лестничному пути для пешеходов и туристов, создаются новые точки притяжения города.

Список литературы

1. *Дебор, Ги-Эрнест.* Психогеография. М.: Ад Маргинем Пресс, 2017. 112 с.: ил.
2. *Чунина У.В., Карпенко В.Е.* Методы дизайна при формировании предметно-пространственной среды долин малых рек Владивостока // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы шестой международной научной конференции, 12–14 апреля 2022, Владивосток, Россия / науч. ред. А.В. Копьёва; Политехнический институт (Школа). – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2022. С. 259–265.
3. *Канцеров Е.Р.* Исследование световых инструментов выявления водного каркаса в структуре города на примере участка набережной реки Смоленки в Санкт-Петербурге // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Т.2. Москва: МАРХИ, 2023. С. 372.
4. *Щепетков Н.И.* Светодизайн города и интерьера. Москва, 2021. 456 с.
5. *СП 52.1330.2016.* Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. М., 2016.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ RGB-ЦВЕТОДЕЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДОВ БЕЛОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ДИСПЛЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Феник М.А., студент; Сурков И.В., студент; Рыбина В.А., ассистент; Туркин А.Н., к.ф.-м.н., доцент, НИУ «МЭИ», г. Москва

**MODELING AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF RGB COLOR
EMISSION FROM WHITE-LIGHT EMITTING ORGANIC LIGHT-
EMITTING DIODES (OLEDs) FOR DISPLAY TECHNOLOGIES**

Fenik M.A., student; Surkov I.V., student; Rybina V.A., assistant; Turkin A.N., Ph.D., associate professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

Аннотация

Согласно исследованию *Display Supply Chain Consultants (DSCC)*, в первом квартале 2021 года доля *OLED*-дисплеев в смартфонах составила около 51 %, что означает, что более половины всех смартфонов на рынке имеют *OLED*-дисплеи. В связи с этим все чаще возникают потребности в проведение исследований, а также в написании ПО, связанного непосредственно с управлением данными экранами. В данной работе было проведено экспериментальное исследование и моделирование *RGB*-цветоделения излучения органических светодиодов белого цвета свечения при различных температурах.

Abstract

According to a study by Display Supply Chain Consultants (DSCC), in the first quarter of 2021, the share of OLED displays in smartphones was about 51 %, which means that more than half of all smartphones on the market have OLED displays. In addition, most leading manufacturers are increasingly replacing their LED displays with OLED displays. As a result, there is an increasing need for research as well as software development related to screen management. In this work, an experimental study and modeling of RGB color emission from white-light emitting organic light-emitting diodes (OLEDs) were conducted at different temperatures.

Ключевые слова: органические светодиоды, субпиксель, органические электролюминесцентные материалы

Keywords: *organic light-emitting diodes, subpixel, organic electroluminescent materials*

Введение

Органические светодиоды (*OLED – organic light emitting diode*) – это электронное устройство, которое использует органические материалы для создания света при прохождении электрического тока через них. *OLED* состоит из нескольких слоев, включая транспортные

слои, эмиттеры света и электроды.

Одна из главных причин, почему *OLED* дисплеи становятся все более популярными – это возможность создавать плоские, равномерно светящиеся, неслепящие поверхности [1].

ОЭЛМ (англ. *OELM - organic electroluminescent materials*) в *OLED* - это органические материалы, которые используются в светоизлучающих слоях *OLED* для создания света. Они являются ключевыми элементами, которые определяют свойства *OLED*, такие как яркость, эффективность [2], цвет и долговечность. Многообразие ОЭЛМ позволяет создавать довольно широкие спектры люминесценции.

Однако, применительно к дисплейным технологиям широкий спектр люминесценции *OLED*-структур является недостатком, и для большего цветового охвата и насыщенности цветов экрана применяются цветные фильтры, вырезающие более узкие спектры *RGB*-пикселей [3].

WOLED с использованием цветных фильтров: Этот тип *OLED* использует белый светодиод, который излучает белый цвет, и цветные фильтры, которые вырезают требуемую область спектра. Более узкое вырезание, чем у *RGB OLED* позволяет получать довольно обширный цветовой диапазон [4].

Каждый пиксель состоит в свою очередь из субпикселей, имеющих белый цвет свечения, сверху же на них наложены светофильтры, вырезающие тот или иной участок спектра, при этом управление каждого такого субпикселя производится независимо от других [4]. Данный метод получения белого и не только цвета свечения используется в микродисплеях, производимых в АО ЦНИИ Циклон [3].

Температурные исследования *OLED* структур особенно актуальны в регионах нашей страны, где температура может значительно изменяться в течение года. В таких условиях получение постоянных по температуре координат цветности является довольно важным, поскольку это позволит обеспечить точное воспроизведение цвета на *OLED* дисплеях в любое время года. Решаемая в рамках данной работы научная задача - это моделирование и поддержание постоянными заданных координат цветности *OLED*, путем регулировки подаваемых на образец токов, при разных температурах.

Методы исследования

Сначала были измерены спектральные характеристики пропускания образцов светофильтров для этого использовался спектрофотометр *HITACHI U-3310* (Рис. 1).

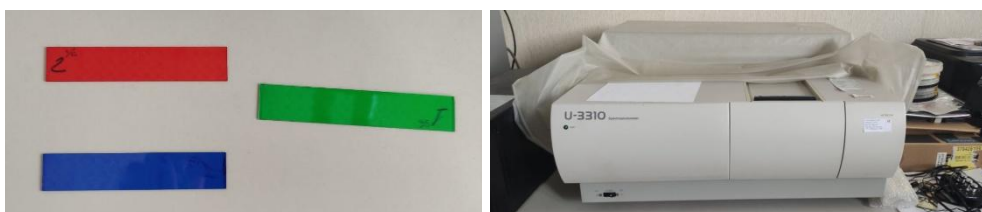


Рис. 1. Образцы светофильтров и спектрофотометр *Hitachi U-3310*

На другой установке исследовались трёхкомпонентные образцы светодиодов белого цвета свечения *TCW-859-65* и *TCW-928-97*. Были получены спектральные характеристики данных образцов на различных значениях температуры, а также ВАХ и ВЯХ.

Знание всех вышеописанных данных использовалось при создании программы в *MATLAB*, которая итерационным подбором позволяла добиться оптимальных токов на каждом значении температуры, при этом сохраняя заданные координаты цветности и яркости постоянными. Для этого использовалась функция *fminsearch*, начальными данными которой являются начальные токи и функция среднеквадратичного отклонения (выражение 1).

$$SKO = \sqrt{\left(\frac{x_{\text{model}} - x_{D65}}{x_{D65}}\right)^2 + \left(\frac{y_{\text{model}} - y_{D65}}{y_{D65}}\right)^2 + \left(\frac{(L_e^B + L_e^G + L_e^R) - L_e^W}{L_e^W}\right)^2}, \quad (1)$$

где

SKO- среднеквадратичное отклонение,

x_{model} , y_{model} - смоделированные программой координаты цветности,

x_{D65} , y_{D65} - координаты цветности источника *D65*, или же любого другого источника,

L_e^B , L_e^G , L_e^R , L_e^W - энергетическая яркость образца после пропускания через фильтр *B* – синий, *G* – зеленый, *R* – красный, *W* – белый.

Была проведена проверка работоспособности данной программы для стандартизированных источников МКО: *D65*, *B*, *C*, *A*.

Результаты

По результатам смежных экспериментальных исследований были получены значения токов для каждого субпикселя на всех температурах [-35; 65] с шагом 5 градусов Цельсия. Для наглядности далее на диаграммах цветности представлены только крайние температурные точки (-35°C, 25°C, 65°C) при неизменном токе, а также указана коррелированная цветовая температура ($T_{\text{цвкор}}$) данных точек.

Можно заметить, что с изменением температуры образца значения $T_{\text{цвкор}}$ варьировались в диапазоне от 7771 К до 5246 К (Рис. 2), что крайне заметно человеческому глазу (больше 7 *SDCM* (стандартное отклонения выравнивая цвета, используемое при биннинге светодиодов)). При этом после работы программы значения координат цветности, а также яркости оставались одинаковыми (Рис. 3). Помимо графического отображения результатов программа записывает в файл подобранные значения токов, которые необходимо подать на *RGB* составляющие для компенсации температурного смещения цветности *OLED*.

Для источников типа *B*, *C*, *D65* различий в координатах цветности после работы программы не наблюдалось.

Для источника типа *A* координаты цветности с заданными не сошлись (рис. 4). Это связано с невозможностью программы уйти за токи

1–25 мА. Для источника типа *A* требуется снижать синюю компоненту ниже 1 мА или повышать красную выше 25 мА. Данная проблема может быть решена более широким диапазоном измерений.

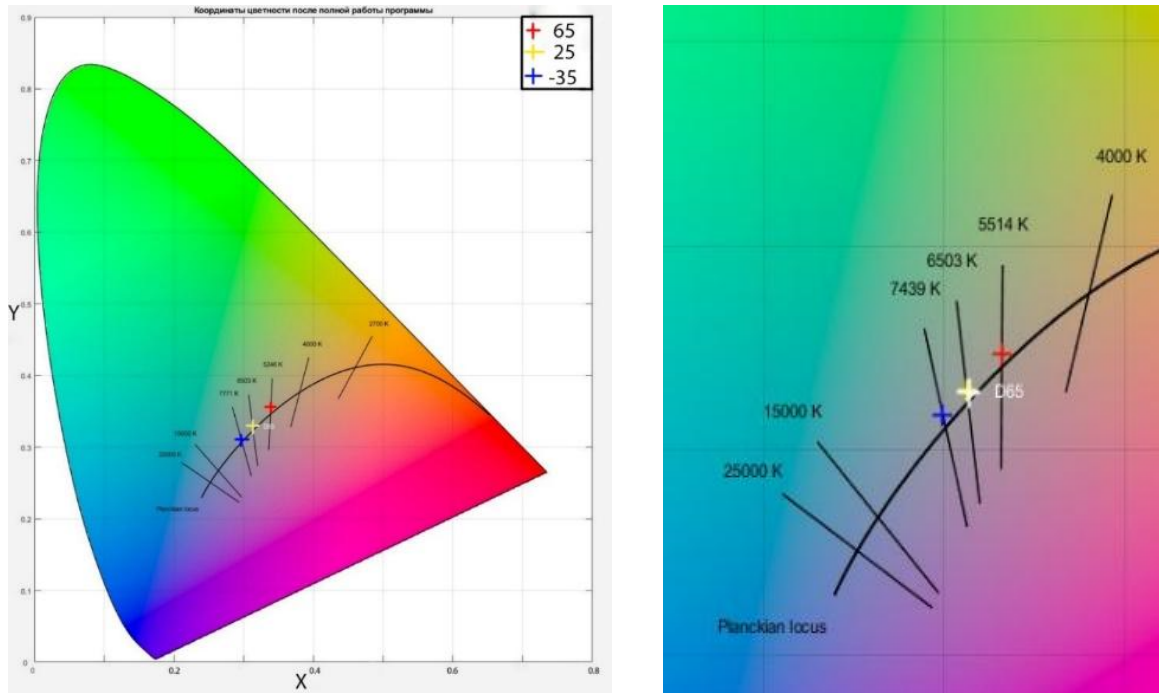


Рис. 2. Координаты цветности образца *TCW_927_97*, подобранные под источник *D65*, на температурах (-35°C, 25°C, 65°C) на одном токе

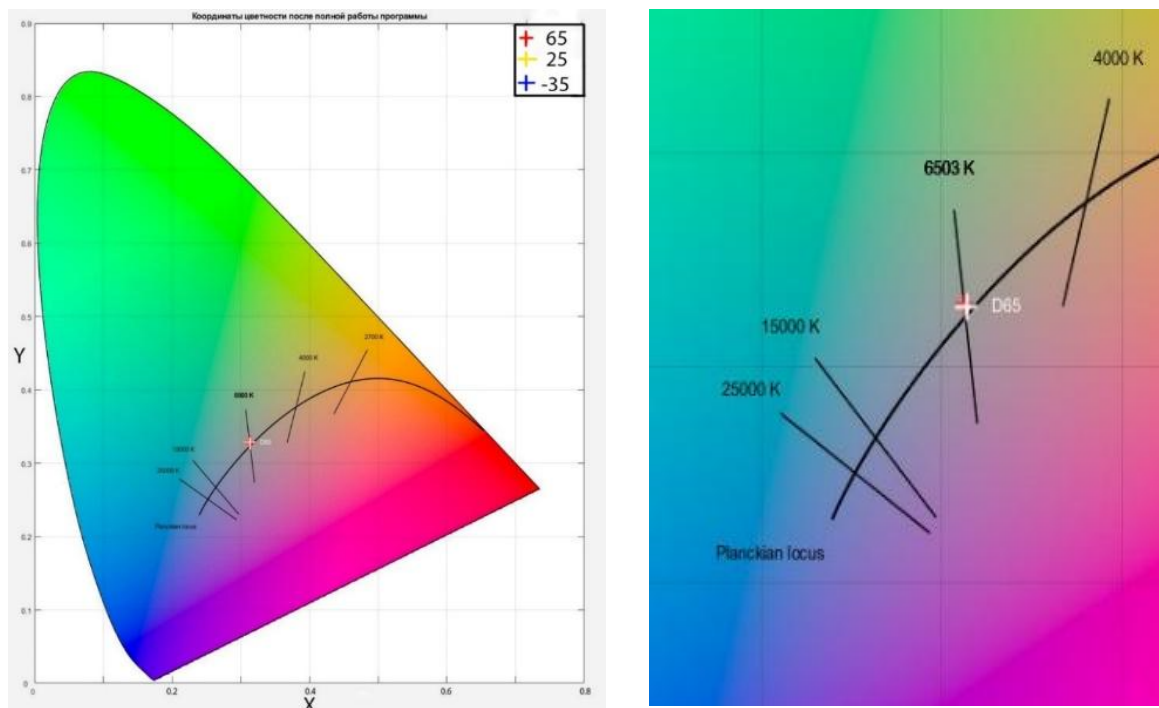


Рис. 3. Координаты цветности образца *TCW_927_97*, подобранные под источник *D65*, на температурах (-35°C, 25°C, 65°C) после завершения работы программы

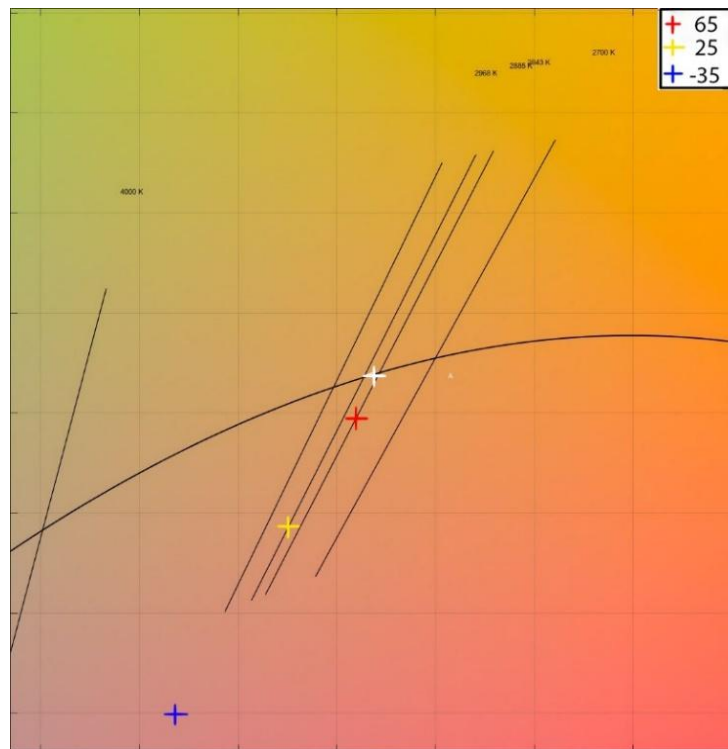


Рис. 4. Диаграмма цветности с координатами цветности белого образца TCW-927-97, используя коррективу по токам для температур -35, 25, 65 градусов Цельсия (Моделирование источника типа A)

Выводы

В данной работе была разработана программа, которая на основе электрофизических характеристик и спектров электролюминесценции образца *OLED*-структуры белого цвета свечения при разных температурах и токах, а также, спектральных характеристик пропускания цветных светофильтров, позволяет подобрать токи (в диапазоне от 1–25 мА), подаваемые на каждый из субпикселей таким образом, чтобы координаты цветности сошлись с заданными. Использование данной программы помогает заметно ускорить процесс разработки новых *OLED* дисплеев, работающих в широком диапазоне температур.

Список литературы

1. Справочная книга по светотехнике / Под. Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. С 74 4-е изд. перераб. и доп. М.: -892 с. ил.;
2. Amin Salehi, Xiangyu Fu, Dong-Hun Shin et al.” Recent Advances in OLED Optical Design”/ *Advanced Functional Materials* – 2019 – p. 10–16;
3. Стахарный С. Перспективы органических светодиодов в системах освещения / журнал «Современная светотехника» – 2010 – С. 142–146;
4. Reineke S. et. al. White organic light-emitting diodes: Status and perspective / *Rev. Mod. Phys.* – 2013– p. 2–53.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СВЕТОВОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ: НОВЫЙ МЕТОД И МОДЕРНИЗАЦИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

*Храмов В.А., студент; Рыбина В.А., ассистент; Григорьев А.А.,
д.т.н, профессор, НИУ «МЭИ», г. Москва*

**DETERMINATION OF THE LUMINOUS EFFICIENCY FUNCTION:
A NEW METHOD AND MODERNIZATION OF THE
EXPERIMENTAL INSTALLATION**

*Hramov V.A., student; Rybina V.A., teaching assistant; Grigoryev A. A,
Dr.Sc, full professor, National Research University "Moscow Power
Engineering Institute", Moscow, Russia*

Аннотация

Уточнение функции относительной световой эффективности МКО ($V(\lambda)$) актуально для практических применений в различных светотехнических областях. В работе предложен метод определения $V(\lambda)$, основанный на пороговом обнаружении монохроматических объектов на монохроматических фонах. Возможность применения данного метода была проверена с помощью пробного эксперимента.

Abstract

Refinement of the relative luminous efficiency function CIE ($V(\lambda)$) is relevant for practical applications in various lighting fields. The paper proposes a method for determining $V(\lambda)$ based on the threshold detection of monochromatic objects against monochromatic backgrounds. The applicability of this method was tested using a trial experiment.

Ключевые слова: функции относительной световой эффективности, пороговое обнаружение, экспериментальное исследование, характеристики наблюдателя

Keywords: *relative luminous efficiency function, threshold detection, experimental research, observer's characteristics*

Введение

Все фотометрические показатели (световой поток, сила света, яркость, их освещенность) выводятся из их радиометрических аналогов (поток излучения, сила излучения, энергетическая яркость и облученность) путем взвешивания в соответствии с функцией относительной световой эффективностью излучения ($V(\lambda)$) [1].

С прошлого века не прекращались исследования этой функции при разных условиях наблюдения, для наблюдателей разных возрастов и с учетом все новой поступающей информации о зрительной системе человека.

Методы исследования

На рисунке 1 приведена фотография экспериментальной установки, которая расположена в УИК ВНИСИ. Подробное описание элементов установки приведено в статье [2].

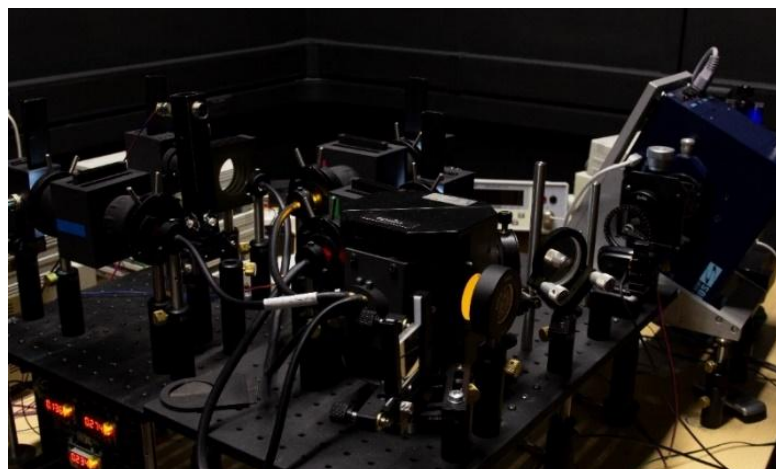


Рис. 1. Фотография экспериментальной установки

Согласно выражению 1 (при выполнении условия Вебера-Фехнера) возможно выразить искомую $V(\lambda)$ по определяемым в эксперименте пороговым энергетическим яркостям объекта на длинах волн λ_i и λ_{\min} .

$$V(\lambda_i) = \frac{\Delta L_{en}(\lambda_{\min})}{\Delta L_{en}(\lambda_i)} \Big|_{L_e=L_{e0}}, \quad (1)$$

где L_{e0} - энергетическая яркость в канале фона, постоянная для всех длин волн от синей до красной области спектра $\lambda_c - \lambda_{кр}$.

Суть эксперимента в предъявлении наблюдателю монохроматического объекта той же цветности, что и устанавливаемый фон. Тогда пороговое обнаружение будет обеспечиваться только за счет изменения яркости объекта.

Помимо проведения стандартных градуировок экспериментальной установки, были подобраны интерференционные фильтры, при установке которых в канал фона будет возможна работа в области Вебера-Фехнера. По результатам такой проверки начало исследуемого диапазона соответствует λ_c , а точнее уже $\lambda_z - 500$ нм, а конец $\lambda_{кр} - 600$ нм.

Общим уровнем энергетической яркости в канале фона L_{e0} был выбран $0,015865$ Вт/м²ср. При наличии более мощного источника белого излучения исследуемый диапазон возможно расширить и включить синюю область.

Для выявления отклонений в цветовом зрении наблюдатели проходили проверку по цветовым таблицам Рабкина Е.Б. В начале эксперимента наблюдатель проходил темновую адаптацию в течение пятнадцати минут, а затем световую адаптацию - в течение трех минут.

Эксперимент проводится методом едва заметного отличия.

Результаты

Полученные зависимости отображены на рисунке 2.

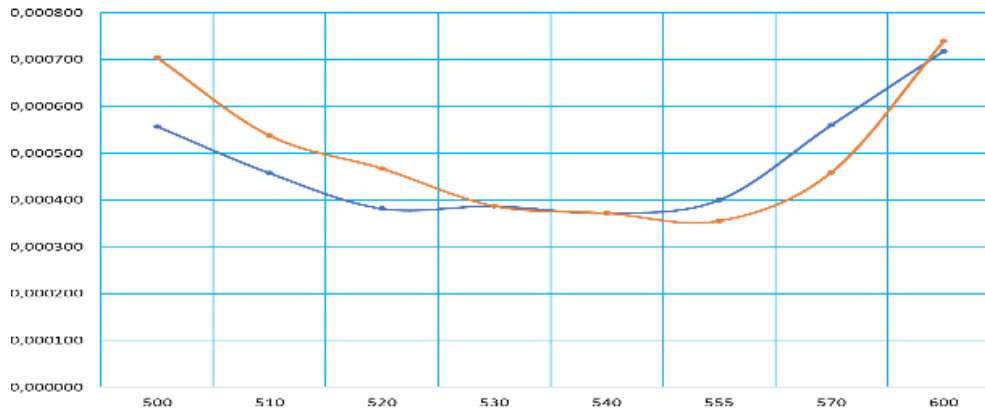


Рис. 2. Полученные пороговые зависимости яркости объекта (синяя кривая – наблюдатель 1, рыжая кривая – наблюдатель 2) отображение в *Excel*

Предварительная обработка результатов происходила в *Curve Fitting Toolbox* программы *MATLAB* (рис. 3).

