**Содержание**

Введение.....8

Актуальность.....9

Цели и задачи работы.....9

1 Глава. Свет в музее.....11

1.1 Особенности освещения выставочных пространств.....11

1.2 Обзор аналогов.....11

1.3 Особенности освещения экспонируемых объектов.....20

1.4 Искусственное и естественное освещение в уловиях музея.....21

1.5 Источники икусственного освещения.....24

1.6 Подходы к освещению выставочных пространств.....25

1.7 Выводы.....27

2 Глава. Освещение малого зала арт центра «Борей».....28

2.1 Особенности зала, влияющие на параметры освещения .....28

2.2 Разработка концепции освещения выставочного зала.....31

2.2.1 Освещение зала акцентными источниками света.....32

2.2.1.1 Выбор оборудования для освещения.....34

2.2.1.2. Расчет освещенности и визуализация светового решения.....36

2.2.2 Освещение зала акцентными и общими рассеяными источниками света 44

2.2.2.1 Выбор оборудования для освещения.....45

2.2.2.2. Расчет освещенности и визуализация светового решения.....46

Заключение.....52

Приложения.....55

## Введение

В современном обществе имеют место быть множество путей для получения знаний и нового опыта в области культуры и искусства, воспитания морально-этических норм. Одним из самых надежных вариантов такого культурного просвещения является посещение музейных и выставочных пространств. За последнее время можно заметить стремительную тенденцию к увеличению количества посетителей выставочных пространств, музейных экспозиций. [1] Музеи сейчас имеют разные направления: художественные, промышленные, исторические и многие другие. Но, безусловно, независимо от своего направления каждый музей или выставочное пространство преследует глобальную цель: осуществление просветительной и образовательной деятельности. И для эффективного выполнения этой цели необходимо продумать комфортные условия для посетителей, и при этом, безусловно, удовлетворить условия содержания экспонатов.

Таким образом, любое выставочное пространство ставит для себя следующие задачи в качестве приоритетных: сохранение музейных экспонатов и их представление посетителям в наиболее комфортных условиях. И если для выполнения первой задачи необходимо соблюсти известные требования, то для выполнения второй нужно определить и выполнить множество подзадач, составляемых непосредственно для каждого пространства индивидуально. Помимо размещения в залах самих экспонатов необходимо иметь в виду множество влияющих на восприятие посетителей факторов. Одним из самых значительных задач для обеспечения комфортного и продуктивного посещения музея является проектирование подходящего искусственного освещения. Освещение в выставочных залах может как помочь зрителю, так и значительно ему помешать. Проектирование музейного освещения предполагает выполнение ряда общих правил. Но также значительную часть проекта занимает выполнение задач, удовлетворяющих индивидуальным особенностям освещения конкретного помещения, конкретного вида экспонатов. Свет в музее – один из главных

инструментов создания наиболее комфортных условий и для экспонатов, и для посетителей.

В данной работе возможности светового проектирования продемонстрированы на примере малого выставочного зала арт центра «Борей».

## Актуальность

На сегодняшний момент в мире световых технологий, в том числе, касающихся, освещения музеев, происходят значительные изменения. В контексте внедрения новых технологий очевидным стала возможность улучшения текущего состояния световых решений для множества выставочных пространств.

На сегодняшний момент в малом зале арт центра «Борей» представлен не самый удачный способ освещения: на выставляемых экспонатах присутствуют яркие блики, естественный и искусственный свет «соперничают», посетитель вынужден искать подходящее место для того, чтобы наблюдать экспонаты. Более того, в помещение поступает естественный свет, что в долгосрочной перспективе может навредить экспонатам. Соперничество искусственного и естественного освещения усугубляет положение, усиливая блики на защитных стеклах и создавая другие помехи зрителю.

Малый зал арт центра используется для демонстрации временных экспозиций, поэтому необходимым является предоставить световое решение с таким оборудованием, которое бы удовлетворяло требованиям по освещению различного типа экспонатов. Таким образом, проделанная работа в определенной степени универсальна. Другими словами, работа актуальна не только для конкретного зала, но и для множества залов музеев, в которых выставляются временные экспозиции.

## Цели и задачи работы

Целью представленной работы является выбор оптимального светового решения для малого зала арт центра «Борей», удовлетворяющее требованиям к

освещенности и являющееся комфортным для потенциального посетителя. Световое решение будет визуализировано, требования к освещению проверены расчетами в специализированных программах.

Данная работа направлена решение следующих задач:

- Анализ существующих требований к освещению музейных экспонатов;
- Обзор существующих методов и подходов к освещению выставочных пространств;
- Обзор и анализ оборудования, используемого для освещения;
- Анализ особенностей освещения малого зала арт центра «Борей»;
- Визуализация вариантов освещения с разными походами и характеристиками света и обстановки;
- Расчет освещенности для вариантов освещения;
- Выбор оптимального варианта освещения;

# 1 СВЕТ В МУЗЕЕ

## 1.1 Особенности освещения выставочных пространств

Перед началом работы по проектированию собственных вариантов освещения выставочного пространства необходимо изучить требования к освещению подобных пространств и рассмотреть существующие методы и подходы, используемые в музеях. На сегодняшний день существует множество различных примеров освещения музеев, в которых световое решение каждого выставочного зала представляет собой трудоемкую работу с множеством особенностей. Существуют общие особенности освещения музеев, которые отличают проектирование освещения в музее от проектирования освещения в жилом помещении или, например, в ресторане. Для конкретного выставочного зала существуют и частные особенности проектирования освещения, например, светостойкость выставляемых экспонатов, наличие естественного освещения или необходимость освещения интерьера конкретного помещения.

Таким образом, перед проектированием освещения для арт центра «Борей», необходимо выявить общие закономерности освещения выставочных залов, выделить удачные приёмы, принять к сведению ошибки и недочёты существующих проектов, а затем выявить частные особенности, касающиеся непосредственно малого зала, для которого будет представлен проект. На основе полученной информации следует предоставить оптимальный вариант освещения данного выставочного пространства.

## 1.2 Обзор аналогов

В качестве аналогов были рассмотрены выставочные залы не только в Санкт-Петербурге, но и многие зарубежные пространства. Рассмотренные залы, расположенные в Санкт-Петербурге, были посещены непосредственно и проанализированы, а зарубежные аналоги выбраны исходя из наличия качественных фотографий и необходимого количества информации о представленных пространствах на официальных источниках.

В Гессенском земельном музее, который находится в Германии, выставлены и художественные, и естественно-научные экспозиции. Обильное количество

экспонатов разного типа подразумевает наличие разнородного освещения. Картинные экспозиции представлены в залах, где нет естественного освещения, поэтому искусственное освещение преследует две задачи: освещение зала в целом и акцентное освещение конкретных экспонатов. В большинстве залов акцентное освещение выполняет обе задачи. Используемые светодиодные светильники расположены на трековом шинопроводе, что позволяет регулировать направленность конкретных потоков света и расположение светильников. Эта функция важна, если существует необходимость менять настройки освещения, например, на временных экспозициях. Стоит также отметить, что используемый шинопровод допускает режим управления светодиодами через интерфейс DALI. Существует несколько подобных интерфейсов, но DALI является новейшим и с большим количеством преимуществ перед своими аналогами, главными из которых являются возможность интеграции с оборудованием других производителей, упрощенное подключение и использование. Каждый экспонат требует своих настроек светового потока, поскольку неправильно подобранные настройки могут оказать пагубное на него влияние. Поэтому решение использования такого оборудования, с возможностью подбора походящих настроек, является удачным и крайне необходимым. [2]

После просмотра доступных материалов и фотографий Гессенского музея, можно отметить, что существующее световое решение не мешает комфортному просмотру экспозиций: на картинах отсутствуют блики, в залах нет резких теней.



Рисунок 1.1 – Зал Гессенского земельного музея, Германия

Национальный музей Польши в Варшаве хранит самую большую коллекцию экспонатов среди всех музеев страны. Необходимо отметить, что недавно для музея было спроектировано новое освещение, и теперь музей полностью освещен светодиодными светильниками. Здесь, в отличии от предыдущего аналога, используются лампы-рефлекторы, с возможностью регулирования яркости, крепление с возможностью вращения светильников и регулирующая цветовую температуру система. Светодиоды помогли не только повысить общий коэффициент цветопередачи до 94, но и снизить расход электроэнергии. [3] Общий коэффициент цветопередачи говорит непосредственно о том, насколько правильными мы видим цвета на картинах, что является одним из основных факторов, влияющих на восприятие экспоната посетителем. В некоторых залах этого музея присутствует не только акцентное искусственное освещение, но и естественное. Но важно отметить, что естественное освещение из

окон ограничено защитными занавесками, чтобы не оказывать пагубного влияния на экспонаты и не конкурировать с искусственным освещением. Таким образом, проанализировав существующую информацию, можно сказать, что представленное световое решение также является комфортным для зрителя.



Рисунок 1.2 – Национальный музей Польши, Варшава

Галерея современного искусства «Студия альбом», расположенная в Санкт-Петербурге, представляет собой небольшое пространство с несколькими залами. Световое решение в залах представлено галогенными светильниками на токоведущей шине с возможностью вращения. Несмотря на возможность направления света на потолок и освещения зала рассеянным светом, общее решение для галереи выглядит неудачным. Акцентное освещение, направленное на картины, добавляет засвеченные места и блики. Можно сказать, что такой выбор освещения не является комфортным для посетителя. Сравнивая также данный аналог с предыдущими, можно отметь, что такое решение сильнее ограничивает в настройках света для разного типа экспонатов.



Рисунок 1.3 – Галерея современного искусства «Студия Альбом»

Хотелось бы также рассмотреть световое решение Государственного Эрмитажа. Во многих залах старых зданий посетителям необходимо показать не только выставляемые экспонаты, но и сам интерьер, который зачастую является весьма пышным и привлекающим внимание. Также в старых зданиях нет возможности использования трековых шинопроводов и многих других возможностей современного оборудования. Хоть и в некоторых залах используется светодиодные светильники, они в значительной мере конкурируют с естественным освещением из окон и искусственным освещением, представленным на пышных люстрах. Таким образов, за счет изобилия разного типа источников света и типов светильников возникают блики на витринах и защитных стеклах, на самих картинах и на других экспонатах. Во многих залах приходится искать подходящее место, чтобы взглянуть на картину без засвеченных мест и искажений. Можно смело сказать, что это значительно мешает комфорту посетителя музея.



