

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«МЭИ»

Институт ИРЭ ЭТФ Кафедра Светотехники
Направление Электроника и наноэлектроника

ЗАДАНИЕ НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ

по программе подготовки магистров Теоретическая и
прикладная светотехника 21010

Тема: «Исследование оптимальных условий работы диспетчера и светоаудит освещения
железнодорожного вокзала»

Время выполнения работы с 2 ноября 2013 по 1 июня 2014

Студент Ефремов А.И. ЭР-04-08
Фамилия, и., о. группа подпись

Научный руководитель ст. преподаватель, Романова Т.К.
должность, звание, фамилия, и., о. подпись

Консультант _____
должность, звание, фамилия, и., о.

Зав. кафедрой к.т.н, Боос Г. В.
звание, фамилия, и., о., подпись, дата утверждения задания

Место выполнения научной работы НИУ «МЭИ» (ТУ) кафедра «Светотехники»

Москва

« _____ » _____ 2014 г.

1.Обоснование выбора темы диссертационной работы

Железная дорога – крупнейший потребитель электроэнергии, и энергосберегающие технологии были приоритетны для неё во все времена.

Практически все развитые и развивающиеся страны в настоящее время стоят перед необходимостью решения проблем нарастающего дефицита энергетических ресурсов и загрязнения окружающей среды (в том числе, содержащейся в газоразрядных лампах ртутью). Россия в этом плане также не является исключением.

На сегодняшний день светодиодные системы начинают успешно применять в освещении железнодорожных платформ, подъездных и железнодорожных путей, привокзальных площадей, наружном и фасадном освещении вокзалов, освещении пассажирских поездов и пригородных электричек, а также в освещении офисных и технических помещений.

Переходя на инновационные светодиодные технологии, стоит задуматься: действительно ли они настолько хороши, что превосходят остальные осветительные установки как по количественным, так и по качественным характеристикам? Ответ на данный вопрос будет раскрыт в данной диссертации.

Научный руководитель Романова Т.К. дата _____

Студент Ефремов А.И. дата _____

2.Консультации по разделу

Подпись консультанта _____ дата _____

3.Консультации по разделу

Подпись консультанта _____ дата _____

4. План работы над магистерской диссертацией

№ п\п	Содержание разделов	Срок выполнения	Трудоёмкость в %
I	Теоретическая часть Обзор тематической литературы	2.11.2013 – 1.04.2014	5%
II	Анализ существующих экспериментальных данных Сбор результатов аналогичных экспериментов Подготовка материалов для проведения светоаудита наружной осветительной установки железнодорожного вокзала. Составление протоколов измерений Сбор информации о железнодорожном вокзале Вылет на объект	2.02.2014- 1.04.2014 1.12.2013- 15.12.2013 15.12.2013- 18.12.2013	5% 10% 15%

III	Экспериментальная часть		
	Постановка задачи исследования, разработка методики проведения экспериментов	5.03.2014 - 10.03.2014	5%
	Подготовка лаборатории на базе одного из помещений кафедры «Светотехника» НИУ «МЭИ» (ТУ) для исследования оптимальных условий работы диспетчера	7.04.2014 – 13.04.2014	20%
	Проведение экспериментов	13.04.2014- 5.05.2014	20%
	Анализ полученных данных	5.05.2014- 1.06.2014	10%
IV	Оформление диссертации		
	Написание и оформление диссертации.	1.05.2014 – 5.06.2014	10%

5. Рекомендуемая литература

1. Дейнего В.Н. Гигиенические проблемы использования светодиодов в системах искусственного освещения // Рецензия на книгу: Кучма В.Р., Текшева А.М. «Гигиенические основы использования светодиодов в системах искусственного освещения» М. Издатель ФГБУ «Научный центр здоровья детей» РАМН 2013г. 6 с.
2. Л.М. Текшева, НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБУ «НЦЗД» РАМН, Москва. Журнал «Светотехника», №5 2012 г., с. 16-22.
3. ОСТ 32.120-98 «Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта» // Министерство путей сообщения Российской Федерации. - М., 1998. 91 с.
4. М. А. Островский «Молекулярные механизмы повреждающего действия света на структуры глаза и системы защиты от такого повреждения» // Успехи биологической химии, т. 45, - Москва, 2005. с. 173—204
5. ГОСТ Р МЭК 62471- (МЭК 62471:2006) «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» // ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». - Москва, 2011. 63 с.
6. Н.В. Рожкова, Г.В. Федюкина «Методические указания по проведению энергоаудита осветительных установок» // Новости светотехники, Выпуск 2 (40). – Москва, 2004. 25 с.