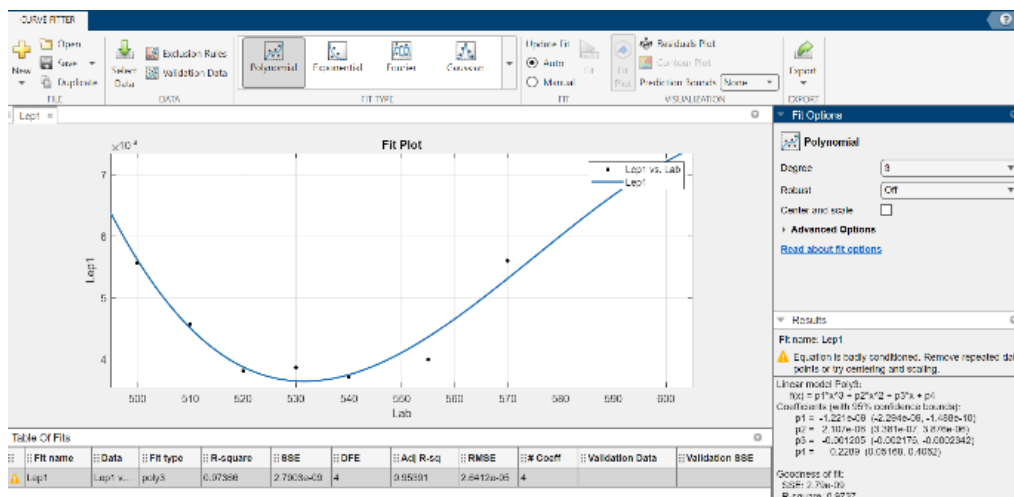
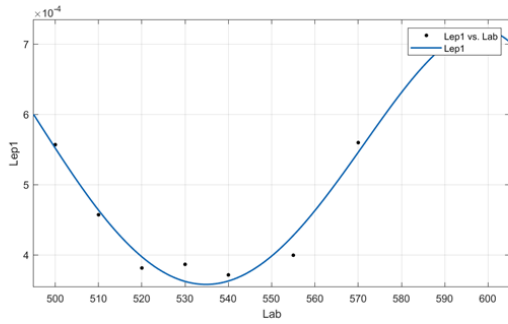


Рис. 3. Интерфейс *Curve Fitting Toolbox*

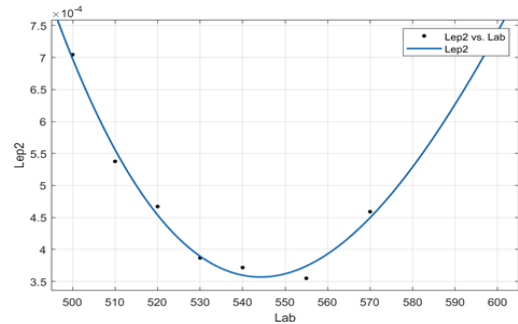
Поскольку пробный эксперимент проводился один раз и известно, что у наблюдателей существует естественный разброс их характеристик, то были изучены варианты аппроксимации результатов: полиномиальная, экспоненциальная, гауссоидами, кубическая и др.

Критерием выбора аппроксимации было полученное по результатам расчетов СКО, которое не должно быть много меньше экспериментального СКО и наименьшая степень полинома (при полиномиальной аппроксимации).

Для дальнейшей работы выбрана полиномиальная аппроксимация (функции *polyval* и *polyfit*) с 4 степенью полинома (рис. 4).



Наблюдатель 1

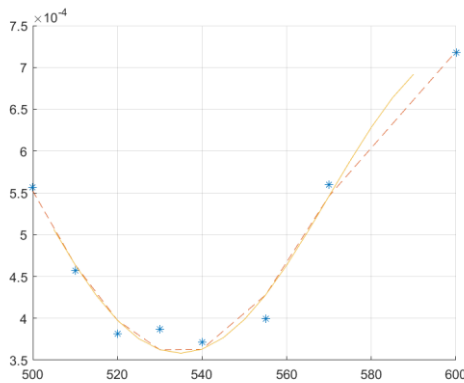


Наблюдатель 2

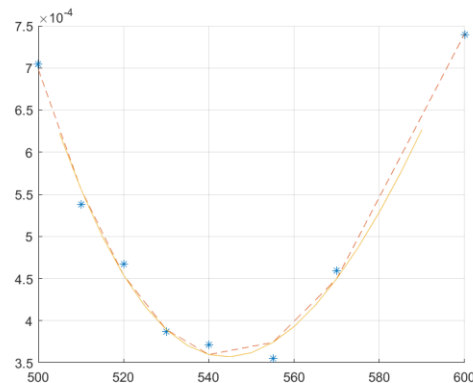
Рис. 4. Результаты аппроксимации

Затем значения были проинтерполированы сплайном, т.к. шаг по длинам волн соответствует тем интерференционным фильтрам, которые были в наличии на установке, и не факт, что необходимый по формуле (1) $\Delta L_{en}(\lambda_{\min})$ попал в эту выборку.

Результаты описанных выше шагов можно увидеть на рисунке 4.



Наблюдатель 1



Наблюдатель 2

Рис. 5. Синие маркеры – исходные значения, -кривая – результат полиномиальной аппроксимации, сплошная кривая – результат интерполяции сплайном

Итоговые функции, представлены на рисунке 6.

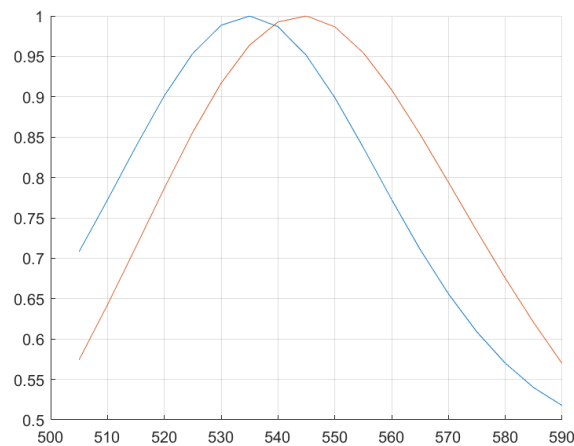


Рис. 6. Функции $V(\lambda)$ для наблюдателя 1 (синяя кривая) и для наблюдателя 2 (рыжая кривая) в относительных единицах

Как видно из рис. 6 у наблюдателей максимумы $V(\lambda)$ не совпадают, наблюдатель 1 имеет максимум на длине волны 535 нм, а наблюдатель 2 – 545 нм.

Как таковые полуширины кривых определить затруднительно: исследован не весь диапазон длин волн, и шкала ординат начинается только с 0,5.

Выводы

Основным результатом данной работы является предложение метода определения $V(\lambda)$, основанного на пороговом обнаружении монохроматических объектов на монохроматических фонах. Возможность применения данного метода была проверена с помощью пробного эксперимента.

Помимо получения непосредственно функции $V(\lambda)$ в процессе обработки экспериментальных результатов был оценен разброс $V(\lambda)$ и обоснован критерий выбора метода аппроксимации.

Следует отметить, что при неизвестном положении минимума функции $\Delta L_{en}(\lambda_{\min})$, выбор типа аппроксимации влияет на итоговое значение $\Delta L_{en}(\lambda_q)$.

В дальнейших исследованиях рекомендуется расширить исследуемый диапазон путем увеличения потока излучения в канале фона экспериментальной установки.

Список литературы

1. *Мешков В.В., Матвеев А.Б.* Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
2. *Боос Г.В., Григорьев А.А., Рыбина В.А.* Установка для экспериментальных исследований монохроматических порогов зрительной системы человека. // Светотехника. 2021. № 4. С. 5–11.

**СВЕТОЦВЕТОВЫЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ФОРМЫ В
ОРГАНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНО-СВЕТОВОЙ СРЕДЫ ГОРОДА**

*Худолева Е.О., аспирант; Карпенко В.Е., к.арх., доцент,
ФГАОУ ВО «ДВФУ», г. Владивосток*

**LIGHT-COLOR MULTIMEDIA FORMS IN THE ORGANIZATION OF
THE ARCHITECTURAL AND LIGHTING ENVIRONMENT
OF THE CITY**

*Khudoleeva E.O., postgraduate student; Karpenko V.E., PhD in
architecture, associate professor, FEFU, Vladivostok*

Аннотация

В статье рассмотрены светоцветовые мультимедиа формы и их роль в организации архитектурно-световой среды современного города. Сформулированы основные принципы их интегрирования в пространство города (такие как принцип светоцветового психологического программирования, светоцветовой ориентации, светоцветового шоу, светоцветовой интерактивности, светоцветового акцентирования объектов историко-культурного наследия, светоцветового информирования, светоцветовой гибридизации, светоцветовой виртуальности) с целью его функционального, эстетического и художественного наполнения и гармонизации визуального облика.

Abstract

The article discusses light-color multimedia forms and their role in the organization of the architectural and lighting environment of a modern city. The basic principles of their integration into the city space are formulated (such as the principle of light-color psychological programming, light-color orientation, light-color show, light-color interactivity, light-color accentuation of objects of historical and cultural heritage, light-color information, light-color hybridization, light-color virtuality) for the purpose of its functional, aesthetic, and artistic content and harmonization of visual appearance.

Ключевые слова: архитектурно-световая среда, дизайн городской среды, мультимедиа, светоцветовая форма

Keywords: *architectural and lighting environment, urban environment design, multimedia, light-color form*

Введение

Светоцветовые формы (световые инсталляции и скульптуры, медиафасады, видеомэппинг, лазерные лучи, фризлайт – световая живопись, световая графика, световая каллиграфия) можно определить как характерные светокомпозиционные формы, содержащие источники искусственного света, отражатели, элементы фурнитуры и сложное техническое устройство (датчики, беспроводную связь, элементы

электрических, информационных и экологических технологий) с включением мультимедиа (графики, текста, звука, видео, анимации и др.) [3, 8].

Главной задачей данных объектов в городском пространстве является поддержание динамичной и комфортной архитектурно-световой среды, оказывающей положительное влияние на психологическое состояние, переживания и поведение жителей, как в темное, так и по возможности в светлое время суток. Целью данной работы является определение принципов интегрирования светоцветовых форм в архитектурно-световую среду для достижения вышеупомянутой задачи.

Метод исследования

Определение и формулирование системы принципов размещения светоцветовых мультимедийных форм в архитектурно-световой среде города произведено с использованием таких общенаучных методов как анализ научной базы в области световой архитектуры и дизайна городской среды [1, 2, 4, 5] и реализованных зарубежных и отечественных примеров многообразия размещения и функционального применения светоцветовых форм в городских пространствах, далее их синтез и систематизация.

Результаты и обсуждение

В результате исследования были определены следующие основные принципы (рис. 1) применения светоцветовых мультимедийных форм в организации архитектурно-световой среды города:

– *принцип светоцветового психологического программирования.* Свето-колористические решения светоцветовых форм оказывает сильное психофизиологическое воздействие на человека, влияя на его ощущения, чувства, мысли и поведение. Например, железнодорожные компании в Токио установили синие светодиодные фонари на платформах станций, а также голубую полупрозрачную кровлю. Метаанализ показал, что этот подход потенциально может снизить количество самоубийств и повысить безопасность станций в целом. Механизм действия заключается в ассоциации синего цвета со спокойствием и природой, а также цветовые ассоциации с полицией [7].

– *принцип светоцветовой ориентации в пространстве.* Светоцветовые формы выделяются из окружающей городской среды благодаря визуальным световым и цветовым эффектам, привлекают и концентрируют на себе внимание человека, выполняя функцию визуальных коммуникаций, акцентов, ориентиров на местности, при этом не заслоняя своего окружения. Светоцветовые формы, применяемые в качестве ориентационных объектов городской среды опираются на два подхода к формированию образа: использование знакомых, универсальных приемов, направленных на привычные традиционные модели поведения человека и быструю ориентацию в

пространстве; а также применение нестандартных решений, которые особенно привлекают внимание пешеходов своей необычностью и направлены на создание уникальных неповторимых впечатлений от конкретной средовой ситуации. Примером световой инсталляции, способствующей навигации в пространстве, является освещенный тысячу светящихся камешков путь «Путь Ван Гога» для велосипедистов от студии *Daan Roosegaarde* в Нуэне.

– *принцип светоцветового шоу.* Светоцветовые формы используются для иллюстрирования и сопровождения мероприятий в городе. Они создают визуальную зрелищность территории, «театральность», «кинематографичность» архитектурной среды. Кроме того, во многих странах часто проводятся масштабные фестивали, полностью посвященные светоцветовым формам и эффектам. Например, ежегодный фестиваль света «*Vivid Sydney*» в Сиднее, праздник света в Лионе, фестиваль света «Просвет», проводимый в разных городах России.

– *принцип светоцветовой интерактивности.* Светоцветовые формы устанавливаются для дополнительного развлечения и вовлечения зрителя, взаимодействия с ним. Человек способен изменять сценарии освещения. Гибкость, интерактивность и движение форм образуют эмоциональную связь наблюдателя с инсталляцией, способствуют повышению уровня комфорта, так как один и тот же объект может быть настроен в соответствии с конкретным человеком. Примером подобных форм служат медиафасады, которые реагируют на погоду: при ветреной погоде шрифты немного смазываются, а при осадках на экране появляется эффект упавших капель, а также интерактивная игровая площадка «*Swing Time*» в Бостоне, цветность и яркость освещения которой изменяется при непосредственном взаимодействии с человеком.

– *принцип светоцветового акцентирования объектов историко-культурного наследия.* Светоцветовые формы усиливают значимость существующих ценных архитектурных ансамблей и памятников истории и культуры в городской среде, способствуя их доминированию на зрительном уровне. Чаще всего данный принцип используется при организации городских мероприятий и световых шоу, где памятник истории и культуры становится холстом для медиахудожников. Примером служит акцентирование фасада здания ДК Солдатово за счет видеопроекций с несколькими видеорядами и звуковым сопровождением на фестивале электронной музыки и визуального искусства «*EFEST 2022*» в Перми. Приковывая взгляды жителей каждый день на протяжении 3 часов, видеопроекции способствовали обновлению внешнего вида исторической достопримечательности, усиливая ее значимость в городском контексте.



Рис. 1. Принципы применения цветоцветовых мультимедийных форм в организации архитектурно-световой среды города

– *принцип цветоцветового информирования.* Светоцветовые формы используются в качестве информационных объектов, билбордов, фасадов, инфографики, элементов навигации и др. Различные дисплейные технологии привлекают и удерживают внимание человека, тем самым упрощая процесс восприятия и потребления необходимой

значимой информации. Подобные светоцветовые формы как правило несут в себе информацию для потребителя. Она может быть рекламного характера, а также познавательной или полезной. Например, светоцветовые инсталляции – павильоны «*Living Light*» в Сеуле, служат для жителей источником информации об уровне загрязнения воздуха в районах города.

– *принцип светоцветовой гибридизации.* Технологии, используемые в современных светоцветовых формах, способствуют образованию многофункциональных гибридных систем, с их помощью пространства обретают дополнительные новые смыслы и содержание, функциональное назначение в городской среде. Наиболее интересными и многофункциональными объектами являются: павильон с картой города «*Living Light*» в Сеуле; динамическая звуковая инсталляция «*Lightweave*» в Вашингтоне; светоцветовая и звуковая скульптура «*Aviary*» в Дубае; работающие от солнечной энергии фонари «*Sunny tree*» в Лондоне.

– *принцип светоцветовой виртуальности.* При помощи различных современных технологий (VR, AR и др.), применяемых в светоцветовых формах, городское пространство превращается в симбиоз физической и иллюзорной реальности [2]. Современные светоцветовые формы взаимодействуют, создавая виртуальную, дополненную и смешанную реальность. Создание эффекта дополненной реальности при организации световой среды основаны на применении различных современных технологий в светоцветовых формах. Видеомэппинг на здание театра оперы и балета им. Чайковского в Перми (фестиваль света Просвет 2019) имитировала и создавала различные композиции, перенося зрителей в параллельную реальность с непредсказуемыми образами.

Выводы

Композиционные, образно-художественные и технические особенности светоцветовых форм могут определять их расположение в пространстве города. Светоцветовые формы могут применяться в городской среде в качестве визуальных коммуникаций, информационно-ориентационных объектов, элементов благоустройства и эстетического наполнения городского пространства и др.

Применение сформулированной системы принципов интегрирования светоцветовых мультимедийных форм в городское пространство в архитектурно-световых проектах будет способствовать организации многофункциональной, художественно-выразительной и комфортной светоцветовой среды для людей.

Список литературы

1. *Ефимов, А. В.* Колористика города / А. В. Ефимов – М.: Стройиздат, 1990. – 272 с.
2. *Карпенко, В. Е.* Применение виртуальных и нейротехнологий к архитектурно-световой среде // *Architecture and Modern Information*

- Technologies. 2023. №2(63). С. 285–297. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/18_karpenko.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-285-297
3. *Худолева, Е. О.* Сенсорные технологии и методы оценки цветоцветовых форм в средовом пространстве Владивостока / Е. О. Худолева, В. Е. Карпенко // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2022. – Т. 1. – С. 226–232.
 4. *Шимко В. Т.* Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды: учебник / В. Т. Шимко. – М.: Архитектура-С, 2006. – 384 с.
 5. *Щепетков, Н. И.* Светодизайн города и интерьера: Учебное пособие для высших учебных заведений / Н.И. Щепетков. – Москва, 2021. – 456 с.
 6. Interactive Installation Art & Design – Art Experience Driven by Technology. Shenzhen, China: Artpower. 2020.
 7. *J. Roe, L. McCay* // Restorative cities : urban design for mental health and wellbeing; ISBN 9781350112872 Great Britain. 2021. – 272 p.
 8. *Vladimir E. Karpenko and Nikolay I. Shchepetkov.* Light Forms in urban environment // Light&Engineering. Vol.29, N.4. 2021. Pp. 6–15.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ**

*Цыганкова Т.И., студент; руководитель: Смирнов П.А., к.т.н.,
доцент, НИУ «МЭИ», г. Москва*

**DESIGN OF A HYDROPONIC INSTALLATION FOR PLANT
IRRADIATION**

*Tsygankova T.I., Smirnov P.A. National Research University «Moscow
Power Engineering Institute»*

Аннотация

Цель работы – проектирование гидропонной облучательной установки для выращивания растений на основе полученных данных. Проектирование установки осуществлялось на основе исследования, которое проводилось с октября 2022 по май 2023 года. В данном исследовании выращивалась микрозелень дайкона, кресс-салата и редиса. Также применялись различные варианты изменения уровней облученности и спектра излучения, для чего были применены варианты: 1) размещение под облучателями кальки в 1, 2 и 3 слоя; 2) добавление дополнительных источников света; 3) установка пластиковых прозрачных ограничителей на каждый горшочек с растением. В результате исследований было установлено: качество биомассы лучше при условиях выращивания с наибольшей фотосинтетической фотонной облученностью. На основе этих данных и исследования рынка комплектующих было создано 3 варианта гидропонной облучательной установки, удовлетворяющих условиям достижения наилучших результатов эксперимента, среди которых был выбран оптимальный по энергоэкономическим параметрам.

Abstract

The purpose of the work is to design the hydroponic plant lighting installation based on the data obtained. The design of the installation was carried out on the basis of studies that were carried out from October 2022 to May 2023. In this study, microgreens were grown: daikon, watercress and radish. Various options for changing the levels, distribution of photosynthetic photon flux density and radiation spectrum were also used, for which the following options chosen: 1) placing in 1, 2 and 3 layers of tracing paper under the light sources. 2) adding additional light sources. 3) installation of plastic transparent borders for each pot with a plant. As a result of the research, it was found that the quality of biomass is better under growing conditions with the highest photosynthetic photon flux density. Based on these data and the study of the components market, 3 variants of the projects for a hydroponic plant lighting installation were produced that meet the conditions for the best results of the experiment. Among which, the optimal energy-economic parameters were chosen.

Ключевые слова: Облучательная установка, многоярусная гидропонная система, фотосинтез, фотобиологические процессы, спектр излучения, проектирование установки, светодиодные облучатели, микрозелень, светокультура растений

Keywords: *Irradiation plant, multi-tiered hydroponic system, photosynthesis, photobiological processes, radiation spectrum, plant design, LED irradiators, microgreens, plant light culture*

Введение

Разработка проекта гидропонной установки производилась на основе исследований, проведённых в Учебно-исследовательском комплексе Всесоюзного научно-исследовательского светотехнического института им. С. И. Вавилова (ВНИСИ). Эксперименты были проведены на основе двухъярусной гидропонной установки, которая была фотометрически обследована на предмет распределения облучённости на каждой из ячеек для посадки растений. Измерялись: спектральная плотность горизонтальной облучённости, распределение горизонтальной облучённости и её среднее значение на каждой из ячеек на уровне верхней границы субстрата, и цилиндрическая облучённость на 2,5 сантиметра выше методом усреднения 4-х значений вертикальных облучённостей, полученных прикладыванием головки измерительного прибора к поверхности куба с соответствующим разворотом и размещением его граней, чтобы обеспечить положение приёмника точно на оси ячейки. В основных экспериментах использовались растения из семейства Капустные (Крестоцветные), это дайкон, редис и кресс-салат.

Растения выращивались в 5-ти вариантах разных условий освещения и конструкции установки.

При проектировании гидропонной облучательной установки были учтены особенности спектрального состава и уровней излучения предложенные в работах [1] и [2], на основе чего были выбраны для размещения в установке: красные светодиоды (СД): *C3535K14 R3GA-ZW* мощностью 1,8 Вт. и синие светодиоды *A2835D46B C-S1-08-PCT-ZW* мощностью 2,8 Вт., а также их количество и размещение.

Таблица 1. Характеристики светодиодов выбранных для проектируемой установки

Наименование	Внешний вид	Мощность, Вт	Спектральный диапазон излучения (по уровню 0,5)	Световой поток, лм	Размеры, мм
<i>C3535K14 R3GA-ZW</i>		1,8	655–665	65	3,45x3,45
<i>A2835D46B C-SI-08-PCT-ZW</i>		2,8	440–460	65	3,45x3,45

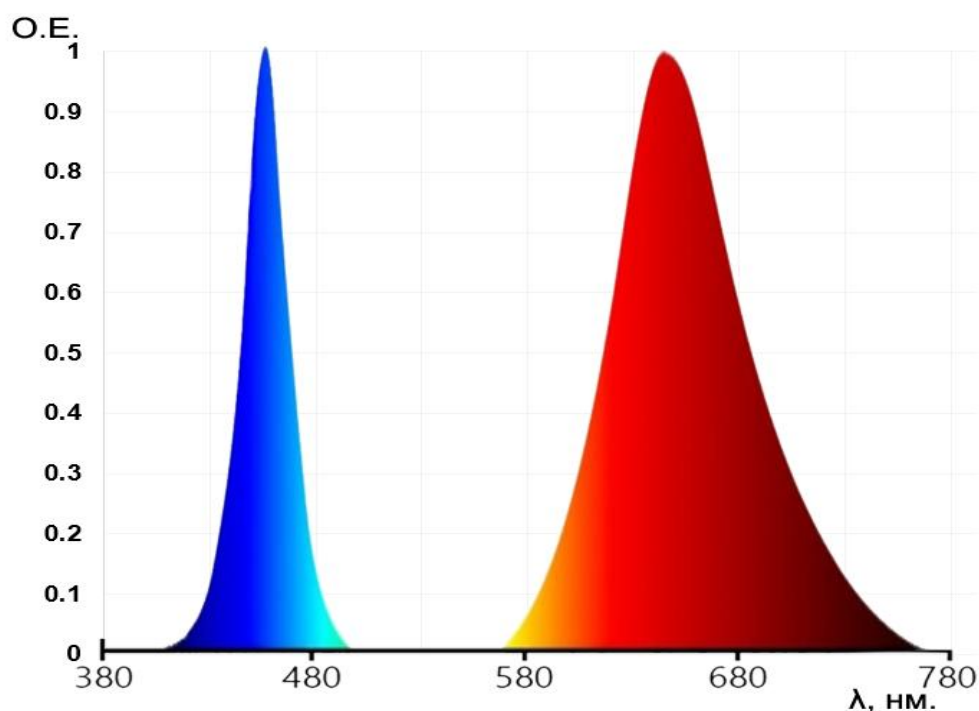


Рис. 1. Спектры выбранных светодиодов в относительных единицах, представленные на одном графике

Методы

Облучательные установки можно разделить на две большие группы: многоярусные и одноярусные. Для выращивания в больших масштабах подходят установки, содержащие несколько ярусов. Данная работа специализируется, как на масштабном использовании (нескольких установок), так и на применении в домашних условиях, поэтому выбор осуществлялся между 2 и 3 ярусами. С учетом известных данных исследуемой установки и мощности ее СД, расстояние между ярусами выбрано 33 см с учетом ниши для СД. В случае трехярусной установки полная высота равна 1,83 метра, а в случае двух ярусов высота составляет 1,4 метра, из чего делается вывод, что двухярусная установка более удобна в эксплуатации.

