

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт физики и высоких технологий  
Направление подготовки Оптотехника  
Кафедра лазерной и световой техники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Проектирование систем освещения для музейного комплекса на примере  
Художественного музея г. Томск**

УДК 628.973.4:727.7(571.16)

Студент

4ВМ5А	Кожаева Римма Жанатовна		
Группа	ФИО	Подпись	Дата

Руководитель

доцент	Толкачева Ксения Петровна	К.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

доцент	Петухов Олег Николаевич	К.Э.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна			
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	Полисадова Елена Федоровна	К.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
P2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
P3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оптотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной,

	оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способность к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских,

	<p>проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов</p>
<p>P11</p>	<p>Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности</p>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий  
Направление подготовки 12.04.02 «Оптотехника»  
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ЛИСТ

\_\_\_\_\_  
(подпись)      \_\_\_\_\_ Е.Ф. Полисадова  
(дата)                      (ФИО)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ5А	Кожяевой Римме Жанатовне

Тема работы:

Проектирование систем освещения для музейного комплекса на примере Художественного музея г. Томск	
утверждена приказом директора	27.12.2016 г. №10813/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2017г.
--	--------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: Художественный музей г. Томск, по адресу: Нахановича переулок, 3  Энергоаудит существующей осветительной установки общего освещения
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование</i>	1. Особенности освещения музейных экспонатов. 2. Влияние индекса цветопередачи в музейном освещении. 3. Анализ световых приборов прошлого века и нашего времени.

дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<p>4. Факторы, влияющие на создание светового комфорта.</p> <p>5. Воздействие компьютерного моделирования осветительной установки для музейных экспонатов</p> <p>6. Историческая справка объекта</p> <p>7. Энергоаудит существующей системы освещения.</p> <p>8. Светотехническое проектирование освещения Томского областного художественного музея</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	Светотехнический раздел проекта: построение трехмерной модели объекта исследования, расчет освещенности с помощью программного комплекса DiaLux, EVO; Электрическая часть проекта.

### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич
Социальная ответственность	Задорожная Татьяна Анатольевна
Раздел ВКР на иностранном языке	Надеждина Елена Юрьевна
Раздел 2	

### Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранном языках:

Особенности освещения музейных экспонатов
---

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.09.2015 г.
--	---------------

### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Толкачева Ксения Петровна	к. т. н.		21.09.15

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ51	Кожаева Римма Жанатовна		21.09.15

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ВМ5А	Кожасвой Римме Жанатовне

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЛИСТ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Оптехника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система освещения выставочного зала. Объект исследования расположен на втором этаже Томского областного художественного музея.
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>Условия труда работающих характеризуется возможностью воздействия на них следующих вредных производственных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отклонение показателей микроклимата в помещении;</li> <li>- Повышенная пульсация светового потока;</li> <li>- Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> </ul> <p>К опасным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электрический ток</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>	<p>В проектируемом трековой системе освещение выставочного зала использовались светодиодные ИС, которые являются экологически безопасными без отходов и выбросов. В аудитории 248 где проводилась проектирование установлены люминесцентные лампы в которых содержится ртуть.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Возможные ЧС на объекте: короткое замыкание электрической цепи может повлечь возгорание, которое грозит уничтожением экспонатов, документов и другого имеющегося оборудования. В целях предотвращения возгорания необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5. Имеется план эвакуации</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78: рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество; рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте; рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5А	Кожаева Римма Жанатовна		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ5А	Кожаевой Римме Жанатовне

Институт		Кафедра	
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет капитальных вложений при использовании традиционных источников Расчет эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников света
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

- Капитальные вложения модернизаций
- Эксплуатационные затраты рассматриваемых вариантов
- Показатель экономической эффективности вариантов

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов Олег Николаевич	к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5А	Кожаева Римма Жанатовна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 105 листов, 34 рисунка, 28 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: светодиодные источники света, освещение, архитектурное освещение, источник света, 3D модель.

**Объектом исследования является:** выставочный зал Томского областного художественного музея.

**Целью данной работы является:** Анализ существующей системы освещения художественного музея и разработка светотехнического проекта.

**Научная новизна исследования заключается:**

- в подборе оптимальной цветопередачи для создания светотехнического проекта.

**В результате исследования** был предложен компьютерный эксперимент по выбору оптимального источника света для передачи яркости фона, а также изучен алгоритм по изменению индекса цветопередачи.

**Степень внедрения:** проведено исследование, сделаны рекомендаций.

**Область применения:** проектирование систем внутреннего и наружного освещения.

**Экономическая эффективность:** Данная работа послужит для компьютерного проектирования внутреннего и наружного освещения.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, программном комплексе DIALux evo.

## **Обозначения сокращений**

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ИС – источник света

ЭЭ – электроэнергия

НО – наружное освещение

СП – световой прибор

СД – светодиодная система

МКО – метод количественной оценки

ИК – инфракрасное излучение

УФ – ультрафиолетовое излучение

ЛН – лампа накаливания

ЛДЦ - люминесцентная, дневного света с исправленной цветопередачей;

ЛД - люминесцентная, дневного света;

ЛХБ - люминесцентная, холодно белого света;

ЛБ - люминесцентная, белого света;

ЛТБ - люминесцентная, тепло белого света

СС – световая среда

ЕО – естественное освещение

ИО – искусственное освещение

## Оглавление

Введение.....	14
Глава 1 Свет в музее .....	16
1.1 Особенности освещения музеев. ....	16
1.2 Влияние УФ и ИК излучения .....	17
1.3 Влияние индекса цветопередачи в музейном освещении .....	23
1.3 Вывод по главе 1 .....	30
Глава 2 Подходы в проектировании музейного освещения.....	31
2.1 Анализ световых приборов прошлого века и нашего времени.....	31
2.2 Факторы, влияющие на создание светового комфорта.....	35
2.3 Воздействие компьютерного моделирования осветительной установки для музейных экспонатов .....	36
2.4 Вывод по главе 2 .....	41
Глава 3 Разработка дизайн проекта внутреннего и наружного освещения Томского областного художественного музея.....	43
3.1 Историческая справка объекта .....	43
3.2 Энергоаудит существующей системы освещения.....	45
3.3 Светотехническое проектирование освещения Томского областного художественного музея. ....	48
3.5 Вывод по главе 3 .....	59
Глава 4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	60
4.1. Анализ энергопотребления и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения .....	60
4.2. Требования к светильникам для модернизации системы освещения.....	62
4.3. Расчет экономии электроэнергии. ....	63
4.4. Расчет затрат.....	65
4.5. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное в год для одного светильника .....	66
4.6. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное для типовой школы.....	67
Глава 5. Социальная ответственность.....	73

5.1 Производственная безопасность .....	74
5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования. ....	75
5.2 Экологическая безопасность .....	82
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	86
Заключение .....	88
Список литературы: .....	90
Приложение А .....	93
Приложение Г .....	92

## Введение

Музеи являются учреждениями, занимающиеся собиранием, изучением, хранением памятников естественной истории, материальной и духовной культуры.

Посещение музеев дает представление о культуре народа проживающего в этой местности и показывает историю развития этого общества. Сохранение многих объектов культурного наследия общества, которые представляют культурную и историческую ценность. Посещение таких учреждений обогащает внутренний мир человек, дает возможность ему прикоснуться к истории и прошлому своих предков, а также увидеть многие предметы, которые он уже не встретит в современной жизни

Экспозиционные требования и состав экспонатов всецело определяют, как архитектурное оформление залов, так и их освещение.

Только при достижении определенного освещения скульптуры, картины, архитектурные сооружения раскрывают себя наиболее полно и интересно. Учитывая все это можно сказать, что световое оформление является одной из значимых задач в галереях, музеях и выставках. Еще в древности изобретатели, художники, творцы экспериментировали с освещением. Ведь световые решения являлись столь же важными при представлении работы, как и сам сюжет.

Томск город богатой историей и здесь насчитывается около 20 музеев. Из них для исследования был выбран Томский областной художественный музей.

**Актуальность темы:** Выставки могут надолго остаться в памяти посетителей, а могут быть незамеченными. Проектирование оптимальной световой среды является сложным комплексом и определяет ряд задач.

Первая задача – предоставить произведение искусства качественно: учитывая физиологические особенности человеческого зрения, необходимо

максимально исключить возможные помехи: слепящий эффект, резкие контрасты и блики, так же необходимо полно и достоверно выявить параметры, составляющие основу его художественности – форму, фактуру, материал и цвет работы.

Вторая задача – сохранность экспонатов, так как свет может действовать на них губительно: от влияния УФ и ИК излучений возможно изменение химического состава красок или ведет к изменению цвета бумаги.

Третья задача – использование энергоэффективных осветительных установок.

**Цель работы:** Анализ существующей системы освещения художественного музея и разработка светотехнического проекта. Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи.

1. Провести анализ существующих комплексных решений для освещения музейных экспонатов;
2. Провести энергоаудит ОУ Томского областного художественного музея;
3. Разработать светотехнический проект нескольких залов в комплексе с наружным освещением художественного музея;
4. Разработка электротехнической части проекта внутреннего и наружного освещения художественного музея.

**Методология и методы исследования:** в данной работе проведен анализ информации по вопросу исследований освещения музеев, галерей, на примере Томского областного Художественного музея.

С помощью программы 3d моделирования была построена 3d модель объекта, впоследствии с помощью светотехнической программы Dialux был разработан проект освещения здания художественного музея с получением соответствующих значений светотехнических параметров.

Научная новизна исследования заключается в подборе оптимальных параметров для создания светотехнического проекта.

## **Глава 1 Свет в музее**

### **1.1 Особенности освещения музеев.**

Экспонирование произведений искусства в музеях и хранение их в фондохранилищах обязательно предполагают наличие определенной световой среды, создаваемой естественным или искусственными ИС.

Музейные экспонаты весьма разнообразны по размерам, могут быть плоскими или объемными, цветными или черно – белыми, светостойкими и нецветостойкими, располагаются на полу, стенах, специальных стендах, в витринах, шкафах, вертикально, горизонтально и наклонно [1].

По светостойкости экспонаты можно условно разделить на следующие три группы: 1 – высокой светостойкости, 11 – средней и 111 – низкой.

По цветовым характеристикам экспонаты делятся на:

1. Ахроматические или серые, т.е. не имеющих выраженного цветового тона;
2. Одноцветные, имеющих по всей поверхности более или менее одинаковый цветовой тон;
3. Многоцветные тональные, в пределах площади которых цветовой тон может измениться, но при этом может быть выделен преобладающий;
4. Многоцветные пестрые, для которых можно считать равнозначными все цветовые тона.

Освещение экспозиционных залов следует решать с учетом содержания экспозиций и требований к сохранности экспонатов. Этим обусловлены особенности выбора ИС и систем освещения.



Искусственное освещение имеет такие преимущества перед естественным, как независимость от состояния погоды, возможность использования в вечерний часы, создание качественных и количественных и количественных характеристик освещения в зависимости от требований экспозиций, возможность регулирования интенсивности и спектрального состава света, обеспечение планировочной гибкости. При устройстве различных промышленных и торговых выставок с помощью искусственного освещения легче придать выставке праздничный вид, создать определенные световые эффекты для лучшего выявления содержания экспозиций. Однако из психофизиологических соображений предпочтительно также устройство естественного освещения в залах музеев, если это допускается требованиями консервации, создающего впечатление органической связи внутреннего пространства с окружением. Кроме того, при естественном освещении обеспечивается наилучшая цветопередача экспозиций, лучше выявляется пластичность скульптуры и других крупных объемных экспонатов. Поэтому для музеев и выставок рекомендуется в основном система совмещенного естественного и искусственного освещения друг друга. При этом должно быть полностью исключено попадание прямых солнечных лучей на экспонаты через светопроемы, что достигается соответствующей ориентацией зданий, также применение различных светозащитных устройств в виде жалюзи, штор и т.д. Лишь помещения с особо чувствительными к свету экспонатами могут не иметь естественного света.

## **1.2 Влияние УФ и ИК излучения**

Освещение влияет на два факта:

- передача информации (создать обстановку экспозиционной выразительности).

- определение влияния на старение (максимально обеспечить степень сохранности экспонатов).

Цветовая окраска свечения ИС в залах музея определяется параметрами температуры идеального температурного излучателя.

Например,  $T = 1000-2000$  К – красное и желтое свечение;  $T = 5000-6000$  К – белое свечение;  $T \geq 6000$  К – синеватый (холодный) оттенок.

При формировании видимого света ИС дополнительно выделяются излучения, непосредственно примыкающие по спектру к видимому, но лежащие вне чувствительной, области зрения [2]. Излучения с длинами волн короче, чем у фиолетовых лучей и невидимые человеческим глазом, называются ультрафиолетовыми (УФ). В практическом значении учитывается область длины волны 240-380 нм.

Инфракрасное (ИК) излучение характеризует невидимую область спектра с длинами волн выше красного края видимого спектра. Практический интерес представляет область 760-2000 нм.

В процессе изменения красок под воздействием коротковолнового излучения наблюдается выцветание пигментов масляной живописи, темперы, графики, пастели, акварели, красителей тканей. Светостойкость пигментов однозначно не определяется даже такими обобщающими характеристиками, как рецептура, связующие, способ нанесения, а зависит от значительного числа дополнительных факторов; почти все механизмы обесцвечивания связываются с участием других соединений, в частности, атмосферного кислорода и паров воды. Важно также физическое состояние частиц пигмента и его размещение в материале. Уменьшение размеров частиц пигмента приводит к возрастанию скорости обесцвечивания. При размещении красителя только по поверхности материала (например, волокна), где он постоянно подвержен воздействию света, кислорода и влаги, происходит более быстрое его обесцвечивание, чем в случае внедрения его в глубокие волокна.

Воздействие света на лаки и масла в красочных слоях картин вызывает сложные физико-химические процессы, имеющие свою специфику. Известное с течением времени обесцвечивание картин связано с увеличением прозрачности красочного слоя вследствие увеличения показателя преломления масла до значения показателя преломления диспергированных в нем пигментов.

Непосредственным внешним признаком воздействия света на бумагу, ткани и дерево является пожелтение их поверхности. Одновременно изменяются и их физические свойства, отмечается уменьшение или исчезновение механической прочности, повышение хрупкости, лопаются красочные слои, прозрачные покрытия, лаки, применяемые для предохранения живописи. Например, хлопок, подвергнутый действию коротковолнового излучения, кислорода и влажности утрачивает уже через три месяца 40-60% своей первоначальной прочности.

В целом органические вещества значительно менее устойчивы к коротковолновому излучению, чем неорганические. В соответствии с данными Международного совета музеев (ИКОМ) (International Council of Museums (ICOM)), различные органические компоненты по уровню стойкости могут быть представлены в виде ряда в порядке убывания этой характеристики: целлюлоза, пигменты, прозрачные смолы, прозрачные краски для лессирования, пергамент, кожа, слоновая кость, бумага, льняное масло в картинах, кружева, шелк, джут, рафия, хлопок, лен, шерсть. Различные типы используемых в музейном освещении источников света обладают различной фотохимической активностью, определяемой содержанием в спектре доли коротковолнового излучения. В таблице 1 приведены коэффициенты относительной вредности воздействия различных ИС на светочувствительные материалы при одной и той же освещенности [2].

Таблица 1.1 – Относительная вредность излучения различных источников света для музейных экспонатов

№ п/п	Источник света	Цветовая температура, К	Коэффициент относительной вредности
1.	Свечение открытого небосвода в зените через оконное стекло	11000	11,4
2.	Свечение неба, покрытого тучами через оконное стекло	6400	5,0
3.	Люминесцентная лампа дневного света ЛДЦ	6500	4,2
4.	Люминесцентная лампа холодно – белая «делюкс» ЛХБЦ	3900	4,3
5.	Свет прямых солнечных лучей через оконное стекло	5300	3,1
6.	Люминесцентная лампа тепло – белая «делюкс» ЛТБЦ	2800	1,7
7.	Лампа накаливания	2850	1,0

Ранее уже отмечалось что УФ очень вредно для художественных экспонатов, так как оно глубоко проникает в материал, что приводит к деградирующее действие на многие полимеры, ткани, бумагу и картины. Рассмотрим долю излучения УФ разных ИС.

В зависимости от длины волны и энергии фотонов различают несколько диапазонов УФ излучения: УФ - А, УФ - В и УФ - С [3].

ЛН создают самый низкий по сравнению с другими ИС уровень УФ излучения. В (таблице 1.2) показаны относительные значения энергии, излучаемые в УФ и видимой областях спектра различными ЛН ИС увеличением мощности лампы содержание, УФ постепенно возрастает, при этом растет цветовая температура.

Таблица 1.2 – Излучение ламп накаливания [1]

Тип лампы	Цветовая температура, К	Доля излучения в % на Вт общего излучения			
		280-320 нм	320-400 нм	Весь ультрафиолет	Все видимые излучения
40 Вт, стандартная	2560	-	0,068	0,068	6,60
100 Вт, стандартная	2890	-	0,117	0,117	9,32
500 Вт, стандартная	3000	0,001	0,175	0,176	11,00
1000 Вт, стандартная	3050	0,001	0,198	0,199	11,60

Данные (таблицы 1.2) также показывают, что излучение ЛН в видимой и УФ частях спектра составляет небольшую долю от суммарной радиации. Значительная часть излучения этих ламп лежит в ИК области спектра, что определяет необходимость соответствующих мер защиты экспонатов. В ряде случаев в музеях находят применение галогенные лампы накаливания с кварцевой колбой. Они имеют улучшенные характеристики по цветопередаче, так как работают при повышенной цветовой температуре по сравнению с обычными ЛН (3200 К).

При использовании в качестве ИС ЛЛ основной световой поток формируется за счет свечения слоя фосфорного люминофора на внутренней поверхности колб, химический состав которого определяет цветность светового излучения ламп. Различные типы выпускаемых ЛЛ имеют отличия в оттенках излучения с широким диапазоном цветовых температур порядка 3000-6000 К [2]. В спектре излучения ЛЛ присутствуют также линии свечения паров ртути из внутреннего объема колбы лампы, свечение содержит составляющие излучения в УФ приведены в (таблице 1.3) области спектра с относительной долей меньшей, чем в естественном освещении, однако достаточно представительной при решении вопросов хранения музейных

экспозиций, ИК части спектра имеет незначительную долю.

Таблица 1.3 - Излучение различных типов люминесцентных ламп [2]

Длина волны, нм	Относительная доля УФ излучения в зависимости от типа люминесцентных ламп				
	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
Сплошной спектр					
330	0,3	0,2	0,2	-	0,3
340	3,8	0,7	0,4	0,2	0,7
360	17,0	5,0	2,6	2,1	3,0
380	30,8	13,7	7,0	5,2	5,2
400	39,0	28,7	12,0	7,5	5,7
450	74,2	84,0	31,2	19,4	9,7
500	99,5	94,0	36,0	21,8	13,5
550	90,5	90,0	70,0	58,0	54,5
600	94,5	82,0	88,6	89,2	92,2
650	66,2	26,4	25,4	24,7	32,0
700	30,6	9,5	6,3	5,4	8,2
Линии					
312,6	93,2	4,9	4,0	2,5	3,5
365,0	48,7	31,5	25,0	22,2	22,4
404,7	73,7	55,0	41,5	35,0	38,0
435,8	207,5	159,0	119,0	92,7	111,0

546,1	110,0	79,0	61,3	45,5	56,0
577,0	31,2	24,2	18,2	13,4	15,4

Изучив ряд литературы не была выявлена доля УФ и ИК излучений в МГЛ.

При использовании ГЛН и СД ИС можно отметить что: излучение в диапазоне УФ - С имеет наименьшие длины волн и наибольшие энергии фотонов, и потому вреднее для произведений искусства, чем излучение в диапазонах УФ - А и УФ - В. Соответственно, указанные в статье [2] экспериментальные уровни излучения ИС, использовавшихся в лабораторных исследованиях, в диапазонах УФ-А, УФ-В и УФ-С, в виде уровней облучённости, в мкВт/м<sup>2</sup>, приведены в (таблице 1.6).

Таблица 1.4 - Уровни излучения разных источников света в спектральных зонах УФ-А, УФ-В и УФ-С

Лампа	УФ-А, мкВт/см <sup>2</sup> (400—315 нм)	УФ-В, мкВт/см <sup>2</sup> (315—280 нм)	УФ-С, мкВт/см <sup>2</sup> (280-100 нм)
ГЛН <i>Mirchi</i>	1,9	0,1	7,5
ГЛН <i>MR16</i>	1,7	0,1	7
СД	8,5	0	0,7

Из приведенных экспериментальных данных в (таблице 1.4) видно, что у экспериментальной СД лампы УФ-В излучение отсутствует, а УФ-С излучение меньше, чем у остальных исследованных ИС. Из чего следует, что СД ИС менее вредоносны, чем остальные ИС, и подходят для музейного освещения, особенно для освещения светочувствительных объектов (то есть картин, тканей) [2].

### 1.3 Влияние индекса цветопередачи в музейном освещении

*Алгоритм расчета индекса цветопередачи:*

Для того чтобы рассмотреть алгоритм индекса цветопередачи давайте введем определение.

**Индекс цветопередачи, коэффициент цветопередачи** (англ. *colour rendering index, CRI* или  $R_a$ ) — параметр, характеризующий уровень соответствия естественного цвета тела видимому цвету этого тела при освещении его данным источником света.

Алгоритм расчета индекса цветопередачи приведен на схеме 1.1. Приведен порядок также основные формулы при расчете двумя методами[3].