6. Краткие сведения о студенте:

Домашний адрес Московская область, г. Раменское, ул. Чугунова, д.32, кв.189
Телефон служебный _____ домашний _____

Оглавление

Задание на магистерскую диссертацию	2
Оглавление	5
Аннотация	8
Список обозначений и сокращений	9
Введение	11
Глава 1. Литературный обзор	14
Раздел 1. Обзор нормативных документов	14
1.1. Общие сведения	14
1.2. Разделы BREEM	14
1.3. Оценка по BREEM	15
1.4. Сводная таблица норм	17
1.5. Дополнительные нормируемые параметры	18
1.6. Методика расчета показателя ослепленности для железнодорожных станций	19
Раздел 2. Программное обеспечение для проектирования наружной осветительной установки железнодорожного вокзала	21
Раздел 3. Светодиодные лампы в колбе T8, как замена люминесцентным лампам	23
Раздел 4. Опасное влияние доли синего излучения светодиодных ламп	24
Раздел 5. Исследования влияния светодиодного освещения на человека	28
Раздел 6. Факторы освещения, влияющие на утомляемость человека	36
Раздел 7. Астенопия: синдромы и причины	39
Глава 2. Светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала	42
Раздел 1. Световые приборы и источники света, используемые в наружной ОУ вокзала	42
Раздел 2. Нормируемые параметры наружной осветительной установки	44
Раздел 3. Расчет показателя ослепленности для железнодорожных платформ	45
Раздел 4. Светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала	46
4.1. Общие положения	46
4.2. Светоаудит отдельных частей вокзала	48
4.2.1. Пассажирские платформы	49
4.2.2. Главная лестница вокзала	53
4.2.3. Центральная платформа вокзала	57
Раздел 5. Выводы и анализ проведенного светоаудита	59
5.1. Анализ освещения пассажирских платформ	59
5.2. Анализ освещения главной лестницы вокзала	59

Глава 3. Исследование влияния светодиодного и люминесцентного освещения на зрительную утомляемость и работоспособность поездного диспетчера	60
Раздел 1. Рабочие обязанности поездного диспетчера	60
Раздел 2. Концепция создания исследовательской лаборатории	64
Раздел 3. Постановка цели исследования	65
Раздел 4. Светильники, используемые в исследовании	66
Раздел 5. Лампы, используемые в исследовании	67
5.1. Светодиодные лампы ASD.....	67
5.2. Люминесцентные лампы Osram	68
Раздел 6. Технические средства и устройства, применяемые в ходе эксперимента	70
6.1. Описание используемых мониторов.....	70
6.1.1. Экран InfoVision в составе ноутбука Lenovo IdeaPad Z570.....	70
6.1.2. Жидкокристаллический LCD-монитор Samsung SyncMaster 193P+	71
6.2. Поляризационное устройство М-53А.....	72
6.2.1. Характеристики прибора.....	72
6.2.2. Принцип действия поляризационного устройства М-53А	72
6.2.3. Методика работы с прибором и обработка полученных измерений	73
6.2.4. Погрешности поляризационного устройства М-53А	74
6.2.5. Расчет предельной суммарной погрешности устройства	75
Раздел 7. Таблица приборов, применяемых в ходе эксперимента	76
Раздел 8. Проведение эксперимента по определению зрительного утомления и работоспособности	77
8.1. Описание установки для исследований	77
8.2. Алгоритм проведения эксперимента	78
Раздел 9. Обработка результатов эксперимента	79
9.1. Цветовой тест Лутошкина	79
9.2. Вычисление зрительного утомления на основе определения видимости	81
9.2.1. Общие положения	81
9.2.2. Расчет коэффициента зрительного утомления для первого волонтера	82
9.2.3. Сводные таблицы результатов эксперимента по определению коэффициента зрительного утомления	83
9.2.4. Статическая обработка результатов при помощи парного критерия Т – Вилкоксона	85
9.2.5. Графическое представление полученных результатов	87
9.3. Вычисление зрительной работоспособности по методу Вестона	88
9.3.1. Общие положения	88
9.3.2. Расчет зрительной работоспособности для первого волонтера	89
9.3.3. Сводная таблица результатов эксперимента по определению зрительной работоспособности	90

9.3.4. Статическая обработка результатов при помощи парного критерия Т - Вилкоксона	93
9.3.5. Графическое представление полученных результатов	95
Раздел 10. Итоговые выводы	97
Заключение	99
Список используемой литературы.....	100
Приложения	103

Аннотация

«Исследование оптимальных условий работы диспетчера и светоаудит освещения железнодорожного вокзала», автор Ефремов Артем Игоревич.