На каждом ярусе может располагаться несколько рядов с ячейками для растений. Для удобства в эксплуатации выбор осуществляется в диапазоне от трех до пяти рядов. В нашем случае было выбрано 3 ряда (рис. 2).

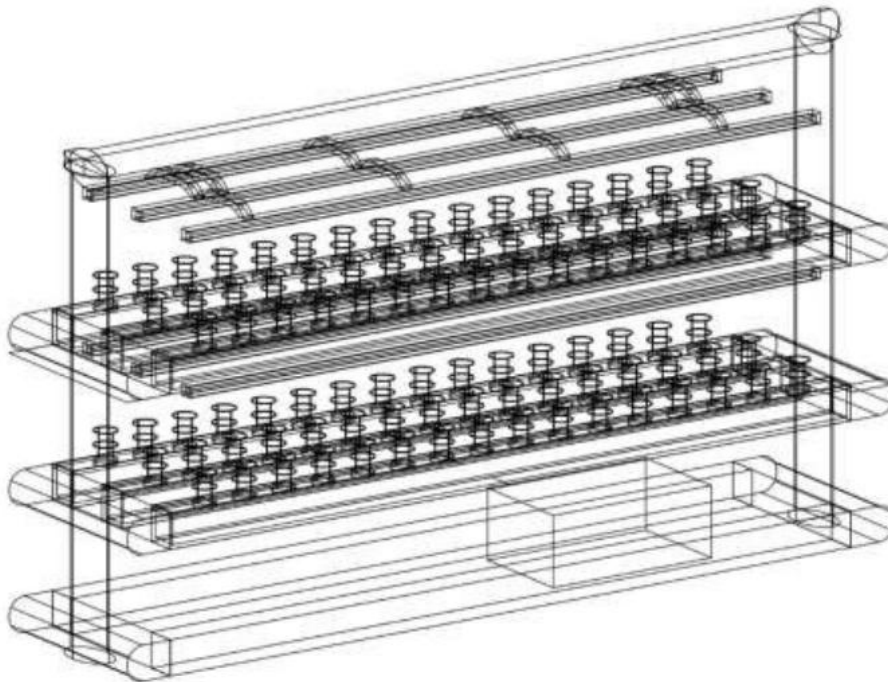
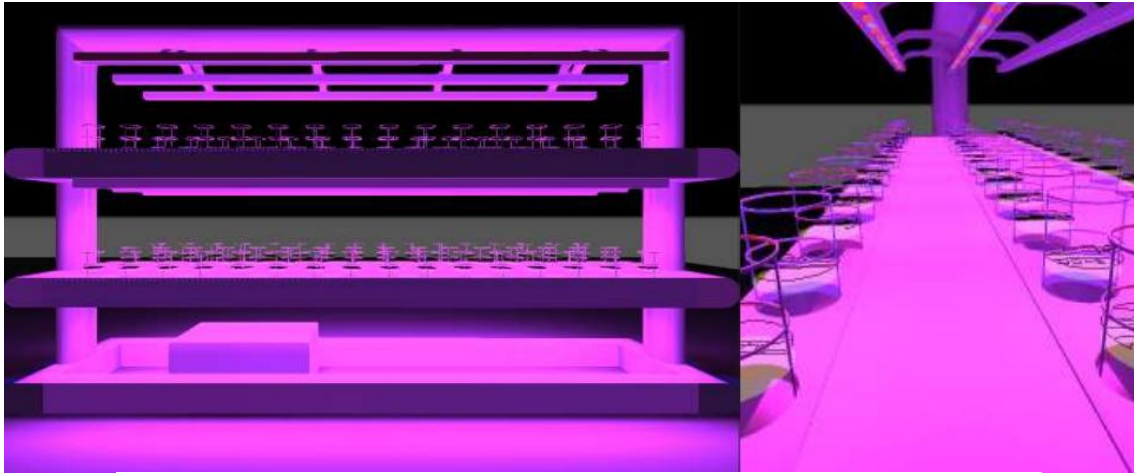


Рис. 2. Визуализация установки в программе *DIALux evo* и её схематическое изображение

Результаты

Результаты были получены на основе расчётов в программе *DIALux* и оптимизации схемы установки. Были выбраны три схемы расстановки светодиодов. Для 1-го варианта было выбрано 16 ячеек для посадки растений в каждом ряду - всего 96 ячеек, для второго варианта по 13 ячеек - всего 78 ячеек, для 3-го варианта выбрано неравномерное распределение – 16 ячеек в центральном ряду и по 14 ячеек на боковых рядах – всего 88 ячеек. Сводные результаты рассчитанных характеристик 3-х вариантов установок представлены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики разных вариантов установки

Вар.	Наименование	Кол-во	Средняя горизонтальная освещённость Егср., лк	Установленная мощность, Вт	Общая удельная мощность, Вт/м ²	Равномерность распределения освещенности, Емин/Еср
1	<i>C3535K14 R3GA-ZW</i>	48	2477	153,6	137,9	0,55
	<i>A2835D46B C-S1-08- PCT-ZW</i>	24				
2	<i>C3535K14 R3GA-ZW</i>	39	2109	120,6	108,3	0,62
	<i>A2835D46B C-S1-08- PCT-ZW</i>	18				
3	<i>C3535K14 R3GA-ZW</i>	39	2438	140,8	126,5	0,82
	<i>A2835D46B C-S1-08- PCT-ZW</i>	18				

Обсуждение

Для улучшения работы установки можно рассмотреть новые вариации по количеству светодиодов на верхнем ярусе, которое поспособствует увеличению облученности на нижнем ярусе и приведет к снижению необходимого количества облучателей на нижних уровнях.

Выводы

На основе выявленных решений были спроектированы три варианта установки. Вторым вариантом имеет недостаточную облученность, поэтому из 1-го и 3-го варианта выбран лучший – 3-й вариант, который имеет равномерное распределение облученности по ячейкам для растений с отклонением +10.61 % и -13.79 % при наименьшей установленной мощности. Предложены дополнительные крепежи, которые концентрирует растение в своей области роста.

Список литературы

1. Тихомиров, А. А. Внутренний радиационный режим в фитоценозах и фотобиологическая эффективность излучения в условиях светокультуры // Светотехника. — 2021. — № 1. — С. 13–21.
2. Прикупец, Л. Б., Боос, Г. В., Терехов, В. Г., Тараканов, И. Г. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур // Светотехника. — 2018. — № 5. — С. 6–12.

ОСВЕЩЕНИЕ ЖИЛОГО ИНТЕРЬЕРА С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

*Шагина Д.Д., бакалавр; Фомин А.Г., к.т.н., доцент,
НИУ «МЭИ», г. Москва*

HOUSEHOLD INTERIOR LIGHTING WITH INTELLECTUAL CONTROL SYSTEM

Darya D. Shagina, B.S.E.; Alexander G. Fomin, Ph.D. of Engineering Sciences, National Research University MPEI, Moscow, Russia

Аннотация

В работе рассмотрены современные требования к системам управления освещением для жилых интерьеров и технические возможности их реализации. Произведён обзор наиболее востребованные в настоящий момент на рынке цифровые экосистемы для бытового применения. Разработан демонстрационный проект освещения с использованием дизайнерских светильников, подключённых к системе управления, проанализированы его достоинства и недостатки.

Abstract

The paper considers modern requirements for residential lighting control systems and the technical capabilities of their implementation. A market review of the most popular digital ecosystems for domestic use has been made. A sample design was developed for the residential interior lighting installation complete with the control system, its advantages and disadvantages were analyzed.

Ключевые слова: Внутреннее освещение, бытовое освещение, управление освещением, светодизайн, сцены освещения, умный дом

Keywords: *Interior lighting, household lighting, lighting control, lighting design, lighting scenes, smart home*

Введение

Быстрое развитие средств управления освещением для домашнего использования стало результатом стремления пользователей к более высокому уровню комфорта, удобства и гибкости в сочетании с возможностью включения большего количества и типов источников света. В дополнение к переключению и диммированию современные системы управления бытовым освещением обеспечивают две ключевые дополнительные функции. Во-первых, это возможность легко и гибко группировать несколько источников света, чтобы ими можно было управлять вместе. Во-вторых, с помощью ряда predetermined настроек можно добиться различных комбинаций источников света и уровней освещения, часто называемых сценами. Эти две функции позволяют пользователям легко управлять освещением вне зависимости от того, насколько сложна осветительная установка.

В последнее десятилетие окончательно сформировалось и утвердилось особое направление в области технологий управления, получившее устоявшееся название «умный дом». Развившаяся из сферы систем управления освещением, эта технология активно совершенствовалась и в итоге начала охватывать практически все виды электрических нагрузок, присутствующие в бытовых интерьерах. Соответственно применительно к данным системам речь ведётся уже не об отдельных устройствах, а о целых платформах, получивших название «экосистем».

Цели настоящей работы:

- анализ требований, предъявляемых современными системами бытового освещения к системам управления и технических возможностей данных систем;
- проведение обзора наиболее популярных представленных на рынке в настоящий момент цифровых экосистем для бытового использования;
- выбор наиболее удачного по комплексу показателей решения;
- разработка примера дизайнерского светового решения для квартиры повышенной комфортности с выбранной системой управления и сопоставление его достоинств и недостатков с предполагаемыми.

Методы исследования

В ходе предварительного анализа были выявлены основные задачи, которые решают современные цифровые системы управления освещением:

- а) эффективное использование естественного света;
- б) лёгкое планирование расписания режимов работы по времени года/суток;
- в) контроль наличия/отсутствия людей в отдельных зонах и в помещениях в целом;
- г) повышение комфортности эксплуатации за счёт применения программируемых световых сцен.

В настоящий момент на отечественном рынке наиболее распространены следующие виды систем управления:

- Экосистема *Aqara* [1]. Её основными компонентами являются мультисенсоры, дверные и оконные датчики, сирены, умные переключатели, управляемые розетки, системы контроля пожара и безопасности, а также видеокамеры для наблюдения. В своей работе устройства взаимодействуют по протоколу *ZigBee*, а поддержка *Wi-Fi* позволяет встраивать устройства *Aqara* в другие экосистемы. Особенность устройств *Aqara* в том, что они могут работать как самостоятельно, так и в синхронизации с другими устройствами и системами умного дома.
- Экосистема *Tuya Smart* [2]. В её основе лежит облачная технология, обеспечивающая сквозное управление всеми устройствами, интегрированными в сеть «умного дома». Ключевое преимущество

заключается в совместимости с широким ассортиментом устройств различных производителей, а также в использовании вычислительной мощности облачных серверов, что обеспечивает стабильную работу системы и сниженную цену устройств. Недостатком этой системы можно признать отсутствие единой сертификации производителей, а также её неработоспособность при потере соединения с интернетом.

- Экосистема *Xiaomi MiHome* [3]. *Xiaomi* предлагает пользователям большой выбор смарт-устройств — от розеток до бытовой техники. К одному аккаунту системы *MiHome* могут быть подключены устройства (до 30 штук на 1 шлюз), которые расположены в разных *WI-FI* сетях, в том числе разнесенные географически. Например, кнопкой, установленной дома, можно управлять освещением на даче.
- Умный дом Яндекса. Яндекс – крупнейшая российская ИТ-корпорация, предлагающая собственную систему умного дома. Система также поддерживает ряд смарт-устройств других производителей, таких как *Philips*, *Samsung SmartThings*, *Xiaomi* и др. При подключении устройств к системе их управление становится доступным через голосового помощника или с приложения на смартфоне. Основной плюс экосистемы — возможность управления при помощи русскоговорящего голосового ассистента «Алиса». Также предлагается ограниченный ассортимент собственных устройств.
- Умный дом *Sber*. Устройства данной системы, изначально представлявшие собой клонированные копии устройств *Tuya Smart*, в настоящее время работают под управлением отечественного программного обеспечения. Предлагается широкий ассортимент собственных устройств, подключаемых к системе через *Wi-Fi* или *Bluetooth*. Кроме этого, имеется возможность подключения устройств сторонних производителей: *Aqara*, *HIPER*, *Philips*, *Roximo* и др.
- Система *Rubetek* [4]. Данная разработка компании *Rubetek Robotics* отличается относительно невысокой ценой компонентов. Пользователю предлагается ассортимент собственных устройств, а управление производится через одноименное мобильное приложение. «Мозгом» всей системы является отдельный центр управления - хаб. Устройства подключаются к системе с помощью протоколов *Z-Wave*, *Wi-Fi*, *RF* и *Bluetooth*.
- Контроллер типа *Miniserver* от австрийского производителя «*Loxone*» [5]. Данное устройство оснащено собственной базовой программой, которая обеспечивает работу датчиков и исполнительных устройств, а также связь с другими устройствами в доме через стандартные протоколы, такие как *TCP/IP*, *KNX*, *DMX512* и др. В данной системе активно используется технология искусственного интеллекта и машинного обучения, позволяющая адаптировать умный дом к привычкам и потребностям пользователя.

Для определения наилучшего варианта системы управления был разработан демонстрационный световой мастер-план условной квартиры повышенной комфортности. В качестве технического задания на систему управления освещением во всех основных помещениях по умолчанию было предусмотрено по 5 сценариев освещения: утро, день, вечер, ночь и уборка. Это позволяет организовать гибкое управление осветительными установками в зависимости от режимов использования помещений, дня недели, времени суток и года, и т.д.

Для проведения анализа систем управления разработанный на предыдущем этапе мастер-план был дополнен проектами систем управления, основанных на ранее упомянутых цифровых экосистемах. Каждая из систем должна была в полной мере реализовать все задачи, поставленные на демонстрационном объекте. В их число входит реализация разработанных сценариев, ручное управление с кнопочных постов и автоматизация управления с использованием датчиков.

Результаты

Для рассматриваемой демонстрационной квартиры повышенной комфортности площадью 172м² разработан и рассчитан проект осветительных установок с интеллектуальной системой управления. По результатам сравнения для автоматизации управления освещением был выбран контроллер типа *Miniserver* [5]. Управление контроллером осуществляется с помощью приложения для смартфона или компьютера, а также через голосовые команды с помощью голосовых ассистентов, таких как *Amazon Alexa*, *Google Assistant* или Яндекс Алиса.

Обсуждение

Выбранное техническое решение по управлению освещением обладает следующими преимуществами:

- 1) Поддержка наиболее распространённого протокола управления светильниками *DALI (DALI2)*;
- 2) Возможность автономной работы при отсутствии соединения с сетью интернет;
- 3) Применение минимально возможного количества электронных устройств (центральный контроллер арт. 100335 – 1 шт.; блок питания контроллера арт. 100401 – 1 шт.; совмещённые датчики присутствия и освещённости арт. 100466 – 7 шт.; модуль расширения *DALI* арт. 100200 – 1 шт.; модуль ввода *DI* арт. 100283 – 1шт.; модуль управления светодиодными *RGBW* лентами арт. 100239 – 1 шт.);
- 4) Использование клавишных постов ручного управления арт. *LS990*, имитирующих традиционные выключатели и обеспечивающих интуитивно понятное включение света;
- 5) Применение в качестве настенной сенсорной панели стационарно установленного планшета типа *iPad* с фирменным программным обеспечением.

Выбранный контроллер обеспечивает наиболее экономичный и универсальный вариант управления из всех рассмотренных.

Выводы

Благодаря внедрению интеллектуальной системы управления освещением были получены следующие результаты: обеспечена достаточная зрительная работоспособность и визуальный комфорт в соответствии со стандартами; энергоэффективность освещения при полном сохранении всех его качественных характеристик; наличие гибко изменяемых пользователем сценариев освещения, возможность индивидуальной настройки параметров освещения в различных зонах общих комнат; повышенное удобство использования осветительных установок.

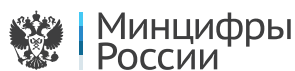
Список литературы

1. *Надёжин А.* Aqara + Маруся: возможности, использование, настройка – 2023. URL: <https://www.ixbt.com/live/gadgets/aqara-marusya-vozmozhnosti-ispolzovanie-nastroyka.html> (дата обращения: 11.06.2023).
2. *Квазис С.* Умный дом TuYa Smart, шлюз Zigbee—Ethernet от Moes: обзор, подключение устройств, возможности – 2021. URL: <https://www.ixbt.com/live/home/umnyy-dom-tuya-smart-shlyuz-zigbee-ethernet-ot-moes-obzor-podklyuchenie-ustroystv-vozmozhnosti.html> (дата обращения: 11.06.2023).
3. *Никитина А.* Какие системы умного дома работают в России. URL: <https://zoom.cnews.ru/publication/item/64613> (дата обращения: 11.06.2023).
4. *Гончаров П.* «Умный дом» Rubetek: подробный обзор. URL: <https://dzen.ru/media/id/5dd80f89f30b6a4cdd4539bf/umnyi-dom-rubetek-podrobnyi-obzor-6163fdf32d8ab4508d9e0a25> (дата обращения: 11.06.2023).
5. Интернет-портал компании Loxone. URL: <https://www.loxone.com/int/> (дата обращения: 11.06.2023).

ЛИДЕР РЫНКА СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

ООО ТПК «Вартон»

- ▶ Федеральное системообразующее предприятие отрасли
- ▶ Лидер рынка систем освещения
- ▶ Лидер рынка систем управления освещением
- ▶ Разработчик отечественного ПАК по управлению инженерными системами зданий
- ▶ Продукция в реестре Минпромторга и Минцифры



VARTON



varton.ru

AWADA



awada.ru

**ДОКЛАДЫ УЧАСТНИКОВ
ИНОСТРАННОЙ СЕКЦИИ**

**PAPERS OF ENGLISH
SESSION**

**AN ENERGY EFFICIENT HUMAN CENTERED OFFICE LIGHTING,
A CASE STUDY ON OPEN PLAN OFFICE WITH
NO ACCESS TO DAYLIGHT***Aliparast S., student; Onaygil S, Prof. Dr, ITU, Istanbul***ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ОФИСА,
ОРИЕНТИРОВАННОЕ НА ЧЕЛОВЕКА, НА ПРИМЕРЕ ОФИСА
СВОБОДНОЙ ПЛАНИРОВКИ БЕЗ ДОСТУПА ДНЕВНОГО СВЕТА***Алипараст С., студент; Онайгил С., Ph.D., профессор, Стамбульский
технический Университет, Стамбул***Abstract**

Our daily behaviors and physiological functions are regulated by the brain's central biological clock. Consistent exposure to bright days and dim nights is crucial for aligning these rhythms. Since we spend much time indoors, artificial lighting is often relied upon to sync our circadian rhythms. A challenge in promoting circadian entrainment through artificial lighting is the lack of a standardized test for assessing how effectively lighting luminaires provide circadian-effective light to occupants. This study introduces a case study, Optimum Suspended Height (OSH), measuring luminaire efficiency in achieving a circadian stimulus criterion (CS: 0.3) and Equivalent Melanopic Lux (EML: 240) for 38 office workers, based on performance and comfort criteria. The paper outlines OSH application to individual linear luminaire type, including suspended-mounted fixtures. In this field study, tests were conducted to explore how indoor lighting affects occupants' cognitive performance and visual perception. Linear Suspended LED luminaires (LSL) were installed in an open-plan office at Istanbul Technical University (ITU), where office workers were exposed to different heights of lighting conditions. They took visual attention tests and assessed proofreading comfort, with alertness measured using the Karolinska Sleepiness Scale (KSS) test. The study aimed to understand the impact of visual fatigue on cognitive performance and perception with. These initial findings shed light on the relationship between office lighting changes and occupants' cognitive performance and visual perception.

Аннотация

Наше повседневное поведение и физиологические функции регулируются центральными биологическими часами мозга. Последовательное воздействие яркого дня и темноты ночью имеет решающее значение для выравнивания этих ритмов. Поскольку мы проводим много времени в помещении, для синхронизации наших циркадных ритмов часто используется искусственное освещение. Проблема, связанная с обеспечением циркадного ритма с помощью искусственного освещения, заключается в отсутствии стандартизированного теста для оценки того, насколько эффективно светильники обеспечивают циркадную эффективность освещения. В

данной работе представлено тематическое исследование "Оптимальная высота подвеса светильников" (OSH), в котором измеряется эффективность светильников в достижении критерия циркадного импульса (CS: 0,3) и эквивалентного меланопического люкса (EML: 240) для 38 офисных работников на основе критериев производительности и комфорта. В работе описано применение ОСЗ для отдельных типов линейных светильников, включая светильники на подвесах. В данном полевом исследовании были проведены испытания с целью изучения влияния освещенности в помещении на когнитивную деятельность и зрительное восприятие работников. Линейные подвесные светодиодные светильники (ЛПС) были установлены в офисе с открытой планировкой в Стамбульском техническом университете (ITU), где офисные работники подвергались воздействию различных по высоте условий освещения. Они выполняли тесты на зрительное внимание и оценивали удобство выполнения корректуры, а степень утомления измеряли с помощью теста по Каролинской шкале сонливости (KSS). Целью исследования было выяснить влияние зрительного утомления на когнитивную деятельность и ее восприятие. Эти первые результаты проливают свет на взаимосвязь между изменением освещения в офисе и когнитивной деятельностью и зрительным восприятием людей.

Keywords: Human Centered Lighting, Dynamic Height, Equivalent Melanopic Lux, Circadian Stimulus, Vertical Lux

Ключевые слова: освещение, ориентированное на человека, динамическая высота, эквивалентный меланопический люкс, циркадный стимул, вертикальный люкс

Introduction

Circadian effectiveness serves as a synonym for light's capacity to elicit positive, non-visual effects in humans, encompassing circadian [1, 2], neuroendocrine [3, 4], and neurobehavioral [5, 6, 7] responses influenced by signals from retinal photoreceptors, including circuits of rods, cones, and intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs). The objective is to formulate indoor lighting solutions that dynamically adapt to occupants' physiological and biological requirements, fostering positive human outcomes like improved sleep, health, and well-being [8], while still acknowledging the traditional aspects of lighting quality related to vision [9] and measurements of human centric lighting (HCL) in an office [10]. To achieve HCL, the physiologically relevant Circadian Stimulus (CS) metric [11], and the Equivalent Melanopic Lux (EML) as per CIE S 026:2018 [12], are employed. Still limitations of our current knowledge is defined with HCL [13]. Regarding the visual effects of lighting, our understanding of how light influences our visual capabilities and perceptions is substantial. As for the non-visual effects, we suspect that numerous aspects of the human body are

responsive to light, but these areas remain relatively unexplored. Therefore, as emphasized by numerous researchers [13, 14, 15, 16], there remains a pressing need for comprehensive lighting research encompassing both visual and non-visual realms. Consequently, this study contributes by conducting a field investigation aimed at assessing the impact of open plan office lighting on occupants' visual perception and performances. Proposed LSL is selected [17] and installed in the office across experiments, a group of 38 office workers partook in a series of visual assessments and cognitive tasks under the three dynamic height lighting conditions. These tasks were repeated for each height, designed to evaluate the influence of visual fatigue.