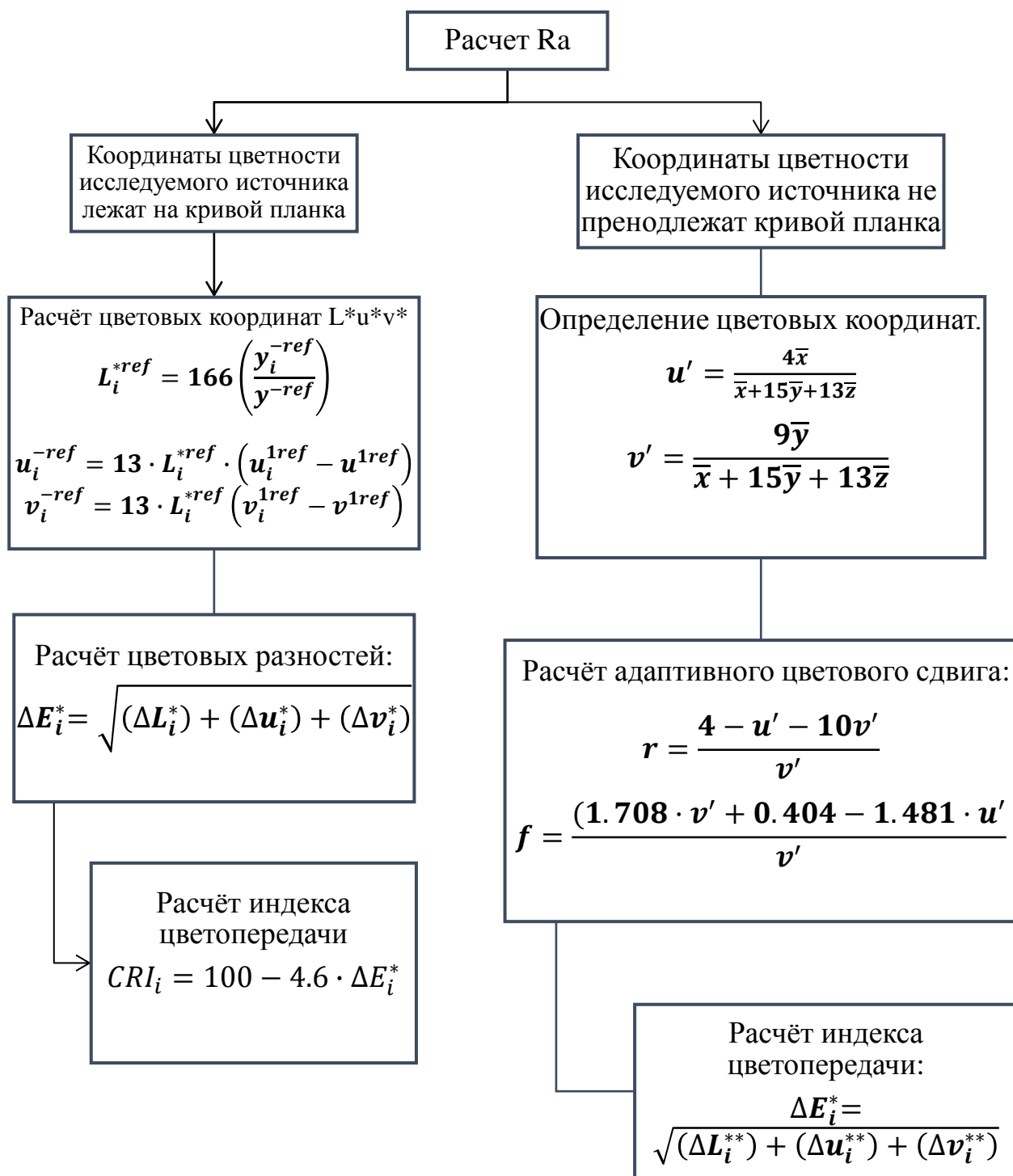


Схема 1.1 – Алгоритм расчета индекса цветопередачи

При расчете первым методом для определения эталонные отражающий поверхности необходимо использовать спектральную отражательную

способность поверхностей. В 1950-х гг. для описания цветопередачи ИС необходимо было произвести расчет 8 цветных образцов. Но с появлением люминесцентных ламп с трех- или пятилинейчатым спектром. Но для осветительных светодиодов, «белый» свет которых в самом худшем случае может состоять только из двух цветов — глубокого синего и желтого, шкала уже не в полной мере удовлетворяет своему назначению. Ещё больше расхождений стало после сравнения полноцветных (RGB) и люминофорных СД с синим кристаллом (p-LED). Были рассмотрены различные метрики качества цвета излучения ИС нескольких наборов данных о коэффициенте отражения, и при замене цветных образцов МКО на образцы, выполненные художественными красками, наблюдались значительные расхождения в значениях индексов цветопередачи. Что касается проекта освещения Сикстинской капеллы, то для выбора спектров излучения СД, освещающих фрески, в первую очередь были определены спектры отражения разных красок, использовавшихся при создании этих шедевров. Были измерены спектры отражения более 200 образцов, из которых были набраны не дублирующие друг друга (рисунок 1.1).

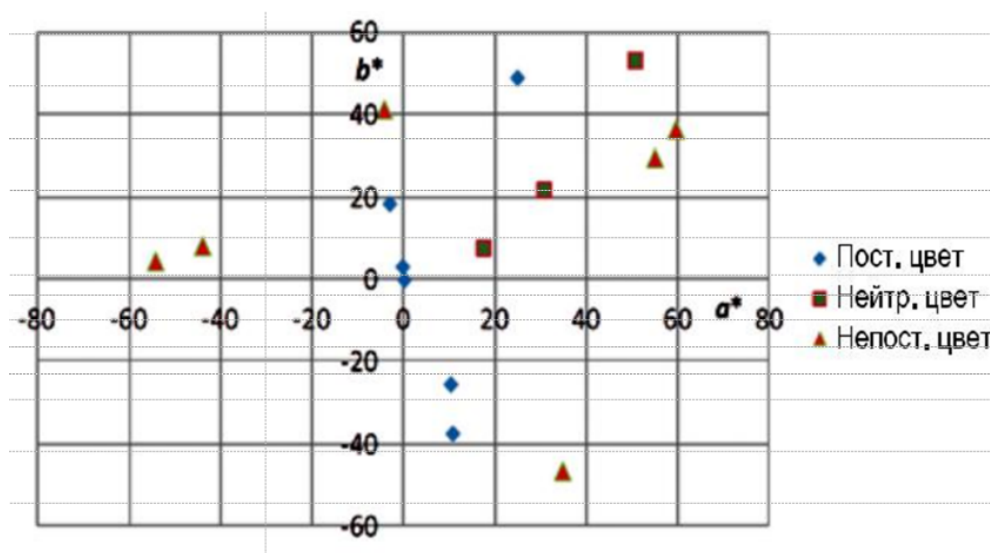


Рисунок 1.1 - Цветные образцы, отобранные применительно к Сикстинской капелле

Важными характеристиками красок являются их светостойкость,

укривистость и др. Постоянство цвета краски является важной характеристикой так как от это зависит то каким будет восприятие цвета при освещении его ИС спектр которого отличается от спектра излучения ИС при котором картина писалась. Если краски использовавшиеся при создании картины обладают постоянством цвета, то зрительное впечатление от картины будет одинаковым при освещении её этими двумя ИС. Конечно, при определении постоянства цвета решающее значение имеют спектры этих двух ИС. По практическим соображениям, в большинстве расчётов, касающихся постоянства цвета, в качестве одного из ИС используется естественный свет, а в качестве другого ИС выступает или стандартный источник А МКО, или часто используемый спектр излучения люминесцентной лампы [5].

При последующих расчётах в качестве исследуемого и стандартного спектров излучения использовались спектры стандартных источников А и D65 МКО. Это согласовывалось с общим предположением, что фрески писались при естественном свете и должны экспонироваться при общем освещении ИС с низкой  $T_c$ , не сильно отличающимся от применяемого освещения лампами накаливания. Слуху о том, что Микеланджело писал части Страшного суда при свете свечей, поверить трудно: при слабом освещении, даваемом этим светом очень трудно выбирать подходящие цветовой тон и оттенок, и ведь фрески предназначались для восприятия именно при естественном свете.

Был использован метод расчёта индекса непостоянства цвета с выступающими в роли ИС стандартными источниками А и D65 МКО. Для преобразования координат цвета исследуемого образца использовалась модель цветового восприятия CIECAM02 МКО с функцией учёта хроматической адаптации, а для расчёта цветового различия использовалось равноконтрастное цветовое пространство UCS МКО [5].

Пятнадцать спектров отражения образцов красок, выбранных после проведённых в Сикстинской капелле измерений, были разделены на три группы, у одной из которых индекс непостоянства цвета был меньше 3 (эти

образцы назвали образцами с постоянным цветом), у второй – от 3 до 6 (их назвали образцами с нейтральным цветом, а у третьей группы – более 6 (образцы с непостоянным цветом).

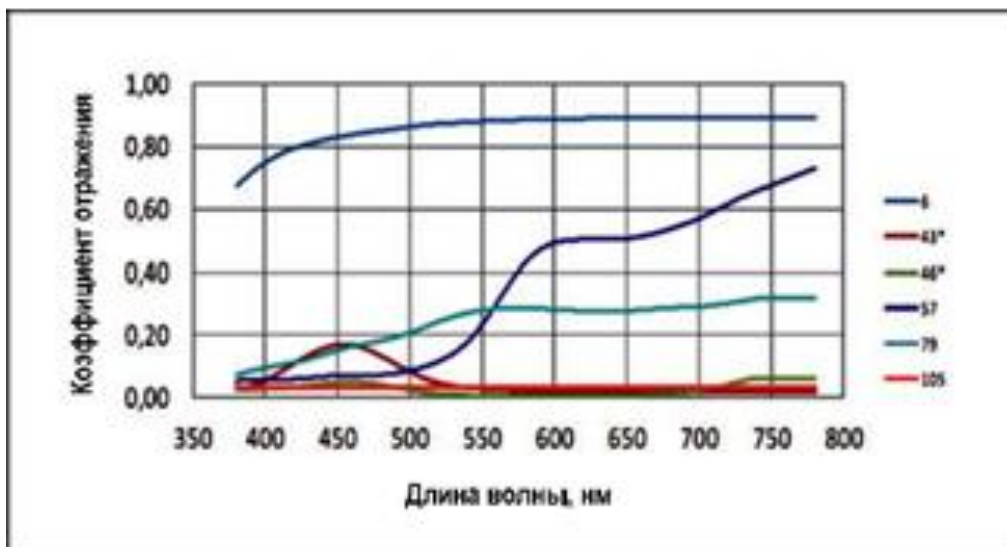


Рисунок 1.2 - Спектры шести образцов с постоянным цветом

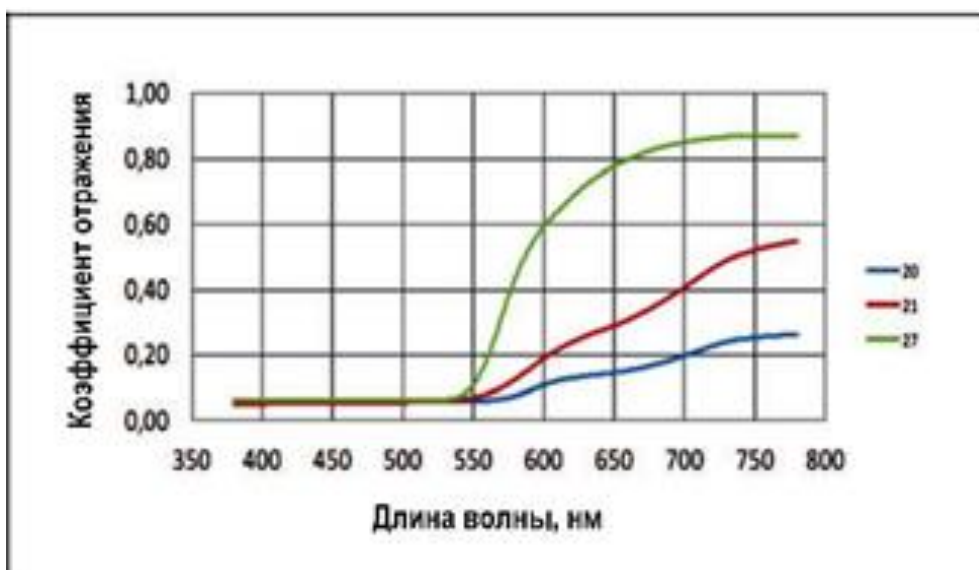


Рисунок 1.3 - Спектры трёх образцов с нейтральным цветом

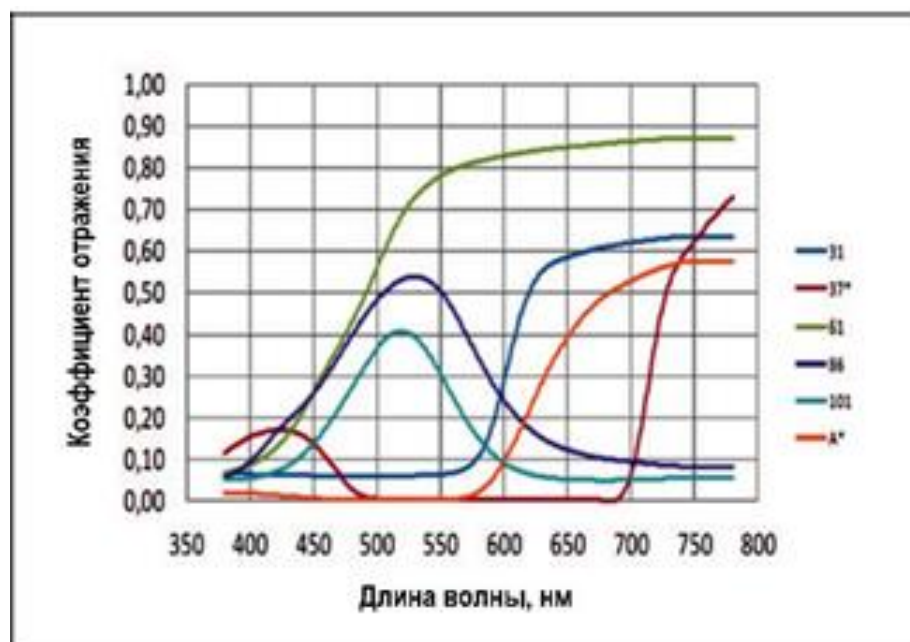


Рисунок 1.4 - Спектры шести образцов с непостоянным цветом

Рассматривая (рисунки 1.2 - 1.4), можно отметить что образцы имеющие постоянство цветов спектральные коэффициенты отражения меняются плавно, а образцы обладающие нейтральным цветом – несколько резко, что же касается спектра отражения образцов с непостоянным цветом имеются сравнительно узкие пики и (или) круто поднимающиеся участки.

Если последние совпадают с сильно различающимися частями двух спектров излучения, то это проявляется в виде большого непостоянства цвета.

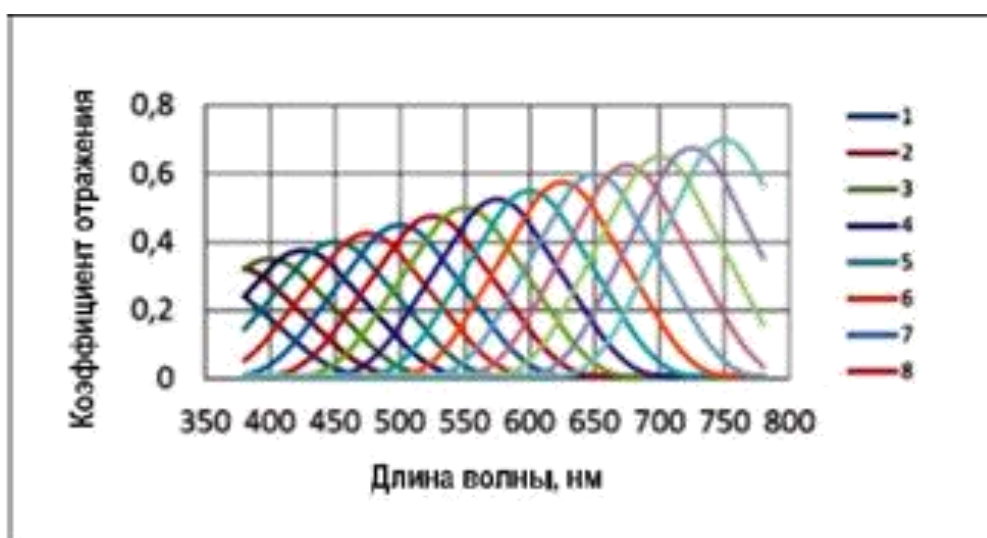


Рисунок 1.5 - Теоретические цветные образцы модели цветопередачи

CRI2012

При проведении этих исследований было обнаружено, что искусственные образцы модели *CRI2012* по форме своего спектра отражения весьма напоминают образцы с непостоянным цветом (теоретические спектры отражения в модели *CRI2012* приведены на рисунке 1.5). Так что в качестве первого приближения для оптимизации спектров излучения СД, предназначенных для освещения Сикстинской капеллы, были выбраны теоретические образцы модели *CRI2012*.

### 1.3 Вывод по главе 1

1. Светодиодные источники света подходят для музейного освещения. Для сохранности картин нужно учитывать долю УФ и ИК излучения. По наличию УФ составляющей излучения, нагреву экспонатов, изменению влажности и прочих связанных с ИС вредных воздействий на светочувствительные материалы СД ИС имеют преимущества перед «традиционными» ИС. Кроме того, СД ИС потребляют мало энергии, способны усиливать эстетическое восприятие произведений искусства и улучшать для этого восприятия условия окружающей среды.

2. Наиболее подходящее для картин освещение дают ИС с  $T_{\text{ц}} = 5500\text{--}5700\text{К}$ . Так как большинство картин, созданных до конца 19 века, писались при естественном свете, то был предложен новый подход: свет должен обеспечивать такие цвета картин, которые, по возможности, совпадают с первоначальными. Это означает, что спектр излучения ИС с  $T_{\text{ц}} = 3500\text{ К}$ , следует оптимизировать так, чтобы цвета освещаемых этим ИС красок, по возможности, совпадали с цветами этих красок при освещении их ИС с  $T_{\text{ц}} = 6500\text{ К}$

## **Глава 2 Подходы в проектировании музейного освещения**

### **2.1 Анализ световых приборов прошлого века и нашего времени**

Источник света экспозиционных залов, как правило, должно включать систему общего освещения всего интерьера помещения в сочетании с системой местного, освещения отдельных экспонатов или групп экспонатов с учетом их видовых свойств и характеристик светостойкости.

Из систем общего освещения залов в 90-е годы наибольшее распространение получил равномерное освещение с использованием световых потолков (встроенные или потолочные светильники). Более перспективным для музеев в ряде случаев являются системы общего локализованного освещения, когда расположение СП и характер их светораспределения выбираются с учетом расположения экспонатов в помещении. Особенность локализованного освещения в том, что светильники, акцентированно освещающие экспонаты, одновременно освещают и всю площадь помещения.

Общее освещение залов музеев рекомендуется дополнять системами местного освещения для акцентированной подсветки экспонатов, размещаемых на стенах и в витринах.

Все перечисленные системы освещения требуют для своей реализации разнотипных СП в специализированном исполнении для музейного освещения. Для большинства светильников в 80-х годах был один общий недостаток, ограничивающим их использование в музейной практике, это отсутствие конструктивных элементов для установки устройств фильтрации излучений. Что и стало толчком для выполнения экспериментальных разработок по оснащению некоторых типов СП дополнительными приспособлениями для установки светофильтров с учетом норм музейного хранения. В (таблице 2.1) приведены СП 80-х годов.

Таблица 2.1 – Световые приборы 80-х годов

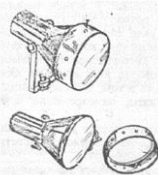
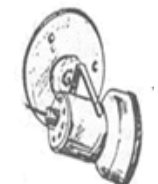

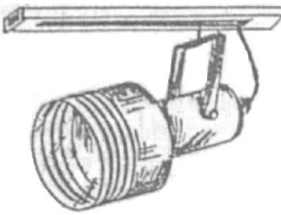




№	Название приборов	ИС	Материал и форма СП	Конструктивные особенности	Изображение СП
1	Серийный светильник с теплозащитным устройством	ЛН	Материал: окрашенная листовая сталь; Форма: цилиндрическая;	насадка крепиться на корпус светильника зажимными винтами. Имеется упругое кольцо для фиксации светофильтра	
2	НББ-025-60	ЛН	Материал: негорючий пластик черного или голубого тона; корпус окрашен ахроматическими диффузными эмалями различного тона Форма: цилиндрическая	крепеж светильника устанавливается на шинопровод с расстоянии 1 – 1,5 м от экспозиции с шагом 2 м;	
3	Oseris	ГЛ	Материал: алюминиевый квад	раздельным преобразователем напряжения. угол рассеяния: 20-60°. Корпус может вращаться в пределах углов 360°- в горизонтальной и 90°- в вертикальных плоскостях.	
4	Факел	ЛН	Материал: алюминиевый	Конструкция позволяет устанавливать светильник как на алюминиевом профиле, так и на различных элементах интерьера и регулировать направление светового потока поворотом в двух плоскостях на угол не менее 120° с фиксацией положения.	



Таблица 2.2 – Примеры СП нашего времени

№	Название приборов	ИС	Материал и форма СП	Метод крепления и конструктивные особенности	Примеры осветительной установки	Изображение СП
1	Pollux	LED	Материал: корпус – алюминий; Форма: цилиндрическая;	крепления: трековая система, Ассиметричная система освещения которая позволяет равномерно осветить картины	Kunsthalle Rostock Art Gallery (Германия)	
2	Светодиодный светильник серий «gin.o» фирмы Hoffmeister Leuchten	LED	материал: корпус – алюминий, адаптер – полиэфирная пластмасса, армированная стекловолокном;	Монтаж: СП установлены на 3-фазных шинопроводах модели «control.x». Оптическая система состоит из линзы и коллиматора; Угол рассеяния– 23°;	Установлен в музее “Hessisches Landesmuseum” (земля Гессен, Дармштадт, Германия) [6].	
3	Optec. The all-round talent	LED	Материал: алюминий;	Монтаж: крепление на шинопровод;	Миннесота Marine Art Museum,	
4	Art LED T Spotlight	LED	Материал: алюминий;	крепление на 3-х фазный шинопровод. Угол рассеяния светового пучка – 27°;	Установлен в музее “MAURITSHUIS” (Гаага, Нидерланды) [7];	

Анализируя таблицы 2.1 и таблице 2.2 можно заметить сходства в конструкции и методе крепления. Изменился ИС с появлением LED технологий. Которые считаются экономичными, компактными.