Рисунок 1.4 – Зал Государственного Эрмитажа

В противовес не слишком удачным световым решениях некоторого количества залов Эрмитажа можно поставить парковый павильон того же Эрмитажа Государственного музея керамики «Усадьба Кусково XVIII в.». Здесь интерьер помещения не такой пышный, как в Зимнем дворце, что облегчает задачу проектирования освещения. В зале установлена шинопроводная система со светодиодными светильниками. Хотелось бы отметить, что в залах выставляются экспонаты, требующие разных настроек светового потока: графика, керамика, фарфор и другие. И представленное световое решение позволяет регулировать необходимые настройки. Разная цветовая температура используемых светильников подчеркивает интерьерные характеристики: использование более теплого света для бра в виде свечей напоминает о том, что экспозиция находится в старинной усадьбе.



Рисунок 1.5 – Музей керамики «Усадьба XVIII в.»

Королевская галерея Маурицхёйс в Нидерландах также является примером хорошего светового решения, вписывающегося и подчеркивающего необычный интерьер места. В данной галерее множество залов, большая часть которых помимо произведений искусства содержит также интересные интерьерные изыски. Здесь используется светодиодное оборудование на шинопроводе с системой DALI. [4] Помимо светодиодных источников света в некоторых залах присутствуют массивные люстры, конфронтация источников света также вызывает блики на картинах в определенных ракурсах. Можно сказать, что данный аналог весьма схож с залами Государственного Эрмитажа, однако, дискомфорт, вызываемого количеством засвеченных произведений гораздо меньше и в условиях, созданных не только для демонстрации картин, но и интерьера, такое световое решение удачно.



Рисунок 1.6 – Королевская галерея Маурицхёйс, Нидерланды

Сравнивая перечисленные аналоги, можно определить несколько критериев оценивания освещения выставочного пространства.

1. Корректное совмещение искусственного и естественного освещения может создать условия, как помогающие посетителю провести время в музее с пользой, так и мешающие его восприятию.

2. Использование светодиодного оборудования на данный момент является одними из лучших вариантов для выбора оборудования освещения выставочных залов. Светодиоды имеют больше возможностей и преимуществ перед своими аналогами.

3. Возможность регулирования параметров освещения, таких как температура и интенсивность источников света, является необходимым условиям для проекта освещения выставочных залов временных экспозиций, и также приятным дополнениям для залов с постоянными экспозициями.

4. Возможность также изменения направления светового потока источников освещения окажется необходимым при переэкспозиции выставочных залов.

5. Комфорт посетителя того или иного выставочного пространства определяет в том числе и световое решение. Так, если на экспонируемых объектах присутствуют объективные помехи для правильного восприятия объекта (резкие тени, яркие блики, недостаточная освещённость), то такое световое решение моно считать неудачным. Таким образом, комфорт посетителя можно назвать главным критерием успешного проектирования светового решения.

Таким образом, в сводной таблице можно наблюдать сравнение аналогов по выявленным критериям оценивания.

Таблица 1

| | Совмещение искусственного и естественного света | Использование светодиодных источников света | Возможность регулирования параметров освещения | Комфорт посетителя |
|---|---|---|---|---|
| Гессенский музей | - | + | + | + |
| Национальный музей Варшавы | - | + | + | + |
| Галерея современного искусства «Студия Альбом» | - | - | - | - |
| Залы Государственного Эрмитажа | - | - | - | - |
| Музей керамики «Усадьба XVIII | + | + | + | + |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| в.» | | | | |
| Королевская галерея Маурицхёйс | + | + | + | + |

### 1.3 Особенности освещения экспонируемых объектов

Освещение в музее играет огромную роль. Свет определяет то, как экспонат и пространство будут восприниматься зрителем. Проектирование освещения включает в себя несколько задач, самая важная из которых – обеспечить сохранность произведений искусства. Помимо этого, необходимо также обеспечить такие условия, чтобы экспонат представал перед зрителем таким, как это задумал автор, и в большинстве случаев это значит, без каких-либо искажений, бликов и других помех.

Музейные экспонаты могут быть плоскими или объемными, цветными или монохромными, отличаться по фактуре, светостойкости и многим другим параметрам. Проектирование освещения необходимо продумать, исследуя предварительно все характеристики выставляемых объектов.

Существует несколько классификаций музейных экспонатов по разным признакам. [5] Важно отметить, что одним из важнейших является классификация по светостойкости. Она подразумевает наличие трёх групп экспонатов: I группа определяет экспонаты высокой светостойкости (фарфор, керамика, стекло и др.), II группа средней светостойкости (масло, дерево, кость и др.), III группа низкой светостойкости (акварель, графика). Каждая группа имеет свои требования к освещению, для I группы допускается максимальная освещенность в 200 лк, а для III группы – 50 лк.

Также экспонаты делятся по цветовым характеристикам на следующие группы:

1. Ахроматические (не имеющие выраженного цветового тона);
2. Одноцветные (по всех поверхности имеют однородный тон);

3. Многоцветные тональные (в пределах площади цветовой тон меняется, но можно выделить преобладающий);
4. Многоцветные пестрые (невозможно выделить преобладающий цветовой тон);

Таким образом, экспонируемые объекты неизбежно попадают в определённую классификацию, что обязывает подобрать освещение так, чтобы индивидуальные особенности групп экспонатов были удовлетворены нормам освещенности.

### 1.4 Искусственное и естественное освещение в условиях музея

Искусственное освещение для выставочных пространств необходимо. Когда не было возможности применить искусственные источники света для подобного рода пространств, применялся естественный свет, однако, такой способ освещения имеет ряд недостатков.

Во-первых, прямой солнечный свет, попадающий на экспонат может нанести ему вред. Хоть и потенциально характеристики естественного дневного света считаются визуально удовлетворяющими требования для освещения выставочных пространств, интенсивность естественного освещения слишком высока. Такая высокая интенсивность света вызывает старение экспонатов, их выцветание, что может оказаться губительным для старинных музейных экспонатов.

Видимый для человека спектр можно разделить на условные части, каждая из которых соответствует своей длине волны (красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый). Если свет имеет длину волны короче, чем фиолетовое излучение, то его принято называть ультрафиолетовым, а волны, превышающие красный диапазон, инфракрасными. Практически любой источник света излучает не только в видимом нам диапазоне. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения губительно действуют на экспонаты. [6] Ультрафиолетовое излучение способно оказывать прямое негативное влияние через разрушение молекулярных связей, а инфракрасное – косвенное, провоцируя старение материалов вследствие увеличения скорости протекания химических

реакций при повышенной температуре. Поэтому существующие требования к освещению экспонатов предписывают ограничение воздействия такого излучения, в том числе и действия естественного света, содержащего в себе долю ультрафиолетового излучения.

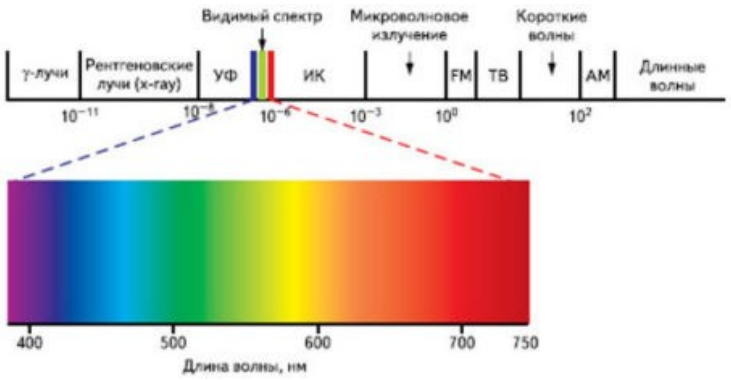



Рисунок 1.7 – Спектр оптического излучения

К тому же, естественное освещение гарантирует изменчивые погодные условия, изменение времени дня, всё это может также вызвать неудобства.

Температуру источника света принято обозначать в Кельвинах и условно делить на холодное, нейтральное и тёплое. Использование такой температуры ограничено требованиями к освещению, однако, всё равно остается свобода выбора оттенка, который в большой степени влияет на восприятие экспонатов.

Перемены естественного освещения определяют и изменения интенсивности света, и характеристик световой температуры, что очень сложно регулировать, особенно в вечернее время. Другими словами, днём в условную галерею будет поступать свет с температурой близкой к 5000 К, а ближе к вечеру уже с температурой 2000 К. А если добавить ко всему прочему и облачное небо, то температура изменится еще сильнее. Следует понимать, что с разной температурой источника света по-разному видится и освещенная картина. [12]

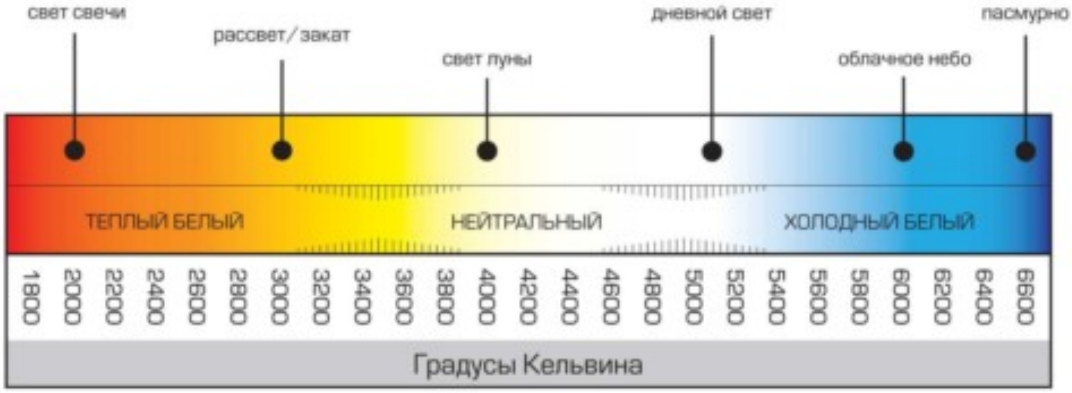



Рисунок 1.8 – Шкала температуры света

Таким образом, современные методы освещения стремятся к использованию только искусственного освещения в выставочных залах, хотя, конечно, допускается и комбинированные с ограниченным естественным освещением варианты. Анализируя разные проекты освещения выставочных пространств, можно заметить, что существует тенденция к использованию акцентного искусственного освещения в качестве и акцентирующего, и основного.