Research Method

This study involves a simulation phase and series of three consecutive experiments conducted in the open plan office located at ITU in Istanbul, Turkey. The central aim of conducting these experiments was to explore how different lighting conditions impact the overall experiences of occupants.

1. Simulation Design

Regarding simulation results, the best fit luminaire is direct LSL which selected based on the high output results depends on CS and EML that were reported in previous study [17]. It is shown that, linear occupant based luminaires with close distance to eye level will meet requirements of CS and EML with lower energy consumption [17]. Different illuminance levels were evaluated according to the desired $CS > 0.3$ and $EML > 240$; for the set up the selected luminaires to be studied in this research has power consumption of 27W with dimension of 1.2m×0.1m×0.08m. The office is 4.9×4.6×2.8 meters which is located in Energy Institute of Istanbul Technical University (ITU) with geographic location of 41°06'27.7"N 29°01'50.9"E. in target of working plane lighting on 0.8 height of room floor. At a specific height (H_2) of 1.8 meters, when evaluating the format of light beam distribution, it was determined that the resulting CS value was slightly higher at 0.4. To uphold a consistent CS value of 0.3, which was the objective, adjustments were required. Specifically, in this scenario, the LSL needed to be dimmed significantly up to 40 % of their normal operational intensity.

The measured reflectance values of the office are 40 %, 90 %, and 90 % for the floor, walls, and ceiling, for chairs 2.5 %, desks and drawers are 86 % respectively. Simulation methodology is implemented to LSL with 3800 K CCT to meet the office worker's requirements to illuminance level on vertical and horizontal plane as well. Vertical illuminance (E_V) and dynamic luminaire mounting height were evaluated accordingly. DIALux evo [18] and Microsoft Excel to conduct open plan office. Calculation surface to measure the illuminance levels in a horizontal calculation surface with dimensions of desk is 0.8×1.3 meters, on the working plane at 0.8 m above finished floor level. Besides, calculations to measure E_V is proposed on 1.2 m above finished floor on human eye level height and direction of view. Figure 1 left shows details of occupants' view direction on three main heights of lighting, (B) Schematic of occupant. The horizontal illuminance level (E_H) of desk and E_V in eye level of

occupant was evaluated in H_1 : 1.5 m, H_2 : 1.8 m, and H_3 : 2.3 m above finished floor on top of the desk and 1.2 m distance from the wall behind the occupant.

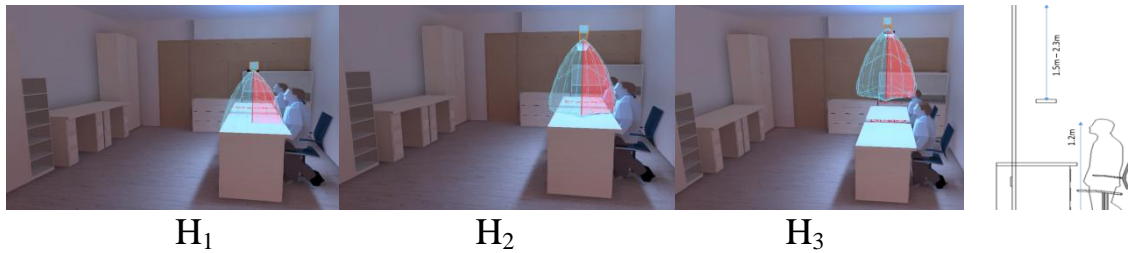


Figure 1. Left: Occupants view direction at (H_1 , H_2 , H_3). Right: Schematic of occupant at the desk in office

The CS metric is a physiologically relevant measure of circadian effectiveness in lighting regarding; UL 24480 [19], and EML is referred to CIE S 026:2018 [6] are corresponding evaluation scheme for CS and EML for proposing a HCL design. Regarding the standards, required CS for office workers depends on the office hours is 0.3 and 0.4 for the highest productivity time zone of the day and it is defined higher than 240 for EML. Spectral Power Density (SPD) of luminaire is needed to calculate CS and Melanopic Ratio (MR) [20] on individual luminaire. The SPDs of the luminaire was measured experimentally between wavelengths of 380–730 nm at photometry and radiometry laboratory of Energy Institute of ITU. MR for LSL is 0.651 regarding the calculator Figure 2.

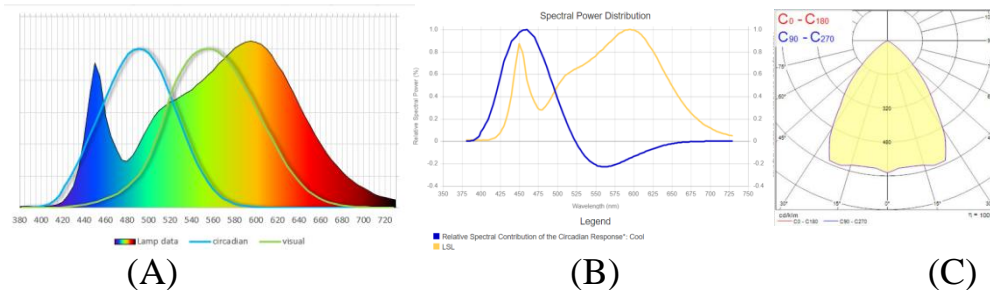


Figure 2. A) SPD of luminaire with circadian and visual spectrum. B) SPD of luminaire with relative spectral contribution of the circadian response. C) Lighting beam distribution of selected luminaire

2. Experimental Design

The research took place between March 2023 and July 2023, with 38 people and average 100 minutes experimental period comparing dynamic height office lighting. Participants completed surveys for each lighting condition during timeframes. Surveys and tests gathered subjective feedback on comfort criteria, workplace satisfaction, lighting, environmental satisfaction, alertness, mood, and motivation. Three trials were carried out within the open plan office space situated at ITU in Istanbul, Turkey. The main aim of these trials was to examine how different lighting conditions impact the experiences of individuals occupying the space. Notably, all

windows in the office were covered to eliminate the influence of natural daylight, thus creating a controlled environment solely influenced by the experiment's lighting conditions. Each experiment was divided into three distinct sessions. In Session 1, participants engaged in cognitive tasks designed to assess their performance under different lighting conditions. Session 2 was dedicated to evaluating participants' visual perception under the LSL with questionnaire 1 (Q₁) which is a cognitive performance test, and questionnaire 2 (Q₂) is a proofreading one that evaluate visual perception under lighting scenarios. Lastly, Session 3 involved gathering valuable participant feedback regarding their experiences with the specific lighting systems employed in the experiments. Among the participants, the total number accounted for 38 volunteers, which was carefully balanced to include 20 male and 18 female participants. Additionally, these participants were divided into two age groups: aged between 30–40 and above 40, ensuring a representative sample. Due to the layout of the office and the limited availability of desks, the study employed a unique approach. This comprehensive study sought to thoroughly explore the impact of lighting conditions on occupants' cognitive performance, visual perception, and subjective experiences within an office setting. The deliberate variations in luminaire heights and the careful consideration of participant demographics contribute to the robustness of the study's findings.

Results

In the study, due to the target of CS: 0.3 at occupant’s eye level, it is noticed that at OSH is H₂: 1.8m regarding the light beam distribution form, achieved CS is 0.4, so to keep same condition of CS: 0.3 as well as the 2 heights H₁, H₃ scenarios we have to decrease luminance level of LSL up to 40 % of operation rate, which is totally differs case by case regarding the goals of research. The minimum range of CS for offices recommend as 0.3, so the target is obtaining the same situation in H₁, H₂, H₃. Simulation results of E_H on desk, and E_V at occupant’s eye level, CS, EML for each of three height scenarios for LSL presents at Table 1.

Table 1. Left: Simulation results. Right: Experimental results.

LSL Simulated results	H	H ₁	H ₂	H ₃	LSL Experimental results	H	H ₁	H ₂	H ₃
	Height (m)	1.5	1.8	2.3		Height (m)	1.5	1.8	2.3
E _V 1.2m (lux)	523	853	550		E _V 1.2m (lux)	532	872.66	561	
E _V dimmed (lux)	-	520	-		E _V dimmed (lux)	-	524.66	-	
CS	0.3	0.404	0.31		CS	0.303	0.404	0.314	
CS dimmed	-	0.3	-		CS dimmed	-	0.3	-	
EML (m-lux)	340.47	555.3	358.05		EML (m-lux)	346.33	568.10	365.21	
EML dimmed (m-lux)	-	338.5	-		EML dimmed (m-lux)	-	341.55	-	
MR	0.651	0.651	0.651		MR	0.651	0.651	0.651	
E _H Desk (lux)	2026.2	1200	752.5		E _H Desk (lux)	1505	1011	580	
E _H Desk Dimmed (lux)	-	870	-		E _H Desk Dimmed (lux)	-	607	-	

The demographic information of the participants was gathered during the study. The demographic questionnaire covered various aspects, including

the age of the participants, their chronotype [21]. Figure 3. Shows the number of male, female, and age distribution of occupants in the study.

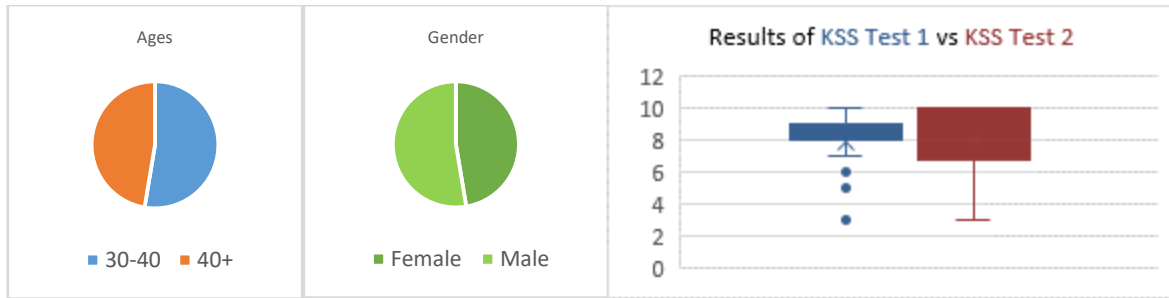


Figure 3. Left: Distribution of occupant’s ages and genders in the study. Right: Results KSS test before and after lighting experiment

The KSS [22] was asked at the first and last step of survey. To ensure clarity for the participants and facilitate statistical analysis, the majority of the questions were presented in the least to the most scale format. The lighting satisfaction survey was administered at the end of each luminaire set. Participants were asked to express their level of satisfaction by providing responses to the following statements. The impact on participants was assessed through the use of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) short form [23]. The 10 items comprising the PANAS short form were presented in a random order as shown in Figure 4. Additionally, three supplementary questions were included to gauge participants' current mood, physical well-being, and motivation to complete their on-going tasks.

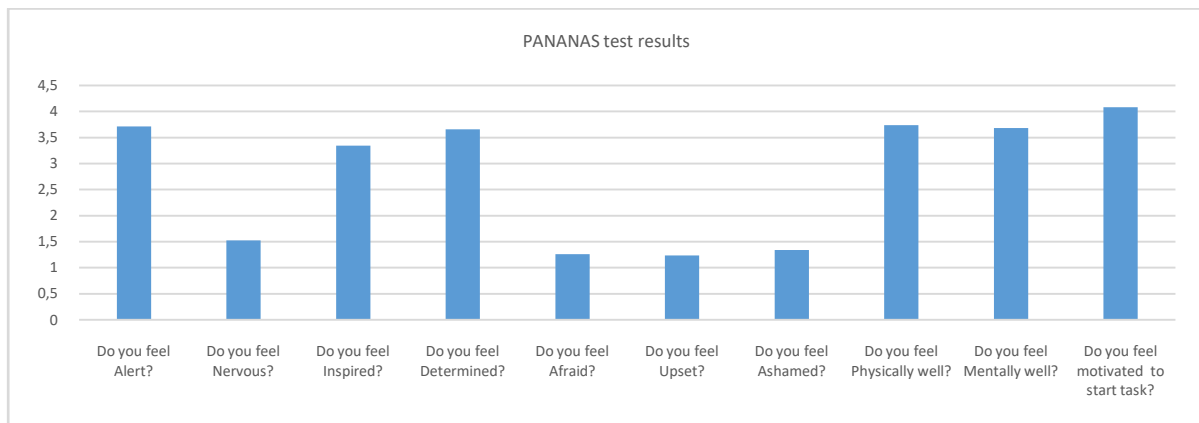


Figure 4. PANAS test results of 38 office worker

Discussion

Pearson correlation applied to KSS 1 and KSS 2 and result is p-value = 0.006 which means there is meaningful difference between KSS1 which is applied before visual tests and KSS 2 that applied at the last of experimental task. The hypothesis that between gender and age difference and illuminance level preferences, Table 2 shows the time of answering Q_1 and Q_2 tests and errors of Q_1 and Q_2 tests with LSL under H_1 , H_2 , H_3 lighting situations versus ages and genders. Among all ANOVA results of the office workers

performances in tests, there is Q_1 t LSLH₂ (sec) versus Gender, which proposes plausible hypotheses indicating a potential connection between the time taken to respond to Q_1 at H₂ and the gender of the occupants.

Table 2. ANOVA results of the office workers performances in tests due to error quantity (E) and answering time in seconds (t) versus ages and genders.

ANOVA	Q ₁ t LSLH ₁ (sec) versus Ages	Q ₁ E LSLH ₁ versus Ages	Q ₂ t LSLH ₁ (sec) versus Ages	Q ₂ E LSLH ₁ versus Ages	Q ₁ t LSLH ₁ (sec) versus Gender	Q ₁ E LSLH ₁ versus Gender	Q ₂ t LSLH ₁ (sec) versus Gender	Q ₂ E LSLH ₁ versus Gender	Q ₁ t LSLH ₂ (sec) versus Ages	Q ₁ E LSLH ₂ versus Ages	Q ₂ t LSLH ₂ (sec) versus Ages	Q ₂ E LSLH ₂ versus Ages	Q ₁ t LSLH ₂ (sec) versus Gender	Q ₁ E LSLH ₂ versus Gender	Q ₂ t LSLH ₂ (sec) versus Gender	Q ₂ E LSLH ₂ versus Gender	Q ₁ t LSLH ₃ (sec) versus Ages	Q ₁ E LSLH ₃ versus Ages	Q ₂ t LSLH ₃ (sec) versus Ages	Q ₂ E LSLH ₃ versus Ages	Q ₁ t LSLH ₃ (sec) versus Gender	Q ₁ E LSLH ₃ versus Gender	Q ₂ t LSLH ₃ (sec) versus Gender	Q ₂ E LSLH ₃ versus Gender
*MS	1.5	0.3	574	2.01	1633	1.5	1505	0.73	2998	4.8	6229	3.54	6644	11.1	3822	1.52	5	8.1	306	0.08	2421	13.4	105	0.08
**F	0.07	0.02	0.56	1.03	0.62	0.07	1.5	0.37	2	0.44	2.61	0.96	4.76	1.04	1.56	0.41	0	0.75	0.38	0.12	1.58	1.26	0.13	0.12
P	0.78	0.9	0.46	0.31	0.43	0.78	0.22	0.54	0.16	0.51	0.11	0.33	0.03	0.31	0.22	0.52	0.95	0.39	0.54	0.72	0.21	0.26	0.72	0.72

*Mean Squares (MS),

**F = regression mean square / error mean square

The Wilcoxon test applied for satisfaction of lighting among 3 heights H₁, H₂, H₃, p-value is 0.000 which means that there is meaningful difference of data between three scenarios. The average of satisfaction of overall lighting for each height is presented in Figure 5.

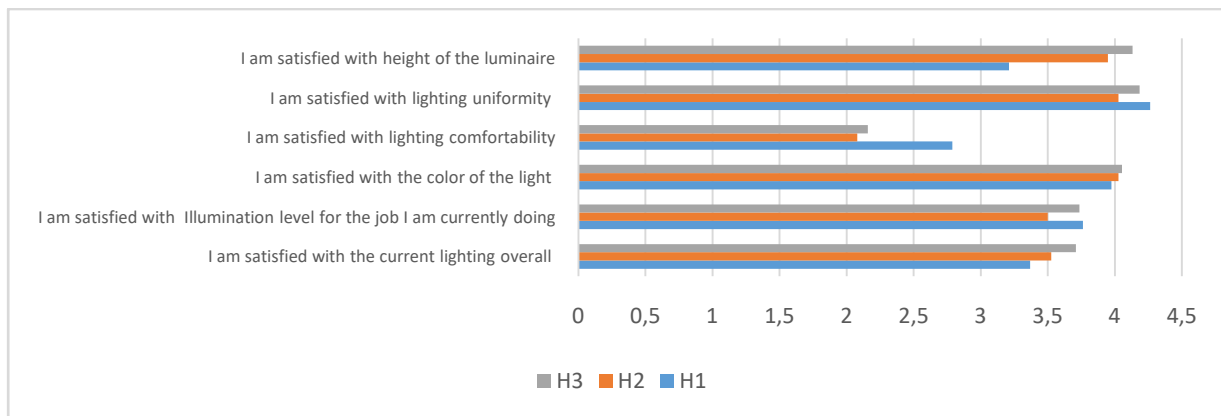


Figure 5. Lighting Satisfaction of LSL in (H₁, H₂, H₃).

Conclusions

Designing a human centered lighting scenario necessitates a comprehensive evaluation of all indoor arrangement factors. Comparative analysis of H₁, H₂, and H₃ data indicates that occupants were discomforted by the low height of linear luminaire. In this study OSH, identified as H₂ and H₃ by occupants, were found to be more suitable compared with H₁. Regarding the open plan office settlement and all the details of the set up location, H₂ was suggested as OSH, the most appropriate lighting height in terms of energy efficiency. Since the lighting approach aligned with the target CS: 0.3 that resulted in a remarkable 40 % reduction in power consumption compared to

full operation which is totally refers the aspects of study and differs case by case. No discernible impacts of indoor lighting were observed on reading comfort and attention rather than Q_1 t LSLH₂ (sec) versus gender which presents acceptable hypotheses that shows time duration for answering the Q_1 at H₂ relates to gender of occupants. These insights contribute to a better understanding of how office lighting can affect the visual perception and cognitive performance of open-plan office workers. The study specifically emphasizes the importance of implementing human centered individual linear lighting solutions. In addition, the research suggests the determination of an OSH as a means to ensure energy-efficient lighting systems within office environments.

List of references

1. Evans J A, Davidson AJ. Health consequences of circadian disruption in humans and animal models. *Progress in Molecular Biology and Translational Science* 2013; 119: 283-323.
2. Robert J. Lucas, Stuart N. Peirson, David M. Berson, Timothy M. Brown, Howard M. Cooper Charles A. Czeisler, Mariana G. Figueiro, Paul D. Gamlin, Steven W. Lockley, John B. O'Hagan, Luke L.A. Price, Ignacio Provencio, Debra J. Skene, and George C. Brainard, Measuring and using light in the melanopsin age, *Trends in Neurosciences*, January 2014, Vol. 37, No. 1, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tins.2013.10.004>
3. CIE. S 026/E:2018. CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light. Vienna: CIE Central Bureau; 2018. <https://doi.org/10.25039/S026.2018>
4. M G. Figueiro, B Steverson, J Heerwagen, K Kampschroer, C M. Hunter, K Gonzales, B Plitnick, M S. Rea, The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers, *Journal of the National Sleep Foundation, Sleep Health* 3 (2017) 204–215
5. Berman S, Clear R, Simplifying melanopsin metrology, IES Illuminating engineering society, 31 July 2019
6. Well building institute, human centric lighting, <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/light/feature/3>
7. Hattar S, Lucas RJ, Mrosovsky N, et al. Melanopsin and rod-cone photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. *Nature*. 2003; 424:75–81.
8. Bierman A, Klein TR, Rea MS. The daysimeter: a device for measuring optical radiation as a stimulus for the human circadian system. *Meas Sci Technol*. 2005;16: 2292–2299.
9. Rea MS, Figueiro MG. A working threshold for acute nocturnal melatonin suppression from “white” light sources used in architectural applications. *J Carcinog Mutagen*. 2013;4(3):1000150.
10. S. Babilon, S. Beck, J. Kunkel, J. Klages, P. Myland, S. Benkner, T. Khanh, Measurement of Circadian Effectiveness in Lighting for Office Applications, *MDPI, Appl. Sci.* 2021, 11, 6936.

11. Lighting research center, <https://www.lrc.rpi.edu/cscalculator/>
12. CIE S 026/E:2018 CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light.
13. Boyce, P. Editorial: Exploring human-centric lighting. *Lighting Res. Technol.* 2016, 48, 101.
14. Boyce, P.R. Review: The Impact of Light in Buildings on Human Health. *Indoor Built Environ.* 2010, 19, 8–20.
15. Vinh, Q.T.; Bodrogi, P.; Khanh, T.Q. Preliminary measure for the characterization of the usefulness of light sources. *Opt. Express* 2018, 26, 14538–14551.
16. Veitch, J.A.; Fotios, S.A.; Houser, K.W. Judging the Scientific Quality of Applied Lighting Research. *LEUKOS* 2019, 15, 97–114.
17. S. Aliparast, S. Onaygil. Artificial lighting design with concept of human centric lighting criteria in cell offices, cie x048:2021, 016/ 2021, doi: 10.25039/x48.2021.
18. <https://www.dialux.com/en-GB/news-detail/now-available-for-download-dialux-evo-10>
19. <https://www.ul.com/news/ul-publishes-lighting-design-guideline-circadian-entrainment>
20. Lucas et al., "Measuring and using light in the melanopsin age." *Trends in Neuroscience*, Jan 2014
21. Roenneberg, T.; Wirz-Justice, A.; Mellow, M. Life between clocks: Daily temporal patterns of human chronotypes. *J. Biol. Rhythm.* 2003, 18, 80–90.
22. Åkerstedt, T.; Gillberg, M. Subjective and Objective Sleepiness in the Active Individual. *Int. J. Neurosci.* 1990, 52, 29–37.
23. Watson, D.; Clark, L.; Tellegen, A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *J. Pers. Soc. Psychol.* 1988, 54, 1063–1070.

**RESEARCH ON LIGHTING ENVIRONMENT DESIGN STRATEGIES
IN OBSTETRIC SPACES BASED ON THE WHOLE PROCESS OF
NATURAL CHILDBIRTH: A CASE STUDY OF LABOR, DELIVERY,
AND RECOVERY ROOMS IN XIAMEN LOTUS HOSPITAL**

*Dai S.J., student; Wang T.Y., PHD, Shanghai, China; Shao R.D., student;
Hao L.X., PHD, professor, Shanghai, China*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОВОЙ
СРЕДЫ В АКУШЕРСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ С УЧЕТОМ ВСЕГО
ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННЫХ РОДОВ: НА ПРИМЕРЕ РОДОВОЙ,
РОДИЛЬНОЙ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ПАЛАТ В БОЛЬНИЦЕ
XIAMEN LOTUS**

*Дай С.Ж., студент; Ван Т.Я., Ph.D., Шанхай, Китай; Шао Р.Д.,
студент; Луокси Хао, Ph.D., профессор, Шанхай, Китай*

Abstract

This study is based on the analysis of the behavior and emotional characteristics of parturient women during the natural delivery stage. It also combines on-site lighting environment investigations and questionnaire interviews with postpartum women in the maternity ward of Xiamen Lotus Hospital. Based on the results, it proposes indoor lighting environment renovation design plans, as well as parameter suggestions for different scenarios (pre-delivery mode, delivery mode, delivery completion mode, postpartum mode). Finally, it summarizes the lighting design strategies for LDR delivery rooms based on the entire process of natural childbirth for parturient women. These strategies include pre-delivery lighting to meet visual comfort, emotional lighting to promote delivery, and soothing lighting environment for postpartum recovery, also aiming to provide references for lighting design in other obstetric spaces.