Рассматривая примеры освещения прошлого века можно заметить, что они предлагали установку освещения не только на шинопроводах, но также на стенах, потолках и т.д. что представлено на (рисунке 2.1)

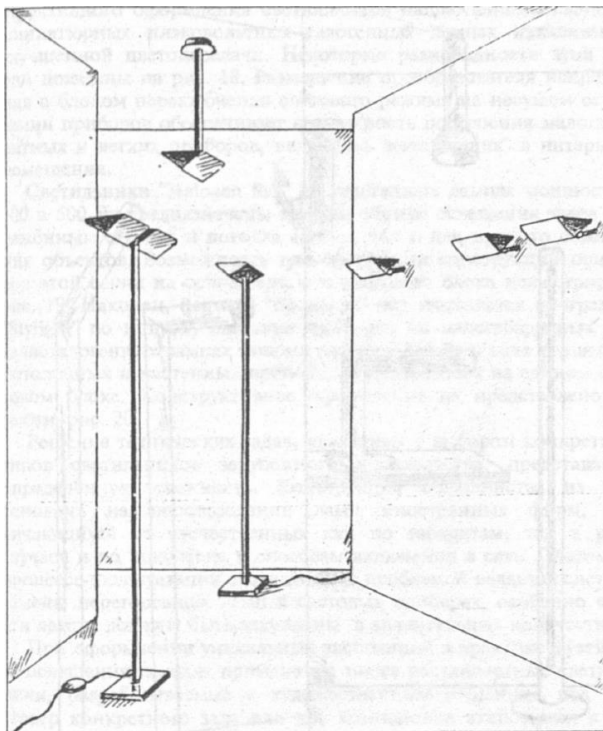


Рисунок 2.1 – Программа производства "Prisma" фирмы "Brendel".

В светильниках использован общий световой блок призматической формы с галогенной лампой накаливания мощностью 300 или 500 Вт. Создание системы общего освещения в экспозиционных залах музеев на основе данных принципов является весьма эффективным.

Светильники серии "Ellipse 45" прямого направленного света цилиндрической формы используют малогабаритные лампы накаливания, низковольтные галогенные лампы, лампы "холодного" свечения и люминесцентные лампы. Серия включает 20 типов приборов с возможностями их установки на полу, стенах и потолках помещений, а также на столах (рисунок 2.2). Предусмотрена возможность вращения светового блока по эллипсоидному

контуру, за счёт чего достигается лёгкая трансформация светораспределения в объёме помещения и изменение геометрических форм самих световых приборов.

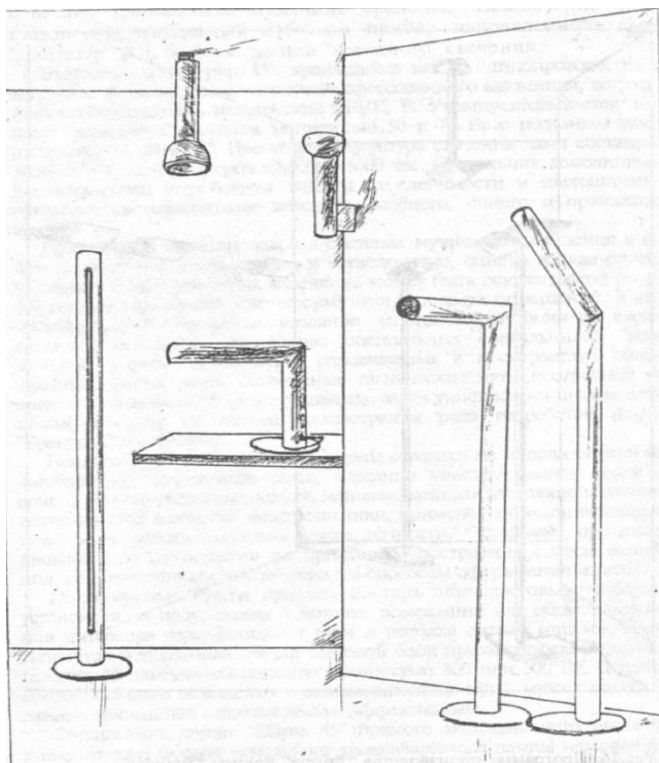


Рисунок 2.2 - Программа производства «Ellipse 45» фирмы «Brcndel».

Сейчас при проектировании нового освещения большое внимание уделяется акцентному приему экранизации экспонатов. Примеры нового освещения изображены на (рисунке 2.3).



Рисунок 2.3 – Новое освещение в музее “MAURITSHUIS” (Гаага, Нидерланды)

Как видно из (рисунка 2.3) зал живописи имеет картины разных габаритов, освещение произведено при помощи акцентного освещения.

В музеях так же применяется оборудование от солнцезащиты для ограничения прямой и отраженной блёскости распределения световых потоков, проходящих в помещение через световые проемы изменений не произошло. Примеры солнцезащитных оборудовании предоставлены на (рисунке 2.4)

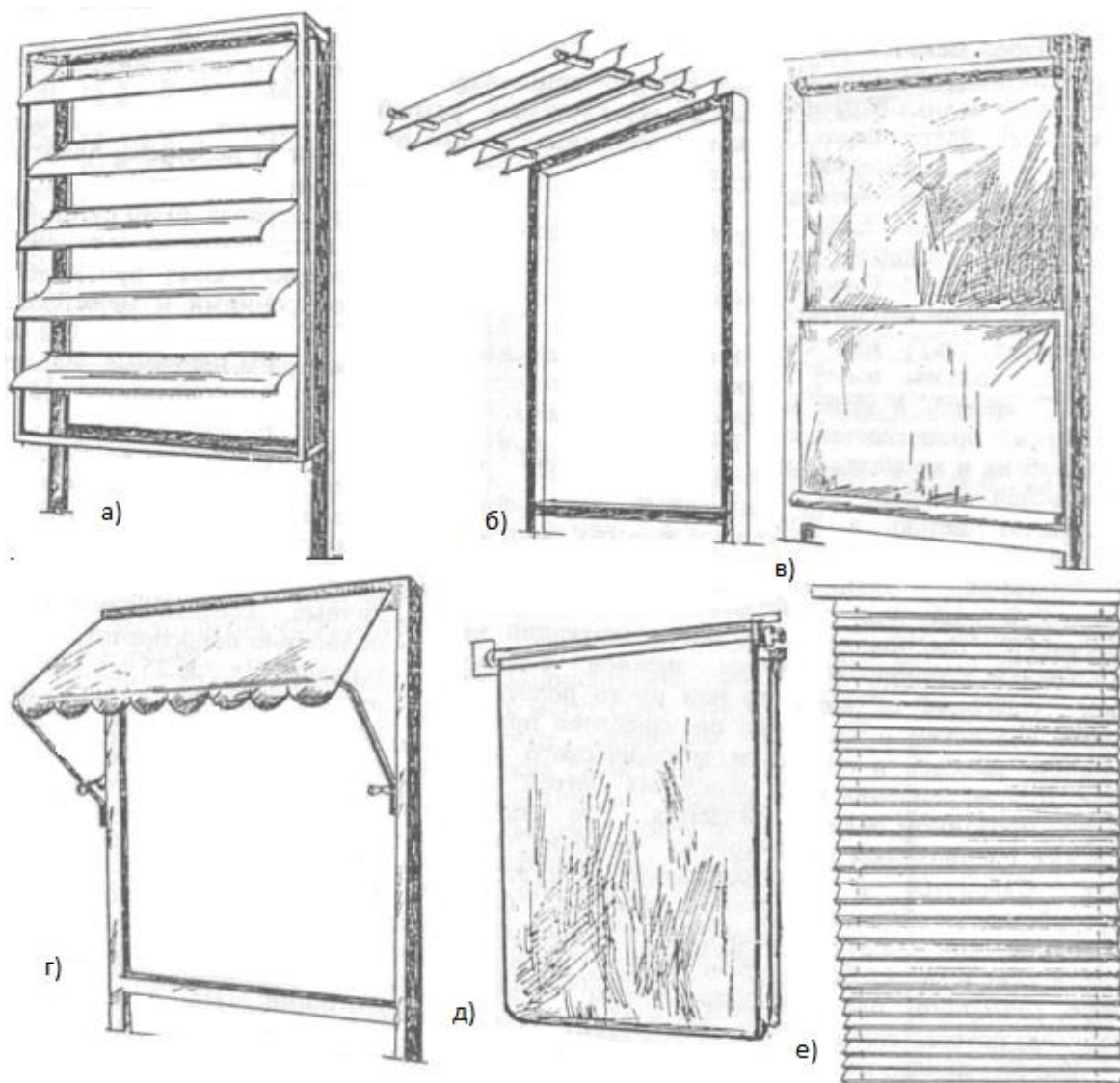


Рисунок 2.4 – а) регулируемые жалюзи; б) стационарный карниз; в) регулируемое комбинированное устройство барабанного типа; г) регулируемая маркиза; д) штора жалюзи из пленки; е) штора жалюзи из гофрированной пленки.

## 2.2 Факторы, влияющие на создание светового комфорта

Рассмотрим основные факторы, влияющие на создание светового комфорта которые можно контролировать – и в результате решать искомые задачи. Эти параметры называются «контролируемые качества света».

*Распространение* - пучок света может быть 2-х видов узкого или широко направления, так же у света может иметь один или несколько источников. Главное, чего нужно достичь здесь - правильно соотносить поверхность падающего света с размером объекта, чтобы объект был главным, а не освещением. Если свет не локализуется четко на объекте, то в зале будут заметны огромные световые пятна - поэтому пятна света подбираются под каждый объект. Здесь же следует отметить, что нужно обращать внимание не только на фигуру, но и на фон - чтобы посетитель мог заметить не только объекты в пространстве, но и архитектуру помещения. Почти все современное искусство балансирует на контрасте с белыми стенами, и если не добавлять света на стены, то контраст будет очень драматичным [6].

*Угол* - параметр, который определяет, куда именно направлен свет и откуда он будет падать, насколько будет длинная тень и так далее. Угол падения связан с распространением света и в целом влияет на те же нюансы.

*Интенсивность света* - фактор, который напрямую связан с сохранением музейных ценностей. Некоторые объекты подвержены сильнее влиянию света, другие - менее, но при этом не нужно забывать, что разным объектам требуется разный уровень освещенности, чтобы они воспринимались самостоятельно и их можно было рассмотреть - например, размер объекта, количество и размер деталей в нем и так далее. На то, как старится работа, влияет не только интенсивность облучения, но и длительность демонстрации, спектр падающего света, чувствительность материала и многие другие параметры [6].

*Цвет* - аспект, который дизайнеры обязательно должны контролировать - например, сопоставляя естественное освещение и освещение светом разного

спектра. Нужно обязательно проверять, какой цвет тот или иной свет дает на белой поверхности и какой цвет он может вытянуть из картины. И, конечно, не нужно забывать, как спектр того или иного света может повредить ту или иную картину.

*Движение посетителей* может привести к неровному распространению света, появлению мерцания и бликов, и этот фактор тоже должен обязательно учитывать дизайнер.

Учитывая все эти факторы можно отметить что уровень освещенности выставочных залов во многом зависит от текстуры экспонатов. Должно соответствовать следующим нормам. Так, живопись, особенно выполненная масляными красками, требует уровня освещенности не выше 150 лк, а изделия из камней или металлов допускают освещенность на уровне 500 лк. Акварели, бумага, ткань освещают светом в пределах 50 лк. Так как при таком свете трудно отличить цветовые нюансы, рекомендуется использовать приглушенный общий фон интерьера, чтобы глаз воспринимал такое количество света как достаточное. При этом очень важно свести к минимуму воздействие УФ и ИК лучей.

### **2.3 Воздействие компьютерного моделирования осветительной установки для музейных экспонатов**

С появлением СД ИС с одинаковым спектром излучения при применение современной трековой системы позволяет размещение на них светильников всех типов, гибкая топография дает возможность выстраивать системы любой сложности. Попутно решается еще одна проблема, связанная с возможными изменениями экспозиции.

В данной работе подробно не останавливаемся на вопросе сохранности произведений искусства, которому посвящено много публикаций (например, [3, 5]), показывающих, что следует избегать УФ и ИК излучений и что уровень освещения должен быть наименьшим.

Анализируя каталоги известных отечественных и зарубежных светотехнических компаний можно увидеть, что для освещения музейных экспонатов и картинных галерей разрабатываются СП как с МГЛ, так и LED. Ранее уже отмечалось, что эти источники имеют минимальную долю УФ и ИК излучений, рассмотрим качество передачи цвета при освещении цветных образов.

Экспериментом работы является модель комнаты, спроектированная в программе Dialux EVO, на стенах которой размещаем 6 цветных образцов. Для определения яркости фона на образцы направляем световой пучок от МГЛ и LED источников (параметры ИС схожи по цветовой температуре, углу пучка, световому потоку, мощности). На (рисунке 2.5-2.8) приведены сцены освещения различных ИС на экспонаты разных цветов. По рисункам можно визуально отметить разницу в освещении. Так как рынок производителей светодиодных светильников широк, выберем 3 образца с LED

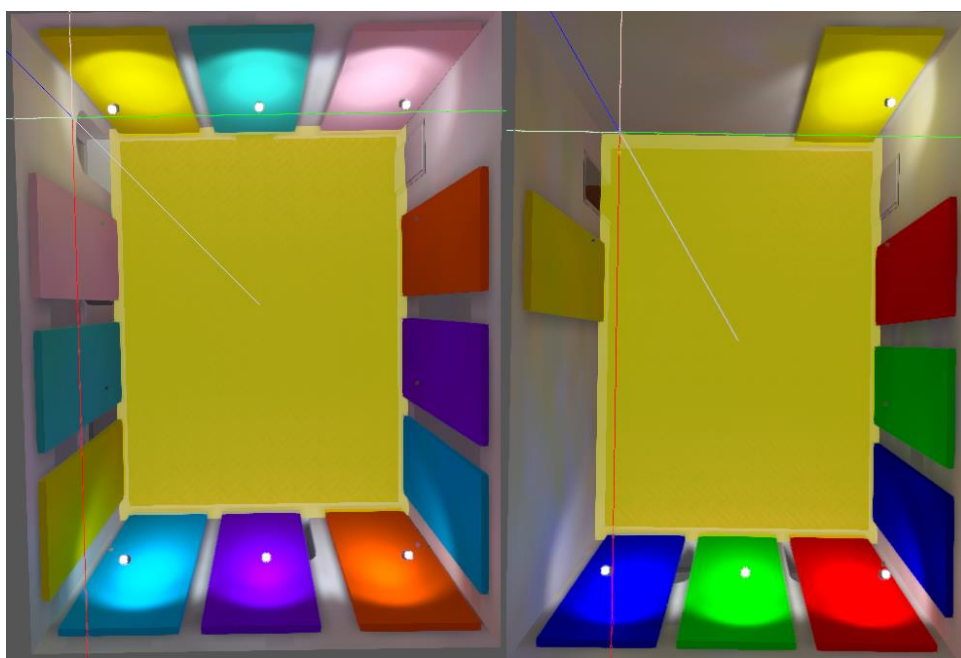


Рисунок 2.5 - Смоделированный в программе «DIALux» изображение яркости освещения при помощи LED1 ИС

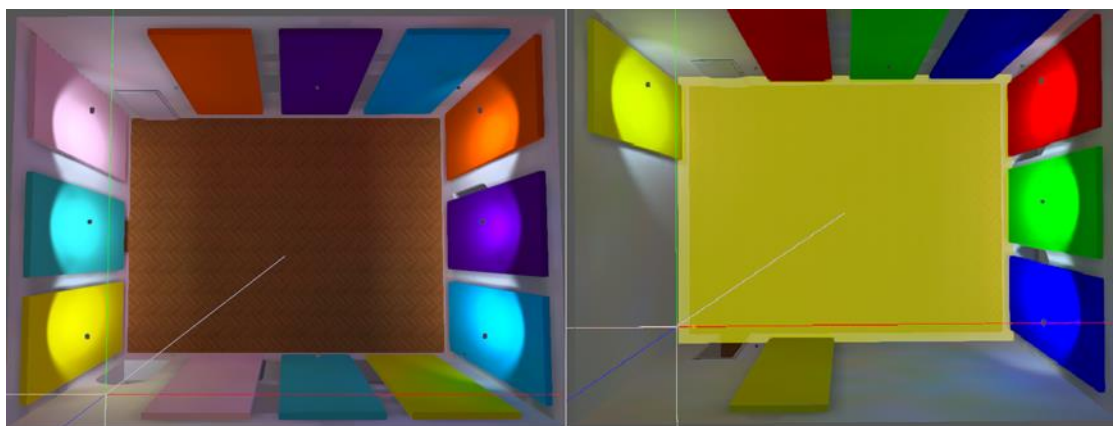


Рисунок 2.6 - Смоделированный в программе «DIALux» изображение яркости освещения при помощи LED2 ИС

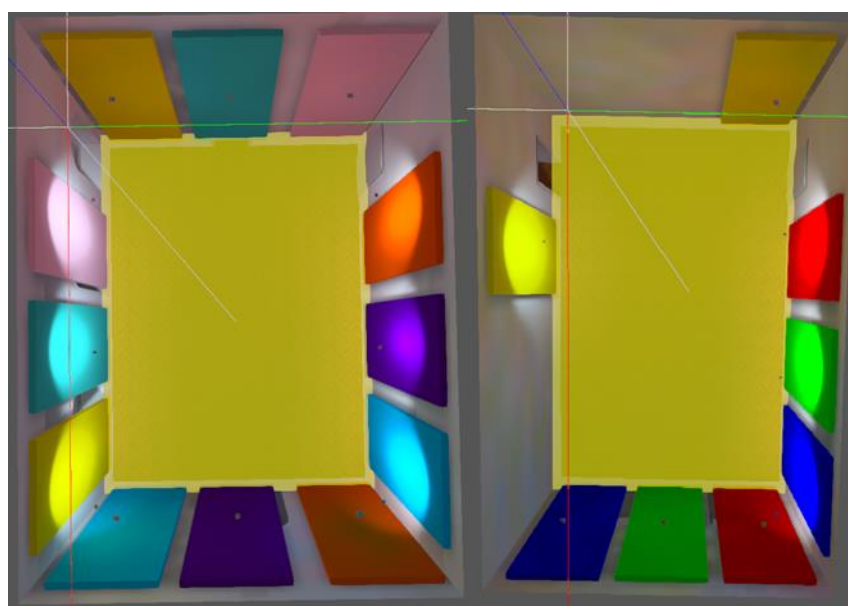


Рисунок 2.7 - Смоделированный в программе «DIALux» изображение яркости освещения при помощи LED3 ИС



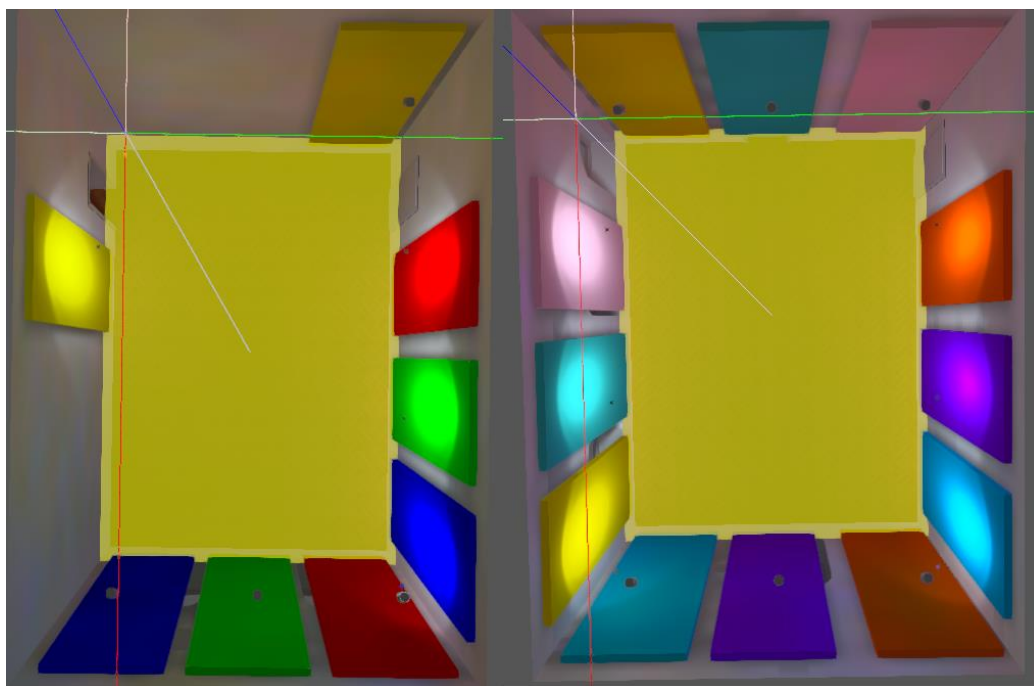


Рисунок 2.8 - Смоделированный в программе «DIALux» изображение яркости освещения при помощи МГЛ ИС

На (рисунке 2.9) показана кривая зависимости яркости по цвету что позволяет визуальнo наблюдать разницу яркости ИС. По (рисунку 2.9) видно, что LED1 и LED2 имеют почти одинаковую яркость, LED3 имеет самую лучшую яркость, самые низкий показатели яркости являются у МГЛ ИС.