Также необходимо отметить, что существует обязательные для выполнения рекомендации к искусственному освещению общественных помещений, и выставочных залов в том числе. Согласно СНиП 23-05-95 освещенность поверхности экспоната не должна превышать 200 лк, а для третьей группы светочувствительности – не более 50 лк, индекс цветопередачи источника света должен быть более 85, диапазон цветовой температуры источника света варьируется от 3000 К до 6500 К. [7-8] Соблюдение всех перечисленных параметров является обязательным, но одним из самых существенных характеристик, в плане восприятия экспонируемых объектов посетителем, можно выделить индекс цветопередачи источника света. Именно этот индекс отвечает за точность воспроизведения цвета. Индекс цветопередачи обозначается Ra и принимает значения в диапазоне от 0 до 100, где 100 принимают такие источники света, которые наиболее точно передают цвет освещаемого объекта. При

проектировании освещения следует стремиться к наибольшему значению индекса цветопередачи.

### 1.5 Источники искусственного освещения

На настоящий момент существует множество разных типов источников искусственного освещения. Можно найти примеры использования всех видов существующих источников освещения для выставочных пространств.

Так, например, многие музеи и галереи используют лампы накаливания для освещения своих экспозиций. Наиболее популярным являются галогенные лампы. Ультрафиолетовое излучение у таких ламп мало, однако, оно возрастает вместе с увеличением мощности.

Некоторые выставочные пространства используют также и люминесцентные источники света. Известно, что доля излучаемого ультрафиолета меньше, чем у естественного освещения, однако, в сравнении с другими типами искусственного освещения, все же крайне высоко. Но нейтрализовать действие ультрафиолета помогают специальные фильтры для таких люминесцентных светильников, а также защитные стёкла для экспонируемых объектов. То есть использование люминесцентных ламп возможно, хоть и не является лучшим вариантом. [6]

Следует уделить внимание светодиодным источникам освещения. Светодиодное светильники повсеместно приходят на смену своим аналогам ввиду ряда их преимуществ. Как уже неоднократно было сказано, уровень освещенности в музейных залах должен тщательно контролироваться и удовлетворять существующим требованиям. Вредное воздействие ультрафиолетового излучения должно быть минимальным в выставочных пространствах. УФ-излучение разделяют на несколько диапазонов: УФ-А, УФ-В, УФ-С. Согласно опубликованным исследованиям Джадавпурского университета, где светодиодное оборудование сравнивалось с люминесцентной лампой и двумя галогеновыми аналогами, УФ-В излучение у экспериментальной светодиодной лампы отсутствует, а УФ-С излучение меньше, чем у остальных источников света

(Таблица 2). Следует также отметить, что УФ-С из всех трех диапазонов УФ наиболее вредно.

Таблица 2

| Лампа | УФ-А | УФ-В | УФ-С |
|---|---|---|---|
| Компактная люминесцентная лампа | 9 | 0,3 | 0,8 |
| Галогеновая лампа Mirchi | 1,9 | 0,1 | 7,5 |
| Галогеновая лампа MR16 | 1,7 | 0,1 | 7 |
| Светодиодная лампа | 8,5 | 0 | 0,7 |

Таким образом, можно сказать что светодиодное источники света наименее вредоносны, а значит подходят для использования их в музейным пространствах, особенно для освещения хрупких светочувствительных экспонатов. Необходимо отметить, что светодиодное источники света потребляют меньше энергии, что вместе с остальными преимуществами делает светодиоды предпочтительным источником света для проектирования освещения выставочных пространств. [9]

### 1.6 Подходы к освещению выставочного пространства

Согласно рекомендациям по проектированию искусственного освещения музеев, картинных галерей и выставочных залов, при проектировании освещения следует использовать естественные источники света и комбинировать их с искусственными. Однако допускается и возможность использование только искусственных источников света.

Любой подход к освещению решает определенную задачу. Общей задачей является обеспечение условий сохранности экспонатов. Также существует необходимость равномерного распределения света в пределах зоны экспонируемых объектов. Неравномерное освещение вызывает зрительный

дискомфорт у посетителя, а также может исказить параметры самого выставляемого объекта. Однако в ряду случаев сильный, осуществляемый контраст между экспонатом и фоном значительно улучшает условия восприятия.

. Также необходимо отметить, что на данный момент в современных галереях и выставочных пространствах просматривается тенденция не использовать естественное освещение, если только нет необходимости показать интерьеры зала. Так, например, в галерее современного искусства «Эрарта», музее современного искусства «МоМА» в большинстве залов главным инструментом является искусственный свет. [14-15]



Рисунок 1.9 – Пример искусственного освещения в музее современного искусства «Эрарта», Санкт-Петербург

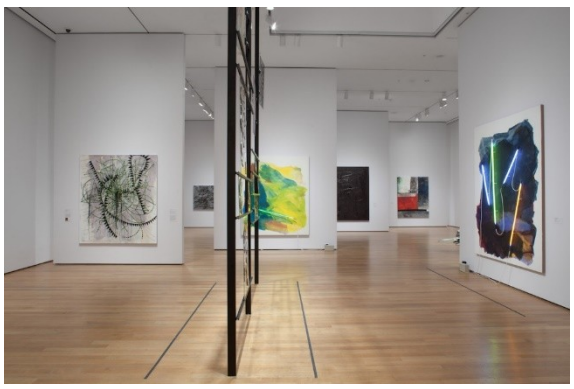


Рисунок 1.10 – Пример искусственного освещения в музее современного искусства «МоМА», Нью-Йорк

Благодаря гибкости современных установок искусственного освещения существует огромное количество разных вариантов освещения одного и того же зала. Не используемые для акцентного освещения светильники могут использоваться для рассеянного общего освещения зала, что при смене экспозиций может оказаться весьма полезным.

Таким образом, любо подход к освещению должен решать задачу, поставленную для конкретного помещения. В виду того, что на рынке на данный момент представлено огромное количество оборудования, задача освещения может быть решена многими способами.

### 1.7 Выводы

Проектирование освещения для выставочного зала подразумевает решение комплекса задач и выполнение множества требований. Всякое выставочное пространство выполняет свои задачи, и одна из сам важных – сохранение выставляемых экспонатов. Чтобы обеспечить сохранность, необходимо удовлетворить известные требования к освещенности экспонатов, равномерному распределению света, ограничение действия естественного света.

Следующей задачей освещения выставочного зала является представление экспонатов в наиболее комфортном для посетителя виде. Данная задача решается для каждого отдельного зала самостоятельно. В зависимости от особенностей определенного зала следует выбрать походящий подход к освещению таким образом, чтобы экспонируемые объекты не давали резких теней, бликов и не искажали форму и цвет.

Подводя итог, оптимальным проектом светового освещения является корректное решение двух представленных задач.

## 2 ОСВЕЩЕНИЕ МАЛОГО ЗАЛА АРТ ЦЕНТРА «БОРЕЙ»

### 2.1 Особенности зала, влияющие на параметры освещения

Арт центр был организован в 1991 году группой единомышленников, и основной его целью является создание такого места, в котором бы двери всегда были открыты для любых инициатив. Борей представляет широкий срез художественной и интеллектуальной жизни, необходимый для выработки критериев оценки современного искусства. В арт центре есть несколько залов, в большинстве из них экспонируются картины, в некоторых есть и инсталляции. Экспонируемые объекты в залах часто меняются, то есть большую часть залов занимают временные экспозиции. [16]

Малый зал арт центра представляет собой небольшое помещение с двумя колонными посередине, используемое для временных экспозиций. В основном в данном зале экспонируются картины. В качестве осветительных приборов используются люминесцентные лампы, для более активного акцентирования используются также галогеновые источники света. В зале присутствует естественное освещение из четырёх окон. Такое изобилие источников света вызывает дискомфорт, а также вполне возможно, что имеет место быть вредному воздействию солнечных лучей на экспонаты. Как уже было сказано ранее, музейные экспонаты входят в разные группы светочувствительности, и для каждой группы существуют свои требования к освещению. Существующее световое решение в Борее не позволяет в должной мере это регулировать. Регулирование светового потока обходится выключением ламп, а не регулировкой их яркости, что значительно неудобнее.

На момент посещения арт галереи в малом зале проходила выставка Анны Сорокиной «Начало неба», работы относятся к графике, максимальная освещенность которой не должна превышать 50 лк. Хоть работы и находятся под защитным стеклом, это не обеспечивает полной безопасности от большого количества, падающего на них света. Было решено визуализировать световое решение, которое бы удовлетворяло условиям для этих работ. Также необходима возможность регулирования светового потока, поскольку в зале будут

экспонироваться более светостойкие объекты, освещенность которых может превышать значение в 50 лк. Так регулирование мощности светильников, их расположения позволит подбирать новые решения в зависимости от новой экспозиции.




Рисунок 2.1 – План малого зала арт центра «Борей»



Рисунок 2.2 – Текущее световое решение для малого зала арт центра «Борей»



Рисунок 2.3 – Текущее световое решение для малого зала арт центра «Борей»

Следует выделить несколько необходимых критериев для любого светового решения малого зала арт галереи «Борей».

Во-первых, следует использовать современное «гибкое» оборудование. Такой критерий оставляет возможность более свободного выбора светового решения для разных экспозиций. На примере световых решений других залов было показано, что трековая установка является удобным инструментом для расположения осветительных приборов. Она позволяет выстраивать сложные системы, а также справляется с главной задачей для конкретного выставочного зала: изменения экспозиций. Осветительные приборы, предназначенные для акцентного освещения, в свою очередь должны иметь возможность вращения, что также позволяет решить задачу освещения сменяемых друг друга выставляемых объектов.