Аннотация

Данное исследование основано на анализе поведения и эмоциональных характеристик рожениц на этапе естественных родов. В нем также сочетаются исследования световой среды на месте и анкетные интервью с женщинами после родов в родильном отделении больницы Xiamen Lotus. На основе полученных результатов предлагаются планы реконструкции освещения в помещениях, а также рекомендации по параметрам для различных сценариев (режим подготовки к родам, режим родов, режим завершения родов, режим послеродового периода). Наконец, в статье обобщены стратегии проектирования освещения комнат для восстановления с учетом всего процесса естественных родов у рожениц. Эти подходы включают организацию освещения перед родами для обеспечения визуального комфорта, эмоционального освещения для стимулирования родов и успокаивающего освещения для послеродового восстановления, а также

направлены на создание рекомендаций по проектированию освещения в других акушерских помещениях.

Keywords: Healthcare Space, Emotional Lighting, Lighting Design, Lighting Modes, Pregnant Women

Ключевые слова: медицинское пространство, эмоциональное освещение, дизайн освещения, режимы освещения, беременные женщины

Introduction

The lighting environment is an important factor that affects human perception, cognition, and behavior. And the lighting environment in the labor and delivery room has a direct impact on a woman's emotional state and perception of pain. The LDR (Labor, Delivery, Recovery) room is designed for whole process of labor and delivery, except for cesarean section and deliveries requiring general anesthesia. The natural process of labor is divided into 4 stages, they are dilation of cervix, birth of baby, delivery of the placenta and postpartum. Therefore, the lighting environment design in the LDR room should consider various usage requirements, ranging from antenatal to postnatal periods, from mother and baby to medical staff, and from physiological to emotional aspects.

Method

A field survey was conducted on the lighting environment of the main production spaces in the Obstetrics and Gynecology Department of Xiamen Lotus Hospital in China. A questionnaire interview was conducted with 25 postpartum women. The questionnaire contained a total of seven questions. The first four questions were about the preference of monochromatic lighting in the delivery room, which were "Which of the following pictures would you like the light in the room to be close to during the dilation of cervix/birth of baby/ delivery of the placenta/ postpartum. There are 6 options: faint yellow light, yellow light, bright yellow light, faint white light, white light, and bright white light, and the images corresponding to these options are rendered remodeling LDR delivery room as shown in Fig. 1. The last two questions were about whether you like colored ambient light in your maternity ward and which colors do you prefer. The corresponding options were eight light colors: red, orange, yellow, green, blue, indigo, pink and violet. Based on the results of field research and interviews, we identified the problems of the lighting environment in the obstetrics and gynaecology space of Xiamen Lotus Hospital and redesigned the lighting environment of the LDR ward. Finally, a design strategy for healthy lighting environments in LDR maternity wards based on the whole process of natural labor is concluded.

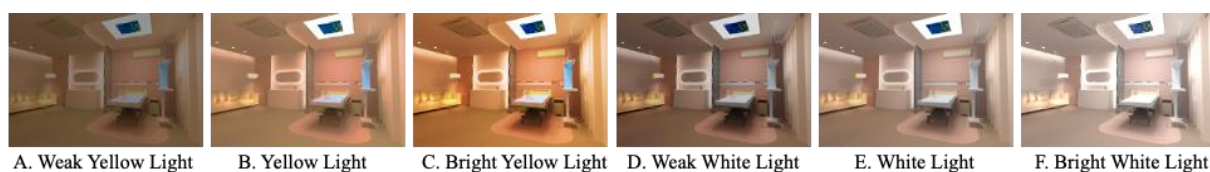


Figure 1. Options and pictures corresponding to 1 to 4 questions of the questionnaire

Result

On November 5th, 2016, from 9:00 to 10:30 am, a survey was conducted on the current lighting environment of certain spaces in the Obstetrics and Gynecology Department in Xiamen Lotus Hospital. Currently, the main light sources used in the hospital are cool-colored fluorescent lamps with color temperature range from 4500 K to 6000 K, which may create feeling of nervousness, anxiety, and fear. Additionally, the single lighting mode did not meet the light needs of mothers during labor, birth and the postnatal period simultaneously.

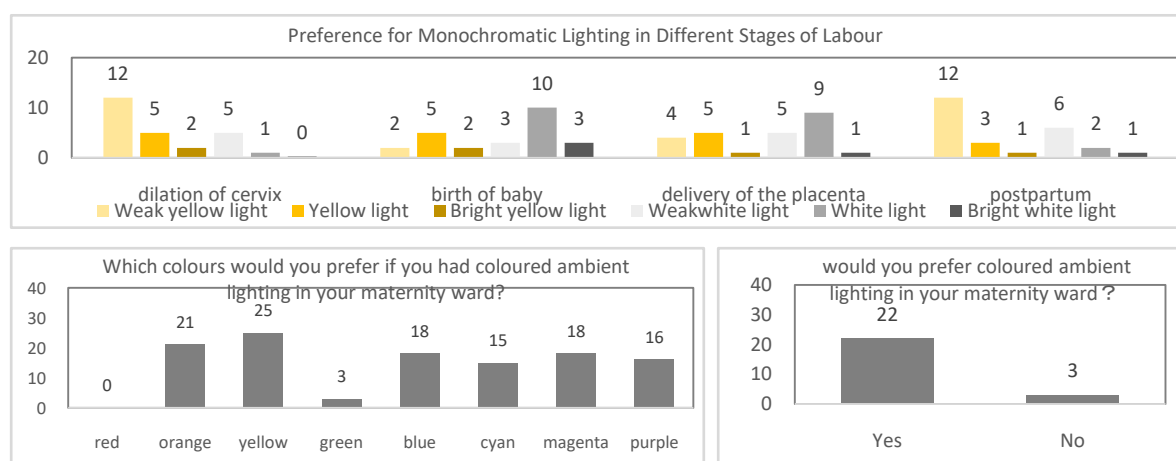


Figure 2. Statistical results of the questionnaire survey

The postpartum women surveyed were aged 25–39 years, with an average age of 31.6 ± 7.4 . The results of the questionnaire survey showed that 48 % of the postpartum women preferred ‘dim yellow light’ in both phases of dilation of cervix and postpartum. During birth of baby and delivery of the placenta stages, 40 % and 36 % respectively preferred ‘bright white light’. And 20 % preferred ‘bright yellow light’ in both stages. In terms of colored lighting preference, 88 % of the women preferred colored ambient light in the delivery room, while 12 % did not. Yellow light was the most preferred colored lighting, with 100 % of women choosing yellow lighting, followed by orange (84 %), pink (72 %), blue (72 %), purple (64 %) and cyan (60 %). Only three mothers chose green and no mothers chose red (Fig 2).

It is suggested to install an emotional and rhythmic regulation system on the ceiling above the laboring woman's bed (Figure 3). The color temperature of the rhythmic-regulating lights can be adjusted between 2700–6500 K to help the laboring woman regulate her circadian rhythm during pregnancy and postpartum period. Different lighting scene modes can be set according to different stages of labor to help the laboring woman alleviate various negative

emotions. Four scenes can be added on top of the postpartum ward scene, including the antenatal, delivery, delivery of the baby, and postpartum scenes. It is suggested to be set as follows (Tab 1):



Figure 3. Lighting design of LDR delivery room of Xiamen Lotus Hospital

Table 1. Parameter Recommendations for Lighting Scenes in Xiamen Lotus Hospital LDR Delivery Room

Lighting Mode	Functional Lighting		Mood Lighting Color
	Illuminance on Working Surface(lx)	Color Temperature (K)	
Pre-Delivery Mode	750	4000	
Delivery Mode	1200	5500	
Delivery Completion Mode	1200	4000	
Postpartum Mode	100	2800	

Discussion

Maternal emotions change at different stages of labor. The first stage of labor is the longest in natural childbirth, taking about 11–12 hours. As the contractions intensify, mothers may experience emotional changes from curiosity and nervousness to fear, anxiety and helplessness. The second stage of labor lasts about 1–2 hours from the opening of the cervix to the delivery of the baby. During this stage, more frequent contractions and intense pain cause more serious anxiety and weakness. The stage of delivery of the placenta takes more than 30 minutes, in which stage the mothers are extremely tired and exhausted. The fourth stage is the postnatal stage, when most women experience excitement and joy due to the arrival of new babies. The design of an obstetric light environment based on natural childbirth should be designed in the following ways:

1. Meeting the visual comfort needs during the antenatal period. Due to hormonal changes during pregnancy, pregnant women are particularly sensitive to light. The lighting design should provide visual comfort for pregnant and laboring women, as well as visiting family members and medical staff. LED lights with high color rendering and low glare are suggested.

2. Promoting emotional lighting during childbirth. Colored lights or slow-changing interfaces can be used to distract the attention of laboring

women, alleviate pain, and reduce restlessness. It will also helpful for laboring women in breathing and pushing. Warm and dim lighting bringing feeling of privacy will also make delivery smoother. After babies delivered, the laboring women are usually in a supine position. It is advisable to avoid installing direct lighting fixtures on the ceiling within the visual range of the lying position to prevent bright direct light from entering the eyes.

3. Soothing lighting for postpartum recovery. The delivery processes may cause disruptions in rhythms. At this stage, the lighting environment could be used in repairing the emotions and physiology of the postpartum women. A dynamic lighting system can be set up. During the daytime, uniform and bright light stimulation can reduce drowsiness of postpartum women during the night, while low illuminance and color temperature lighting meeting the needs of breastfeeding can minimize adverse stimuli on sleep.

Conclusion

The lighting environment in obstetric spaces should be designed based on the psychological needs of the laboring women, creating an emotionally impactful environment to enhance the quality of the childbirth experience. Therefore, when designing lighting environment for a labor and delivery room, three aspects could be considered: visual comfort during the antenatal period, the childbirth experience promotion, and facilitating postpartum physical and mental recovery.

List of reference

1. *Penn A.A, Shatz C.J.* The Newborn Brain: Principles of endogenous and sensory activity-dependent brain development. The Visual System, 2010.
2. *Ge K, Hao L.X.* Study on the Intervention Effect of Luminous Media Interfaces on Maternal Negative Emotions. - China: Journal of Lighting Engineering, 2020. 8p.
3. *Cui X.H.* Effect of Psychological Nursing Intervention on Childbirth Pain and Pregnancy Outcome in Preterm Depression. - China: Journal of Practical Gynecologic Endocrinology, 2016.

ANALYSIS OF BEDROOM LIGHT ILLUMINATION AND SLEEP QUALITY OF ELDERLY PEOPLE AT BEDTIME

Junliang Li^{1,2}, student; Tongyue Wang^{1,2}, PHD; Luoxi Hao^{1,2}, PHD, professor, Shanghai, China

¹School of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China;

²Key Laboratory of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat (Tongji University), Ministry of Education, Shanghai 200092, China

АНАЛИЗ ОСВЕЩЕННОСТИ СПАЛЬНИ И КАЧЕСТВА СНА ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ ВО ВРЕМЯ СНА

Цзюньлян Ли^{1,2}, студент; Тунъюэ Ван^{1,2}, Ph.D.; Луокси Хао, Ph.D., профессор, Шанхай, Китай

¹Школа архитектуры и городского планирования, Университет Туцзи, Шанхай 200092, Китай;

²Центральная лаборатория по изучению экологии и энергосбережения плотной среды обитания, Университет Туцзи, Министерство образования, Шанхай, 200092, Китай

Abstract

Increasing age and physiological deterioration make it a safety problem for the elderly to go to the bathroom at night. In order to ensure the safety for the elderly, it is necessary to provide a certain degree of vertical illumination of the eyes and adequate illumination of the ground. However, excessive illumination also affects the rhythm and sleep continuity. This study aims to ensure the safety and rhythmic health of the elderly during the night, and a total of 80 senior citizens were studied. In this study, the type of bedroom light fixtures and nighttime use were counted, and the sleep quality of older adults was analyzed in combination with the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) and measured illuminance data. Lighting graphs help to express the problems. The results showed that the mean vertical illuminance of the eyes with the lights on was 75.24 lx (SD=±46.81), and the illuminance of the ground was 25.72 lx (SD=±14.54). 66.25 % of the older adults use the table lamps in the bedroom. The problems with all kinds of the lamps were analyzed in light diagrams. The result of the PSQI questionnaire showed a mean score of 8.10 ± 2.463. There is a high level of ocular illuminance, which affects the rhythm of the elderly people, and the ground illuminance is insufficient, which makes it difficult for the elderly people to notice unsafe factors such as the debris on the ground.

Аннотация

Увеличение возраста и ухудшение физиологического состояния пожилых людей делает проблематичным их ночное посещение туалета. Для обеспечения безопасности пожилых людей необходимо обеспечить определенную степень вертикальной освещенности для глаз и

достаточную освещенность пола. Однако чрезмерная освещенность также влияет на ритм и непрерывность сна. Данное исследование направлено на обеспечение безопасности и здорового ритма ночного сна пожилых людей, всего было изучено 80 пожилых людей. В ходе исследования учитывался тип осветительных приборов в спальне и их использование в ночное время, а также анализировалось качество сна пожилых людей в сочетании с Питтсбургским индексом качества сна (PSQI) и данными измерений освещенности. С помощью графиков освещенности можно обозначить имеющиеся проблемы. Результаты показали, что средняя вертикальная освещенность на уровне глаз при включенном свете составила 75,24 лк ($SD=\pm 46,81$), а освещенность пола - 25,72 лк ($SD=\pm 14,54$). 66,25 % пожилых людей используют настольные лампы в спальне. Проблемы со всеми видами ламп были проанализированы на световых диаграммах. По результатам опросника PSQI средний балл составил $8,10 \pm 2,463$. Отмечается высокий уровень зрительной освещенности, что влияет на ритм жизни пожилых людей, а также недостаточная освещенность пола, из-за чего пожилым людям трудно заметить такие небезопасные факторы, как лежащие на полу предметы.

Keywords: The elderly, Bedroom night lighting, Lighting graphs, Eye vertical illuminance, Sleep quality

Ключевые слова: пожилые люди, ночное освещение спальни, графики освещенности, вертикальная освещенность глаз, качество сна

Introduction

Under the combined influence of multiple physiological and psychological factors, nighttime awakening and toileting are common problems in the elderly population. There are two main areas of concern during night rising: safety issues due to lack of alertness, such as falls and injuries, and impaired continuity of sleep during the night, making it difficult to fall back to sleep.

According to the 2010 U.S. Census, more than a quarter of older adults fall each year, and up to 27 % of these falls are due to environmental influences such as poor lighting [1–2]. In addition to lack of alertness, decreased mobility, and decreased physical stability are important contributing factors^[3]. Decrease in eye function is also an important cause, such as the decrease in pupil diameter, decrease in the number of optic cone cells and optic rod cells, and other factors [4–5]. Ocular diseases such as macular degeneration exacerbate the decline in eye function in the elderly^[6].

Regarding the sleep quality of the elderly, Huang Yan et al. based on a sample of 3272 elderly people in Tianjin City, analyzed for each sleep habit [7]. Lin Xiuling et al. based on a study of 727 older adults found that the proportion of light sleep increased the proportion of deep sleep decreased with age [8]. At the level of physiological factors, endocrine levels of melatonin

and cortisol, core body temperature, electroencephalography and other physiological indicators can be used as monitoring tools. Zhang Qinyi and Lin Borong et al. summarized some common non-visual effect evaluation models^[9]. For older adults who have the habit of getting up at night, receiving too much light during the action of getting up at night, too bright sleep environment, glare from nighttime lamps, and high color temperature of light may lead to difficulties in getting back to sleep. In addition, subjective factors such as anxiety and the need to think are also influential.

Research Method

The study was done in the form of a household survey, and the collection of information was accomplished through on-site interviews and field measurements. A total of 80 elderly people (age=68.71±5.97, 34 males and 46 females) were enumerated in the study, all of whom were in relatively good health, living at home, and had not completely lost their independence. The subjects lived in five different types of households (Lilong in Shanghai, 3 rooms and 2 halls, 3 rooms and 1 hall, 2 rooms and 2 halls, 2 rooms and 1 hall), covering a wide range of older people with different levels of economic and family conditions. The study measured the nighttime habits of the elderly, the number and type of lamps in their bedrooms, and the type of lamps they use to get up at night. The sleep quality of the elderly was analyzed by the PSQI scale in the questionnaire.

The illuminance measurements of nighttime lighting for the elderly were measured and recorded using a CL-500A light meter, and the measurements included the vertical illuminance of the eyes and illuminance on the ground. Due to the large spatial variability of the bedrooms of different households and the complexity of the route of action at night, a small number of typical measurement points were selected for the study in the following manner. The vertical illuminance measurement points were selected to measure the position of the eyes of the elderly when they turn on the lights at night, which is the moment when the lighting environment in the bedroom changes most obviously and the intensity of eye stimulation is high. The floor illuminance measurement point was selected as the location of the shoes by the bedside of the older adults, and finding and putting on the shoes was the first visually relevant behavior after the lights were turned on.

Results

At present, there is a lack of relevant norms or standards for the vertical illuminance of the eyes and the illuminance of the ground during nighttime rising of the elderly. Excessive ocular vertical illuminance can inhibit nocturnal melatonin levels and disrupt sleep continuity in the elderly. The average value of vertical illuminance of the eyes of 80 elderly people in prone position was 75.24lx (SD=±46.81), which is on the high side of the average value of illuminance, and the degree of stimulation for the elderly is high. The mean illuminance of the floor at the slippers in the bedroom of the elderly was 25.72lx (SD=±14.54), and the illuminance of the rest of the positions was low and poorly homogeneous.

The results of the PSQI showed that the sleep quality score of the elderly people was 8.10 ± 2.463 , and the overall sleep quality was poor. Among them, 38.75 % scored higher than 8 and had poor sleep quality. 76.25 % of the elderly needed to get up at least once a day. After their rising, 16.25 % of the elderly needed 31 minutes or more to fall asleep, 65 % needed 11–30 minutes. Overall, the elderly are slower to fall asleep after rising at night.

Among the research participants, the use of lighting for rising at night is shown in Table 1. 26 older adults used high color temperature lights for rising at night, 33 older adults used low color temperature lights, and 21 older adults chose not to turn on their lights due to the bright ambient light. The lowest PSQI scores for sleep quality were found in the older adults who did not turn on their lights, while the highest were found in the older adults with high color temperatures.

Table 1. Lighting Device and Using Rate When Rising at Night in Bedroom

Lighting device	Number of existences	Number of using	Usage rate
Table Lamp	67	43	64.2 %
Wall Lamp	12	5	41.6 %
Floor Lamp	7	3	42.8 %
Ceiling Light	41	1	2.4 %
Pendant Light	27	0	0 %
Channel Light	9	2	22.2 %
Down Light	52	3	5.8 %

Discussion

As shown in Figure 1, the vast majority of older adults receive excessive light stimulation when they turn on their lamps at night. When using bedside table lamps, pressing the button requires looking directly at the lamp, and poor angle of the lamp when turning it on and thin shades can lead to excessive light stimulation. Some older people use downlights and cobbles in bedroom doorways and look directly at the light source when walking. A small number of older people use chandeliers and ceiling lamps in their bedrooms, which can lead to excessive light stimulation.

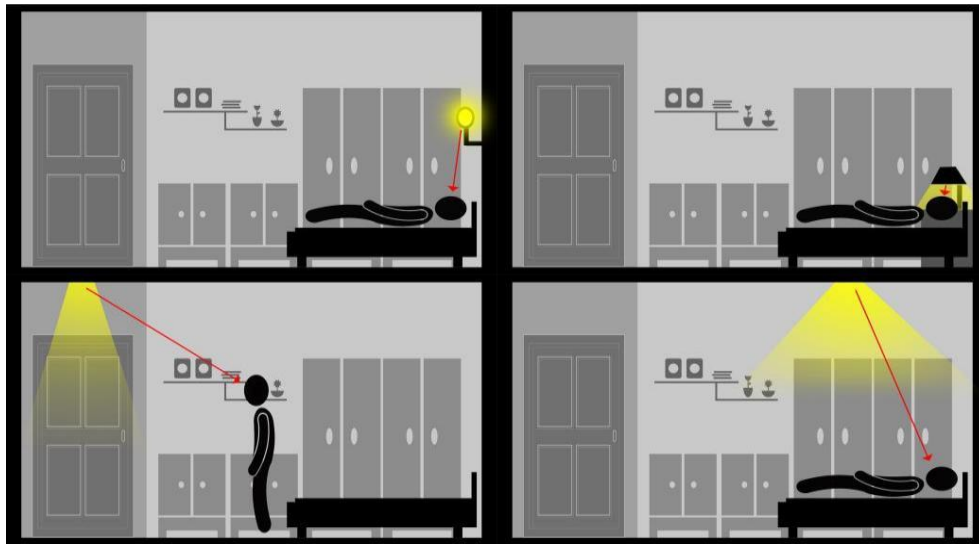


Figure 1. Lighting Graphs: Excessive Light Stimulation

Taking the samples with good PSQI scale scores as the benchmark, it is recommended to use indirect lighting to avoid direct glare, the upper light source should be higher than the height of the human eyes in different postures, and the lower light source should be lower than the height of the human eyes in different postures, and at the same time, reduce the luminous intensity while guaranteeing the basic illuminance. Lighting graphs are shown in Figure 2.

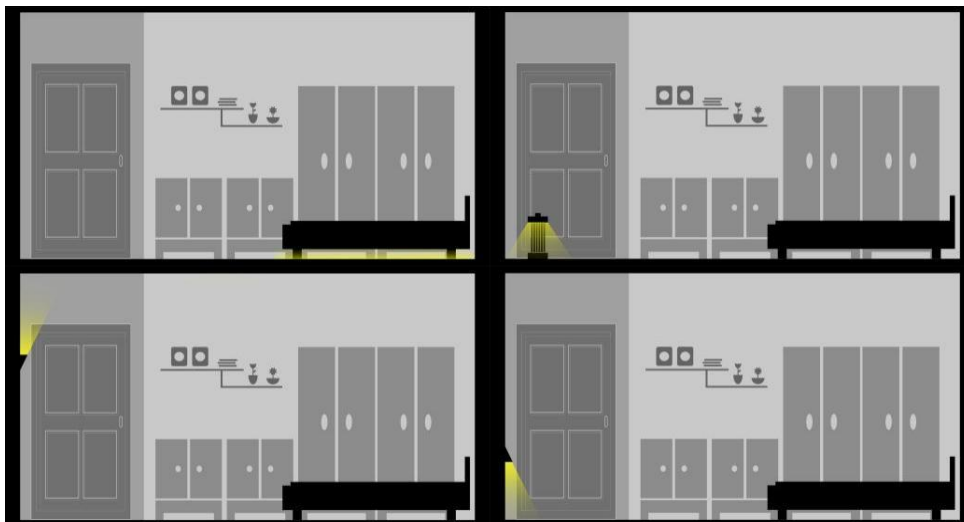


Figure 2. Lighting Graphs: Excessive Light Stimulation

Conclusions

With regard to the current situation of bedroom lighting for the elderly at night, the results of field research and data analysis show that: the most common lamps used by the elderly at night are table lamps, and there is a situation in which the vertical illuminance of the eyes is too high, which is not conducive to the continuity of sleep at night. At the same time, the illuminance on the ground is insufficient and poor in uniformity, which makes it easy for the elderly to ignore some dangerous factors on the ground during their

movement. The lighting graphs show the common lighting problems of elderly people getting up at night, and the suggested lighting methods.