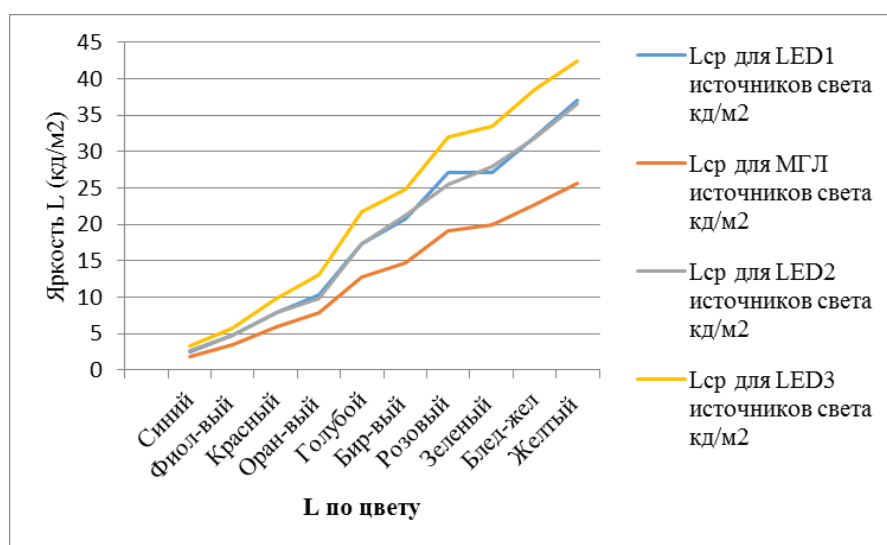


Рисунок 2.9 – Распределение яркости по цветам

Таблица 2.3. Результаты проведенных при помощи «DIALux» расчетов яркости на картины разными источниками света

№	Цвет	L <sub>ср</sub> для LED1 ИС <sup>1</sup> кд/м <sup>2</sup>	L <sub>ср</sub> для LED2 ИС <sup>2</sup> кд/м <sup>2</sup>	L <sub>ср</sub> для LED3 ИС <sup>3</sup> кд/м <sup>2</sup>	L <sub>ср</sub> для МГЛ ИС кд/м <sup>2</sup>
1	Красный	7.85	7.9	10.2	5.99
2	Зеленый	27.4	28.2	34.1	20
3	Синий	2.65	2.68	3.30	1.94
4	Голубой	17.3	17.3	21.7	12.8
5	Оранжевый	10.3	9.9	13.4	7.94
6	Желтый	35.1	35.6	44	25.4
7	Фиолетовый	4.71	1.89	2.3	3.49
8	Бирюзовый	20.7	21.2	24.9	14.8
9	Розовый	27.1	25.4	32.5	19.3
10	Бледно желтый	31.9	31.7	38.3	22.7

<sup>1</sup> LED ИС фирмы Bright <sup>2</sup> LED ИС фирмы Xal <sup>3</sup> LED ИС фирмы Zumtobel МГЛ ИС фирмы Artemide.

Все расчеты Dialux производил с учетом того что цветопередача равна 100% . При изменении индекса цветопередачи расчеты в программе не меняются с значениями в таблице 2.3 и значениями что показано на (рисунке 2.10-2.11).

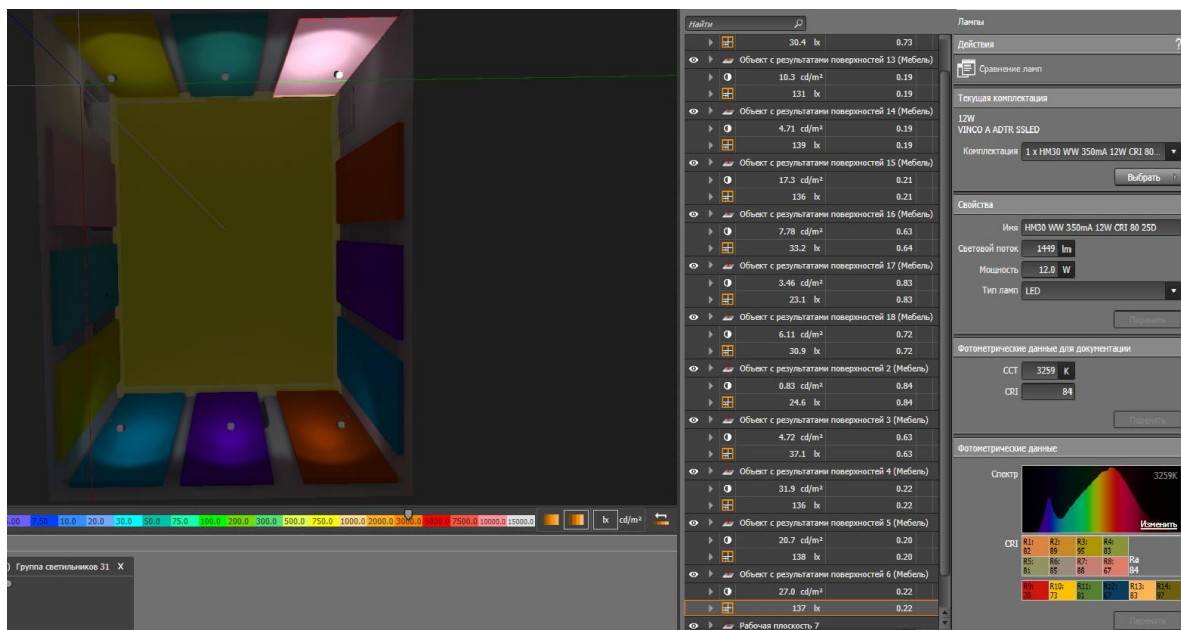


Рисунок 2.10 – Пример расчета при Ra=84 LED1

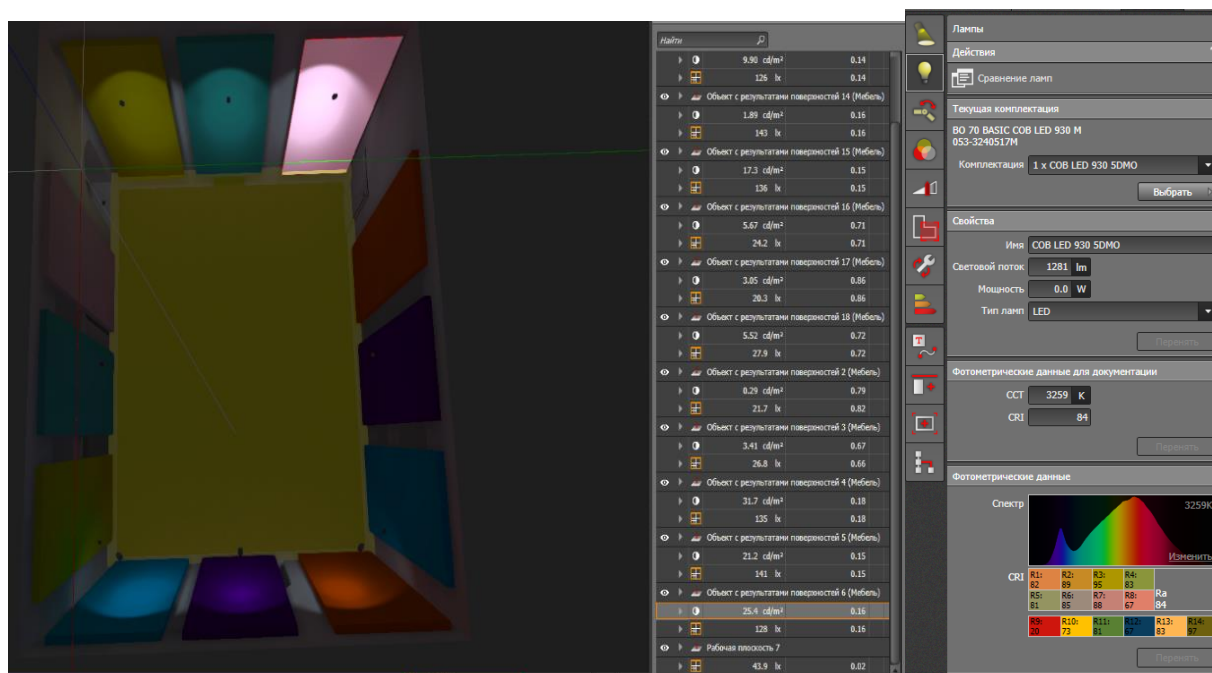


Рисунок 2.11 – Пример расчета при Ra=84 для LED 2

## 2.4 Вывод по главе 2

1. При проектировании освещения картинных галерей и выставок, следует учитывать индивидуальность каждой галерей в сотрудничестве с авторами или экспертами.

2. Все выставочные и картинные галерей имеют акцентное освещение, выполненное трековыми светодиодными светильниками, так же имеется основное освещение.

3. Принцип музейного освещения не изменился с прошлого века. Трековая система освещения до сих пор применяется. Изменились источникам освещения традиционным ИС пришли на замену новые LED ИС.

4. Программное моделирование дает возможность спроектировать красивые 3d модели. Но при этом не дает нам возможности посмотреть как влияет индекс цветопередачи ИС на точность восприятия экспозиций.

## **Глава 3 Разработка дизайн проекта внутреннего и наружного освещения Томского областного художественного музея**

### **3.1 Историческая справка объекта**

Музей расположен в центре старой части Томска (рисунок 3.1) по адресу: пер. Нахановича, 3 (ранее - пер. Ямской) в трехэтажном каменном здании, бывшем купеческом особняке, построенном в 1902-1903 гг. по проекту известного сибирского архитектора К. К. Лыгина. Здание музея (рисунок 3.3) является памятником архитектуры регионального значения (Постановление Томского облисполкома № 51 от 17. 06. 1978). К музею примыкает флигель, где размещаются Центр музейной педагогики и фондохранилище, соединенный с основным зданием пристройкой 1960-х гг.



Рисунок 3.1 – Дом купчихи Н.И. Орловой по Ямскому переулку.

Фото В. А. Кондратьева. 1980г

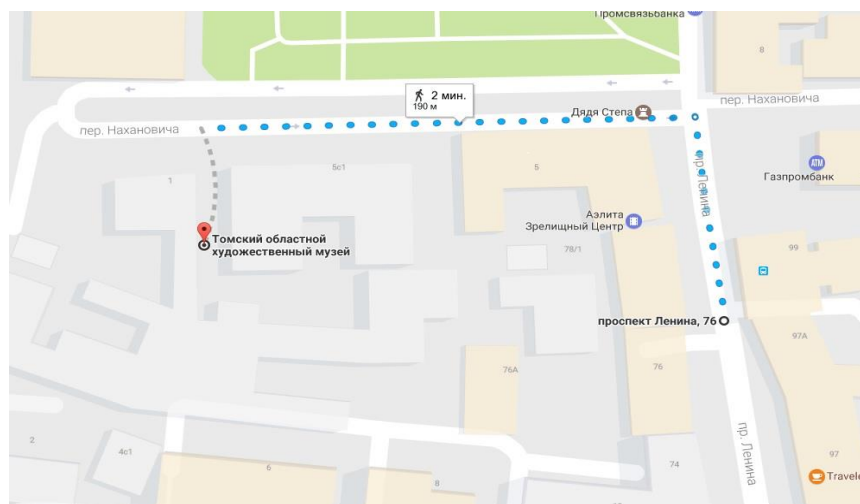


Рисунок 3.2 – Ситуационная схема

Константин Константинович Лыгин - российский архитектор, работал в основном в Сибири. В 1879 году окончил Академию художеств, с 1881 состоял действительным членом императорского Санкт-Петербургского общества архитекторов, с 1891 – член-корреспондентом этого общества.

Основан музей 1 октября 1979 года решением Томского Облисполкома, основу экспонатов составило коллекция художественного отдела Томского областного краеведческого музея.

В 1982 году музею был передан доходным дом купчихи Н. И. Орловой.



Рисунок 3.3 - Томский художественный музей

В 1920-м году началась формироваться коллекция музея, среди первых 50-ти картин в собрание краеведческого музея от секции охраны памятников культуры и искусства губернского отдела народного образования поступили «Головка девушки. Портрет З. С. Хаминовой (этюд)» В. И. Сурикова, «Натюрморт с бегонией» П. П. Кончаловского. В 1929 году были переданы произведения «Портреты четы Мазуриных» В. А. Тропинина, «Портрет А. В. Касьянова» В. А. Серов «Портрет А. И. Корсакова» О. А. Кипренского, пейзажи В. Д. Поленова, Л. Л. Каменева и других живописцев ХУШ-ХІХ вв. из Государственного музейного фонда и Третьяковской галереи.

Также поступили рисунки и акварели, среди них работы Ф. А. Малявина, А. А. Лентулова (Портрет неизвестных (Двойной портрет, 1918)). В 1940-е годы были закуплены в Томске произведения П. А. Сведомского, М. К. Клодта, приняты в дар портреты работы П. Ф. Плешанова.

В фондах музея есть шесть акварелей М. А. Волошина, возможно, «пристроенных» Р. С. Ильиным.

### **3.2 Энергоаудит существующей системы освещения**

В настоящий момент освещение в выставочных залах художественного музея г. Томска – пятнистое, с большим количеством теней, созданных в результате акцентного освещения. Представлено на рисунке 3.3-3.4. Акцентные светильники чаще всего освещают только багет картины, или картину не полностью. Результаты обследования помещений показали, что существующее осветительное оборудование чаще всего не может обеспечивать требуемых условий освещения. В залах, в которых акцентного освещения нет, освещенность составляет 97,7 лк. С применением акцентного освещения освещенность составляет 138 лк результаты замеров представлены в (приложении А). Цветовая температура используемых источников света не передает всю гамму красок экспонатов. Еще один не маловажный фактор – при реконструкции освещения

необходимо грамотно учитывать нагрузку, т.е. марки и сечение проводов и кабелей должны соответствовать ПУЭ, чтобы предлагаемая система освещения не привела к замыканию и возгоранию. На рисунке 3.5-3.6 представлена используемая осветительная установка в музее.



Рисунок 3.4 – Осветительная установка выставочного зала

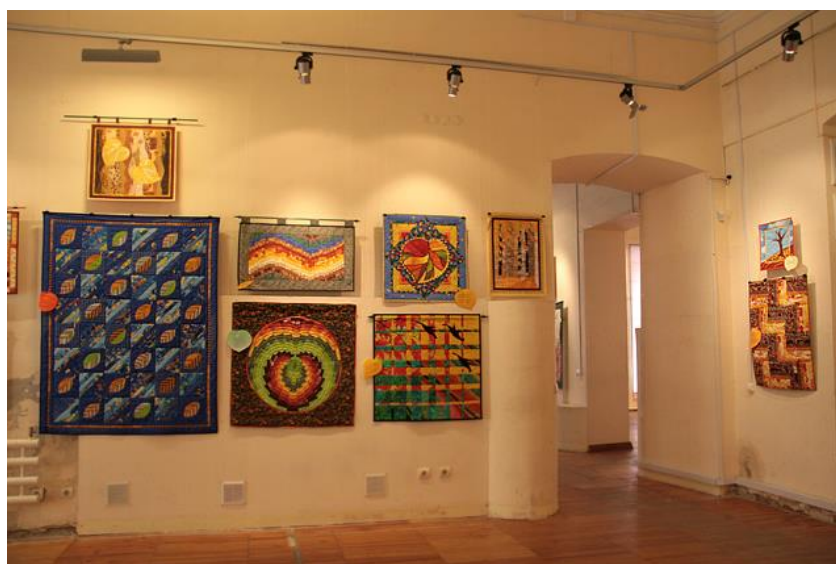


Рисунок 3.5 – Осветительная установка выставочного зала





Рисунок 3.6 – Осветительная установка выставочного зала

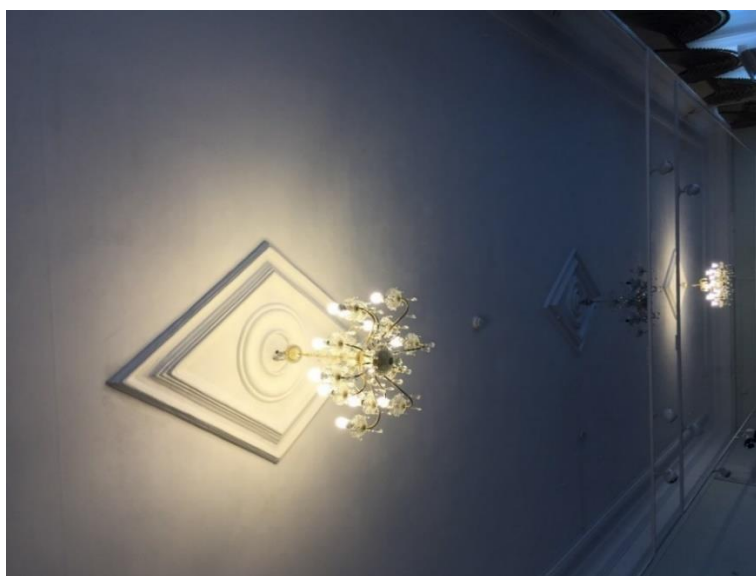


Рисунок 3.7 – Осветительная установка выставочного зала

Предварительные рекомендации по реконструкции освещения художественного музея.

1) Применить современные трековые системы, позволяющие размещать на них светильники всех типов; гибкая топография дает возможность выстраивать системы любой сложности. Попутно решается еще одна проблема, связанная с возможными изменениями экспозиции. Простота крепления светильника к

треку, отсутствие необходимости заново осуществлять электрическое подключение позволяют сотрудникам музея быстро адаптировать освещение к любым изменениям в структуре экспозиции.

2) Обеспечить сохранность выставляемых экспонатов. Экспонаты (в основном картины) требуют не только соблюдения температурных и влажностных режимов, но должны быть избавлены от разрушительного воздействия, в том числе и ультрафиолетового излучения. Поэтому так важно использовать источники света UV–STOP, светодиоды (есть исключения), или применять в светильниках специальные фильтры.

3) Создать благоприятную световую композицию в витринах. Для освещения стекла, фарфора актуально использование малогабаритных светильников со светодиодными лампами, идущими на смену разрядных ламп и галогенных ламп накаливания.

4) Разработать несколько 3D–моделей залов, разместив в пространстве экспонаты и экспериментируя с различными типами светильников и источников света, чтобы достигнуть наиболее благоприятного решения. Такое моделирование позволит выбрать оборудование для создания эффективного и экономичного освещения.

### **3.3 Светотехническое проектирование освещения Томского областного художественного музея.**

Моделирование ОУ осуществляется в программе: DIALux evo.

DIALux evo — программное обеспечение нового поколения для профессионального проектирования и расчета освещения [10].

С помощью DIALux evo возможно проектирование осветительных установок как внутри помещения также для фасадов зданий архитектурной подсветки, для освещения дорог и для аварийного освещения.

Для построения зданий в программе DIALux evo я использовала готовые чертежи план схемы художественного музея г. Томск (рисунок 3.8). Которые с помощью импортирования я вставила в программу, далее по чертежу строился контур здания.

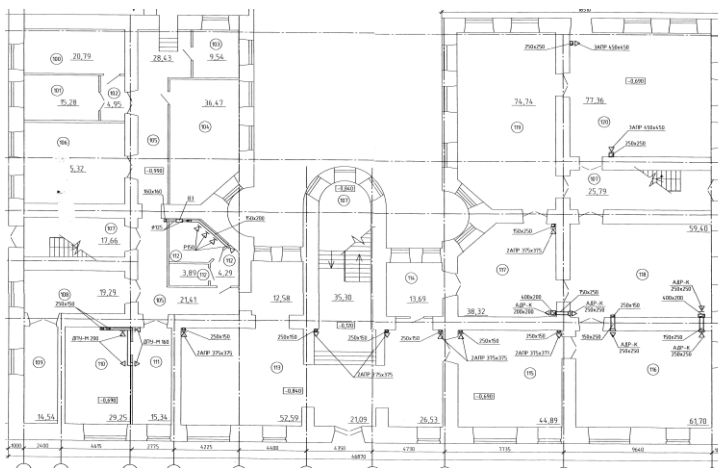


Рисунок 3. 8 - План схема первого этажа

После построение 3D модели в программе: была подобрана текстура стен, пола, окон также расставлена мебель.



Рисунок 3. 9 - 3D модель в Dialux Evo первого этажа Художественного музея г. Томск

С помощью программного моделирования был произведен расчет для 2-х выставочных залов. На рисунке 3.10 изображено расположение картин и осветительных установок.

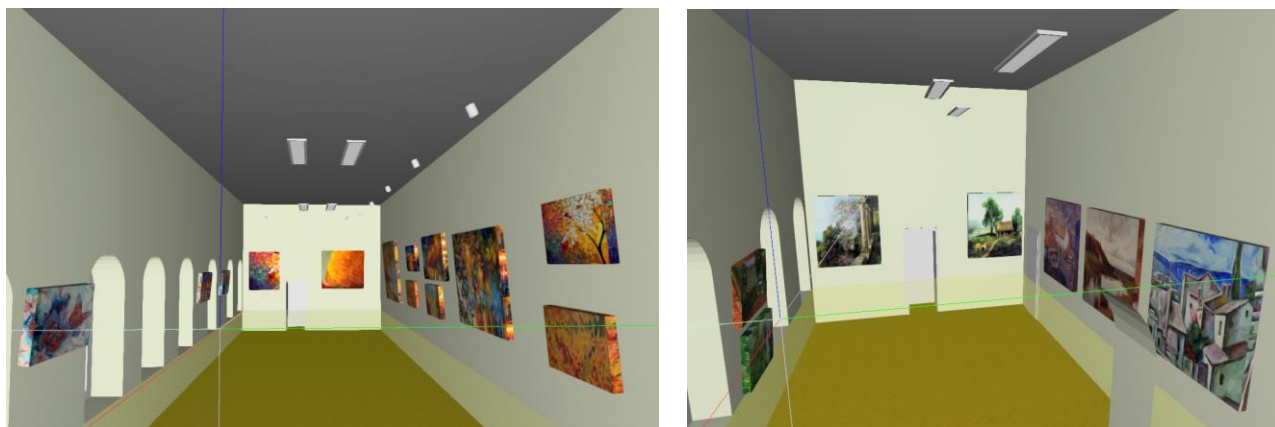


Рисунок 3.10 – Сцена освещения выставочных залов

Для создания 3D модели в программе Dialux evo были использованы стандартные элементы путем корректировки их размеров и геометрических форм.