Также было выявлено, что использование светодиодного оборудования на данный момент является одним из самых безопасных вариантов для выставочных залов. Существует огромное количество разных светодиодных установок, применимых для музеев в частности. Каждая из них использует свой путь для регулировки световых параметров. Существуют варианты диммируемых

светильников, разные способы крепежа осветительные приборов, позволяющие изменять освещенность помещения. Но новейшим на данный момент способом регулирования освещения в помещениях является интерфейс, связывающий все осветительные приборы с пробором управления светом. Так, например, интерфейс DALI позволяет устанавливать минимальное и максимальное значение яркости, настраивать каждый светильник отдельно и сохранять несколько сценариев освещения. Используя такой метод регулирования освещения вместе с возможностью поворота светильников, можно обеспечить максимально большое количество разных сценариев освещения одного помещения, что необходимо для малого зала арт центра.

Обеспечению сохранности экспонатов также поможет ограничение естественного освещения в зале. Ранее было подробно описано вредное воздействие солнечного света ля музейных экспонатов. Чтобы обеспечить максимальную безопасность, следует ограничить поступления естественного помещения в выставочный зал.

Обеспечить комфорт посетителя – комплексная задача, которую можно решить разными способами. Было решено создать несколько 3D вариантов освещения данного зала, учитывая рассмотренные ранее необходимые критерии, с разными осветительными установками и параметрами, чтобы выбрать оптимальный вариант.

### 2.2 Разработка концепции освещения выставочного зала

Для освещения малого зала арт центра «Борей» было решено продемонстрировать две концепции светового решения. Первая концепция заключается в использовании для освещения пространства только акцентных светильников. Такой подход реализуется во многих выставочных пространствах и имеет свои особенности. Другая концепция подразумевает использование двух типов светильников: для акцентного освещения экспонатов и для общего освещения зала. Такой способ освещения также используется во многих музеях и имеет свои плюсы. Каждая концепция представлена несколькими вариантами размещения светильников. Чтобы выбрать оптимальное решение, необходимо

визуализировать все варианты и проанализировать их преимущества и недостатки. Помимо решения задачи комфортного освещения, нужно также решить задачу сохранности произведений искусства. Для этого необходимо соблюдать требования освещения музейных экспонатов. Совмещая решение двух таких задач, можно получить такой способ освещения выставочного зала, который бы мог представить экспонаты посетителям в наиболее комфортных условиях и без вреда для самих экспонатов.

### 2.2.1 Освещение зала акцентными источниками света

Опираясь на рекомендации к освещению экспонатов третьей группы светостойкости, было решено закрыть поступление естественного света в помещение плотными занавесками. Это поможет установить источники искусственного света так, чтобы не опираться на изменчивые условия, создаваемые за окном. Также это обеспечит сохранность экспонатов, поскольку естественное освещение оказывает на них негативное влияние. В малом зале арт галереи необходимости в освещении интерьера зала не наблюдается, таким образом, для проектирования светового решения было решено использовать только искусственные источники света.

В выставочных залах необходимость использования акцентного освещения неоспорима. В многих залах вместе с таким акцентным освещением используется и общее рассеянное освещение. Для малого зала арт галереи, как одну из концепций, было решено использовать акцентное освещение в качестве и общего, и акцентирующего. Такое световое решение удовлетворит рекомендациям по низкой освещенности экспонатов графики (30-50 лк), создаст атмосферу без резких перепадов освещенности, комфортную для посетителя.

На данный момент в зале используются люминесцентные источники освещения и несколько галогенных. В дневное время к искусственному освещению добавляется естественное освещение из окон.

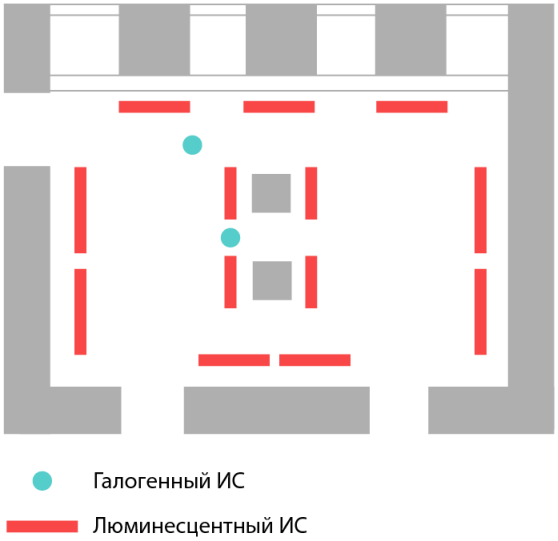



Рисунок 2.4 – Схема действующего освещения малого зала в арт центре «Борей»

Ограничив поступление естественного света, было решено опробовать несколько вариантов размещения источников искусственного света в зале. В зависимости от расположения трековой системы и светодиодных светильников изменяется освещенность зала.

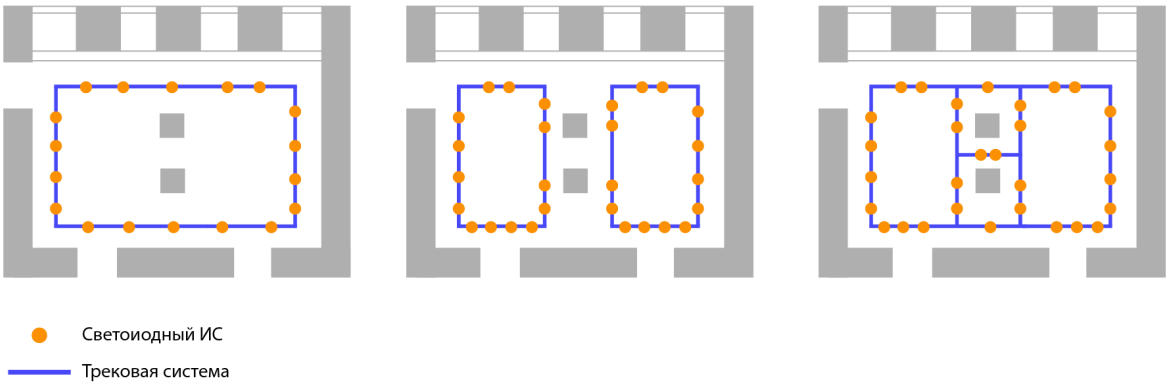



Рисунок 2.5 – Варианты альтернативного расположения светильников малого зала в арт центре «Борей»

Первый вариант освещения ставит во главе решаемых задач освещение экспонируемых объектов. Светильники, расположенные вблизи к стенкам, предполагают высокую освещенность стен и небольшое освещение основного пространства незадействованными в акцентировании светильниками. Второй вариант, в отличии от первого решает задачу освещения колонн и создает большее количество света для пространства. Третий вариант устраняет неосвещенные зоны предыдущих вариантов, создавая более гибкую систему освещения пространства.

Для того, чтобы выяснить, какой из вариантов является наиболее подходящим было принять решение визуализировать каждый из них. Важно также не забывать о требованиях к освещенности экспонатов, и чтобы убедиться в существовании возможности использования такого светового решения, нужно осуществить соответствующие расчеты освещенности.

#### 2.2.1.1 Выбор оборудования для освещения

Было решено использовать трековую систему, на которой расположены акцентирующие осветительные приборы. Поскольку такие светильники будут выполнять роль и акцентного освещения, и общего, было решено направить световые потоки осветительных приборов чуть выше экспонируемых работ, таким образом, обеспечив освещенность картин рассеянным светом. Такой подход безопаснее для картин, и дает возможность осветить больше пространства рассеянным светом.

На рынке осветительных приборов на данный момент представлено огромное количество производителей и их продуктов. Для того, чтобы выбрать подходящий вариант для освещения выставочного пространства было проанализировано множество источников искусственного освещения и их характеристик. Важно отметить, что рассматривались только такие источники света, для которых от производителя были предоставлены все необходимые фотометрические, в том числе IES-файлы. Для освещения малого зала было решено выбрать источник света, который бы удовлетворял следующим условиям:

- Возможность вращения;

- Совместимость с системой управления светом DALI:
- Светодиодный источник света;
- Возможность использования с трековой системой;
- Практика использования в выставочных залах;

Таблица 3

| Наименование светильника | Возможность вращения | Совместимость с системой DALI | Возможность использования с трековой системой | Практика использования в выставочных залах |
|---|---|---|---|---|
| Светодиодный светильник «gin.o» фирмы Hoffmeister Leuchten | + | - | + | Используется в залах Гессенского музея, Германия |
| Светильник Oseris фирмы ERCO | + | + | + | Выставка в Берлинском гравюрном кабинете |
| Светильник RINGO P фирмы МДМ-ЛАЙТ | - | + | - | Музей хоккейной славы, Москва |
| Светильник i-Led фирмы ARTLIGHT | + | - | - | Зал Латинской Америки Кунсткамеры, Санкт-Петербург |

Светильник Oseris фирмы ERCO удовлетворяет всем этим условиям. Также данный светильник представлен с различными вариантами светового потока и световой температуры. Такой светильник предназначен для акцентного освещения. [17-20]



Рисунок 2.6 – Внешний вид светильника Oseris



Рисунок 2.7 – Пример использования светильника Oseris для выставочного пространства

Поскольку все выставленные в малом зале экспонаты располагаются на стенах, а также потому что по большей части данном зале выставляются именно картины, было решено основной световой поток направить на стены.

**2.2.1.2 Расчет освещенности и визуализация светового решения**

Для того, чтобы иметь точное представление о возможности существования такой концепции освещения, удовлетворяющей известные требования,

необходимо произвести расчет освещенности со всеми параметрами светильников. Такой расчет можно произвести с помощью программы Dialux.

Dialux представляет собой пакет инструментов для светотехнических расчетов. Расчет с помощью этой программы имеет ряд преимуществ перед ручными способами и расчетом освещения в 3ds MAX. Главным преимуществом, несомненно, является точность светотехнических расчетов. [13]

Для расчета освещенности различных вариантов размещения светильников была смоделирована сцена малого зала, расставлены источники света согласно плану их размещения, настроены шарниры согласно размещению картин на стенах.