Follow-up studies will include nighttime simulation experiments to quantify the vertical illuminance of the eyes of the elderly, as well as the illuminance of the ground.

List of references

1. *Hegde A L*. Environmental Lighting in Nursing Homes: A Comparison of Agency Standards that Regulate Nursing Homes with Industry ANSI/IES RP-28 Lighting Standards. *International Journal of Design in Society*, 2018, 12(1).
2. *Harris-Kojetin L, Sengupta M, Park-Lee E, et al*. Long-term care providers and services users in the United States: data from the National Study of Long-Term Care Providers, 2013-2014. *Vital & health statistics. Series 3, Analytical and epidemiological studies*, 2016 (38): x-xii; 1.
3. *Xiaotong Liu*, Research on the design of barrier-free and age-friendly living spaces, *Jiangxi Building Materials*, 2021, 01, 96–98.
4. *Watson A B, Yellott J I*. A unified formula for light-adapted pupil size. *Journal of vision*, 2012, 12(10), 12–12.
5. *Gongxia Yang, Xudong Yang*. Seniors and Lighting (Continued second). *Light source and lighting*, 2010, 04, 44–46.
6. *Changzheng Chen, Lezheng Wu, Dezheng Wu*. Study of localized cone cell optic rod cell function in the early stages of age-related macular degeneration, *Chinese Journal of Practical Ophthalmology*, 2004, 04, 255–259.
7. *Yan Huang, Guangming Xu, Huifang Yin*. The relationship between sleep habits and subjective sleep quality in community-dwelling older adults, *Chinese Journal of Mental Health*, 2016, 30(12), 901–908.
8. *Hsiuling Lin, Yan Xu, Jing Yang*, Investigation and analysis of sleep quality and influencing factors in 727 cases of elderly people, *The World Journal of Sleep Medicine*, 2023,10(01), 45–47.
9. *Qinyi Zhang, Borong Lin, Yunyi Zeng*, Progress and development of domestic and international research on the non-visual effect of light. *Building Energy Efficiency*, 2020, 48(07), 81–89.

DIURNAL MODULATION OF PUPILLARY LIGHT REFLEX

Ryuma Senba, Yu Maruyama, Motoharu Takao
Department of Human and Information Science, Tokai University,
Hiratsuka, Japan

СУТОЧНАЯ МОДУЛЯЦИЯ СВЕТОВОГО РЕФЛЕКСА ЗРАЧКА

Рюма Сенба, Ю Маруяма, Мотохару Такао, Ph.D., профессор
Факультета гуманитарных и информационных наук,
Токайский университет, Хирацука, Япония

Abstract

Pupillary light reflex is mediated by intrinsic photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs) and the midbrain in human brain. ipRGCs are highly sensitive to blue light (ca 480nm). In this study, we evaluated diurnal changes in chromatic sensitivity of ipRGCs by measuring pupillary light reflex. The data showed that sensitivity to red and green light increased from morning to evening, but that to blue decreased from noon to evening. These results indicate that sensitivity of ipRGCs may decrease in evening.

Аннотация

Световой рефлекс зрачка опосредован внутренними фоточувствительными ганглиозными клетками сетчатки (ipRGCs) и средним мозгом человека. ipRGCs высокочувствительны к синему свету (около 480 нм). В данном исследовании мы оценили суточные изменения хроматической чувствительности ipRGCs путем измерения зрачкового светового рефлекса. Полученные данные показали, что чувствительность к красному и зеленому свету повышается с утра до вечера, а к синему - снижается с полудня до вечера. Эти результаты указывают на то, что чувствительность ipRGC может снижаться в вечернее время.

Keywords: pupillary light reflex, intrinsic photosensitive retinal ganglion cells, circadian rhythm, chromatic sensitivity

Ключевые слова: *зрачковый световой рефлекс, внутренние светочувствительные ганглиозные клетки сетчатки, циркадный ритм, хроматическая чувствительность*

Introduction

Biological functions change during day and night in human. This is called as circadian rhythm, and controlled by biological clock that ticks in the suprachiasmatic nuclei in the hypothalamus. Circadian rhythm can be entrained to daily light dark cycle by retino-hypothalamic tract, pathway connecting retina and hypothalamus (photoentrainment). Almost 20 years ago, intrinsic photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs) were discovered in rat and mouse retinae (Berson et al. 2002). After this discovery, primates and

human were also reported to have ipRGCs in their retinae (Gamlin et al. 2007; Mure 2021).

ipRGCs contain melanopsin, a novel opsin-like protein found in frog skin. They are highly sensitive to blue light, around 480nm (Berson et al., 2002; Takao et al., 2017). ipRGCs mediate the pupillary light reflex as well as circadian photoentrainment. However, the circadian rhythm of chromatic sensitivity of the pupillary light reflex has not been well investigated. Moreover, in previous studies, participants experienced several different visual stimulations in the same session. Such repetitive stimulations might have contaminated physiological data. This study aims to demonstrate diurnal changes in the chromatic sensitivity of the pupillary light reflex. In this study, we conducted a session in which participants experienced a single set of stimuli to eliminate repetitive effects on a single day.

Material and Methods

Eight college students (21–23 yrs old) participate in the experiments. The participants were screened by Morningness-Eveningness Questionnaire, and certified not to be either morning or evening types. They were dark-adapted for 15 min, after wearing an electronic pupilometer (Takei Kikai inc., Japan). Chromatic light stimuli were given by LEDs. A diffuser was placed between LEDs and the participants (Fig.1).

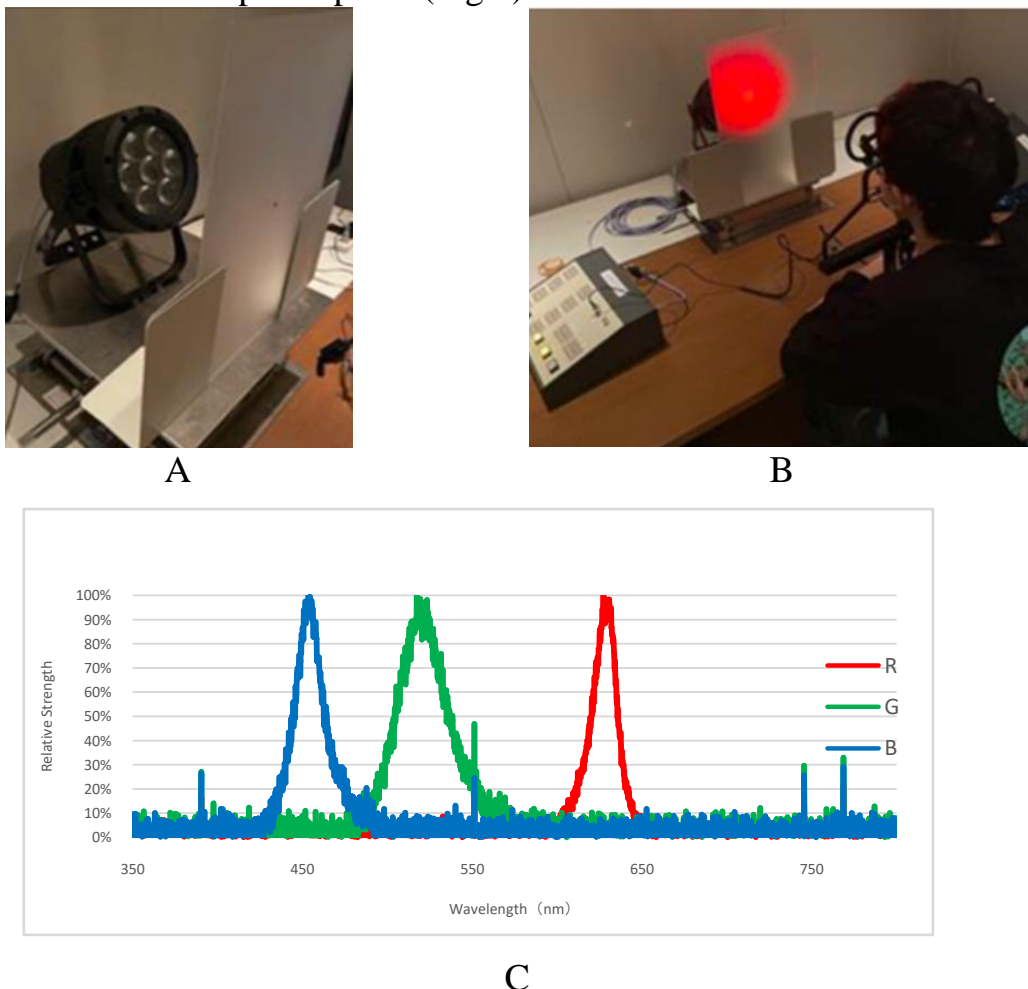


Figure 1. Panel A and B show LED light source and lighting stimulation, respectively. Panel C shows spectral tuning curves of three LEDs

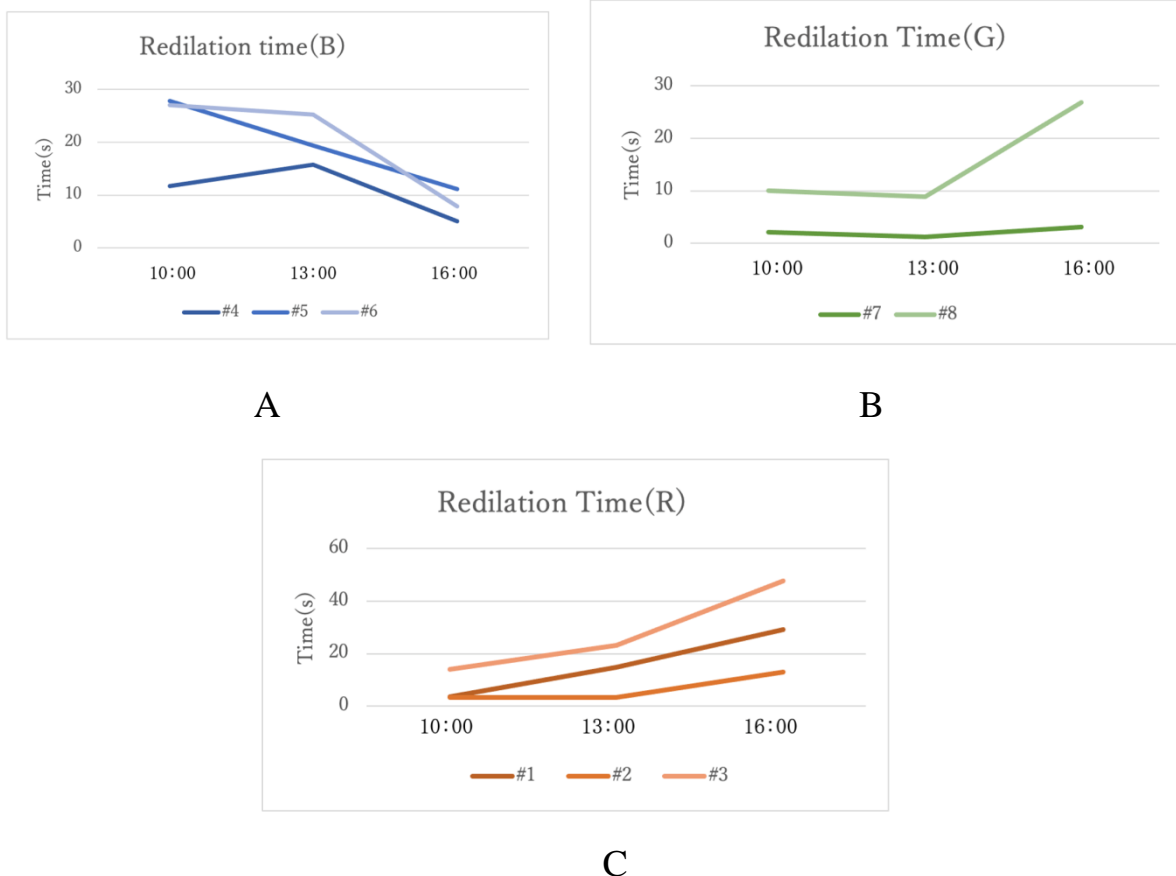
Three color LEDs were employed for this experiment (Table 1). Each participant experienced only one experimental condition to exclude habituation to experiments (blue, green and red lightings). Measurement of pupillary light reflex was measured repeated at 9:00, 13:00 and 16:00 in one day. However, different chromatic stimuli were given on different day to exclude data contamination by previous chromatic light stimulations.

Table 1. Spectral properties of LEDs

	λ max (nm)	Half-band width (nm)
blue	454	19
green	517	33
red	454	19

Results and Discussion

Figure 2 shows that individual data of latency of poststimulus pupillary dilation for blue, green and red lights, respectively. Poststimulus pupillary dilation was reported to exclusively reflect light response of ipRGCs. The data showed that sensitivity to red and green light increased from morning to evening, but that to blue decreased from noon to evening.



(Cont.) Figure 2. The panel A, B and C show individual data of latency of poststimulus pupillary dilation for blue, green and red light, respectively.

In intact retina, many studies evinced that ipRGC receives indirect synaptic inputs from cone photoreceptors (for example, Schmidt & Kofuji, 2010). Interaction between two types of cells seems to determine unique diurnal property of light sensitivity of pupil to blue light. Although no study reported contribution ratios of these cells, Contribution of ipRGCs seems to be greater than that of cones, because only blue light elicits different pupillary responses in terms of diurnal time. These results indicate that sensitivity of ipRGCs may decrease in evening.

Conclusion

Pupillary light reflex is mediated by ipRGCs. ipRGCs are highly sensitive to blue light (ca 480nm). Our study showed that sensitivity to red and green light increased from morning to evening, but that to blue decreased from noon to evening. These results indicate that sensitivity of ipRGCs may decrease in evening.

List of references

1. Berson, DM, Dunn, FA, Takao, M. (2002) Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 295(5557) 1073-1077.
2. Gamlin, PD, McDougal, DH, Pokorny, J, Smith, VC, Yau, KW, Dacey, DM. (2007) Human and macaque pupil responses driven by melanopsin-containing retinal ganglion cells. *Vision Research*. 47(7):946-54.
3. Mure, LS. (2021) Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells of the Human Retina. *Frontiers in Neurology*. 12:636330.
4. Schmidt, TM, Kofuji, P. (2010) Differential cone pathway influence on intrinsically photosensitive retinal ganglion cell subtypes.
5. Takao. M., Fukuda. Y., Morita. T. (2017) A novel intrinsic electroretinogram response in isolated mouse retina. *Neuroscience* 357(15) 363–371. *J Neurosci*. 30(48): 16262-16271.

ENHANCING DAYLIGHT AVAILABILITY IN HISTORICAL BUILDINGS THROUGH TUBULAR DAYLIGHT GUIDANCE SYSTEMS: A SIMULATION-BASED STUDY

*SÖNMEZ N., PhD student; CILASUN KUNDURACI A., PhD, Assist. Prof.,
Yaşar University, Izmir, Türkiye*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДНЕВНОГО СВЕТА В ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ СВЕТОВОДОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Сёнмез Н., аспирант; Джиласун Кундараджи А., PhD, доцент,
Университет Яшар, Измир, Турция*

Abstract

This simulation-based study investigates the potential of Tubular Daylight Guidance Systems (TDGS) to enhance daylight availability in historical buildings. Historical buildings often face challenges in providing sufficient daylight to non-lit areas without altering the building's facade. The study focuses on a historic passage building without ground floor openings and aims to improve visual comfort and daylight availability. The study simulates four TDGS alternatives with different diameter sizes, evaluating their impact on Useful Daylight Illuminance (UDI) and Spatial Daylight Autonomy (sDA). The findings reveal significant increases in UDI and sDA, ranging from 68.7 % to 403.7 % and 79.9 % to 1813.6 %, respectively, depending on the tube diameter. These results underscore the importance of daylight tube diameter in increasing the availability and distribution of useful daylight. The study emphasizes the potential of TDGS to optimize daylighting experiences in historical buildings with limited natural daylight.

Аннотация

В данном исследовании, на основе моделирования, изучается потенциал трубчатых систем направления дневного света (TDGS) для повышения доступности дневного света в исторических зданиях. Исторические здания часто сталкиваются с проблемой обеспечения достаточного количества дневного света в неосвещенных зонах без изменения фасада здания. Исследование посвящено историческому проходному зданию без проемов на первом этаже и направлено на повышение визуального комфорта и доступности дневного света. В исследовании моделируются четыре варианта TDGS с различными диаметрами, оценивается их влияние на полезную дневную освещенность (UDI) и пространственную автономность дневного света (sDA). Полученные результаты свидетельствуют о значительном увеличении UDI и sDA: от 68,7 % до 403,7 % и от 79,9 % до 1813,6 %, соответственно, в зависимости от диаметра световода. Эти результаты подчеркивают важность диаметра световодов для увеличения доступности и распределения полезного дневного света. Исследование подчеркивает потенциал TDGS для оптимизации дневного

освещения в исторических зданиях с ограниченным естественным дневным светом.

Keywords: historical buildings, tubular daylight systems, case study, simulation

Ключевые слова: исторические здания, световоды, тематическое исследование, моделирование

Introduction

Daylight is essential for users' physiology, performance, visual comfort, circadian system, and overall wellbeing [1], [2]. In addition to wellbeing, window selection is crucial due to its influence on daylight availability, glare, and solar heat gain [3]. Vertical side apertures frequently fall short of delivering enough illumination in the working area after 5 m from windows and necessitate extra artificial lighting. Extending the daylight zone by enlarging apertures may cause an unbalanced quantity of solar radiation and heat gain at window areas while only slightly increasing illumination levels in the dark zones. The lighting energy savings achieved by increasing the window area often lead to more serious consequences due to glare and increased cooling loads [4]. Besides, modifying the opening size is not always feasible or convenient from an architectural-technical point of view in a historical building. Often, historical buildings' cultural value reduces the flexibility of the design solutions [5], [6], and traditional daylighting techniques cannot be applied. Thus, often the biggest challenge is to provide sufficient daylight to non-lit areas of an historical building and diminish glare problems without making any interventions on the façade. Passive building-integrated solutions such as Tubular Daylight Guidance Systems (TDGS) which keep buildings' originality while redirecting daylight to the target areas, become essential. TDGS provide energy-autonomous lighting during the daytime and help to overcome visual discomforting conditions such as glare and direct light [7]. Compared to side lighting options, during the cooling period (summer period), they minimize internal heat gains, which reduces AC energy consumption.

Previous research suggests that, to maximize efficacy, the TDGS should have some or all the following properties: being short and straight, having low aspect ratios [1], [7], having higher light reflectance on the inner surface of light guides, and having a larger diameter [8]. To be more specific, the study used simulation to assess the efficiency of different tube lengths discovered that as tube length increased, illuminance levels declined dramatically, implying that a low aspect ratio delivers higher illuminance levels, and concluded that the lower efficiency, increased tube length reduces glare and the risk of overheating [1]. This conclusion is also consistent with the findings of the investigations conducted by other studies [7], [9].

TDGS usage in historical buildings has not been intensively studied as much as other building components such as windows, shadings, and building

form. Further investigation is required to evaluate the adaptation of TDGS systems to historical buildings to provide sufficient illumination levels in the desired areas without causing glare. The primary goal of the current study is to improve visual comfort and daylight availability in a historic building that has no openings on the ground floor. After assessing the case study's current daylighting conditions, various scenarios were simulated to achieve a design proposal that improves daylight availability and illuminance distribution through TDGS. Furthermore, the proposal does not alter the building's structural or architectural features, ensuring the building's originality and conservation. The proposed TDGS adaptation approach may be useful in the development of new daylight enhancement techniques and strategies for historic buildings.

Research Method

The research was conducted in a heritage passage building known as “The Historical Akin Passage” on Havra Street / Izmir ($38^{\circ}25'11.4''N$ $27^{\circ}08'11.3''E$) (Figure 1). The structure was constructed in 1905 and was originally used as a winery, molasses factory, and biscuit factory. The two-story masonry passage, which covers 535 m^2 , was converted to reinforced concrete in 1968. Currently, the passage is in the process of restoration by TARKEM (Historical Kemeralti Construction Investment Trade Inc.) and is planned to be finished before 2024 [10]. The building has originally four rectangular skylights on the roof, which have areas of 6.42 m^2 , 6.29 m^2 , 5.92 m^2 , and 5.53 m^2 , as shown in Figure 1. The ground floor receives daylight only from the gallery areas in the passage that transmit daylight from skylights and lateral windows located on the first floor.

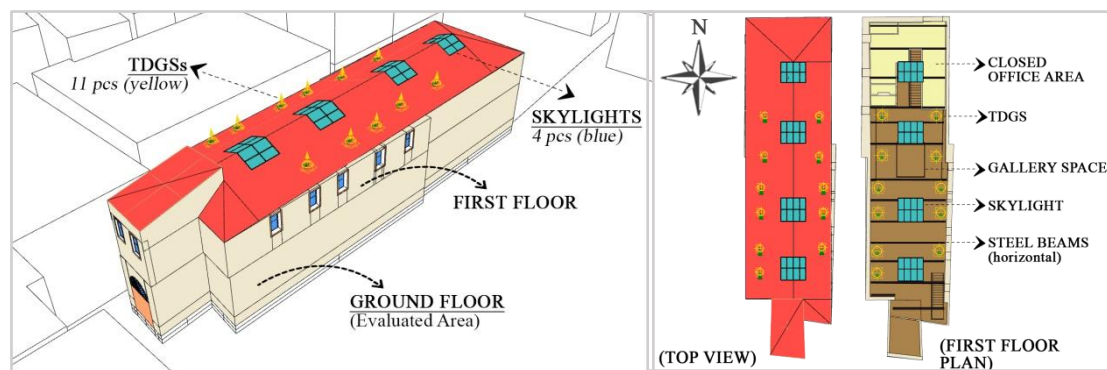






Figure 1. 3D Model, Top View, and First Floor Plan of The Historical Akin Passage

First, as shown in Figure 1, a three-dimensional (3D) model of the two-story building was developed in Rhinoceros. Then, the modeled surfaces in Rhinoceros were defined in Grasshopper. Climate Studio (CS) was used to assess the environmental performance of the case study. Following the definition of the surfaces to the templates defined automatically by CS, materials were defined for the solid surfaces based on the reflectivity values contained in Climate Studio, and for glass surfaces based on the transmittance values (Table 1).

Table 1. Reflectance & Transmittance levels of Surfaces

Surface	Material	Reflectance (R) & Trasmittance (VT)
Glazing	Clear_Double_Argon	VT: 77.4 %
Floor	Light Wood Floor	R: 52 %
Wall	White Painted Room Walls	R: 81.2 %
Ceiling	White Painted Ceiling	R: 89.4 %

Table 2. TDGS Types Selected for Simulation

No	Image	Type of TDGS	Diameter Size	VT. annual	Diffuser Size
T1		Solatube_160DS-DA-L5	250 mm	0.51	225.1 mm
T2		Solatube_300DS-C-DA-L5	350 mm	0.61	609.6mm
T3		Solatube_330DS-C-DA-L5	530 mm	0.34	609.6 mm
T4		Solatube_SM74DS-O-DPP-A-L2	740 mm	0.57	802.7 mm

A: Amplifier, C: Closed Ceiling, DA: Acrylic Dome, DPP: Polycarbonate Outer Dome + PETG Inner Dome, DS: Daylighting System, L2: Prismatic Diffuser, L5: OptiView Wide Diffuser Lens, O: Open Ceiling

Table 2 shows the included in CS’s own list, four different options with increasing values based on diameter size and diffuser size were chosen for optimization. In total, 11 TGDSs were placed on the roof in accordance with the circulation and seating arrangements of both the ground and first floors (Figure 1). The base model (no TDGS) and four alternatives (T1–T4) were simulated and analyzed using Useful Daylight Illuminance (UDI), which considers the percentage of working hours when daylight ranges between 300 lux and 3000 lux, and achieving at least 80 % of occupied hours [11], [12], and Spatial Daylight Autonomy (sDA), which represents the percentage of floor area that achieves the targeted illuminance level (generally 300 lux) requiring at least 50 % of occupied hours [13]. Figure 2 shows the visualization of the base model’s UDI and sDA results.