Для произведения расчетов в программе необходимо выбрать тип и количество светильников, а также задать их расположение. Так как в системе освещения применялись трековые светильники также задавался угол направления света.

При проектировании освещения выставочного зала были применены светильники, приведённые в (таблице 3.1)

Таблица 3.1 Технические характеристики светильников

Наименование	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт.	Количество, шт.
UNDA 100-501K-50GDTD/830, W	5430	50	7
IXYO 172-600F-10GHE/840	2950	22	7

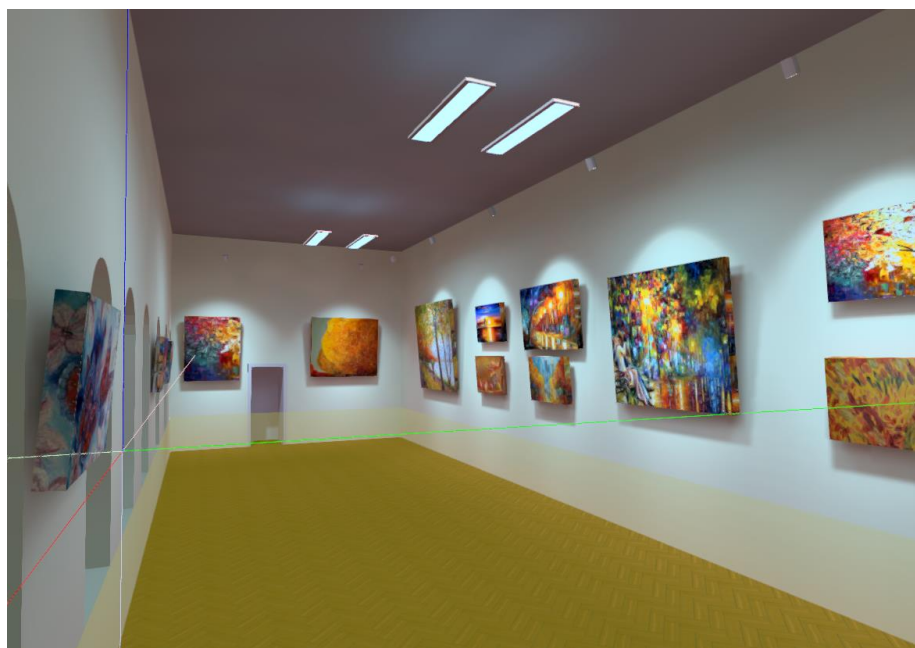


Рисунок 3.11 Пример освещения выставочного зала №1



Рисунок 3.12 Пример освещения выставочного зала №2

По значениям электрических нагрузок был произведен расчет осветительных сетей и выбор электрооборудования. Сечение проводника в сети

до 1000В, в основном, зависит от величины расчетного тока. Также на этот параметр, влияют необходимость защиты сети от перегрузки, температурные условия окружающей среды, тип изоляции проводника и т.д. Расчетные токи, а также распределения нагрузок по ТП приведены в (таблице 3.2). На основании этих данных был произведен выбор сечений питающих кабелей и коммутационных аппаратов. Для групп ОП питающихся:

- от ТП №1 был выбран кабель марки ВВг 3х1,5 и автоматические выключатели марки Legrand DX3-Е 4П 125А;

Таблица 3.2 – Значения нагрузок и расчетных токов

№ гр.	Наименование ЭП	Кол-во ЭП	Устан. мощность Руст., кВт	K <sub>c</sub>	Cos φ	Расчетная мощность			Расч. ток I <sub>p</sub> , А $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$ ; $I_p = \frac{S_p}{U_H}$
						Активная P <sub>p</sub> , кВт $P_p = K_c \cdot P_{уст}$	Реактивная Q <sub>p</sub> , квар $Q_p = K_c \cdot P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi$	Полная S <sub>p</sub> , кВА $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	
1	UNDA 100-501K-50GDTD/830, W	4	0,05	1	0,95	0,2	0,064	0,2	0,9
	IXYO 172-600F-10GHE/840	7	0,022	1	0,95	0,154	0,049	0,16	0,73
	UNDA 100-501K-50GDTD/830, W	3	0,05	1	0,95	0,15	0,048	0,15	0,72

### *Наружное освещение.*

Наружное освещение зданий применяется на протяжении многих лет, но в последнее время ему придается особое значение, ведь именно свет способен выигрышно подчеркнуть все преимущества архитектурного объекта, сделать его уникальным.

НО позволит выделить фасад здания из общей серой массы, придать ему изысканный облик в темное время суток. Правильно выбранные осветительные приборы и источники света позволят создать уникальную подсветку, сохранить архитектурный стиль здания.

Архитектурные элементам здания относятся: глава, пилястры, сандрик, розетка, корниз.

Фасад здания очень живописен. На нем можно проследить сочетание различных стилей. Оконные проемы второго этажа имеют очертания 3-х центральной арки – этот прием пришел из стиля модерн, для которого характерны сложные линии. Лыгин впервые в Томске умело сочетал местный строительный материал песчаник и красный лицевой кирпич. Причем песчаник использовался одновременно как декоративный и конструктивный элемент. Благодаря такому сочетанию здания становились нарядными, представительными и удобными в эксплуатации.



Рисунок 3.13 – Существующее оборудование наружного освещения



Программа Dialux evo позволяет проектирование внутренней системы освещения параллельно проектируя наружную систему освещения. Таким образом при возведение последующих этажей здания формулируется каркас здания. На рисунке 3.14 показана 3D модель здания первого и второго этажа.

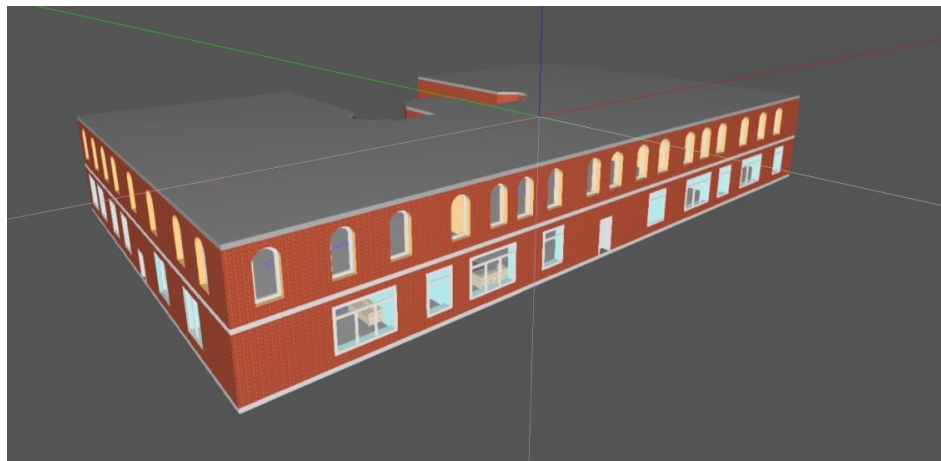


Рисунок 3.14 – Модель построения наружного освещения в Dialux

При дальнейшем моделирование с помощью стандартных элементов сооружению предавался реалистичный образ представленный на (рисунке 3.15)

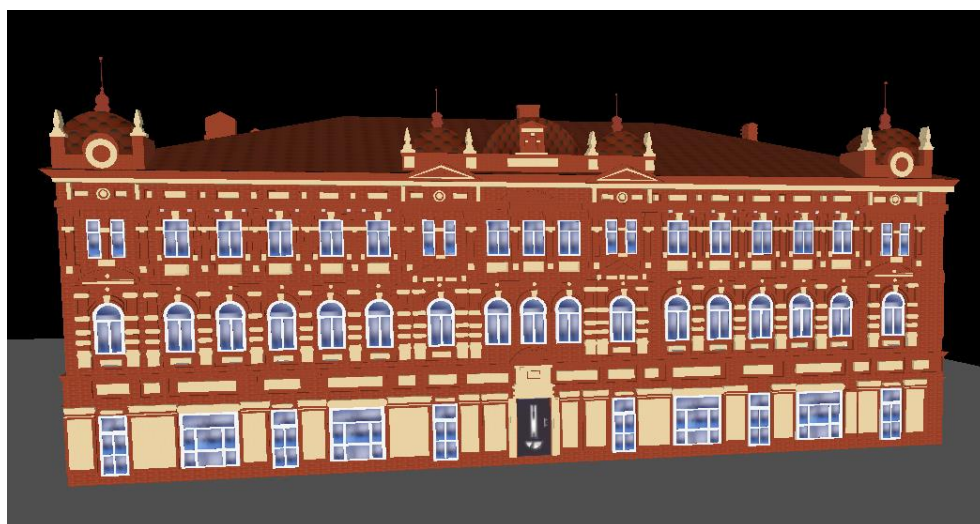


Рисунок 3.15 - Смоделированный в программе «DIALux» изображение 3D модели музея

При проектировании архитектурного освещения были применены светильники, приведённые в (таблице 3.3)

Таблица 3.3 Технические характеристики светильников

Наименование	Световой поток, лм	Потребляемая мощность, Вт.	Количество, шт.
ERCO GmbH 3203000	2520	24	20
ERCO 34170000	2100	20	19
ERCO GmbH 34085000	635	8	5

По расчетным данным из (таблицы 3.4) были выбраны автоматические выключатели так же сечение кабелей, а также распределения нагрузок по ТП.

Для групп ОП питающихся:

- от ТП №1 был выбран кабель марки ПВС 3х1.5 и автоматические выключатели марки ВА 47-29 2P C1;

Таблица 3.4 – Значения нагрузок и расчетных токов

№ гр.	Наименование ЭП	Кол-во ЭП	Устан. мощность Руст., кВт	K <sub>c</sub>	Cos φ	Расчетная мощность			Расч. ток I <sub>p</sub> , А $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$ ; $I_p = \frac{S_p}{U_H}$
						Активная P <sub>p</sub> , кВт $P_p = K_c \cdot P_{уст}$	Реактивная Q <sub>p</sub> , квар $Q_p = K_c \cdot P_p \cdot \text{tg}\varphi$	Полная S <sub>p</sub> , кВА $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	
1.	ERCO GmbH 3203000	10	0,02	1	0,95	2	0,64	2,1	9,55
	ERCO 34170000	1	0,024	1	0,95	0,024	0,008	0,025	0,11
	ERCO GmbH 34085000	3	0,008	1	0,95	0,024	0,008	0,025	0,11
2	ERCO GmbH 3203000	10	0,02	1	0,95	2	0,64	2,1	9,55
	ERCO 34170000	2	0,024	1	0,95	0,048	0,015	0,05	0,23
	ERCO GmbH 34085000	2	0,008	1	0,95	0,016	0,0051	0,016	0,073
3	ERCO 34170000	17	0,024	1	0,95	0,41	0,13	0,4	1,96

Далее было произведено сравнение освещения СД источниками света холодном и теплом свечении что предоставлено на рисунке 3.16.

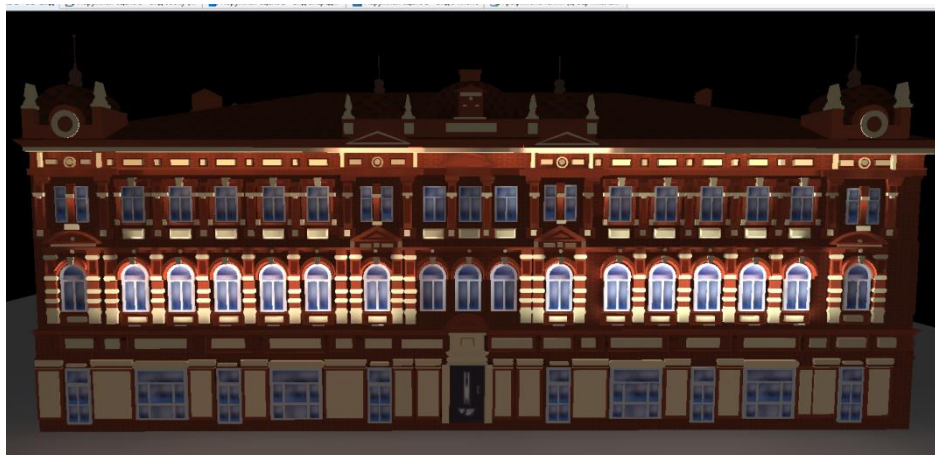


Рисунок 3.16 - Сцена освещения при холодном и теплом свечении

По рисунку 3.16 видно, что ИС холодного свечения выбеливают песчаник и тем самым не подчеркивает архитектуру здания. Для подчеркивания архитектуры здания из красного кирпича и песчаника лучше использовать ИС теплого свечения что предоставлено на (рисунке 3.17).

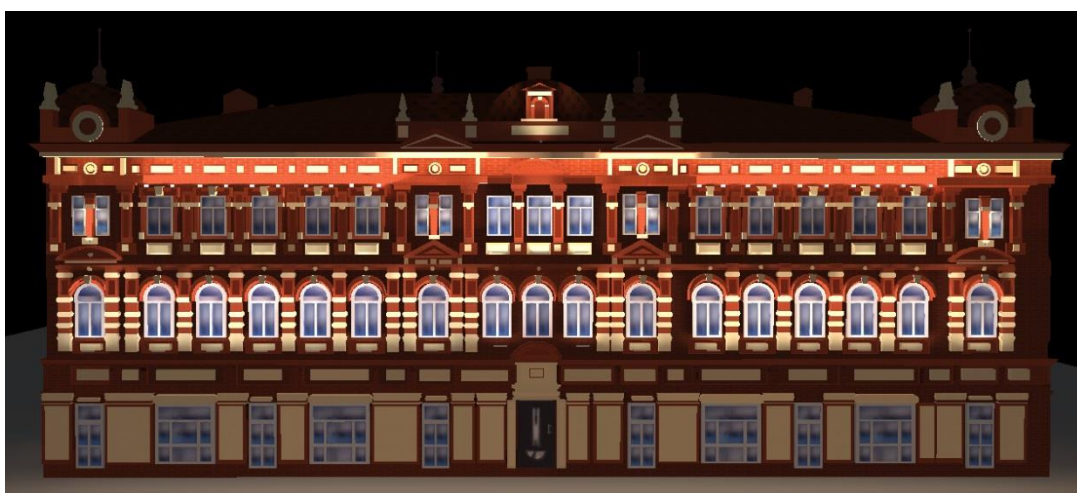


Рисунок 3.17 – Сцена освещения при ИС теплого свечения

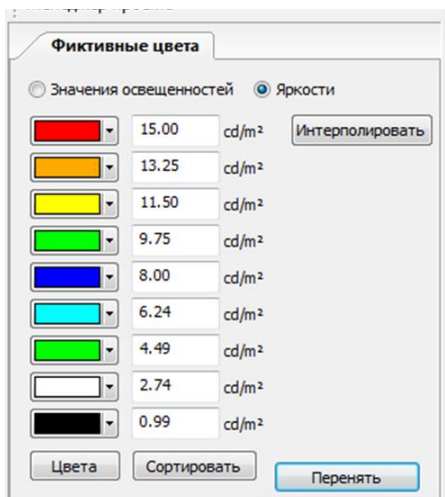


Рисунок 3.18 – Фиктивные цвета и значение яркости

По рисунок 3.18 видно что ИС установлены правильно и не засвечивают окна что значит что нет ослепляющего эффекта для людей в зданий. Что тоже является не маловажным фактором.

### 3.5 Вывод по главе 3

1. Светодиодные источники света имеют хороший показатель яркости. Использование трековой системы освещения позволяет легко производить замену перегоревших или не исправных ИС.

2. При проектирование наружного освещения необходимо учитывать текстуру здания. При проектировании освещения зданий из красного кирпича и песчаника лучше использовать ИС теплого свечения.

## **Глава 4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

### **Введение**

В данном разделе рассматривается экономический эффект от проектирования освещения Томского областного художественного музея с использованием светильников на основе светодиодных ламп.

Объект исследования – научно-исследовательское и культурно-просветительное учреждение – Томский областной художественный музей.

Цель данного пред-проектного анализа – рассчитать расходы на реализацию освещения, включающие в себя, расчет капитальных вложений при использовании традиционных источников, расчет эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников, расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода и затраты на потребляемую электроэнергию.

### **4.1. Анализ энергопотребления и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения**

Анализ энергопотребления существующего осветительного оборудования и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения [11].

Анализ энергопотребления существующего осветительного оборудования произведен на основе данных производителей светильников и установленных в них ламп. Результаты анализа приведены в таблицах 4.1.

Таблица 4.1- Результаты анализа

Тип светильника	Мощность потребления светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность потребления, кВт
КЛЛ	26	48	10,830
СД	45	24	1,080
Всего			11,910

Для модернизации системы освещения использованы светодиодные светильники следующих типов (Таблица 4.2).

Модернизация освещения осуществляется заменой светильников по принципу «точка на точку». Расчетное энергопотребление системы освещения после модернизации приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.2 - Для модернизации системы освещения использованы светодиодные светильники

Тип светильника	Мощность потребления светильника, Вт	Мощность потребления светильника, Вт
UNDA 100-501K-50GDTD/830, W	Светильник светодиодный с улучшенной спектральной характеристикой	50
IXYO 172-600F-10GHE/840	Светильник светодиодный для музейного освещения	22

Таблица 4.3 -Расчетное энергопотребление системы освещения после модернизации

Тип светильника	Мощность потребления светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность потребления, кВт
UNDA 100-501K-50GDTD/830, W	50	7	0,35
IXYO 172-600F-10GHE/840	22	7	0,154
Всего			0,19

Сопоставляя результаты пикового энергопотребления из таблиц 4.1 и 4.3, снижение потребления электроэнергии в результате модернизации составит 2,1 раза [12].

## **4.2. Требования к светильникам для модернизации системы освещения.**

### *4.1. Требования к конструкции световых приборов.*

-Конструкция и тип рассеивателей должны обеспечивать максимальное светопропускание;

-Конструкция оптической системы должна обеспечивать требуемый защитный угол относительно оптической оси по СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585 – 10;

Конструкция светильников должна обеспечивать простоту обслуживания (чистки поверхности выхода света).

### *4.2. Гигиенические требования.*

-Световые приборы должны соответствовать Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Изменения и дополнение № 1к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03»;

-Световая среда, создаваемая системой освещения, должна удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и дополнениями.

### *4.3. Требования устойчивости к внешним воздействиям.*

-Световые приборы должны быть работоспособны в диапазоне окружающих температур от 0 до +50°С;

-Световые приборы должны быть работоспособны при относительной влажности воздуха до 100%.

### *4.4. Требования к техническим характеристикам.*

-Общие технические характеристики светового оборудования должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.4;

-Светильники в своем составе должны иметь электронную схему, обеспечивающую стабилизацию тока светодиодов во всем диапазоне температур эксплуатации и напряжения питания;



-Светильники должны иметь защиту от скачков напряжения сети переменного тока, превышающих по амплитуде максимальное значения напряжения питания на 20%;

-Кривая силы света светильников должна соответствовать высоте подвеса и одновременно удовлетворять требованиям равномерности освещенности на рабочей поверхности по СнИП 23-05-95 при максимально возможном расстоянии между узлами расстановки светильников на потолке.