На изображении 2.8 представлена реализованная сцена малого зала с расставленными осветительными приборами в программе Dialux.

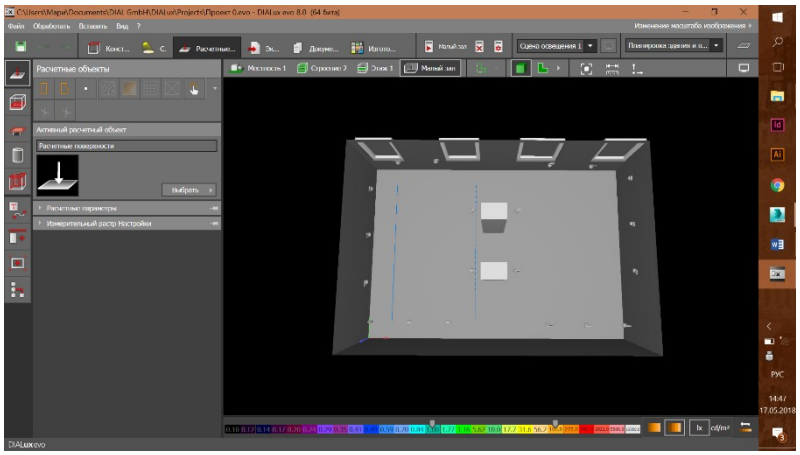


Рисунок 2.8 – Сцена Малого зала в программе Dialux

Были произведены расчеты для трех вариантов размещения светильников. Выбранные светильники имеют возможность поворота на 360 градусов и перемещения по трековой установке. Мощность светильников, направленных на экспонаты составляет 2 Ватта, мощность светового потока 210 лм. Поскольку поток света направлен на пространство над картинами, освещенность самих экспонатов не превышает значения в 50 лм, как и требуется для такого типа

экспонатов. Незадействованные в освещении экспонатов крайние светильники освещают пространство.

На изображениях 2.9 - 2.10 можно увидеть расчет освещенности для одного из вариантов, произведённый в программе Dialux. Согласно расчетам всех представленных вариантов, средняя освещенность каждой из стен не превышает 50 лк, что удовлетворяет требованиям к освещенности представленного типа экспонатов.

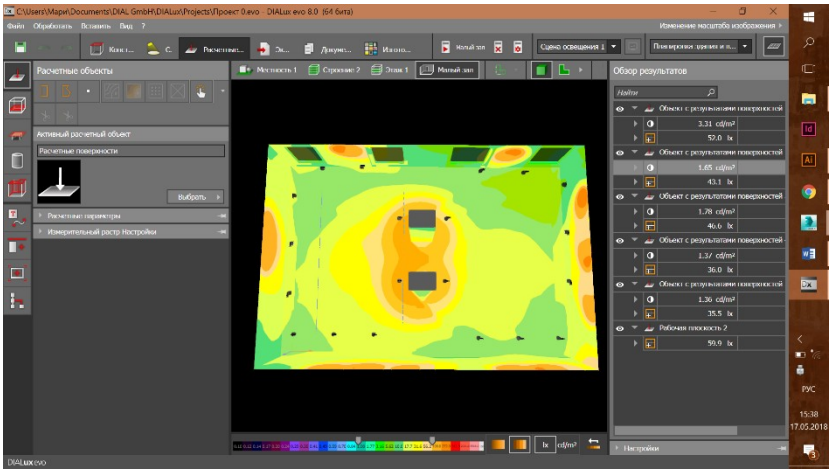


Рисунок 2.9 – Расчет освещенности малого зала для светочувствительных экспонатов

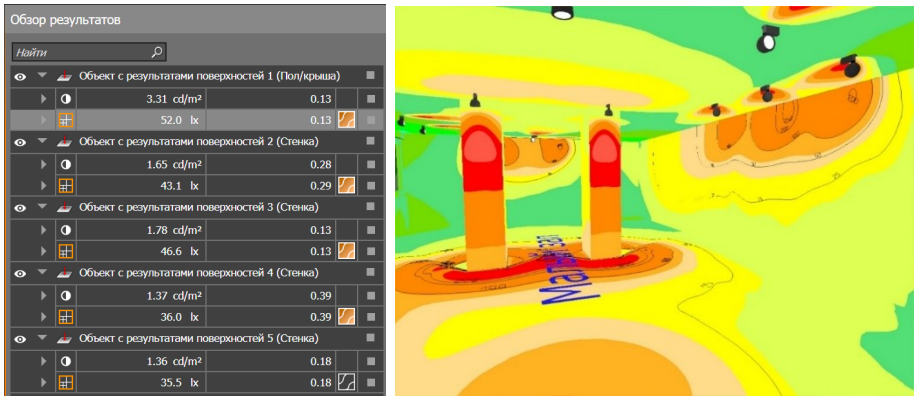



Рисунок 2.10 – Расчет освещенности рабочих плоскостей малого зала для светочувствительных экспонатов

Свет направлен над пространством размещения картин, поэтому над ними освещенность выше 50 лк, а сами картины освещены в пределах нормы. Таким образом, акценты в помещении расставлены так, чтобы посетитель обратил внимание в первую очередь на выставляемые экспонаты, а освещенность середины зала поможет для комфортного восприятия обстановки.

Можно справедливо заметить, что предложенные варианты удовлетворяет особенностям данной светочувствительной экспозиции. Однако при выставлении работ более стойких к свету появляется возможность и необходимость для более яркого освещения экспонатов. На рисунке 2.11 представлен вариант расчета освещенности для потенциальной экспозиции, светочувствительность которой допускает освещённость в 100 - 200 лк. Данный расчет представлен с теми же осветительными приборами. Чтобы достичь более высокой освещенности были произведены следующие изменения: регулировка шарниров светильников, задействование светильников для общего освещения в качестве акцентирующих, использование диммируемых светильников.

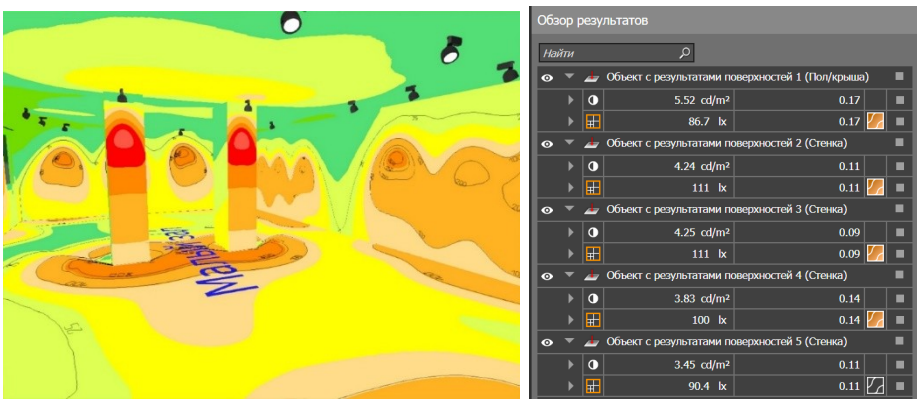



Рисунок 2.11 – Расчет освещенности малого зала, средняя освещенность 100 лк

Таким образом, данные варианты освещения выставочного зала могут быть представлены для разного типа экспозиций, что удовлетворяет одной из главных задач освещения конкретного пространства.

Согласно плану помещения, была создана сцена в программе 3Ds MAX для того, чтобы визуализировать все возможные подходы к освещению данного зала. 3Ds MAX позволяет не только визуализировать само помещение, но и визуализировать освещение, используя светильники и их фотометрические данные, что позволяет подобрать оптимальное решение для выставочного зала.

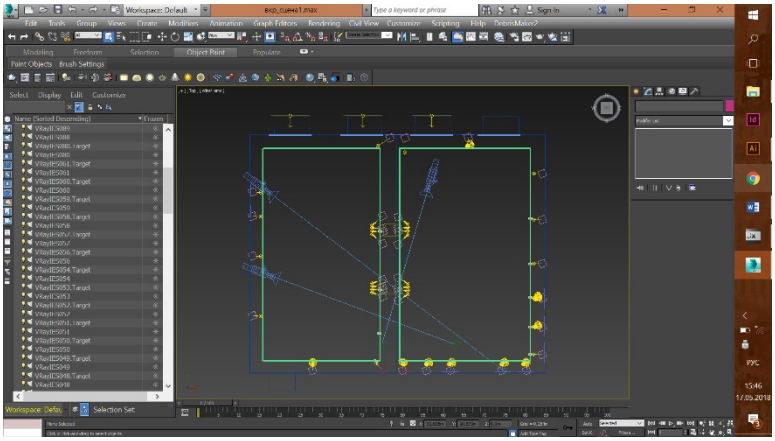


Рисунок 2.12 – Сцена малого зала, разработанная в программе 3Ds MAX

На изображениях 2.13 – 2.15 представлены визуализации трех вариантов размещения светильников малого зала с данной концепцией освещения. Здесь можно посмотреть, насколько комфортно для восприятия зрителя выглядит такие способы освещения. Акцентное освещение экспонатов предоставляет возможность выделения на общем фоне экспонируемых объектов и выдвижения их на первый план. Общая освещенность зала отвечает требованием и создает окружение зала, удовлетворяющее его особенностям.

Было решено также визуализировать варианты освещения с разной температурой света в пределах установленной требованиями нормы. Наиболее комфортной считается температура света, максимально приближенная к температуре дневного света. Но такой вариант освещения недопустим, поскольку способен оказать вредное воздействие на экспонаты. В большинстве выставочных пространств принято использовать нейтральную температуру света, численно равную примерно 4000 К.



Рисунок 2.13 – Визуализации первого варианта освещения малого зала с нейтральной цветовой температурой 4000K



Рисунок 2.14 – Визуализации второго варианта освещения малого зала с нейтральной цветовой температурой 4000K



Рисунок 2.15 – Визуализации третьего варианта освещения малого зала с нейтральной цветовой температурой 4000K

На изображениях 2.16 представлены варианты более теплого (3500K) и более холодного (5000K) освещения зала. Для конкретных экспозиций порой использование более тёплого или холодного света подчеркивает особенности экспонатов, однако для данной экспозиции лучше выглядит нейтральный белый свет. Нейтральная температура света является более универсальной в контексте постоянной смены экспозиций.