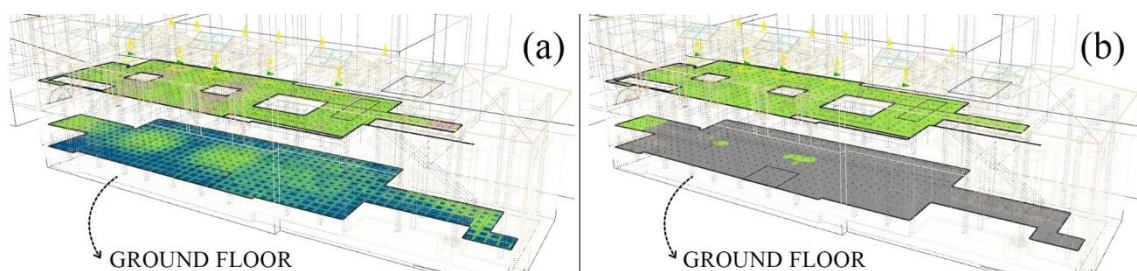


Figure 2. Visualization of the UDI (a) and sDA (b) Results

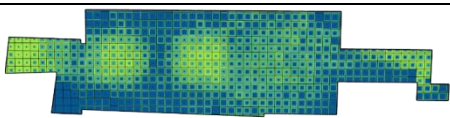
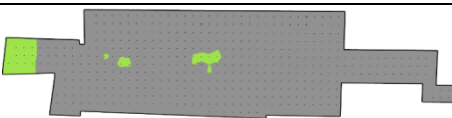
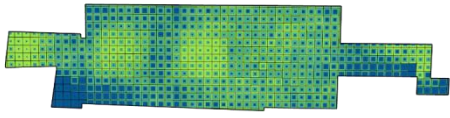
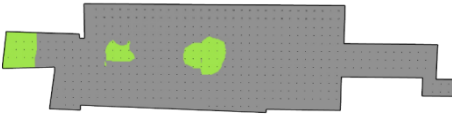
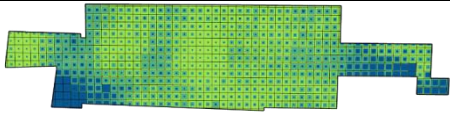
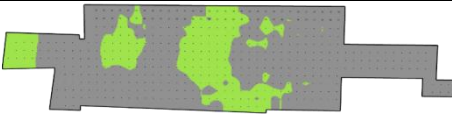
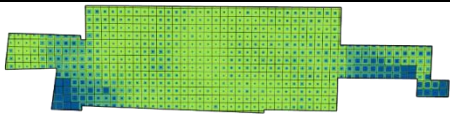

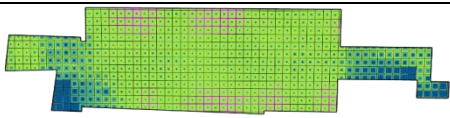

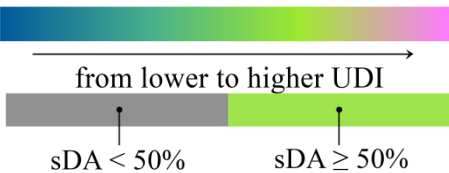
Results

The simulation sought to determine how the four diameter sizes of the tubular daylight systems—designated T1, T2, T3, and T4—affected the metrics for Useful Daylight Illuminance (UDI) and Spatial Daylight

Autonomy (sDA) in comparison to the base model. Table 3 clearly shows the significant improvements brought about by each alternative system.

Notably, even the smallest diameter size, T1, resulted in noticeable improvements, increasing UDI to 21.72 % and sDA to 7.63 % when compared to the base model’s UDI of 12.87 % and sDA of 4.24 %. Implementing larger diameter sizes, such as T2 and T3, resulting in further improvements, with UDI values reaching 37.93 % and 55.68 %, respectively, and sDA values reaching 27.75 % and 75.21 %. Overall, the UDI improvements ranged from 68.7 % to 403.7 %, while the sDA improvements ranged from 79.9 % to 1813.6 %, depending on the tube diameter.

Table 3. UDI and sDA Results of Simulated Ground Floor

Alternatives	UDI	sDA
Base Model (No TDGS)	 12.87 %	 4.24 %
T1 Diameter =250 mm	 21.72 %	 7.63 %
T2 Diameter =350 mm	 37.93 %	 27.75 %
T3 Diameter =530 mm	 55.68 %	 75.21 %
T4 Diameter =740 mm	 64.83 %	 81.14 %
Legend	 <p>from lower to higher UDI</p> <p>sDA < 50% sDA ≥ 50%</p>	

Discussion and Conclusion

When daylight penetration is low, tubular daylight guidance systems (TDGS) offer promising solutions for enhancing lighting conditions. In this study, four different TDGS alternatives with varying diameters were evaluated in a historic building using the metrics of Useful Daylight Illuminance (UDI) and Spatial Daylight Autonomy (sDA) through the Climate Studio software. When a wider tube diameter was used, results indicated a higher daylight efficiency, which is consistent with the literature [7], [8], [9]. For instance,

using T4 instead of T1, increased UDI by 198.4 % and sDA by 963.4 %. The findings revealed significant increases for the comparison to base case, up to 403.7 % and 1813.6 % (for UDI and sDA respectively), emphasizing the importance of daylight tube and diffuser diameter in increasing the availability and distribution of useful daylight.

This study deepens our understanding of how to improve daylighting design strategies and the performance of TDGS in historic structures where changes to the facade may be unwelcome or constrained. Future research should include additional elements like visual comfort, glare control, and suggestions from restoration experts in order to provide a thorough assessment of the efficacy and viability of various TDGS alternatives. Considering these factors in future research would allow researchers and practitioners to make more informed decisions when selecting and implementing tubular daylight systems in real-world scenarios.

List of References

1. *Baglivo C., Bonomolo M., Congedo P. M.* Modeling of light pipes for the optimal disposition in buildings, *Energies (Basel)*, 2019, vol. 12, no. 22. doi: 10.3390/en12224323.
2. *Li H., Wu D., Yuan Y., Zuo L.* Evaluation methods of the daylight performance and potential energy saving of tubular daylight guide systems: A review, *Indoor and Built Environment*, 2022, vol. 31, no. 2. p. 299–315. doi: 10.1177/1420326X21992419.
3. *Xue P., Mak C. M., Cheung H. D.* The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings: A questionnaire survey, *Building and Environment*, 2014, vol. 81. p. 51–59, 2014. doi: 10.1016/j.buildenv.2014.06.011.
4. *Kontadakis A., Tsangrassoulis A., Doulos L., Topalis F.* An active sunlight redirection system for daylight enhancement beyond the perimeter zone, *Build Environ*, 2017, vol. 113. p. 267–279, 2017. doi: 10.1016/j.buildenv.2016.09.029.
5. *Ascione F., Bianco N., De Masi R. F., De' Rossi F., Vanoli G. P.* Energy retrofit of an educational building in the ancient center of Benevento. Feasibility study of energy savings and respect of the historical value, *Energy Build*, 2015, vol. 95. p. 172–183. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.10.072.
6. *Balocco C., Calzolari R.* Natural light design for an ancient building: A case study, *J Cult Herit*, vol. 9, no. 2, pp. 172–178, 2008, doi: 10.1016/j.culher.2007.07.007.
7. *Oakley G., Riffat S. B., Shao L.* Daylight Performance of Lightpipes, *Solar Energy*, 2000, vol. 69, no. 2. p. 89–98. doi: 10.1016/S0038-092X(00)00049-9.
8. *Mahawan J., Thongtha A.* Experimental investigation of illumination performance of hollow light pipe for energy consumption reduction in

- buildings, *Energies* (Basel), 2021, vol. 14, no. 2, doi: 10.3390/en14020260.
9. *Maňková L., Hraška J., Janák M.* Simplified Determination of Indoor Daylight Illumination by Light Pipes, *Slovak Journal of Civil Engineering*, 2009, vol. 4, p. 22–30.
 10. *TARKEM.* Historical Akin Passage, Historical Kemeralti Construction Investment Trade Inc., 2022.
 11. *Soleimani K., Abdollahzadeh N., Zomorodian Z. S.* Improving daylight availability in heritage buildings: A case study of below-grade classrooms in Tehran, *Journal of Daylighting*, 2021, vol. 8, no. 1. p. 120–133. doi: 10.15627/jd.2021.9.
 12. *VELUX.* Daylight calculations and measurements, n.d.
 13. *Climate Studio.* Welcome to the ClimateStudio User Guide, 2020.

SPECTRUM MODELING AS A METHOD FOR TEMPERATURE CORRECTION OF ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODES BASED ON THREE-COMPONENT STRUCTURES

Surkov I.V., student; Fenik M.A., student; Rybina V.A., assistant; Turkin A.N., Ph.D., associate professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРА КАК МЕТОД ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРЕКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СТРУКТУР

Сурков И.В., студент; Феник М.А., студент; Рыбина В.А., ассистент; Туркин А.Н., к.ф.-м.н., доцент, НИУ «МЭИ», г. Москва

Abstract

OLED technology is widely used in various displays, which operate in a wide range of temperatures. For such devices, it is necessary to maintain the luminance and chromaticity coordinates at the given level when the external temperature changes. In this work, a program was developed that, based on the electro-physical characteristics and electroluminescence spectra of a white OLED sample at different temperatures and currents, as well as the spectral characteristics of the coloured filters, allows for selection of currents in the range of (1–25) mA, applied to each subpixel in such a way as to converge the chromaticity coordinates to the specified values. Various chromaticity coordinates were tested in the process of program execution, including CIE sources of type A, type B, type C, and type D65. In each of these cases, the program significantly reduced the difference in chromaticity coordinate changes with temperature. The obtained results will be used for gamma correction of micro-displays produced at the Cyclone Research Institute during their operation at a wide range of temperatures.

Аннотация

Технология OLED широко используется в различных дисплеях, которые работают в широком диапазоне температур. Для таких устройств необходимо поддерживать координаты цветности и яркость на заданном уровне при изменении внешней температуры. В данной работе была разработана программа, которая на основе электрофизических характеристик и спектров электролюминесценции белого образца OLED при различных температурах и токах, а также спектральных характеристик цветных фильтров позволяет осуществлять подбор токов в диапазоне (1–25) мА, подаваемый на каждый субпиксель таким образом, чтобы приблизить координаты цветности к заданным значениям. В процессе выполнения программы проверялись различные координаты цветности, включая стандартные источники МКО типа А, типа В, типа С и типа D65. В каждом из этих случаев программа существенно уменьшала разницу в изменении координат цветности с температурой. Полученные результаты будут

использованы для гамма-коррекции микродисплеев производства НИИ «Циклон» при их эксплуатации в широком диапазоне температур.

Keywords: organic light emitting diodes, multilayer structure, change in spectral composition of radiation, pixel and subpixel rendering

Ключевые слова: органические светоизлучающие диоды, многослойная структура, изменение спектрального состава излучения, пиксельный и субпиксельный рендеринг

Introduction

Organic light emitting diodes (OLEDs) are electronic devices that use organic semiconductors to convert electrical energy into light. Applying an electrical voltage to the device leads to the recombination of electrons and holes at the emitter, which causes light emission [1, 2]. The processes of photon generation in OLED structures are similar to those in traditional LEDs. OLEDs emit light when a current is passing through the device structure [3]. There are many different technologies for obtaining RGB subpixels. This work investigated the WOLED technology using colour filters. This type of displays uses a white light emitting diode as the basis, onto which colour filters are applied, cutting out narrow sections of the RGB spectrum [4, 5]. Each pixel, in turn, consists of sub-pixels, which is controlled independently of the others [4].

Temperature studies of OLED are especially relevant in the regions of our country, where the temperature can vary significantly throughout the year. The scientific task to be solved in this work is modelling and maintaining constant OLED chromaticity coordinates and luminance by adjusting the currents supplied to the sample at different temperatures.

Research methods

In this work, three-component samples of white OLED TCW-859-65 and TCW-928-97 were researched. An experimental installation was assembled that allowed measuring the electrical and luminance characteristics and spectral distribution of the sample's radiation at different temperatures, Fig. 1.

The voltages and currents on the peltier elements are regulated by power sources. Temperature control was carried out using a thermoresistive sensor, contacts of which are connected to a multimeter. A photocell was used to measure the sample's luminance. To measure the spectral power distribution of the samples, the light from the sample passed through a light guide to a Hamamatsu mini spectrometer.

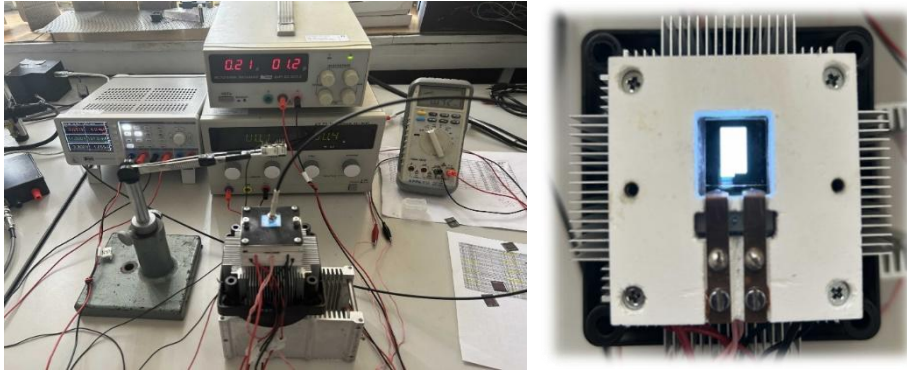


Figure 1. Experimental installation

On another setup, spectral transmittance coefficients of colour filters were measured, Fig. 2.

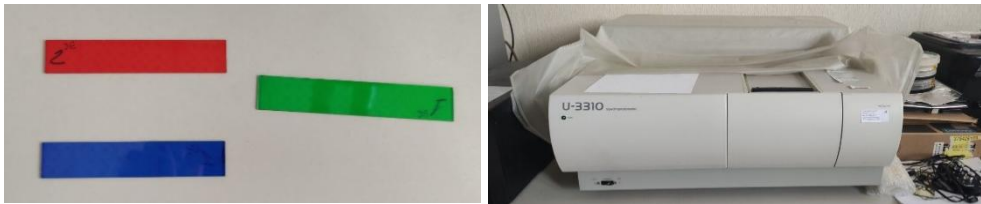


Figure 2. Setup for spectral transmittance coefficients measurements

Obtained characteristics was used when a MATLAB program was developed, which by iterative selection made it possible to achieve optimal currents at each temperature value, while keeping the specified chromaticity coordinates and luminance constant. To do this, the `fminsearch` function was used, the initial data of which are the initial currents and the standard deviation function (exp. 1).

For criterion of correspondence the mean squared deviation was chosen:

$$SKO = \sqrt{\left(\frac{x_{model} - x}{x}\right)^2 + \left(\frac{y_{model} - y}{y}\right)^2 + \left(\frac{(L_e^B + L_e^G + L_e^R) - L_e}{L_e}\right)^2}, \text{ where (1)}$$

x_{model}, y_{model} are the chromaticity coordinates x, y of the modelled spectrum,

x, y are the specified chromaticity coordinates,

L_e^B, L_e^G, L_e^R are the luminance of subpixels after passing through RGB filters,

L_e is the specified luminance.

Results

Electrical and luminance characteristics and spectra of white samples were obtained at currents of 1mA, 5 mA, 15 mA, and 25 mA and temperatures ranging from -35 °C to 65 °C with a step of 5 °C, Fig.3.

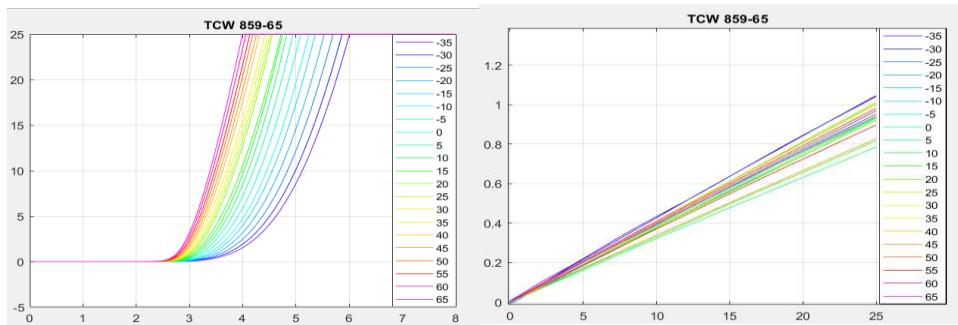


Figure 3. Measurement results of electrical (current-voltage) and luminance (luminance-current) characteristics

With an increase in temperature, the current-voltage curve shifted to the low voltage region. According to the current-luminance characteristic, it can be concluded that the luminance increases almost linearly at low values of currents, then goes into saturation and increases at a slower rate.

The results of measuring the spectral transmittance of filters, blue, green and red, respectively, are presented in Fig. 4, as well as the sample's spectral characteristics after passing through filters are shown in Fig. 5.

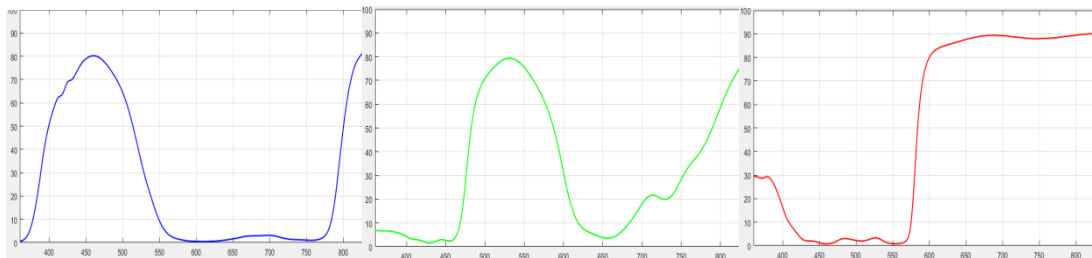


Figure 4. Spectral transmission characteristics of blue, green and red filters

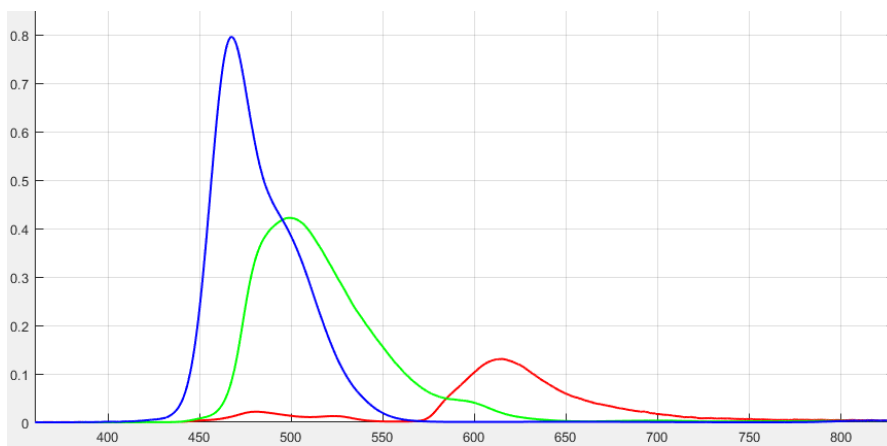


Figure 5. Spectral characteristics of samples at a temperature of 25 °C, after passing through filters

Based on the experimental data, using the developed program, various chromaticity coordinates were tested, including corresponding to standard CIE sources, such as A, B, C, D65.

Without current correction, the difference in chromaticity coordinates was critical, and for correlated colour temperature it is ranging from 7771 K at a temperature of $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ to 5246 K at a temperature of $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, Fig. 6.

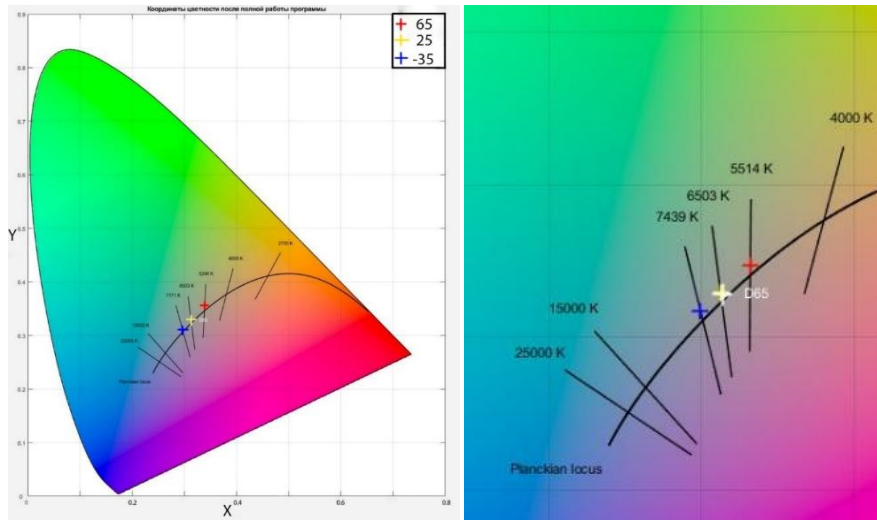


Figure 6. Chromaticity diagram with chromaticity coordinates of white sample TCW-927-97 without current correction for temperatures of -35 , $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, and $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (modelling of source type D65)

By using currents selected with the developed program, it was possible to precisely achieve the specified chromaticity coordinates of the D65 source without changes in luminance, Fig.7.

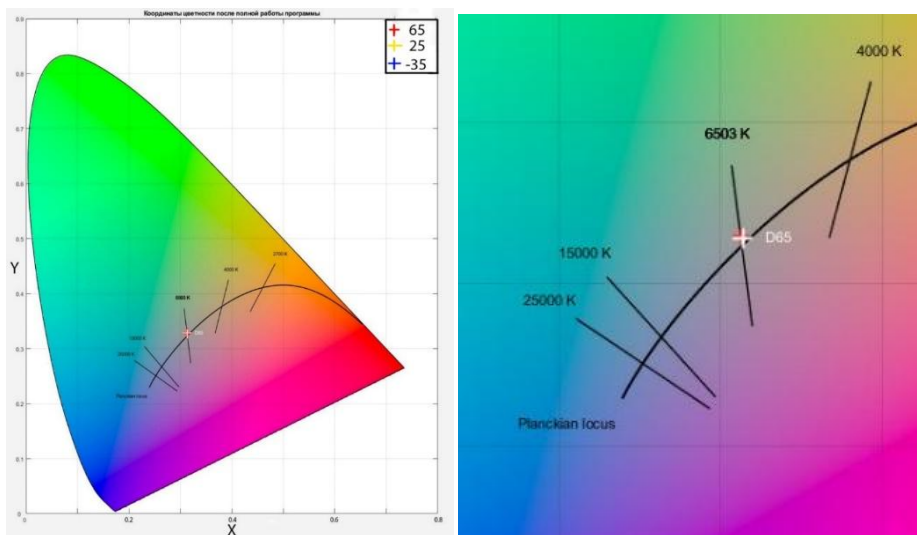


Figure 7. Chromaticity diagram with chromaticity coordinates of white sample TCW-927-97 using current correction for temperatures of -35 , $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, and $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (modelling of source type D65)

The program showed accurate results for sources B, C, and D65. Differences in chromaticity coordinates after current correction were observed only for source type A, Fig. 8.