Таблица 4.4 – Общие технические характеристики светового оборудования

Наименование	Единица измерения	Значение	Примечание
Напряжение питания переменного тока 47...53 Гц	В	220	160...260В
Мощность потребления, не более	Вт	30	Напряжение питания 220В±5В
Коэффициент мощности, не менее	cos φ	0,95	Напряжение питания 220В±5В
Степень защиты, не ниже		IP20	В рабочем положении
Мин. температура эксплуатации окр. среды, Токр	0С	-10	
Макс. температура эксплуатации окр. среды, Токр	0С	+60	
Эффективность, не менее	лм/Вт	140	Токр = 250С, Тс=3000К...4500К
Цвет и цветовая температура		Теплый, 3000К	
Срок службы, не менее	лет	10	

### 4.3. Расчет экономии электроэнергии.

Мощность, потребляемая на освещение (для лампы накаливания):

$$P_{\Sigma} = n_{л} \times P; \text{ кВт}$$

где: P – мощность всех задействованных ламп, Вт;

$n_{л}$ - количество светильников.

$$P_{\text{клл}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 48 \times 26 = 10,83 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сд}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 7 \times 50 = 0,35 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сд}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 45 \times 24 = 1,08 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сд}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 7 \times 22 = 0,154 \text{ кВт}.$$

Потребляемая электроэнергия на освещение за год, кВт:

$$P_{\text{год.ээ}} = P_{\text{свет}\Sigma} \times t_{\text{раб}}; \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$t_{\text{раб}}$  – продолжительность работы светильника в году 313 дней (8 часов в сутки).

$$P_{\text{год.ээклл}} = 10,83 \times 2504 = 27118,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээсд}} = 1,08 \times 2504 = 2704,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээсд}} = 0,35 \times 2504 = 876,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээсд}} = 0,154 \times 2504 = 385,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость суммарных затрат на электроэнергию за год, руб:

$$C_{\text{год}} = P_{\text{год.ээ}} \times C_{\text{ээ}}; \text{ руб}$$

$C_{\text{ээ}}$  – стоимость электроэнергии за 1кВт·ч.

$$C_{\text{год}} = 27118,3 \times 4,63 = 125557,8 \text{ руб};$$

$$C_{\text{год}} = 2704,3 \times 4,63 = 12520,91 \text{ руб}.$$

$$C_{\text{год}} = 876,4 \times 4,63 = 4057,73 \text{ руб}$$

$$C_{\text{год}} = 385,62 \times 4,63 = 1785,4 \text{ руб}$$

Средняя стоимость суммарных затрат на электроэнергию за месяц, руб:

$$C_{\text{мес}} = \frac{C_{\text{год.ээ}}}{12}; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{C_{\text{год.ээ}}}{12}; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{125557,8}{12} = 10463,15; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{12520,91}{12} = 1043,41; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{4057,73}{12} = 338,14; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{1785,4}{12} = 148,79; \text{руб}$$

Суммарное количество сэкономленной электроэнергии за год, кВт:

$$P_{\text{год.эк}} = P_{\text{год.ээЛН}} - P_{\text{год.ээСД}} = 10463,15 - 338,14 = 10125 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$P_{\text{год.эк}} = P_{\text{год.ээЛН}} - P_{\text{год.ээСД}} = 1043,41 - 148,79 = 894,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Стоимость сэкономленной электроэнергии за год, руб:

$$C_{\text{год}} = P_{\text{год.ээ}} \times C_{\text{ээ}}; \text{руб}$$

$$C_{\text{год.эк}} = 10125 \times 4,63 = 46878,75 \text{руб}$$

$$C_{\text{год.эк}} = 894,62 \times 4,63 = 4142,1 \text{руб}$$

#### 4.4. Расчет затрат.

Затраты на покупку ламп с учетом замены за год, руб:

$$C_{\text{закупки}} = n_{\text{л}}(C_{\text{ЛПО}} + C_{\text{л}} \times 2 + C_{\text{зам}} \times n_{\text{з}}), \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиКЛЛ}} = 48(70 + 120 \times 1) = 9120, \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиСД}} = 7 \times 3000 = 21000, \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиЛПО}} = 58(624 + 30 \times 2 + 150 \times 1,3) = 50982, \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиСД}} = 40 \times 2180 = 87200 \text{руб}$$

Расчет окупаемости светодиодного освещения:

$$T = \frac{C_{\text{закупки(СД)}} - C_{\text{закупки(ЛН)}}}{C_{\text{мес.ээ(ЛН)}} - C_{\text{мес.ээ(СД)}}$$

$$T = \frac{360000 \text{руб} - 21660 \text{руб}}{24402,9 \text{руб/мес} - 15142 \text{руб/мес}} = 36,5 \text{мес} = 3 \text{год}$$

$$T = \frac{87200 \text{руб} - 50982 \text{руб}}{12212,7 \text{руб/мес} - 3244,7 \text{руб/мес}} = 4 \text{мес}$$

#### 4.5. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное в год для одного светильника

Наименование	Коридоры		Учебные классы и кабинеты	
	Светильники до замены:	Светильники после замены:	Светильники до замены:	Светильники после замены:
	ЛПО-2х36	Вартон V1-E0-00070-01A00-2003639	ЛН	Вартон V1-E0-00070-01000-2003639
Потребляемая светильником мощность активная, Вт	5,42	1,44	10,83	5,04
Время работы в сутки, час	12	12	12	12
Коэффициент спроса на освещение	0,70	0,70	0,70	0,70
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВт*ч	23,74	6,31	47,4	22,08
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63
Затраты на электроэнергию в год, руб.	109,91	29,20	219,63	102,21
Среднестатистическое количество ламп для замены в год, шт.	1,3		4,0	
Цена заменяемых ламп, руб.	140	-	70	-
Стоимость замены ламп, руб.	150		120	
Стоимость утилизации лампы, руб.	27		-	
Цена нового светильника для замены, руб		2180		2500
Затраты на замену ламп в год, руб.	824	0	760	0
Общие затраты на эксплуатацию светильников в год, руб.	933,91	29,20	979,63	102,21
Общая экономия потребляемой электроэнергии и затрат на замену в год, руб		904,71		877,42

#### 4.6. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное для типовой школы

Наименование	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	ИТОГО
<b>Традиционное освещение</b>					
Количество светильников, всего (в том числе)	72	172	172	172	
Лампа накаливания, шт	114	114	114	114	
Затраты на электроэнергию и замену ламп (традиционное освещение) тыс.руб	165,7	165,7	165,7	165,7	662,8
Затраты на электроэнергию тыс.руб	31,3	31,3	31,3	31,3	157,2
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63	
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВтч,(в том числе)	6,77	6,77	6,77	6,77	27,08
Лампа накаливания, кВтч	1,37	1,37	1,37	1,37	5,48
ЛПО 2x36, кВтч	5,403	5,403	5,403	5,403	21,612
Затраты на замену ламп (традиционное освещение) тыс.руб (в том числе)	134,4	134,4	134,4	134,4	537,6
Лампа накаливания, тыс.руб	86,6	86,6	86,6	86,6	346,4
ЛПО 2x36, тыс.руб	47,8	47,8	47,8	47,8	191,2
<b>Светодиодное освещение</b>					
Количество светильников	184	184	184	184	
Вартон V1-E0-00070-01000-2003639, шт	144	144	144	144	
V1-E0-00070-01A00	40	40	40	40	

Затраты на электроэнергию и замену светильников (светодиодное освещение), тыс.руб	174,68	15,88	15,88	15,88	222,32
Затраты на электроэнергию, тыс.руб	15,88	15,88	15,88	15,88	63,52
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63	
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВтч (в том числе)	3,43	3,43	3,43	3,43	13,72
V1-E0-00070-01000-2003639, кВтч	3,18	3,18	3,18	3,18	12,72
V1-E0-00070-01A00	0,252	0,252	0,252	0,252	1,008
Первоначальные затраты на замену светильников (светодиодное освещение), тыс.руб	158,8				635,5
V1-E0-00070-01000-2003639, тыс.руб	147,2	147,2	147,2	147,2	588,8
V1-E0-00070, тыс.руб	11,68	11,68	11,68	11,68	46,72
Чистый эффект от применения светодиодного освещения, тыс.руб	-8,98	149,82	149,82	149,82	440,48
Коэффициент дисконтирования	0,900	0,810	0,729	0,656	
	11%	11%	11%	11%	11%
Чистый дисконтированный доход, тыс.руб	-8,09	121,35	109,21	98,2	320,67

## **Глава 5. Социальная ответственность**

### **Введение**

Основополагающими элементами в комплексе мероприятий направленных на совершенствование условий труда для работников, является минимизация вероятности воздействия на них поражающих и вредных производственных факторов, а также обеспечение комфортной рабочей среды.

В данном разделе рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда при воздействиях источников света на восприятие человека.

Раздел содержит анализ опасных и вредных факторов, возникающих при проектировании освещений картинных галерей и выставок СД источниками света, также решает вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Проектирование осветительных установок для музеев, галерей является сложным комплексом. Только при достижении определенного освещения скульптуры, картины, архитектурные сооружения раскрывают себя наиболее полно и интересно. Учитывая все это можно сказать, что световое оформление является одной из значимых задач в галереях, музеях и выставках. Объектом исследования является система освещения, проектируемая для выставочного зала, расположенного на 2 этаже Томского областного художественного музея.

Главной задачей при выполнении диссертационной работы является разработка системы освещения и проектирование в программе Dialux. Выполнение моей научно-исследовательской работы на прямую связана с работой ПК. То есть место работы – это место оператора ПК. Основная работа была проведена в «Институте физики высоких технологий», в магистерском кабинете 16 «б» корпуса.

## 5.1 Производственная безопасность

Говоря об опасностях жизни и здоровью людей, необходимо ввести два понятия - вредный фактор и опасный фактор.

Вредным фактором называется воздействие на организм человека, которое может вызывать временное или стойкое ухудшение самочувствия, привести к заболеванию, нарушению здоровья потомства.

Опасным считается такой фактор среды, который при однократном кратковременном воздействии может привести к травме или гибели человека.

Вредные и опасные факторы действуют не только на производстве. Их неблагоприятному влиянию в настоящее время подвергается все население независимо от рода занятий.

Таблица 5.1 – Вредные и опасные факторы при эксплуатации трековых светодиодных источников света для музейного освещения

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. изучение особенностей музейного освещения	Отклонение показателей микроклимата в помещении	Электрический ток	СанПиН 2.2.4.548-96 [13] ГОСТ Р МЭК 61140-2000 [14]
2. производство замеров существующего освещения в выставочном зале.			
3. анализ результатов измерений	Повышенная пульсация светового потока		СНиП 23-05-95* [15]



4. подборка нового оборудования	Недостаточное освещение		СНиП 23-05-95* [15]
5. 3D моделирование объекта на ПК	рабочей зоны		
6. монтаж выбранного оборудования			

### **5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.**

#### **Отклонение показателей микроклимата в помещении.**

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [15] показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:  
перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°C;  
перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать:

при категориях работ Ia и Ib - 4°C;

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах с категорией работ Ia, к которым относится выставочный зал, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.2 – 5.3 [16].

Таблица 5.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.548-96). [16]

Период года	Температура воздуха, °С.		Температура поверхностей, °С.	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с.	
	ниже Диапазон оптим. величин	выше Диапазон оптим. величин			Ниже оптим. величин не более	Выше оптим. величин не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

Таблица 5.3 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96). [16]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Интенсивность теплового облучения рабочих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляция на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м<sup>2</sup> – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м<sup>2</sup> – при облучении не более 25%

поверхности тела. При наличии теплового облучения рабочих температура воздуха на рабочих местах при категории работ IA не должна превышать 250 С.

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

### **Повышенная пульсация светового потока**

Практически 90 процентов информации наш мозг получает посредством органов зрения. Понятно, что для лучшего восприятия информации нам необходимо хорошее освещение. Наш организм прекрасно воспринимает естественное освещение. Но, к сожалению, мы не можем себе позволить ложиться спать с заходом солнца. Поэтому нам приходится постоянно пользоваться искусственным освещением в помещении. Естественно, такое освещение имеет ряд минусов, по сравнению с естественным. Одним из которых является - пульсация (мерцание, моргание, мигание) ламп. У люминесцентных ламп коэффициент пульсаций может достигать 30%, что же касается светодиодных ИС то у них коэффициент пульсаций составляет менее 4%.

Пульсация светового потока – это одна из характеристик искусственного освещения, показывающая частоту мерцания света.

Санитарные нормы и правила требуют максимальные уровни пульсации для каждого вида освещения. Согласно СП 52.13330.2011 [17] пульсация допускается в диапазоне 10-20 процентов.

Влияние пульсаций на организм человека:

- мозг человека воспринимает пульсации света, не ощущаемые визуально (как по частоте, так и по амплитуде);
- пульсации света, частотой выше 100Гц, начинают влиять на работу мозга уже при глубине 2-3%;
- пульсации, глубиной больше 20%, дают тот же эффект, что и 100% пульсации;

- при уровне мерцаний больше 5-8% и при частотах 100Гц и более, нормальная работа мозга нарушается;
- мозг способен усваивать до четырех частот световых пульсаций одновременно, которые оказывают комплексное воздействие на работу мозга;
- мозг не воспринимает пульсации света, частотой выше 300Гц.

Наличие больших уровней высокочастотных пульсаций приводит к перегрузке всего зрительного тракта человека ввиду того, что организм не успевает среагировать и адаптироваться к значительным изменениям уровня светового потока за короткие промежутки их воздействия.

Итак, можно сделать следующие выводы:

- видимые низкочастотные пульсации светового потока вызывают зрительный дискомфорт, зрительное и общее утомление,
- невидимые пульсации светового потока при уровнях выше 5-8% вызывают перегрузку зрительного тракта и нарушают нормальную работу мозга.

Эти выводы подтверждаются тем, что большинство людей, которые подолгу находятся в помещениях с пульсирующим искусственным освещением или работают за мерцающим монитором, отмечают у себя следующие симптомы:

- боли в глазах;
- усталость глаз;
- повышенный уровень утомления;
- сухость, "песок" и боли в глазах;
- покраснение и слезливость глаз;
- потеря концентрации и понижение внимания;
- общее снижение работоспособности

Максимально допустимое значение пульсаций для общего освещения составляет 10%. Что прописано в СНиП 23-05-95\*[15]. Коэффициент пульсаций в выставочном зале не превышает 5%. Что соответствует СНиП 23-05-95\* [15].

Мероприятия для снижения коэффициента пульсаций для различных источников света:

Для снижения коэффициента пульсаций в люминесцентных ИС необходимо произвести замену ЭПРА.

Для светодиодных ИС необходимо подобрать качественный преобразователь напряжения.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света солнца. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части здания (крыше).

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности.

Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах.

Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

В музейном освещении важно учитывать светостойкость материалов искусства. По светостойкости все экспонаты разделены на 3 группы: I- высокой, II - средней и III - низкой светостойкости, а по цветовым характеристикам на 4 группы: 1- ахроматические или серые, то есть не имеющие выраженной цветовой характеристик; 2-одноцветные, имеющие по всей поверхности более или менее одинаковой цвет; 3-многоцветные тональные, в которых цветовой тон поверхности меняется, но можно выделить преобладающий; 4-многоцветные пестрые, для которых можно считать равноценными все цветовые тона [24].

Оптимизация систем освещения музеев с учетом требований хранения и экспонирования должна решаться на основе норм освещенности, приведенных в таблице 5.4 СНиП 23-05-95\* [15].

Таблица 5.4 - Рекомендуемые нормы освещенности для основных помещений музеев и экспозиций.

№	Объект освещения	Рекомендуемая средняя освещенность, лк
1	Общее освещение экспозиционных помещений	50
2	Общее освещение помещений с крупной объемной экспозицией, а также помещений, в которых основной экспозицией является мебель, отделка или убранство	50-100
3	Общее освещение исторических, естественно-исторических музеев	50
4	Общее освещение технических музеев	200

## Электрический ток

**Электрическим током** называется поток электричества, который идет по проводу, кабелю, цепи. Источником опасности является электроустановка (трековая система освещения).

Причинами поражения электрическим током являются:

- прикосновения не изолированного от земли человека к токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- приближения человека, не изолированного от земли, на опасное расстояние к токоведущим не защищенным изоляцией частям электроустановок, находящимся под напряжением;
- прикосновения не изолированного от земли человека к нетоковедущим металлическим частям (корпусам) электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпус;
- соприкосновения человека с двумя точками земли (пола), находящимися под разными потенциалами в поле растекания тока ("шаговое напряжение");

Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека, а опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000В) [19].

Категория помещения по опасности поражения электрическим током по ПУЭ [19] является: помещение без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Основной элемент конструкции системы - трек или токопровод, представляющий собой П-образный пластиковый (чаще, алюминиевый) профиль с расположенным внутри него шинопроводом.

В зависимости от количества токоведущих шин в треке, питающее напряжение может быть и 220 и 380 В. В данной осветительной установке

используется токопровод с пятью шинами - предполагается подключение фазных проводников, рабочего нулевого и заземляющего провода.

Все токоведущие части закрыты и у сотрудников музея нет прямого контакта с токоведущими частями светового прибора.

Правила электрической безопасности рассматриваются следующими нормативными документами: ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ [20], ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ [21], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ [22].

## **5.2 Экологическая безопасность**

В аудитории 248, где выполнялась диссертационная работа, для освещения помещения используются люминесцентные лампы. У всех люминесцентных ламп содержится от 1 до 70 мг ртути. Среди многочисленной группы токсичных веществ особое место занимает ртуть, обладающая (с эколого-гигиенической точки зрения) уникальными свойствами, обусловленными ее повышенной опасностью распространения в окружающей среде и разносторонним спектром негативных воздействий на живые организмы даже при относительно малых дозах экспозиции. Ртуть относится к 1 – классу токсичных отходов и является чрезвычайно опасным по ГОСТ 17.4.1.02-83 [18]. В соответствии с «Санитарно-эпидемиологическими требованиями к атмосферному воздуху» предельно допустимая концентрация ртути (ПДК) в атмосферном воздухе— 0,0003 мг/м<sup>3</sup>. По оценке специалистов, только 30% люминесцентных ламп собирают по правилам, остальные 70% выбрасываются в обычный мусорный контейнер. Требуется определенные условия для хранения, эксплуатации и утилизации люминесцентных ламп. Люминесцентную лампу при выходе из строя запрещается выбрасывать в мусорное ведро вместе с бытовыми отходами. Существует несколько фирм по утилизации ламп, и юридические лица, а также индивидуальные предприниматели обязаны сдавать лампы на переработку и разрабатывать паспорт опасного отхода. Кроме того, в ряде городов существуют полигоны по утилизации токсичных отходов, принимающие отходы от частных



лиц бесплатно. Люминесцентные лампы по истечению срока эксплуатации необходимо относить в свой районный ДЕЗ или РЭУ, где установлены специальные контейнеры.

Источниками света в выставочном зале являются светодиоды. В светодиодах не имеются вредные вещества, поэтому является экологический безопасным. При выполнении диссертационной работы никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

Непосредственная утилизация светодиодных ламп происходит по стандартной схеме утилизации твердых бытовых отходов. Корпус, изготовленный из поликарбоната и алюминия, отправится на переработку вторсырья. Стекланный цоколь лампы подвергается измельчению и уйдет как расходный материал для производства стройматериалов и новых стекло содержащих изделий. Отсутствие люминофора и ртути позволит обойтись без особых условий по сбору и транспортировки отходов. При работе с отходами светодиодных трубок отсутствует потребность использования дополнительных средств защиты. Таким образом, использование светодиодных ламп — это не только экономия собственных материальных средств, но и своеобразный существенный вклад в защиту окружающей среды.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

**Чрезвычайными ситуациями (ЧС)** принято называть обстоятельства, возникающие в результате стихийных бедствий, аварий и катастроф в промышленности и на транспорте, экологических катастроф, диверсий или факторов военного, социального и политического характера, которые заключаются в резком отклонении от нормы протекающих явлений и процессов и оказывают значительное воздействие на жизнедеятельность людей, экономику, социальную сферу или природную среду.

По источникам возникновения чрезвычайные ситуации делятся на природные, техногенные и биолого-социальные. В свою очередь природные, техногенные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации классифицируются по опасным природным явлениям, опасным техногенным событиям и опасным биологическим проявлениям.

### **Пожарная безопасность**

Причины возникновения пожара при работе с электронной аппаратурой могут иметь электрический (перегрузки по току, короткое замыкание, статическое электричество, искрение и электрические дуги), так и неэлектрический характер (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня, самовоспламенение и самовозгорание веществ).

Для устранения причин возникновения пожаров в музее проводятся следующие мероприятия:

- Проведение противопожарного инструктажа с сотрудниками
- Ознакомление со средствами пожаротушения, их расположением, а также правилами пользования ими

В экспозиционных залах и фондохранилищах рекомендуется применять углекислотное пожаротушение [23].

Огнетушитель углекислотный предназначен для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 10 000 В, жидких и газообразных веществ (класс В,С,Е), загораний в архивах, музеях, картинных галереях. В качестве огнетушащего вещества применяют сжиженный диоксид углерода (СО<sub>2</sub>), при переходе углекислоты из жидкого состояния в газообразное происходит увеличение её объема в 400-500 раз, сопровождаемое резким охлаждением до температуры -72°С и частичной кристаллизацией.

Эффект пламегашения достигается двойко: понижением температуры очага возгорания ниже точки воспламенения, и вытеснением кислорода из зоны горения негорючим углекислым газом. Первичными средствами пожаротушения является ручные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-3.

В музее имеются первичные средства пожаротушения ОУ-2. Приведенный в таблице 3.

Таблица 3 технические характеристики ОУ-2 [24].

Огнетушитель углекислотный	Масса заряда, кг,	Рабочее давление, МПа	Время работы, сек	Длина выброса, м	Огнетушащая способность
ОУ-2	1,9	5,88	6	2	21В

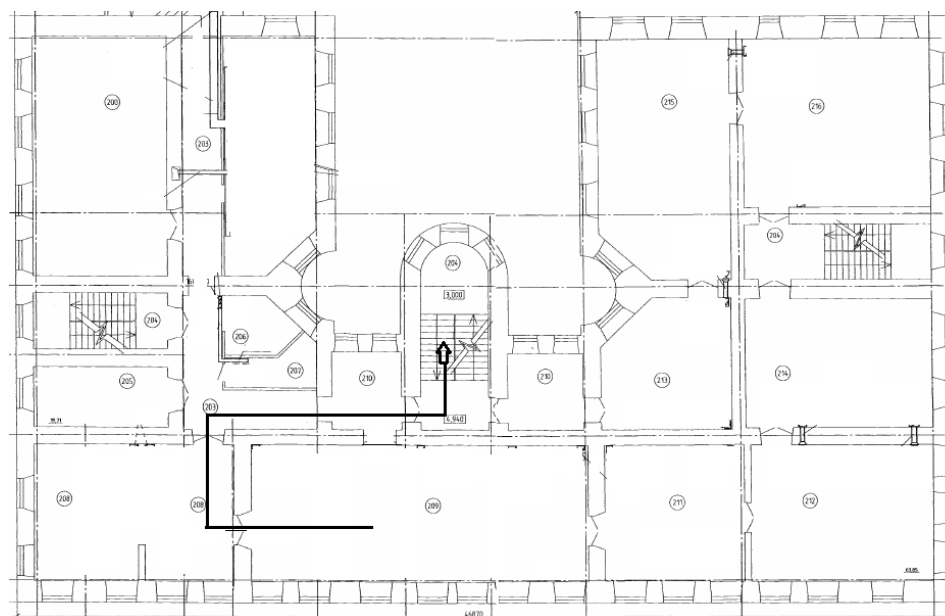


Рисунок 5.1 – План эвакуаций из выставочного зала №209

В музеях и картинных галереях, кроме того, должен быть разработан план эвакуации экспонатов и других ценностей [25]. В учреждениях культуры курение запрещается, за исключением специально отведенных мест. О

запрещении курения на видных местах должны быть сделаны надписи. Установка мягкой мебели в местах курения запрещается. В курительных комнатах (местах) должны быть установлены несгораемые пепельницы или урны с водой.