Рисунок 2.16 – Визуализация освещения малого зала с теплой (3500K) и холодной (5000K) цветовой температурой

На восприятие пространства влияет множество факторов, и один из них – цвет стен и окружающей обстановки. Так, нейтральные белые стены могут выгодно визуально делать пространство больше, а темные стены вместе с акцентным освещением усиливают контраст. На изображении 2.15 можно увидеть, как выглядит тот же выставочный зал с темными стенами. Данное решение используется во многих современных выставочных залах. Такое сочетание может выгодно обыграть контрасты в сами работах, чем активно пользуются многие галереи.

Все визуализации вариантов освещения можно увидеть в Приложениях 1-5.



Рисунок 2.17 – Визуализации освещения малого зала с темными стенами и нейтральной температурой

Таким образом, сравнивая три варианта акцентного освещения зала, можно отметить несколько преимуществ и недостатков для каждого из вариантов. Так, например, в первом варианте больше внимания уделяется экспонатам, большая часть света падает на стены, создавая яркий контраст, выделяя экспонируемые объекты в пространстве. Однако такой вариант может показаться излишне концентрирующим внимание на стенах и недостаточно на пространстве. Более равномерное освещение пространства достигнуто во втором и третьем варианте освещения зала, где акцентирующие источники света направлены также и на колонны. Во втором варианте можно заметить, что колонны освещаются только с двух сторон, а рассеянный свет падает на пространство рядом. В третьем же варианте колонны освещаются со всех четырех сторон, что создает излишне сильный контраст в центре помещения. Акцентирование в этом варианте работает в первую очередь для колонн, что не выполняет первую задачу акцентного освещения выставочного пространства: выделение на общем фоне выставляемых экспонатов.

Подводя итог, можно сказать, что наиболее удачными оказались первые два варианта расположения светильников, поэтому есть смысл использовать их для дальнейшего поиска удачного светового решения данного зала.

### 2.2.2 Освещение зала акцентными и общими рассеянными источниками света

В качестве второй концепции освещения рассматривается возможность использования в зале двух типов искусственного света. Первый тип предназначен для акцентирующего освещения зала, а второй тип для общего освещения пространства. Так, одним из самых популярных подходов к освещению залов является совмещение общего рассеянного света с акцентирующим светом. Это предоставляет возможность более простого регулирования освещения экспонатов. Используя акцентное освещение для выполнения задачи освещения и зала, и экспонатов, могут возникнуть сложности с равномерным распределением света в зале. При комбинировании общего и акцентного освещения каждая группа светильников отвечает за выполнение конкретной задачи. То есть акцентное освещение при таком решении будет направлено только на экспонируемые объекты и решать задачу выделения объектов на общем фоне и представление их без искажений. Общее освещение в свою очередь решает задачу равномерного освещения всего зала.

Таким образом, было принято решение предоставить варианты освещения малого зала с использованием такой комбинации. На примере первой концепции освещения были выделены наиболее удачные варианты размещения светильников. В условиях такого комбинированного освещения исчезает необходимость в регулировании акцентных источников света для освещения пространства.  Так, можно отметить, что общее освещение становится более равномерным. На рисунке 2.18 представлены варианты размещения светильников.

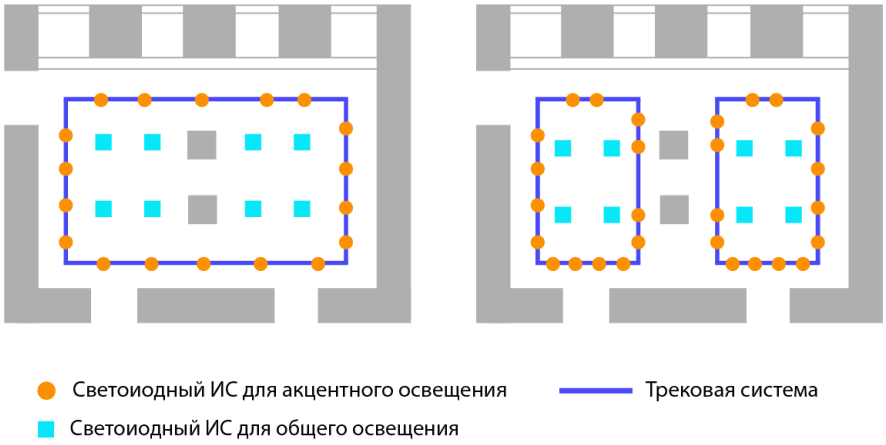



Рисунок 2.18 – Схема вариантов нового освещения малого зала в арт центре «Борей»

### 2.2.2.1. Выбор оборудования для освещения

Для акцентного освещения зала используются те же осветительные приборы – светильники Oseris фирмы ERCO, которые использовались для предыдущего концепта освещения.

Подбор светильника для общего освещения зала потребовал удовлетворения тех же задач, что и подбор акцентирующего светильника. Осветительный прибор должен быть светодиодным, диммируемым, иметь в открытом доступе фотометрические данные, работать с системой регулирования света DALI.

Светильник Compar Square фирмы ERCO удовлетворил такие требования, было решено использовать данный светильник для освещения выставочного зала.

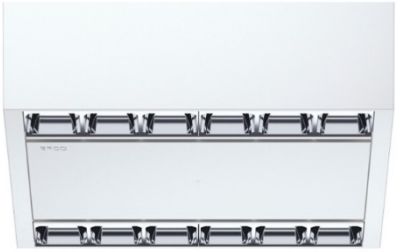


Рисунок 2.19 – Светильник Compar Square



Рисунок 2.20 – Пример освещения пространства светильниками Compar Square

#### 2.2.2.1. Расчет освещенности и визуализация светового решения

Как уже было сказано, сохранность экспонатов – важнейшая задача, выполнение которой зависит от освещения в том числе. Комбинирование акцентного и рассеянного света должно быть также просчитано, чтобы иметь представление о возможности воплощения такого варианта, удовлетворяющее требованиям освещенности.

Для расчета освещенности использовалась так же сцена в программе Dialux, но с новыми наборами расстановок светильников.

На изображениях 2.21 можно увидеть расчет освещенности в той же сцене Dialux для предполагаемых вариантов, произведённый в программе Dialux. Согласно расчетам, средняя освещенность каждой из стен не превышает 50 лк, что удовлетворяет требованиям к освещенности представленного типа экспонатов.

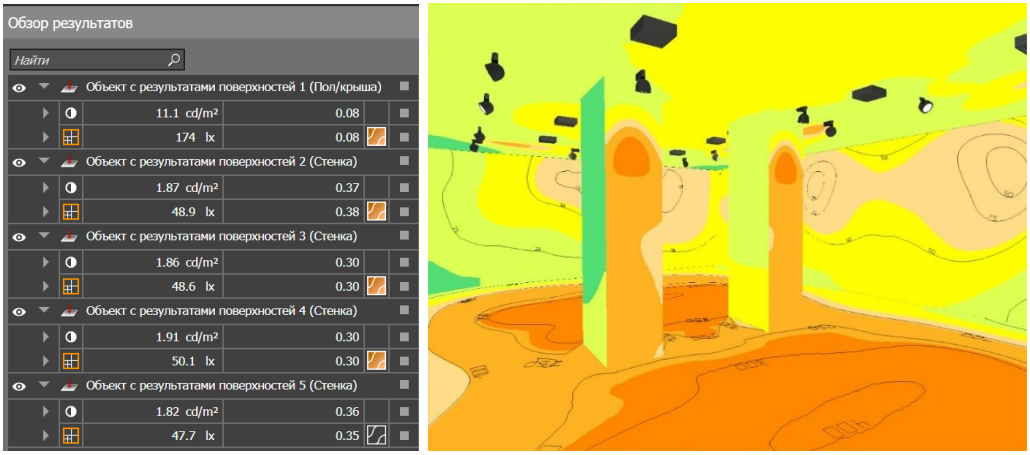



Рисунок 2.21 – Расчет освещенности рабочих плоскостей малого зала для светочувствительных экспонатов

На тепловых картах можно увидеть, что освещенность стен, на которых располагаются экспонаты не превышает установленной нормы. Общее рассеянное освещение создает необходимую равномерную освещенность всего пространства.

Для освещения более светостойких экспонатов путем регулировки светильников было достигнуто более высокое значение средней освещенности для всего помещения и стен, в частности.

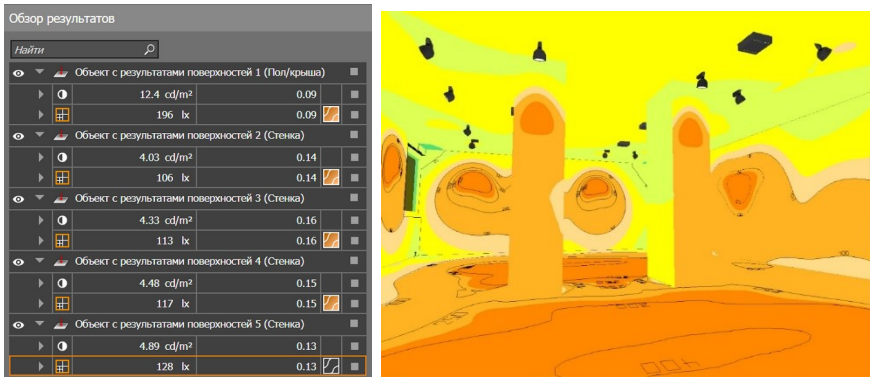



Рисунок 2.22 – Расчет освещенности рабочих плоскостей малого зала для светостойких экспонатов

На тепловой карте можно заметить следующие изменения: общая освещенность повысилась, средние показатели освещенности стен также повысились, но не превышают нормы в 200 лк.

Важно отметить, что на расчете освещенности заметно как равномерно распределяется свет в пространстве. Сравнивая с предыдущими вариантами, где используется только акцентное освещение, такое решение имеет значительное преимущество. На изображении 2.23 можно увидеть карту освещенности зала сверху.