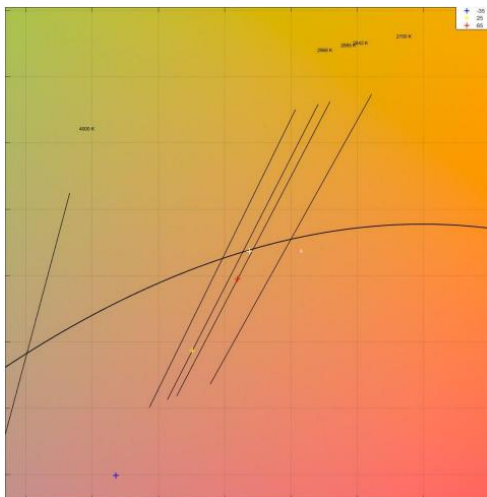


Figure 8. Chromaticity diagram with chromaticity coordinates of white sample TCW-927-97 using current correction for temperatures -35, 25 °C, and 65 °C (modelling of source type A)

The discrepancy is explained by the program's inability to go beyond the (1–25) mA range. For source type A, it is necessary to lower the blue component below 1 mA or increase the red component above 25 mA. This problem can be solved by a wider range of measurements.

Discussion

This work will be complemented using other dopant additives that enhance the emission of a specific component in white OLEDs and microcurrent measurements.

Since we worked at a research institute with high safety standards, the results of the authors' work remained there. We assume that for a similar reason it is difficult to find similar programs and compare our results with other works. The search for articles continues.

Conclusions

In this work, a program was developed that, based on the electro-physical characteristics and electroluminescence spectra of a white OLED sample at different temperatures and currents, as well as the spectral characteristics of the coloured filters, allows for selection of currents in the range of (1–25) mA, applied to each subpixel in such a way as to converge the chromaticity coordinates to the specified values. Various chromaticity coordinates were tested in the process of program execution, including CIE sources of type A, type B, type C, and type D65. In each of these cases, the program significantly reduced the difference in chromaticity coordinate changes with temperature. The obtained results will be used for gamma correction of micro-displays produced at the Cyclone Research Institute during their operation at a wide range of temperatures.

List of references

1. Aizenberg J.B., Boos G.V. Reference Book on Light and Engineering / Moscow, 2019, Light and Engineering Ed. Board, ed. 4, 891p.

2. Tang C. W., Van Slyke S. A. Organic Electroluminescent Diodes // Applied Physics Letters, 1987, # 51, pp. 913 – 915.
3. Kim M. et. al. White organic light emitting diodes from three emitter layers / Elsevier, Thin Solid Films, 2006, Vol. 515, # 3, pp. 891 – 895.
4. Min-Ho Park, Tae-Hee Han et al. Flexible organic light emitting diodes for solid-state lighting // Journal of Photonics for Energy, July 2015 Journal of Photonics for Energy 5(1):053599; DOI:10.1117/1.JPE.5.053599.
5. Stakharny S. Prospects for organic light emitting diodes in lighting systems // Modern lighting engineering, 2010, # 3, pp. 23 - 30.

**О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
РНК МКО**

**ABOUT ACTIVITY OF
CIE NC RU**

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МКО В 2023 ГОДУ

Международная комиссия по освещению (МКО) – всемирная общественная организация, основанная в 1913 году и объединяющая специалистов в области светотехники и освещения. МКО является высшим авторитетом по вопросам освещения, признанным *Международной организацией по стандартизации (ИСО)* и *Международной электротехнической комиссией (МЭК)* как международный орган по стандартизации в области освещения.

Главным уровнем участия стран в деятельности МКО являются национальные комитеты МКО, которые совместно принимают решения по всем вопросам, касающимся организации работы МКО. В настоящее время в МКО входит 35 стран, имеющих национальные комитеты, а также 2 страны в качестве ассоциированных членов. Участие в МКО позволяет получать наиболее актуальную информацию о перспективных направлениях научно-технического развития и новейших разработках в области светотехники.

Одним из ключевых рычагов для развития светотехнической отрасли РФ, обеспечения её соответствия технологическим вызовам сегодняшнего дня, является регулярное и активное участие российских специалистов в работе и мероприятиях МКО. Россия (как приемник СССР) является членом МКО с 1935 г.

Российский национальный комитет Международной комиссии по освещению (РНК МКО) – научно-техническая светотехническая организация, обеспечивающая участие светотехников России в работе МКО и осуществляющая взаимодействие с МКО и другими международными организациями, занимающимися вопросами, связанными с наукой, технологией, стандартизацией и искусством в области света и освещения.

В настоящее время основу технической и научной работы МКО составляют шесть Отделений, которые включают в себя представителей национальных комитетов с правом голоса - руководителей соответствующих Отделений национального комитета. Директор Отделения МКО назначается Административным советом МКО по рекомендации членов Отделения.

В каждом Отделении создаются технические комитеты (ТК) для работы по отдельным актуальным темам, состоящие из экспертов в конкретной области. Члены Технического комитета являются экспертами стран-участниц и не обязательно должны быть членами Отделения МКО. Каждый ТК возглавляет Председатель ТК.

Президент МКО – **Jennifer Veitch** (Канада) с 2023-2027
Экс Президент МКО – **Peter Blattner** (Швейцария) 2019-2023
Президент РНК МКО – **Шахпаруняц Анна Геннадиевна**,
к.т.н., Генеральный директор ООО ВНИСИ (Россия, г. Москва)

Отделение 1: Зрение и цвет

Руководитель Отделения 1 МКО – **Kaida Xiao** (Великобритания)
Руководитель Отделения 1 РНК МКО, член Отделения 1 МКО с правом голоса – **В.Ю. Снетков**, канд. техн. наук, доцент кафедры светотехники НИУ “МЭИ”. Зам. руководителя Отделения 1 РНК МКО, член Отделения 2 МКО – **В.А. Рыбина**, ассистент кафедры светотехники НИУ “МЭИ”, младший научный сотрудник ВНИСИ.

Отделение 2: Фотометрия и радиометрия

Руководитель Отделения 2 МКО – **Dong-Hoon Lee** (Республика Корея)

Руководитель Отделения 2 РНК МКО, член Отделения 2 МКО с правом голоса – **Р.И. Столяревская**, доктор техн. наук, зам. главного редактора журнала “Светотехника / Light & Engineering”.

Зам. руководителя Отделения 2 РНК МКО, член Отделения 2 МКО – **А.А. Барцев**, канд. техн. наук, руководитель Испытательного центра ВНИСИ.

Отделение 3: Внутреннее освещение и световой дизайн

Руководитель Отделения 3 МКО - **Nozomu Yoshizawa** (Япония)

Руководитель Отделения 3 РНК МКО, член Отделения 3 МКО с правом голоса – **Ю.Б. Айзенберг**, доктор техн. наук, профессор, шеф-редактор журнала “Светотехника / Light & Engineering”, главный научный сотрудник ВНИСИ

Отделение 4: Наружное освещение и освещение на транспорте

Руководитель Отделения 4 МКО – **Dionyz Gasparovsky**

Руководитель Отделения 4 РНК МКО, член Отделения 4 МКО с правом голоса – **А.А. Коробко**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник МСК “БЛ Групп”. Зам. руководителя Отделения 4 РНК МКО, член Отделения 4 МКО – **М.А. Федорищев**, заведующий лабораторией мобильных средств измерения ВНИСИ

Отделение 6: Фотобиология и фотохимия

Руководитель Отделения 6 МКО – **Wei Zhang** (КНР)

Руководитель Отделения 6 РНК МКО, член Отделения 6 МКО с правом голоса – **Р.И. Беляев**, главный метролог ВНИСИ

Отделение 8: Технологии изображения

Руководитель Отделения 8 МКО – **Noel Richard** (Франция)

Руководитель Отделения 8 РНК МКО, член Отделения 8 МКО с правом голоса – **В.П. Буда́к**, доктор техн. наук, профессор, главный редактор журнала “Светотехника / Light & Engineering”, профессор кафедры светотехники НИУ “МЭИ”.

ПРОШЕДШИЕ СОБЫТИЯ РНК МКО



Результаты конкурса «Российский светодизайн»

20 сентября 2023 г. на выставке Interlight Russia | Intelligent building Russia состоялась

торжественная церемония объявления результатов и награждения финалистов,

призёров и победителей конкурса «Российский светодизайн» 2023 г. Конкурс проходил в 11 номинациях, и в общей сложности на рассмотрение жюри поступил 191 конкурсный проект. В оценке и обсуждении работ приняли участие 34 члена жюри.



Итоги конкурса "Молодые светотехники" (YLS 2023)

21 сентября 2023 г. на Международной выставке Interlight Russia | Intelligent building Russia в Москве прошел финал

конкурса «Молодые светотехники». В этом году «география» конкурса ещё больше расширилась, выросло и число участников: на конкурс было принято 47 докладов из России, Китая, Турции и Японии.

Все доклады были разделены на 3 секции – «Светотехника», «Архитектура и световой дизайн» и секция иностранных докладов.

Публикации

Начало публикация данных в соответствии с принципом FAIR ("Поиск, доступность, взаимодействие, возможность повторного использования"). Этим шагом МКО напрямую поддерживает движение

"Открытая наука". Все заинтересованные стороны также могут воспользоваться данными, которые теперь находятся в свободном доступе. Это первый шаг в области оцифровки, за которым последуют другие.

Мероприятия



В мае 2023 в Стамбуле проходил учебный семинар МКО по мастер-планированию городского освещения, цель которого состояла в объяснении нового технического отчета CIE 234:2019, на примере применения его положений в самом Стамбуле в дневное и ночное время.



С 15-23 сентября 2023 года прошла 30-я сессия МКО в г. Любляне (Словения). Общая тема конференции CIE 2023 – «Инновационные технологии освещения».

Расширение деятельности МКО

МКО является полноправным членом *Международного научного совета ISC*. Это членство открывает множество новых возможностей. Кроме того, ISC - очень крупный источник информации.

МКО имеет статус связующего звена с более чем 30 ТК ИСО, что отражает множество областей, которые затрагивает сферы деятельности МКО.

Помимо ISO и МЭК, МКО поддерживает официальные и неофициальные связи с другими международными организациями. За последние два года МКО поддерживал связь:

- Международным научным советом (ISC);
- Международным астрономическим союзом (IAU);
- Международной ассоциацией цвета (AIC)
- Международной ассоциацией темного неба (IDA);
- Обществом инженеров кино и телевидения (SMPTE);
- EURAMET;
- CEN.

ПРИГЛАШАЕМ ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМИТЕТЫ МКО

МКО имеет более 70 технических комитетов (ТК), работающих над новыми техническими отчетами и международными стандартами. Если у вас есть опыт и знания, которые вы можете привнести в любой из этих комитетов или в новые комитеты, отмеченные ниже, то вы можете подать заявку на членство в эти комитеты через РНК МКО info@cie-russia.ru

Также ознакомьтесь с информацией на сайте МКО www.cie-russia.ru о других способах участия в работе МКО.



МКО начал новую работу в **ЖТС 20 (D6/D2)** и разрабатывает технический отчет, в котором будет рассмотрено современное состояние разработки переносных

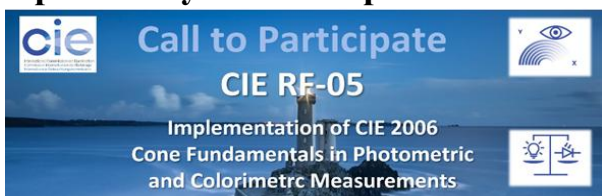
датчиков для альфа-опической дозиметрии и методов регистрации измерений, а также калибровка таких приборов, способы обработки и анализа полученных данных (*Wearable alpha-opic dosimetry and light logging methods, limitations, device calibration and data schemes*).



Технический комитет ТК 4-62 анализирует потребности, конкретизирует рекомендации, разрабатывает методологию и продвигает применение

адаптивного дорожного освещения на основе различных условий и входных данных от полевых датчиков и взаимосвязанных систем с учетом конкретных требований различных групп пользователей и их моделей поведения.

Призыв к участию в работе RF-05



С самого начала колориметрия и фотометрия были напрямую связаны через функцию сложения цветов Y стандартной колориметрической системы МКО

1931 года, которая была настроена идентично функции относительной спектральной световой эффективности для дневного зрения $V(\lambda)$.

Также хорошо известно, что $V(\lambda)$ не идеально соответствует человеческому зрению и, в частности, недооценивает визуальную реакцию в синей области. Разрабатываемая функция спектральной световой эффективности, основанная на последних исследованиях *cone fundamentals* (спектральных чувствительностей колбочек), $V_F(\lambda)$, станет

новым связующим звеном между фотометрией и физиологической колориметрией.

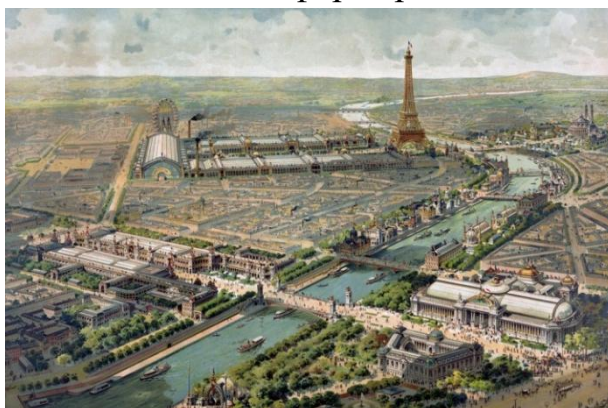


Технический комитет ТК 3-63 будет работать над определением схемы принятия решений для определения требований к освещению для различных визуальных задач во внутренних помещениях, принимая во внимание более широкий набор переменных по сравнению с теми, которые обычно учитываются в национальных и международных стандартах.

помещениях, принимая во внимание более широкий набор переменных по сравнению с теми, которые обычно учитываются в национальных и международных стандартах.

ИСТОРИЯ МКО

Хотя *Международная комиссия по освещению* была создана в **1913** году, нумерация ее сессий всегда включала сессии ее предшественницы, *Международной комиссии по фотометрии*. Поэтому уместно, чтобы эта история началась с некоторого отчета об основании МКФ и ее деятельности до того, как она была расширена в масштабах и членстве, чтобы сформировать нынешнюю Комиссию.



Первые шаги к созданию международной организации, занимающейся световыми измерениями, были предприняты на *Международном газовом конгрессе*, проходившем во время *Парижской выставки 1900 года*. 3 сентября около 400 инженеров-газовиков и других специалистов собрались во Дворце Конгрессов.

Во время вступительного выступления проф. Вотье упомянул о необходимости достижения некоторого *общего согласия по методам измерения света, излучаемого газовыми лампами накаливания*. В ходе дискуссии единогласно была принята резолюция, на основании которой Бюро Конгресса учредило новую комиссию. Она состояла из четырех членов из Франции, четырех из Германии и четырех из Великобритании с одним членом от каждой из следующих стран: Австро-Венгрии, Бельгии, Италии, Нидерландов, Швейцарии и Соединенных Штатов Америки. Так была основана *Международная комиссия по фотометрии*.

Первоначальная *МКФ*, в отличие от сегодняшнего *МКО*, была органом с очень ограниченным членством и строго ограниченной программой работы. Ее первая сессия прошла в Цюрихском политехникуме в **1903** г., когда присутствовали 13 назначенных членов. Авторы представили пять докладов, один из которых касался

относительной силы света различных эталонов источников света, использовавшихся в то время. Обсуждение этого документа привело к рекомендации провести дальнейшее сравнение *ламп Карселя, Гефнера и пентановой лампы Аркура* с целью установления относительных значений единиц на основе этих стандартов.



На этой первой сессии **Комиссия** утвердила обширную программу работы, одним из пунктов которой было установление *подробных правил фотометрии газовых ламп накаливания*. В конце сессии **1903** г. было решено, что **Комиссия** должна собраться снова, как только согласованная работа будет завершена, или самое позднее через два года, но фактически вторая сессия не проводилась до **1907** г.

Именно на второй сессии **МКФ** впервые был упомянут растущий интерес электротехнической промышленности к фотометрии источников света. Здесь следует сослаться на работу, которая проводилась в то время с целью *согласования различных фотометрических единиц, используемых в разных частях мира*. Электрические лампы накаливания с угольной нитью использовались для серии международных сравнений, проведенных национальными лабораториями, и по результатам этих измерений лаборатории Франции, Великобритании и США объявили, что с 1 июля 1909 года *американская свеча, британская свеча и все французские десятичные бужии* будут иметь одинаковое значение. Хотя это соглашение было спонсировано национальными лабораториями, а не **МКФ**, нет сомнений, что этому способствовала работа над различными стандартами свечи, которая была поддержана **Комиссией** и доведена до ее сведения.

Третья сессия **МКФ** проходила в **1911** г., как и на предыдущих сессиях, был представлен ряд докладов, в одном из которых описывались исследования влияния *атмосферных условий на лампы Гефнера и пентановые лампы*, а в других описывалось влияние *различных факторов на светоотдачу газовых ламп накаливания*.

Короткий доклад, представляющий большой интерес в свете современного развития фотометрических стандартов, был представлен Х. Штрахе из Австро-Венгрии. Он указывал, что, если излучение источника взвешивать в соответствии с чувствительностью глаза, то его измерение в абсолютных единицах было бы, по сути, измерением света от источника. Он заметил, что будет *необходимо определить среднюю кривую чувствительности глаза*, и таким образом предвосхитил создание кривой $V(\lambda)$ в 1924 году.

Новые технологии в светотехнике стремительно развивались, и были созданы общества, способствовавшие их прогрессу, сначала в США в 1906 г., в Великобритании тремя годами позже и в Германии в 1912 г.

Измерение источников света теперь становилось лишь частью гораздо более широкой деятельности - изучение того, как использовать с наибольшей пользой свет, который дают эти источники.

Всего через несколько недель после третьей сессии **МКФ** этот вопрос был поднят на *Международном конгрессе по электротехнике*, проходившем в Турине в 1911 г., и в результате предложения Леона Гастера (представлявшего Британское общество светотехники), была принята единогласно *резолуция о создании международной комиссии для изучения всех систем освещения и всех технических проблем, связанных с освещением*.

Новые *Уставы* были готовы к 1913 г. и полностью изменили структуру расширенной комиссии. Она больше не состояла из небольшого числа кандидатов от технических обществ, занимающихся газовой инженерией в каждой стране. Вместо этого любая страна, которая хотела участвовать в работе комиссии и быть представленной на ее заседаниях, могла бы сделать это, создав *Национальный комитет*.

Национальный комитет отвечал за отбор делегации своей страны для участия в сессиях комиссии и за предоставление взноса этой страны на покрытие расходов комиссии. *Национальные комитеты* были, по сути, официальными каналами, по которым светотехники могли собираться вместе для взаимного обсуждения и выносить рекомендации, которые имели за собой силу международного соглашения.



Проф. Т. Вотье. Президент:
1900-1913 МКФ, 1913-1921 МКО

Ответственность за повседневное ведение дел комиссии была возложена на *Бюро*, состоящее из главных должностных лиц,

действующих под общим руководством **Исполнительного комитета**, орган которого состоял из двух представителей каждой страны-члена.

Три языка - *английский, французский и немецкий* - были признаны допустимыми для использования на совещаниях, хотя **французский язык** оставался языком, на котором должны были приниматься все официальные решения.

Другие уставы касались организации сессий, финансовых механизмов и тому подобного. Число делегатов, присутствовавших в Берлине в **1913** году, составляло 45 человек.

Было решено, что следующая сессия должна состояться в **1916** году, но, вскоре после этого началась Первая мировая война, и работа комиссии была приостановлена до прекращения боевых действий.

Весной **1920** года доктор Хайд снова посетил Европу, чтобы изучить возможность возобновления деятельности **Комиссии** после войны.

5 июля **1921** года на пятой сессии из бывших стран - членов **МКФ** были представлены только Бельгия, Франция, Великобритания, Италия, Швейцария и США, но делегат из Испании присутствовал на заседаниях и принимал участие в работе.

На заключительном пленарном заседании сессии была одобрена *модификация Устава* с целью облегчения вступления новых стран, где было трудно полностью соблюдать довольно подробные требования к членству в **Национальных комитетах**, установленные в **1913** году.

Было представлено 19 документов, семь из них касались *единиц измерения*, стандартов или их определений, а шесть других - фотометрии и определению "*стандартного наблюдателя МКО*". Остальные шесть были связаны с практикой освещения.

На заключительном пленарном заседании 7 июля, помимо упомянутой выше поправки к уставу и установления ставки взноса от разных стран (2,5 фунта стерлингов на миллион жителей с ограничениями в 25 и 200 фунтов стерлингов), был назначен ряд **исследовательских комитетов** для проведения работ до следующей сессией, которая должна была состояться в 1924 году.

Эти комитеты должны были заниматься следующими вопросами:

- **Фотометрия;**
- **Системы единиц и величин;**
- **Освещение на заводах и в школах;**
- **Автомобильные фары;**

Были приняты определения для трех основных величин: *светового потока, освещенности и силы света*, а также для их единицы измерения.

Материалы этой сессии были опубликованы в 1923 году под тем же названием, что и материалы **МКФ**, "Отчет о проделанной работе и результатах сессий", при этом везде, как и прежде, использовался французский язык.

На шестую сессию **МКО** было объявлено, что Южная Африка принимается в члены **МКО**, но об этом не сохранилось записей.

На этой сессии были внесены некоторые изменения в процедуру: присутствовали переводчики, которые переводили на английский то, что было сказано по-французски, и наоборот.

Количество докладов и других сообщений было намного больше, чем на предыдущих сессиях, а именно: двадцать девять, и они были сгруппированы таким образом, чтобы смежные темы могли обсуждаться на каждом из пяти **технических совещаний (ТС)**.

На первом **ТС** были представлены два доклада, посвященные использованию *абсолютно черного тела* в качестве основного *стандартного источника излучения*.

На втором *заседании* делегаты обсудили вопросы номенклатуры, и был создан комитет для подготовки *международного светотехнического словаря*.

Третье ТС привело к стандартизации того, что сейчас называется *относительной световой эффективностью излучения ($V(\lambda)$)*.

Был представлен доклад К.С. Гибсона, содержащий резюме опубликованной работы на тему "*функция относительной видимости*" вместе с таблицей значений. Ввиду важности наличия такой таблицы, согласованной на международном уровне для использования в фотометрии, МКО решила рекомендовать предварительное принятие набора значений, приведенного в этом документе. Таким образом, "*стандартному наблюдателю МКО*" было предоставлено "временное" существование.

Еще одним примечательным шагом, предпринятым на этой встрече, стало назначение **комитета по колориметрии**.

Именно на *четвертом ТС* впервые стало очевидным *расширение сферы интересов МКО*, поскольку 7 прочитанных и обсужденных тогда докладов касались различных аспектов практики освещения; в частности, было 3 доклада по *общественному освещению*.

На *пятом и последнем ТС* часть времени была посвящена рассмотрению доклада **комитета, созданного в 1921 году для изучения освещения фабрик и школ**. В этом отчете содержался ряд *рекомендаций относительно минимальных значений освещенности*, необходимых для различных видов работ, предотвращения бликов и обеспечения аварийного освещения.

Документы и доклады **МКО** были напечатаны на том языке (французском или английском), на котором они были представлены, причем каждому такому докладу предшествовало краткое изложение на всех трех официальных языках.

Подписано в печать 11.11.2023. Формат 70x100/16

Печать цифровая. Тираж 500 экз.

Заказ № 0211/23-И



Отпечатано с готовых диапозитивов в соответствии с предоставленными материалами заказчика.

Издательство «НИЦ АРТ». 198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29 А.

E-mail: izdat@nic-art.ru. Тел.: +7(812)715-05-21