Правила пожарной безопасности прописаны в следующих нормативных документах: ГОСТ 12.1.004-91 [26], ГОСТ 12.1.010–76 [27].

#### 5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.

При работе за компьютером, осуществляя 3D моделирование объекта, рабочее место должно быть организовано следующим образом. Достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществить все необходимые движения и перемещения. Достаточные зрительные, физические и слуховые связи между инженером и машиной. Оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места. Рабочее кресло должно легко перемещаться и поворачиваться, иметь регулируемое по высоте сиденье, наклон спинки и сиденья, а также оптимальную твёрдость рабочих поверхностей.

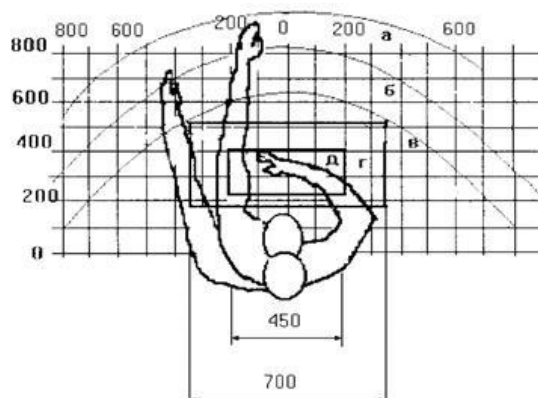


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Экран дисплея должен быть размещен на оптимальном расстоянии от оператора (0,6 - 0,7 м.), при этом плоскость экрана должна быть перпендикулярна линии зрения, что достигается наклоном рабочих панелей, которые должны обеспечивать регулировку угла наклона по горизонтали в пределах  $30^\circ$  и по вертикали  $50^\circ$ . Монитор должен иметь регулировку яркости и контраста.

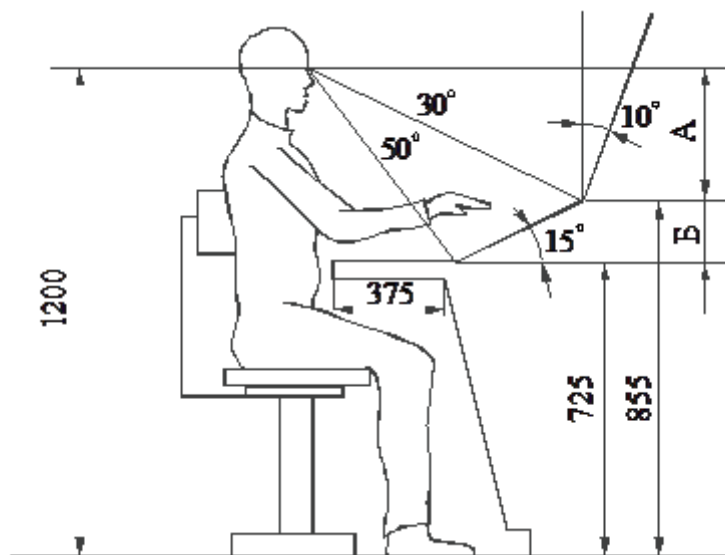


Рисунок 5.2 – Конструкция планировки рабочего места оператора ЭВМ

При ярком внешнем освещении должны применяться специальные антибликовые козырьки. Клавиатура должна располагаться так, чтобы рабочие движения находились в наиболее доступной зоне. Функциональная и буквенно-цифровая части клавиатуры для удобства пользования должны быть разделены, а цвет клавиш должен быть контрастным по отношению к цвету панели.

В проектирование освещения выставочного зала трековая система освещения устанавливается П-образно. Для трековых систем используется одна электромонтажная система – шинопровод. На нем размещают несколько одинаковых светильников. Используются для соединения специальные суппорты. Шины изготавливаются из алюминия и являются электротехническими модулями, которые имеют специальные разъемы для подключения светильников.

Конструкция трековых систем освещения позволяет применять их для акцентированного освещения картинной галерей.

## Заключение

Музейное освещение является сложной и трудоемкой задачей. На этапе проектирования нам необходимо не только создать комфортную световую среду, но и подобрать световые приборы с меньшей долей УФ и ИК излучения. Для правильного проектирования системы освещения музейного комплекса был предложен компьютерный эксперимент по выбору оптимального источника света для передачи яркости фона, а также изучен алгоритм по изменению индекса цветопередачи. На этапе эксперимента можно выявить, что из рассмотренных ИС СД передают информацию лучше, чем МГЛ. А функция изменения индекса цветопередачи в программе Dialux evo только показывает спектр излучения, но не влияет на расчётные данные.

Но при этом возможности светотехнических программ позволяют нам создать единый светотехнический расчет внутреннего и наружного освещения. При проектировании наружного освещения (внутреннего освещения) можно изменять значение цветовой температуры и оценить изменение цвета текстуры. Таким образом на этапе компьютерного моделирования возможно разрабатывать системы освещения музейных галерей (общее и акцентное освещение) с учетом представленных светотехнических параметров производителей (индекс цветопередачи, мощность, световой поток, цветовая температура).

На примере Художественного музея г. Томск выполнен проект внутреннего в программе Dialux с применением светодиодных светильников.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в котором рассчитывались все расчеты эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников и расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода.

В разделе «Социальная ответственность» был проведён анализ опасных и вредных факторов, производственная санитария, произведен расчет освещения компьютерного класса, а также разработаны мероприятия по обеспечению

безопасных условия труда для проектировочных работ и минимизированы воздействия от применения светодиодных источников света на окружающую среду.

## Список литературы:

1. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. / Ю.Б. Айзенберг – М., Энергоатомиздат, 1995. – 526 с.
2. Хранение музейных коллекций: Учебное пособие / Р.А. Девина, А.В. Бредняков, Л.И. Душкина, Н.Л. Ребрикова, Г.А. Зайцева. – М., 1995. – 203 с.
3. Бхаттачарджи А., Мазамдар С. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению //Светотехника: - М. - 2016. №2 – С. 29-32.
4. Горбунова Е.В. Типовые расчеты по колориметрическим источникам излучения: уч. пос. / Е. Горбунова, А. Чертов. - М.; СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 90 с.
5. Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? //Светотехника: М. – 2014. №5 – С. 23-27
6. Сайт Theory and practice [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://theoryandpractice.ru/posts/8712-gallery-lightning?\\_escaped\\_fragment\\_=%2F](https://theoryandpractice.ru/posts/8712-gallery-lightning?_escaped_fragment_=%2F) (дата просмотра) 25.05.2017.
7. Сайт. Точка-опоры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.k-to.ru/ru/interesting/detail.php?ID=2313> (дата просмотра) 25.05.2017.
8. Сайт. Точка-опоры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.k-to.ru/ru/interesting/design/detail.php?ID=2310> (дата просмотра) 25.05.2017.
9. Сайт. Зуметоб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.zumtobel.com/ru-ru/art\\_and\\_culture.html](http://www.zumtobel.com/ru-ru/art_and_culture.html) (дата просмотра) 25.05.2017
10. Сайт Dialux [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dialux-help.ru/catalog/1066#> (дата просмотра) 19.12.2016.
11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.



12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /Креницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
13. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. ШУМ. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2006. – 9 с.
14. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим током. – М.: Стандартиформ, 2000. – 31 с.
15. СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стандартиформ, 2011. – 75 с.
16. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Стандартиформ, 1996. – 12 с.
17. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение – М.: Стандартиформ, 2011. – 75 с.
18. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Стандартиформ, 1983. – 9 с.
19. Кривошеин Д.А. Экология и безопасность жизнедеятельности: Уч. пос. для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447с.
20. ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ Защитное заземление, зануление. – М.: Стандартиформ, 1982. – 9 с.
21. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартиформ, 1987. – 8 с.
22. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – М.: Стандартиформ, 2000. – 31 с.
23. В.И. Ревякин, Рекомендаций по проектированию музеев архит. А.А. Оленев Москва Стройиздат 1988

24. ВППБ 13-01-94 "Правила пожарной безопасности для учреждений культуры Российской Федерации". – М.: Стандартинформ, 1995. – 64 с.
25. Сайт Первая пожарная компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.fire-service.ru/gas.html> (дата просмотра) 15.05.2017.
26. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 1991. – 126 с.
27. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 1976. – 5 с.
28. Хранение музейных коллекций: Учебное пособие / Р.А. Девина, А.В. Бредняков, Л.И. Душкина, Н.Л. Ребрикова, Г.А. Зайцева. – М., 1995. – 203 с.

**Протокол  
аудиторского обследования осветительной установки искусственного  
освещения**

Томский областной художественный музей – помещение (выставочный зал 2 этаж).

Дата обследования «19» мая 2017 г.

Характеристика помещения

Площадь помещения 117 м<sup>2</sup>

Высота помещения: 4,9 м<sup>2</sup>

Состояние окраски стен, потолка или ферм на момент обследования: На момент обследования состояние окраски стен удовлетворительное (требуется ремонт).

коэффициенты отражения стен, потолка, пола (для обществ. зданий) 70%, 50%, 20% соответственно

Периодичность окраски помещений (дата последнего ремонта): 1 раз в 2 года, последний ремонт 2015 год август

Наличие естественного освещения и его выполнение: Естественное освещение имеется – боковое (оконные проемы);

Состояние светопроемов естественного освещения на момент обследования: Чистые;

Классификация помещения: Нормальное;

Классификация помещения по условиям среды: Малое выделение пыли, химически активных паров нет, нормальный уровень влажности.

Таблица 1

Результаты обследований рабочего освещения в общественных зданиях разрядов А-2  
(по табл. 2 СНиП 23-05-95\*)

Измерения проведены в вечернее время.

№ контрольных точек	Место измерения, высота от пола	Измеренный уровень освещенности, лк ВЕЧЕР		Требуемый уровень горизонтальной освещенности по нормам, лк <sup>2</sup> )	Измеренный коэффициент пульсации освещенности, К <sub>п</sub> , %	Требуемый коэффициент пульсации освещенности, К <sub>п</sub> , %	КЕО, %	
		Плоскость измерения ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ					Расчитанное	Требуемые
		Общее освещение	Местное освещение					
1	2	3	4	6	8	9	0,76	1,5
1	0,8	122	135	200	1	5		
2	0,8	154	70,5		1,5			
3	0,8	138	93,8		3			
4	0,8	131	102,5		4,8			
5	0,8	166	106		2,6			
6	0,8	130	91,3		2,8			
7	0,8	150	65		2,7			
8	0,8	120	75,5		1,5			
9	0,8	136	140		4,5			
		E <sub>гор.ср</sub> =138 лк	E <sub>гор.ср</sub> =97,7 лк				K <sub>п.ср</sub> = 2,7 %	

**Протокол  
аудиторского обследования осветительной установки  
искусственного освещения**

Томский областной художественный музей – помещение (выставочный зал 2 этаж).

Дата обследования «19» мая 2017 г.

**Характеристика помещения**

Площадь помещения: 63,85м<sup>2</sup>

Высота: 4,9 м

Состояние окраски стен, потолка или ферм на момент обследования на момент обследования состояние окраски стен удовлетворительное (требуется ремонт);

Коэффициенты отражения стен, потолка, пола (для обществ. зданий): 70%, 60%, 40% соответственно;

Периодичность окраски помещений (дата последнего ремонта): 2015 год август;

Наличие естественного освещения и его выполнение: боковые – окна;

Состояние светопроемов естественного освещения на момент обследования: чистые;

Классификация помещения: нормальное;

Классификация помещения по условиям среды: большое выделение пыли, повышенной влажности;

Световые приборы располагаются на площадках между пролетами.

Схема размещения светильников, оборудования и контрольных точек измерения освещенности (заполняется в случае отсутствия проектной документации)

Таблица 2

**Результаты обследований рабочего освещения в общественных зданиях разрядов  
(по табл. 2 СНиП 23-05-95\*)**

**Измерения проведены в вечернее время.**

№ контрольных точек	Место измерения, высота от пола	Измеренный уровень освещенности, лк ВЕЧЕР		Требуемый уровень горизонтальной освещенности по нормам, лк <sup>2</sup> )	Измеренный коэффициент пульсации освещенности, К <sub>п</sub> , %	Требуемый коэффициент пульсации освещенности, К <sub>п</sub> , %	КЕО, %	
		Плоскость измерения ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ					Рассчитанное	Требуемые
		Общее освещение	Местное освещение					
1	2	3	4	6	8	9		
1	0,8	129	103	200	2,5	5	0,87	1,5
2	0,8	135	86,5		2,1			
3	0,8	126	103		3,7			
4	0,8	140	90		3,2			
		Е <sub>гор.ср</sub> =132,5 лк	Е <sub>гор.ср</sub> = 95,6 лк		К <sub>п.ср</sub> = 2,9 %			

**Английский язык**

Студент

4ВМ5А	Кожаева Римма Жанатовна		
Группа	ФИО	Подпись	Дата

Консультант кафедры Лазерной и световой техники (ЛИСТ)

доцент	Толкачева Ксения Петровна	к.т.н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Консультант – лингвист кафедры Английского языка (ИЯИК):

доцент	Надеждина Елена Юрьевна	к.п.н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

## **Chapter 1 Influence of light on material**

### **1.1 Illumination of museum collections with protection of exhibits against effect of light.**

Exhibiting of works of art in the museums and storage, those in repositories surely assume existence of the certain light environment created natural or artificial light sources. The light environment, being on the one hand the carrier and a physical factor of information transfer about specific properties of exhibits, with another - accelerates their natural aging. Decolouration and destruction of materials of monuments under the influence of light happens due to the so-called photo induced reactions which prime cause is influence of photons - the electromagnetic radiation of the external lighter.

Any light environment created in premises of the museum (or the light mode) has to provide the maximum degree of safety of exhibits and at the same time create a situation of exposition expressiveness. In some cases, these requirements in relation to concrete means of lighting contradict each other and then is passed to make a compromise both in the choice of technical means, and in the organization of museum storage. Owing to this fact, systems of natural and artificial lighting of exposition halls and repositories of the museums should be considered as the factors in a varying degree normalizing an exposition cycle.

According to various reaction of a human eye to color, visible range it is possible to divide into six parts. These parts correspond red (680 nanometers), orange (595 nanometers), yellow (580 nanometers), green (530 nanometers), blue (482 nanometers), violet (430 nanometers) to light.

Color coloring of a luminescence of light sources in halls of the museum is defined by parameters of temperature of an ideal temperature radiator. For example, at a temperature of 1000-2000 K prevail a red and yellow luminescence. White heat is reached at temperatures of 5000-6000 K, at more high temperature in the radiated light the bluish (cold) shade appears.



When forming visible light sources of lighting in addition allocate the radiations, which are directly adjoining on a range to visible, but lying out of sensitive, areas of sight. Radiations with lengths of waves are shorter, than at violet beams and invisible a human eye, are called ultra-violet (UV). However, all ultra-violet range is defined as area of lengths of waves of 10-380 nanometers, in practical conditions only the area of 240-380 nanometers is subject to the account. Sunlight with lengths of waves is shorter than 270 nanometers practically does not reach the Earth's surface. The majority of other light sources also can't irradiate an object with radiations with lengths of waves well than 270 nanometers at least because they are in a glass cover which is opaque to this area of a range.

Infrared (IR) radiation characterizes invisible area of a range with lengths of waves above the red edge of a visible range. The area of 760-2000 nanometers is of practical interest.

Impact of light on varnishes and oils in paint layers of pictures causes the difficult physical and chemical processes having the specifics. Decolouration of pictures known eventually is connected with increase in transparency of a paint layer owing to increase in index of refraction of oil up to value of index of refraction of the pigments dispersed in him.

Direct external sign of impact of light on paper, fabrics and tree is yellowing and turning gray of their surface. At the same time also their physical properties change, reduction or disappearance of mechanical durability, increase in fragility is noted, the paint layers, transparent coverings, varnishes applied to painting protection burst. For example, the cotton treated to action of short-wave radiation of oxygen and humidity loses in three months 40-60% of the initial durability.

## **1.2 Comparing of LED and "traditional" light sources on applicability to museum lighting**

In this research, the task of clearing up of suitability of different light

sources for lighting of the museums was set. The made experiments and calculations showed that SD the light sources (LS) in the best way are suitable for lighting of museum pieces.

Impact on radiation UV patterns:

UV radiation is very harmful to objects of art as it deeply penetrates into exhibits. It has the degrading effect on many polymers, fabrics, paper and patterns. Depending on wavelength and energy of photons, distinguish several ranges of UV of radiation: UV - A, UV - B and UV - C.

Radiation in UV range - C has the smallest lengths of waves and the greatest energies of photons and therefore is more harmful to works of art, than radiation in UV ranges - A and UV - B. Respectively, the specified levels of radiation of the IC, experimental in article, used in laboratory researches, in the ranges of UV-A, UV-V and UV-S in the form of irradiance levels, in  $\text{mW} / \text{m}^2$ , are specified in (table 1.1).

Table 1.1 - Levels of radiation of different light sources in spectral zones UV-A, UV-B and UV-C

Lamp	UV-A, $\text{mW}/\text{cm}^2$ (400—315 nm)	UV-B, $\text{mW}/\text{cm}^2$ (315—280 nm)	UV-C, $\text{mW}/\text{cm}^2$ (280-100 nm)
HLG <i>Mirchi</i>	1,9	0,1	7,5
HLG <i>MR16</i>	1,7	0,1	7
LED lamp	8,5	0	0,7

From the given experimental data in (table 1.1), it is visible that at experimental LED of a lamp of UV-B radiation is absent, and UV-C radiation is less, than at other studied IS. Therefore, SD IS are less harmful, than other IS, and are suitable for museum lighting, especially for illumination of photosensitive objects (that is pictures, fabrics).

### **1.3 What is the accuracy of reproduction of color in museum lighting**

In this work, I would like to pay attention to the choice of a range of radiation of LED.

### Choice of color samples

During development of a method of a quantitative assessment of a color rendition (MKO) the set of experiments at the choice of color samples now in use has been made. Experiments have shown that in relation to the of light sources which were available in the mid-fifties for the description of a color rendition of light sources there were enough 8 color samples.

Nevertheless, with the advent of luminescent lamps with a three-lane phosphor divergences in settlement and visual perception of a color rendition have begun. It became even more noticeable when comparing full-color (RGB) and aluminiferous LED with a blue crystal (p-LED). Several data sets about reflection coefficient have been calculated and entered into different metrics of quality of color of radiation of IS, and when replacing color samples of MKO by the samples executed by art paints considerable divergences in values of indexes of a color rendition are observed. As for the project of lighting of the Sistine Chapel, for the choice of ranges of radiation of LED lighting frescos first of all ranges of reflection of the different paints used during creation of these masterpieces have been defined. Reflection ranges more than 200 samples from, which have been gathered not duplicating each other (figure 1.1) have been measured.

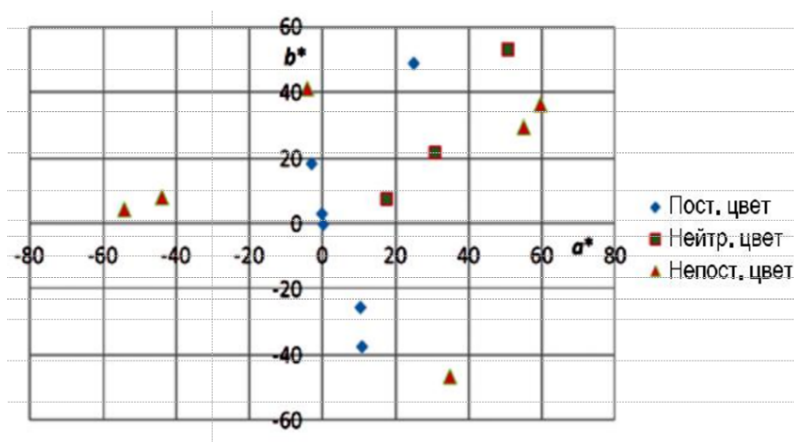


Figure 1.1 - The color samples, which are selected in relation to the Sistine Chapel

## Sorting of color samples

Colors of color samples change from a sample to a sample. Important characteristics of paints are their light resistance, covering ability, etc. If we want to consider the image by the light of IS, which range of radiation is other, than a range of radiation of IS at, which this image has been created. The important characteristic of paint is constancy of her color, i.e. as perception of color of paint, when lighting by the second IS will differ from his perception when lighting in the first IS taking into account chromatic adaptation. If the images of paint used during creation keep constancy of color, then the visual impression of a picture will be identical at illumination of her these two IS. Of course, when determining constancy of color ranges of these two IS have crucial importance. For practical reasons, in the majority of the calculations concerning constancy of color as one of IS natural light is used, and acts as other IS or a standard source And MKO, or often used range of radiation of a luminescent lamp.

At the subsequent calculations as the studied and standard ranges of radiation, ranges of standard sources of A and D65 of MKO were used. It was coordinated with the general assumption that frescos were written at natural light and have to be exhibited at the general illumination of IS from low  $T_s$ , not very different from the applied lighting by glow lamps. That Michelangelo wrote parts of the Last Judgement by the light of candles it is difficult for hearing to believe: at the weak lighting given by this light, it is very difficult to choose the suitable color tone and a shade, and frescos intended for perception at natural light.

Standard sources of A and D65 of MKO have used the method of settling of an index of inconstancy of color with speakers as IS. For transformation of coordinates of color of the studied sample, the model of color perception CIECAM02 MKO with function of the accounting of chromatic adaptation was used, and for calculation of color distinction, the equal-contrast UCS MKO color space was used.