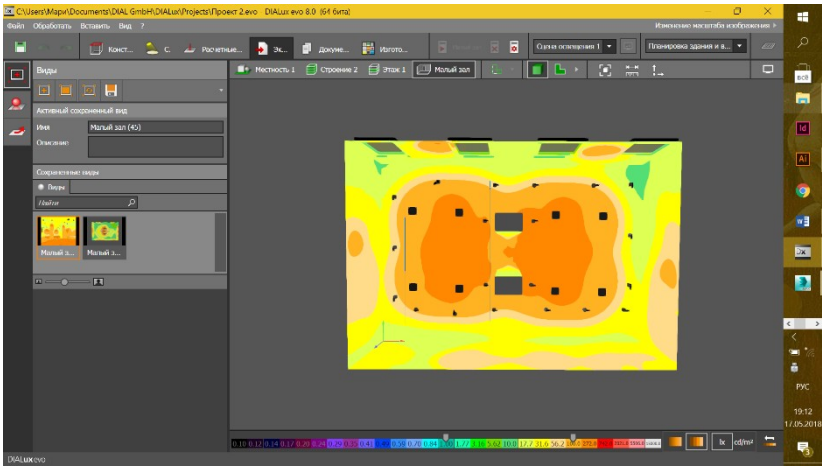


Рисунок 2.23 – Расчет освещенности малого зала, вид сверху

С помощью программы 3ds max в той же сцене были визуализированы световые решения. Первое световое решение представлено на рисунке 2.24. Здесь акцентирующие светильники направлены на стены и непосредственно на экспонаты. В отличии от предыдущих вариантов, светильники расположены ближе к центру, что позволяет равномерно распределить световой поток, где самое яркое место будет на экспонате, а рассеянный свет вокруг него.



Рисунок 2.24 – Визуализация первого варианта освещения малого зала с нейтральной цветовой температурой 4000K

Второе решение представлено на рисунке 2.25. Здесь акцентирующие светильники используются для освещения не только экспонатов, но и колонн с двух сторон. Это создает больше освещенности и добавляет возможность экспонировании экспонатов на колоннах. Как уже было сказано ранее, малый зал предназначен для временных экспозиций, поэтому такое решение более универсально, чем первое.



Рисунок 2.25 – Визуализация второго варианта освещения малого зала с нейтральной цветовой температурой 4000K



Рисунок 2.19 – Визуализация освещения малого зала с холодной (5000K) и теплой (3500K) цветовой температурой

Такое решение с темным цветом стен также помогает подчеркнуть экспонаты на общем фоне.



Рисунок 2.21 – Визуализация освещения малого зала с темными стенами и нейтральной температурой

Таким образом, представленное световое решение удовлетворяет задачам освещения данного выставочного зала. Общее освещение зала создает привычную атмосферу равномерно распределенного в помещении света, а акцентное

освещение выделяет экспонаты на общем фоне. Возможность регулирования параметров освещения поможет выстроить освещение для любого типа экспонатов. Второй вариант освещения из представленных двух имеет ряд преимуществ над первым вариантов. Во-первых, освещенность зала выше, во-вторых, световое решение выглядит более эффектно. Также такое решение будет более практичным, поскольку освещённые колонны можно использовать для экспонирования картин.

## Заключение

Выбор освещения для выставочного или музейного пространства предполагает решение целого комплекса задач. Во всяком пространстве, предназначенном для экспозиций, должны быть предусмотрены все условия для безопасного содержания экспонатов и комфортного посещения для посетителей. Неаккуратное воздействие света может оказаться губительным для экспонатов. Световое решение может как помогать посетителю, так и наоборот мешать его корректному восприятию произведений искусства. Во избежание таких ситуаций необходимо продумать световое решение таким образом, чтобы оно обеспечивало и сохранность экспонатов, и их демонстрацию для посетителей без каких-либо неудобств и искажений.

На основе анализа существующих методов и подходов к освещению галерей и музеев, требований к проектированию освещения, опираясь на особенности конкретного зала – малого зала арт центра «Борей», было предложено несколько вариантов освещения выставочного пространства, предназначенного для временных экспозиций. Использование современного оборудования обеспечивает гибкие возможности к смене освещаемых объектов.

Сравнивая предложенные варианты освещения, было выявлено, что оптимальным вариантов освещения является предложенный вариант комбинации акцентного и общего рассеянного освещения зала. Такое решение позволяет регулировать уровень освещенности зала и экспонатов более простым путем, а также создает более равномерную общую освещенность пространства.

Таким образом, представленный вариант освещения удовлетворяет поставленной цели данной работы. В результате проделанной работы можно наблюдать визуализированные световые решения малого зала арт центра «Борей», удовлетворяющие требованиям к освещенности данного пространства.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. Статистика культуры 2016. Ежегодное справочное издание о состоянии культуры Российской Федерации в цифрах. – М.: 2017. – 292 с.
2. Освещение в музее «Hessiches Landesmuseum» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.k-to.ru/ru/interesting/detail.php?ID=2313
3. Новое освещение в национальном музее Польши в Варшаве [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.trinova.ru/blog/view/novoe-osveschenie-v-nacionalnom-muzee-polshi-v-varshave/
4. Сайт производителя осветительных приборов lightprojects для Mauritshuis Royal Picture Gallery. Режим доступа: http://www.lightprojects.co.uk/projects.nsf/museum_1
5. Рекомендации по проектированию искусственного освещения музеев, картинных галерей и выставочных залов – 1992.
6. Р.А. Левина, Бредняков, Л.И. Душкина, НЛ. Рсбрикова, Г.А. Зайцева. Хранение музейных коллекций. Практическое пособие. – 1995
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий – 2010.
8. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение – 2004.
9. Бхаттачарджи А., Мазамдар С. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению //Светотехника: -М. – 2016.
10. Шанда Я. Что такое точность воспроизведения цвета в музейном освещении? //Светотехника: М. – 2014.
11. DALI – общепринятый стандарт для цифрового управления светом [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.svetm.ru/files/transformatory_epra_patrony/pdf/Kap09_2-EPRA-i-upravlenie-svetom.pdf

12. Освещение в музеях – сложная задача, требующая точного расчета [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elektrik-a.su/elektricheskoe-osveshhenie/vnutrennee-osveshhenie/osveshhenie-v-muzeyah-402

13. Официальный сайт Dialux. Режим доступа: https://www.dial.de

14. Официальный сайт музея современного искусства «Эрарта». Режим доступа: https://www.erarta.com

15. Официальный сайт музея современного искусства «MoMA». Режим доступа: www.moma.org

16. Официальный сайт арт центра «Борей». Режим доступа: http://borey.ru/

17. Официальный сайт осветительных приборов компании ERCO. Режим доступа: http://www.erco.com/

18. Официальный сайт осветительных приборов компании Hoffmeister. Режим доступа: http://www.hoffmeister.de/

19. Официальный сайт осветительных приборов компании MDM-LIGHT Режим доступа: www.mdm-light.ru

20. Официальный сайт осветительных приборов компании Artlight. Режим доступа: artlight-magazine.com

Приложение 1

Освещение акцентными источниками света. Вариант 1.



Камера 1, T= 4000K



Камера 2, T= 4000K



Камера 3, T= 4000K



Камера 1, T= 3500K



Камера 2, T= 3500K



Камера 3, T= 3500K



Камера 1, T= 5000K



Камера 2, T= 5000K



Камера 3, T= 5000K



Камера 1, T= 4000K, тёмные стены



Камера 2, T= 4000K, тёмные стены



Камера 3, T= 4000K, тёмные стены

Приложение 2

Освещение акцентными источниками света. Вариант 2.



Камера 1, T= 4000K



Камера 2, T= 4000K



Камера 3, T= 4000K



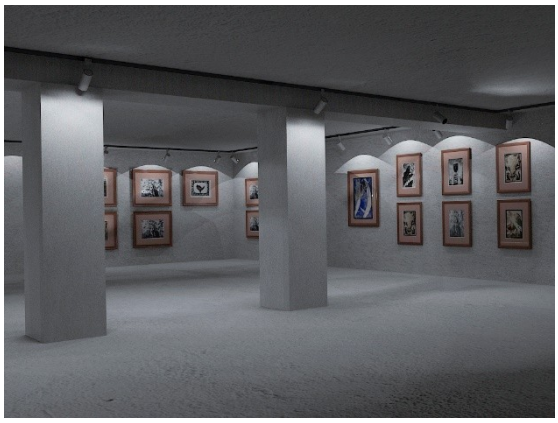
Камера 1, T= 3500K



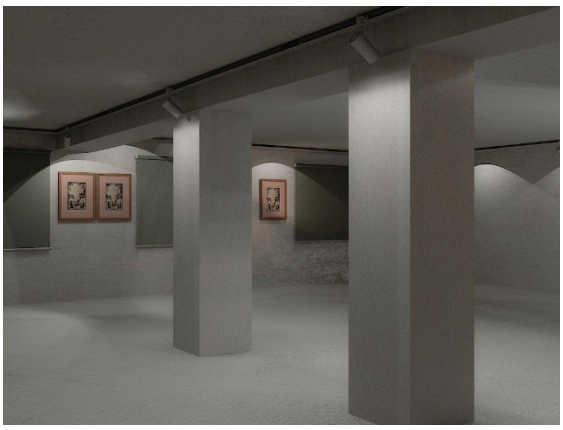
Камера 2, T= 3500K



Камера 3, T= 3500K



Камера 1, T= 5000K



Камера 2, T= 5000K



Камера 3, T= 5000K



Камера 1, T= 4000K, темные стены



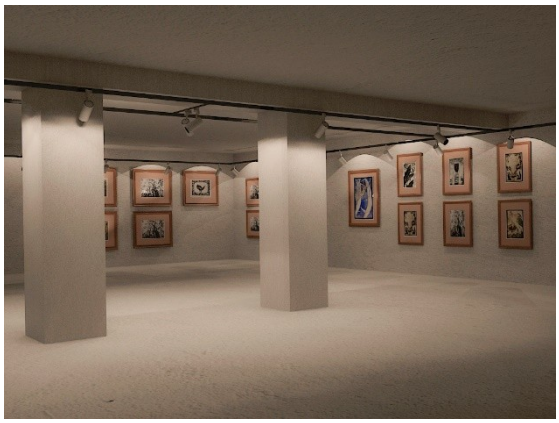
Камера 2, T= 4000K, темные стены



Камера 3, T= 4000K, темные стены

Приложение 3

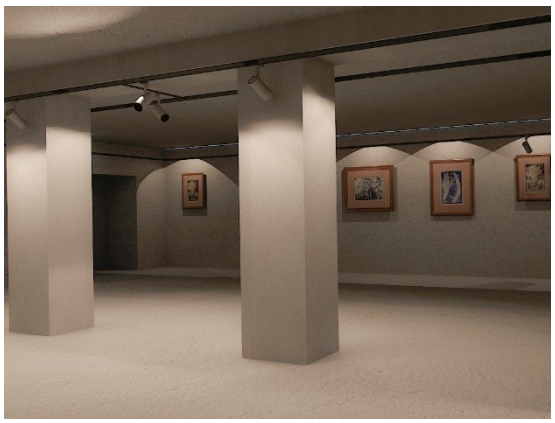
Освещение акцентными источниками света. Вариант 3.