Fifteen ranges of reflection of samples of the paints chosen after the measurements taken in the Sistine Chapel have been divided into three groups.

One of, which had an index of inconstancy of color less than 3 (these samples were called samples with constant color), at the second – from 3 to 6 (they were called samples with neutral color, and at the third group – more than 6 (samples with changeable color).

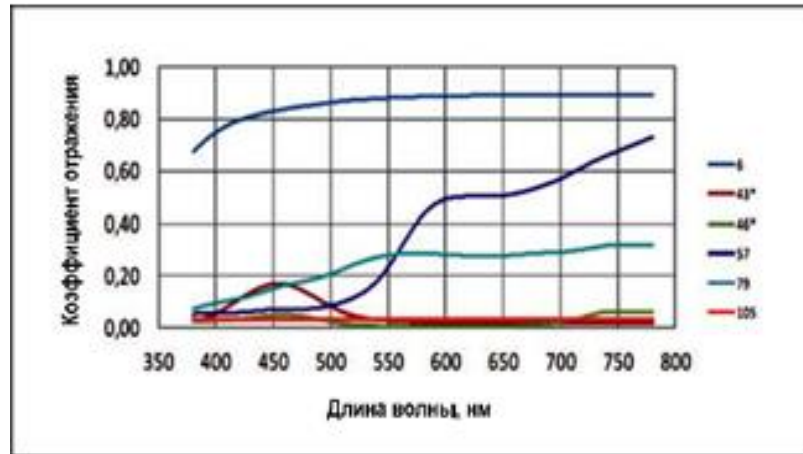


Figure 1.2 - Ranges of six samples with constant color

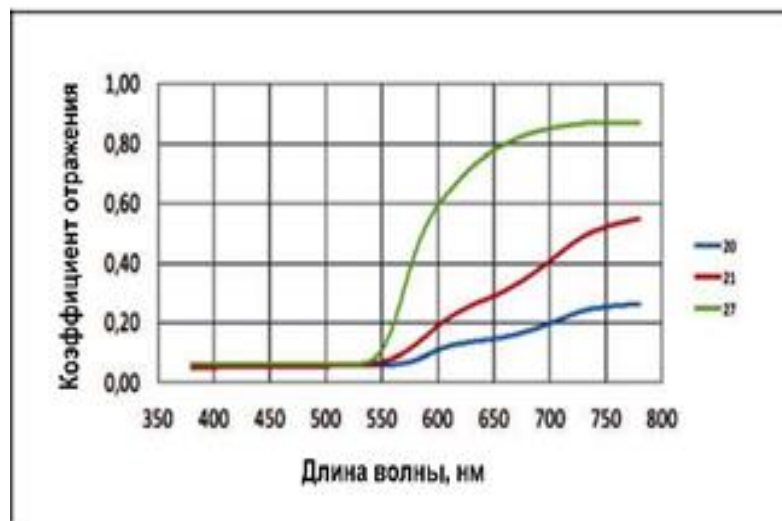


Figure 1.3 - Ranges of three samples with neutral color

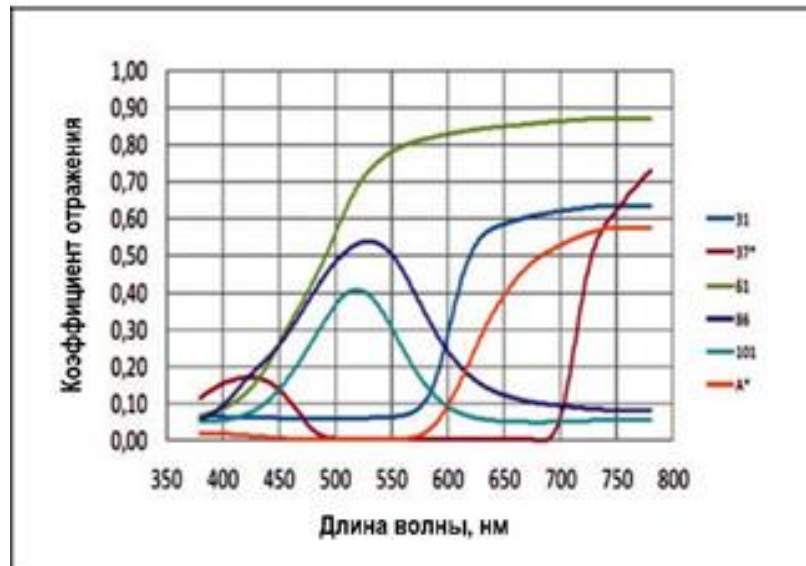


Figure 1.4 - Ranges of six samples with changeable color

Apparently from (the figure 1.2 - 1.4), at samples with constant color spectral coefficients of reflection change smoothly, at samples with neutral color – is slightly sharper, and ranges of reflection of samples with changeable color have rather narrow peaks and (or) abruptly rising sites.

If the last coincide with strongly differing parts of two ranges of radiation, then it is shown in the form of big inconstancy of color.

When carrying out these researches it was revealed that artificial samples of the CRI2012 model in a form of the range of reflection very remind samples with changeable color (theoretical ranges of reflection in the CRI2012 model are given in the figure 1.5).

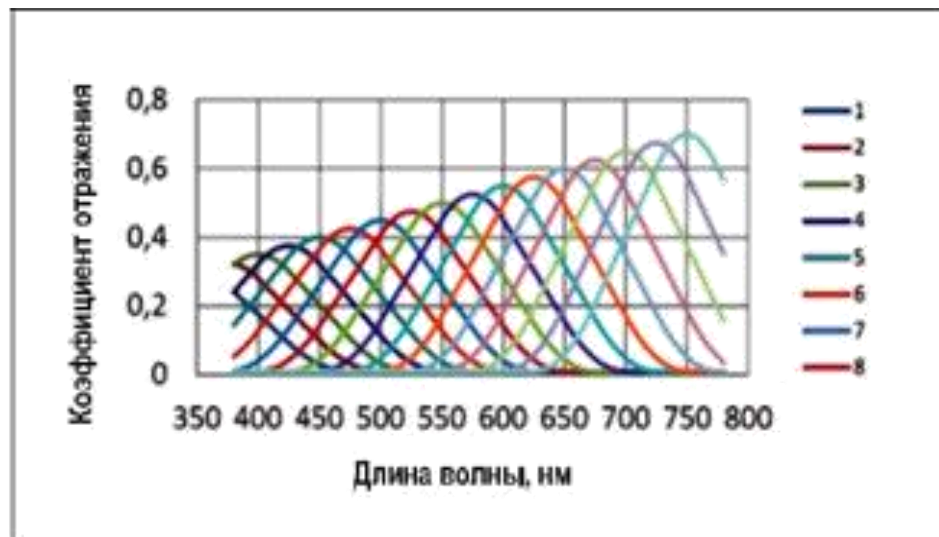


Figure 1.5 - Theoretical color samples of model of a color rendition of CRI2012

So as the first approach for optimization of ranges of radiation of LED intended for lighting of the Sistine Chapel theoretical samples of the CRI2012 model have been chosen.

#### 1.4 A conclusion according to chapter 1

1. LED light sources are suitable for museum lighting.

For safety of patterns, it is necessary to consider a share of UV and IR of radiation. On existence of UV of a component of radiation, heating of exhibits, change of humidity and the other harmful effects on the LED ICs light-sensitive mediums connected to the IC have advantages in front of "traditional" ICs. Besides, LED ICS consume not enough energy, are capable to strengthen esthetic perception of works of art and to improve environmental conditions for this perception.

2. IS with  $T_s = 5500-5700K$  give the lighting, most suitable for pictures.

As the majority of the pictures created until the end of the 19th century were written at natural light, new approach has been offered: light has to provide

such colors of pictures, which, whenever possible, coincide with initial. It means that IS radiation range with  $T_s = 3500$  K, it is necessary to optimize so that colors of the paints lit by this IS, whenever possible, coincided with flowers of these paints at illumination of their IS with  $T_s = 6500$  K



## Chapter 2 Modern approaches to illumination of exhibits.

### 2.1 Basic principles and receptions of the device of lighting effects

Designing of systems of illumination of art galleries and exhibitions, it is necessary to exclude such factors as excessive contrast, the patches of light, effect of dazzle interfering the correct perception of exhibits. It is very important to observe balance between the necessary level of illumination, ensuring visual comfort and safe conditions for exhibits.

It should be noted that illumination of display and museum pieces especially individually and has to be built proceeding from features of each concrete exposition, in close cooperation with authors or experts.

Sources of diffused light in a combination to a light-scattering ceiling completely neutralize the shadows arising from lamps of accent lighting (figure 1.1).



Figure 2.1 - An example of application of lighting with a light-scattering ceiling

Level of illumination of showrooms in many respects depends on texture of exhibits. Therefore, the painting, which is especially executed by oil paints demands illumination level not higher than 150 lx, and products from stones or metals, allow illumination at the level of 500 lx. Water colors, paper, fabric light with light within 50 lx. As it is difficult to distinguish color nuances, it is recommended to use the muffled general background of an interior that an eye perceived such amount of light as sufficient. At the same time, it is very important to minimize influence of UV and IR of beams.

Accent light in exhibition lighting is the major element. The general light in art galleries and even the museums can not be at all - everything depends on the concept of the exhibition and light design. In order, the accent light would be more effective, it is necessary to calculate correctly accenting factor - a ratio between the general illumination and level of illumination in a light spot or on an object.

The gradation of effect is defined from noticeable (a ratio 2:1) to very dramatic (50:1). The last can be provided only at very low level of the general light or at his absence.

Good color rendering is the main requirement to light sources for accent illumination of display exhibits (figure 2.2).

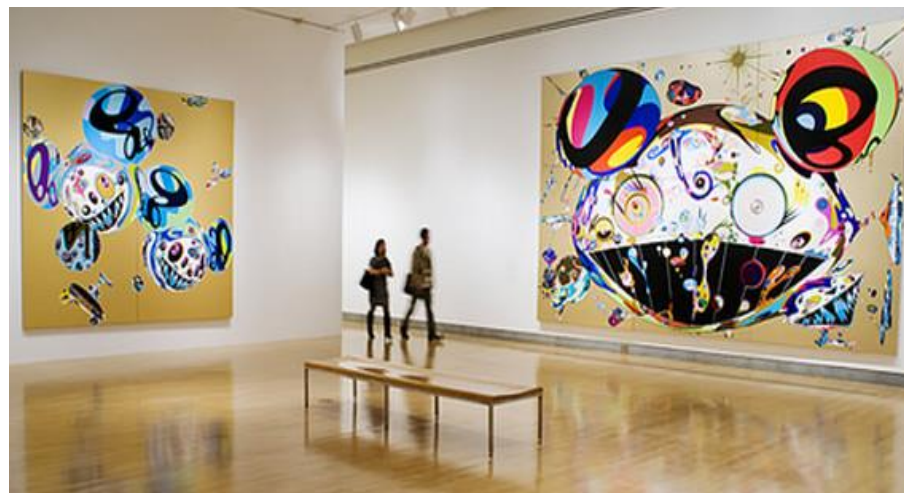


Figure 2.2 – Example of accent lighting

Thinking over, design of illumination of an exposition, it is necessary to pay attention to a ratio of light and shade also. Directional light causes emergence of sharp shadows, which can mix up. Ceiling lamps of diffused light weaken shadows, and the intermediate light-scattering ceiling completely liquidates them.

With the help of alternating zones of the increased or reduced illumination, it is possible to create a certain rhythm, to operate the movement of visitors, drawing their attention to the main exhibits or the semantic centers of separate zones.

Two main theoretical tasks of lighting in the museum (to show objects and to open space) come down to three practical: to choose optimum illumination of a surface of an object, to choose a right arrangement of light sources in space and not to allow destruction of museum values.

All light sources, have several parameters which are possible for controlling - and in a consequence to solve required problems. These parameters are called "controlled qualities of light".

*Distribution* is a beam of light can be 2-types narrow or widely the directions; also at light can have one or several sources. The main thing that needs to be reached here - correctly to correlate the surface of incident light to the object size that an object was the main thing, but not lighting. If light is not localized accurately on the object, then in the hall there will be noticeable huge light spots - therefore spots of light are selected under each object. Here it should be noted that it is necessary to pay attention not only to a figure, but also to a background - that the visitor could notice not only objects in space, but also architecture of the room. Almost all-modern art balances on contrast with white walls and if not to add light on walls, then contrast will be very dramatic.

*The angle* is a parameter, which defines where exactly the light is directed where it will fall as far as there will be a long shadow. The angle of incidence is connected with distribution of light and in general influences on the same nuances.

*Intensity of light* - a factor, which is directly connected with preservation of museum values. One objects are more sensitive to light, others - less, but at the

same time it is worth to remember that different objects require the different level of illumination that they can be perceived independently for example the size of the object, quantity and the size of details. Intensity of radiation and also the duration of exhibition as well as a range of incident light, sensitivity of material and many other parameters influences on the wear-out failure period of the presented masterpieces.

*Color is an aspect, which designers surely have to control - for example, comparing natural lighting and lighting of different ranges. It is necessary to check what color gives this or that light on a white surface and what color he can extend from a picture. In addition, of course, it is worth to remember how the range of this or that light can damage this or that picture.*

The movement of visitors can lead to irregular distribution of light, emergence of blinking and patches of light, and surely, the designer has to consider this factor too.

### **Typical mistakes**

- Use of light sources with a low index of a color rendition.
- The wrong distribution of accent light, sharp shadows or patches of light on exhibits.
- Discrepancy of the chosen equipment to subject of an exposition.

## **2.2 Museum of Europe lighting technique.**

*Lighting in the museum "Hessisches Landesmuseum" (State of Hesse, Darmstadt, Germany).*

The historical building in style of neoclassicism - Hessisches Landesmuseum in Darmstadt was built in 1897-1902 upon the project of the German architect Alfred Messel (1853-1909). The museum was opened in 1906. In 1984, the architect Reinhold Karge erected the additional carcass. Now it is the art gallery with masterpieces of the well-known painters from the Middle Ages till 1945).

After the latest reconstruction, the museum was opened again in September 2014. Today Hessisches Landesmuseum is one of the biggest and versatile museums of the world.

The total area of halls on four floors is 9000 m<sup>2</sup>, in constant exposure more than 100 000 exhibits from cultural history, arts, application-oriented crafts, natural sciences are placed (it is only 1/10 part from a total quantity of the objects which are available in store rooms of the museum).

Primary partitions of exposure:

- History of the fine arts from the ancient world until the end of the XX century (painting, a graphics, a sculpture);
- Geology;
- Archeology;
- Paleontology;
- Zoology, natural sciences;
- Mineralogy.

Design bureaus Kardorff Ingenieure Lichtplanung GmbH (Berlin) and Peter Andres Beratende Ingenieure für Lichtplanung (Hamburg) develop the project of lighting of exposition halls.

Examples of illumination of showrooms are presented in (figure 1.3, 1.4, 1.5)

Suppliers of lighting fixtures and separate components of systems of lighting:

- Hoffmeister Leuchten GmbH (Shalksmühle, Germany) – lamps of the accenting and general lighting, buslines;
- Roblon A/S (Frederikshavn, Denmark); Zumtobel Lighting GmbH (Dornbirn, Austria); XAL GmbH (Graz, Austria) – illumination of show-windows (fiber light guides, introduction devices);
- Interferenz Lichtsysteme GmbH (Tyonisvort, Germany) – suspended lamps of a ring form in a Gothic chapel.



Figure 2.3 - Lighting of the hall "Skeletons of representatives of ancient fauna."



Figure 2.4 - Lighting of the hall of "A knightly armor"



Figure 2.5 - Lighting of the hall of "Picturesque cloths of various eras"

From the given photos, it is possible to see, as the museum collection is various: (Knightly armor, ancient weapon, knightly clothes, and picturesque cloths of different eras and skeletons of representatives of ancient fauna).

Different executions of the LED lamp of the gin.o series of Hoffmeister Leuchten are most widely applied to the accenting lighting of exhibits.

Depending on character and color of exhibits lamps with two values of color temperature – 3000 K or 4000 K are used. The replaceable optics gave the chance to use lamps with different angular sizes of luminous bundles ("spot", "medium", "flood").

Internal illumination of exhibits in a number of glass show-windows is executed by means of devices based on fiber lightguides, (a figure 1.6) in which as light sources white LEDs with lens and reflective optics are used. Regarding show-windows, exhibits are lit from the outside - lamps of directional light on buslines.



Figure 2.6 - Internal illumination of exhibits in glass show-windows

Each section of an exposition has demanded the careful analysis of specifics of exhibits and the choice corresponding, in each case of individual approach to the choice of option of illumination of objects (from archeological finds before modern painting).

*New lighting in the museum "MAURITSHUIS" (The Hague, the Netherlands)*

The former palace of the aristocracy "MAURITSHUIS" has been built in the 17th century and over time became royal art gallery with magnificent collection of painting Flemish and Dutch masters (figure 1.7). At the end of 2014, the museum has opened after year restoration.

In collection of the museum of 800 pictures among, which there are Rembrandt's masterpieces (in that number, "A lesson of anatomy of Dr. Tulp", Yana Vermera ("the View of Delft", "The girl with a pearl ear ring"), A. Boskhart's still lifes other.





Figure 2.7. Lighting of the hall of "Painting"

The Amsterdam lighting designer Hans Wolff together with curators and restorers of the museum after the careful analysis of the market of the LED lamps suitable for museum lighting, and their proof testing stopped the choice on the models "Art LED" of Light Projects (London) and "Vivid MR16" of Soraa (Fermont, piece California, the USA).

In ArtLED lamps, LED modules "Xicato Artist" with color temperature of radiation 2700 K and very high quality of a color rendition are used.

### **2.3 Museum of Russia lighting technique.**

#### *MUSEUM "WORLD of WATER" St. Petersburg, Russia*

The museum is located in the construction constructed at the beginning of the 19th century, which served in due time as an underground settler in which water was cleared and turned into drinking. In completely restored premises of the museum, under the underground arches visitors can look at an impressive multimedia show, which will acquaint them with the most important including almost unknown characteristics of water.

The avaricious daylight, which almost is not getting under the ancient arches demanded finding of such lighting decision for rooms and an exposition, which would give sufficient brightness, at the same time, created the corresponding mood and answered high degree of energy efficiency. To provide quiet and uniform general lighting of the foyer, (figure 1.6) the architects and designers who were closely cooperating with each other have chosen the system of spots, which has repeatedly proved to be in practice and differing in a versatility of applications 2LIGHT. She successfully combines the clearness of forms and nobility of materials and creates live lighting based on precisely verified ratio of direct and diffused light. The visitor at an entrance to the museum plunges at once into this light mood: he is welcomed by the small falls, which are flowing down on a ladder. The light sculpture of Vortexx created by the Zumtobel Company on the project Zakhi Hadid creates an optimum background for water, elements and a basic element of an exposition of the museum. The sculpture as if streams an inexhaustible light stream. A continuous game of light scale creates illusion of the water stream falling from a ceiling.

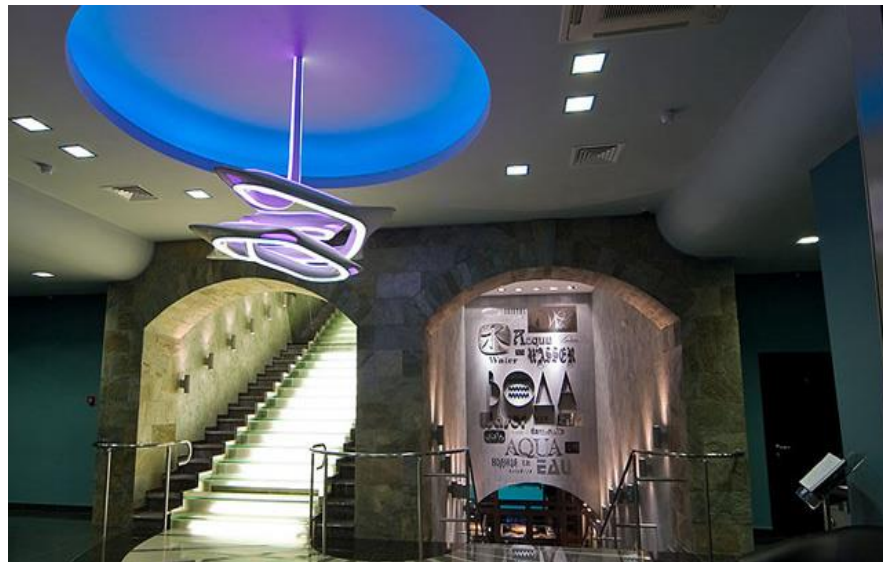


Figure 2.6 - Lighting of the internal room

The Zumtobel Company has developed special LKL lamps for illumination of showroom. The suspended lamps located under the underground arches shroud ancient columns in mysterious light. Through a game of the direct and reflected light, the architecture of the arches appears at visitors in mysterious and dynamic light. The directed lamps of the VIVO series and spots of PANOS-S supplement a mystical light game.



Figure 2.7 - Illumination of showroom

To realize the idea of architects and to light the arches with the scattered twilight light, the PANOS-S lamps installed on them have been equipped with special antiglossy accessories – so-called "cellular lattices". Control of illumination of all museum complex is exercised through the LUXMATE Professional system. She allows to dimmirovat all lamps on DALI channel. In addition, the multimedia block of the museum is connected to the Luxmate system. Thus, the light moods coordinated to the smallest details, which are optimum in harmony with an interactive exposition and most conforming to requirements of power efficiency of lighting are created.

## **2.4 A conclusion according to chapter 2**

1. In case of design of lighting of art galleries and exhibitions, it is necessary to consider identity of every one of galleries in cooperation with authors or experts.

2. All exhibition and picture galleries have the accent lighting executed by track LED lamps also there is the main lighting.