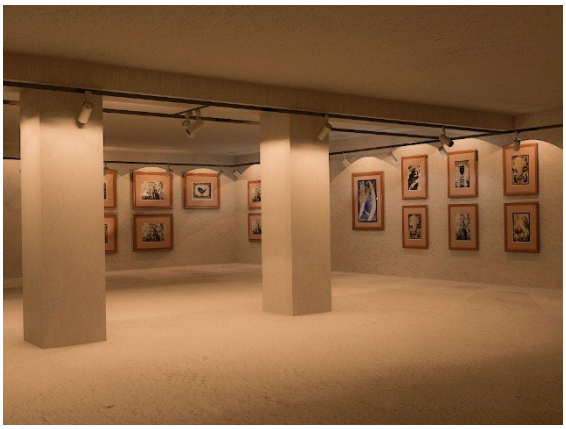
Камера 1, T= 4000K



Камера 2, T= 4000K



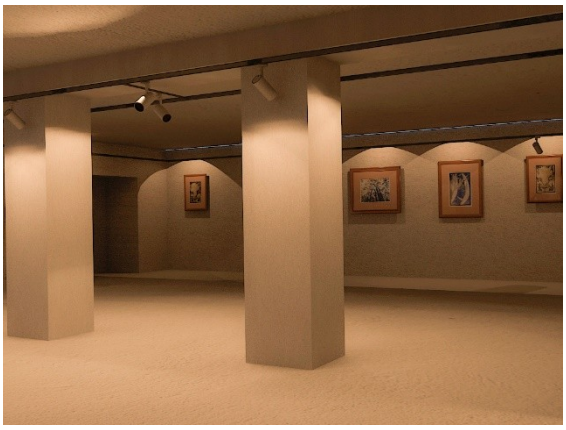
Камера 3, T= 4000K



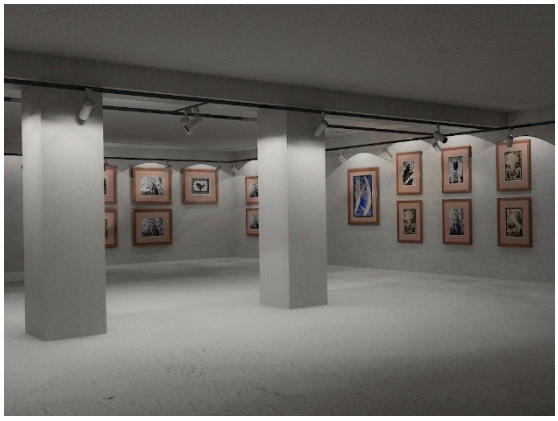
Камера 1, T= 3500K



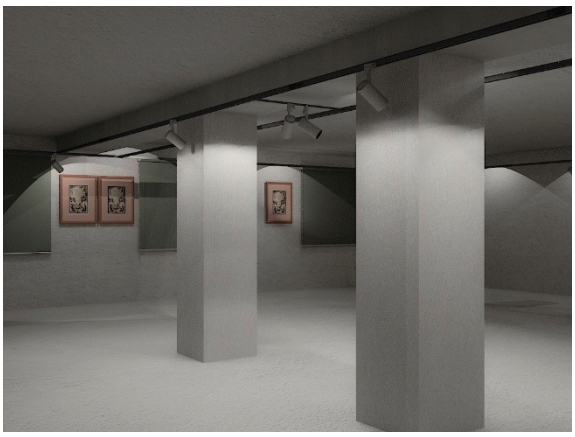
Камера 2, T= 3500K



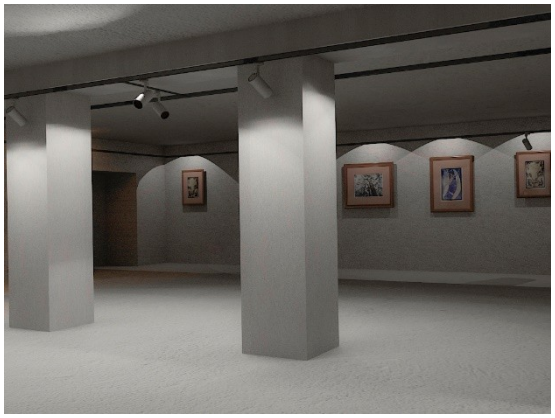
Камера 3, T= 3500K



Камера 1, T= 5000K



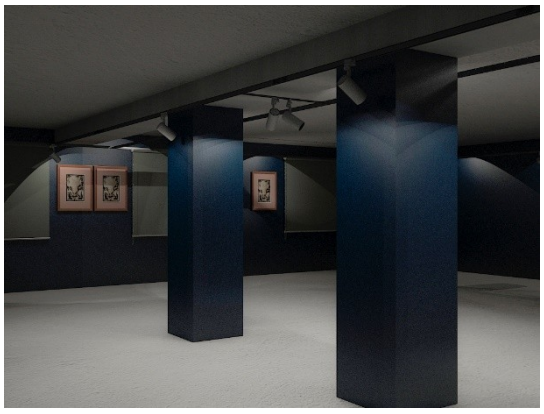
Камера 2, T= 5000K



Камера 3, T= 5000K



Камера 1, T= 4000K, темные стены



Камера 2, T= 4000K, темные стены



Камера 3, T= 4000K, темные стены

Приложение 4

Освещение акцентными и общими рассеянными источниками света. Вариант 1.



Камера 1, T= 4000K



Камера 2, T= 4000K



Камера 3, T= 4000K



Камера 1, T= 3500K



Камера 2, T= 3500K



Камера 3, T= 3500K



Камера 1, T= 5000K



Камера 2, T= 5000K



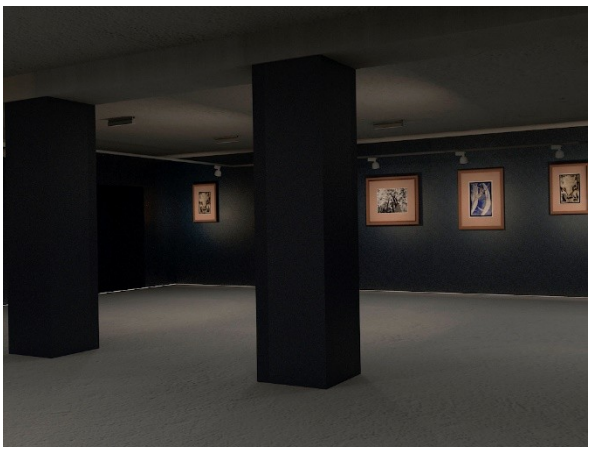
Камера 3, T= 5000K



Камера 1, T= 4000K, темные стены



Камера 2, T= 4000K, темные стены



Камера 3, T= 4000K, темные стены

Приложение 5

Освещение акцентными и общими рассеянными источниками света. Вариант 2



Камера 1, T= 4000K



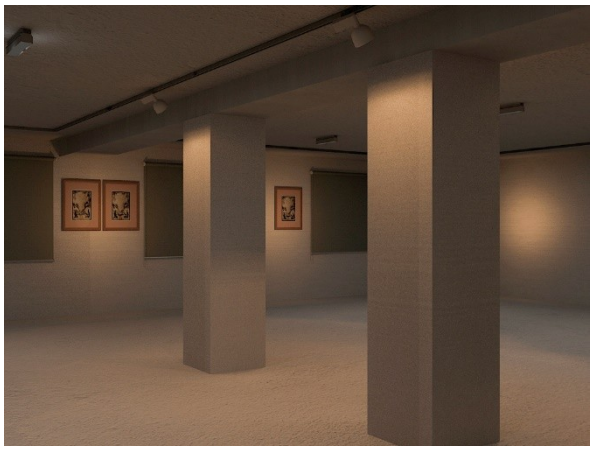
Камера 2, T= 4000K



Камера 3, T= 4000K



Камера 1, T= 3500K



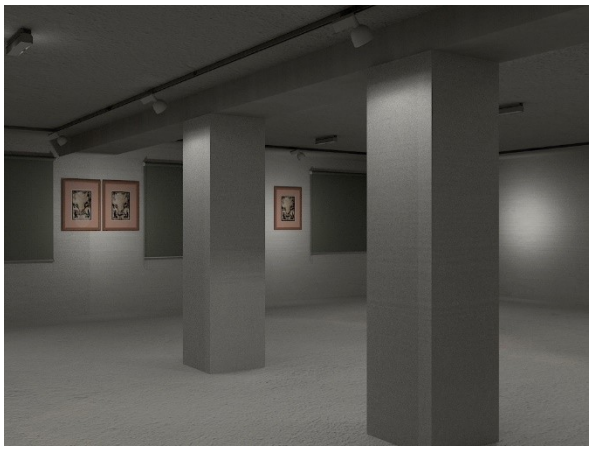
Камера 2, T= 3500K



Камера 3, T= 3500K



Камера 1, T= 5000K



Камера 2, T= 5000K



Камера 3, T= 5000K



Камера 1, T= 4000K, темные стены



Камера 2, T= 4000K, темные стены



Камера 3, T= 4000K, темные стены