Диссертация изложена на 105 страницах, имеет 43 иллюстрации и 27 таблиц, включает титульный лист, оглавление, введение, 3 основных главы, заключение, список литературы (37 позиций) и 3 приложения.

Целью работы являлось определение влияния люминесцентного и светодиодного освещения на зрительное утомление и зрительную работоспособность поездного диспетчера, а также светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала.

Список обозначений и сокращений

- РФ – Российская Федерация
 ИС – источник света
 лм/Вт – единица измерения световой отдачи (люмен/Ватт)
 Ra – индекс (показатель) цветопередачи
 $E_{\text{ср}}$ - освещенность, средневзвешенная по площади дорожного покрытия
 лк – единица измерения освещенности (люкс)
 $E_{\text{мин}}$ – минимальная освещенность
 $E_{\text{макс}}$ – максимальная освещенность
 URG - общеевропейский критерий оценки дискомфорта блескости
 кд/м^2 - единица измерения яркости (кандела/квадратный метр)
 M – показатель дискомфорта
 $K_{\text{п}}$ – коэффициент пульсации освещенности
 P - показатель ослепленности
 $L_{\text{ф}}$ – яркость фона
 ОСЖД - Организация Сотрудничества Железных Дорог
 ПРА – пускорегулирующая аппаратура
 МКО – Международная Комиссия по Освещению
 лм – единица измерения светового потока (люмен)
 ЛЛ – люминесцентная лампа
 СД – светодиод
 КЦТ - коррелированная цветовая температура
 КЧСМ - критическая частота слияния мельканий
 КУ – коэффициент утомляемости
 УР - умственная работоспособность
 ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина
 ЭВМ – электронная вычислительная машина
 CVS (Computer Vision Syndrome) - компьютерный зрительный синдром
 ж/д – железная дорога, железнодорожный (-ая)
 $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт
 η – световая отдача, лм/Вт
 $T_{\text{цв}}$ – цветовая температура, К
 τ - срок службы лампы, ч
 $U_{\text{с}}$ – напряжение сети, В
 ЭПРА – электронная пускорегулирующая аппаратура
 МГЛ – металлогалогенная лампа
 КСС – кривая силы света
 $\eta_{\text{св}}$ - коэффициент полезного действия светильника
 КПД – коэффициент полезного действия
 IP (Ingress Protection Rating) - система классификации степеней защиты от проникновения твёрдых предметов и воды
 $E_{\text{н}}$, $E_{\text{норм}}$ – нормируемая освещенность, лк
 $E_{\text{ф}}$ - фактическая освещенность, лк

МГН - маломобильные группы населения

МПС - министерство путей сообщения

АСОУП - автоматизированная система оперативного управления перевозками

ПММА – полиметилметакрилат (оргстекло)

U – коэффициент зрительного утомления, %

V – видимость тест – объекта

r - зрительная работоспособность, букв/сек

КЛЛ – компактная люминесцентная лампа

ОУ – осветительная установка

ОП – осветительный прибор

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Железная дорога – крупнейший потребитель электроэнергии, и энергосберегающие технологии были приоритетны для неё во все времена.

Практически все развитые и развивающиеся страны в настоящее время стоят перед необходимостью решения проблем нарастающего дефицита энергетических ресурсов и загрязнения окружающей среды (в том числе, содержащейся в газоразрядных лампах ртутью). Россия в этом плане также не является исключением.

ОАО "РЖД" является одним из крупнейших потребителей электроэнергии: компания ежегодно использует более 40 млрд кВт/ч электроэнергии, или порядка 4% общероссийского потребления. Основной объем уходит, конечно, на электрическую тягу поездов (более 35 млрд кВт/ч).

Рассмотрим диаграмму распределения потребляемой энергии на железнодорожном транспорте (*рис.1*, по данным 1-ой научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии в ОАО «РЖД». Перспективы внедрения светодиодной техники», 3 апреля 2009 г., Санкт-Петербург):

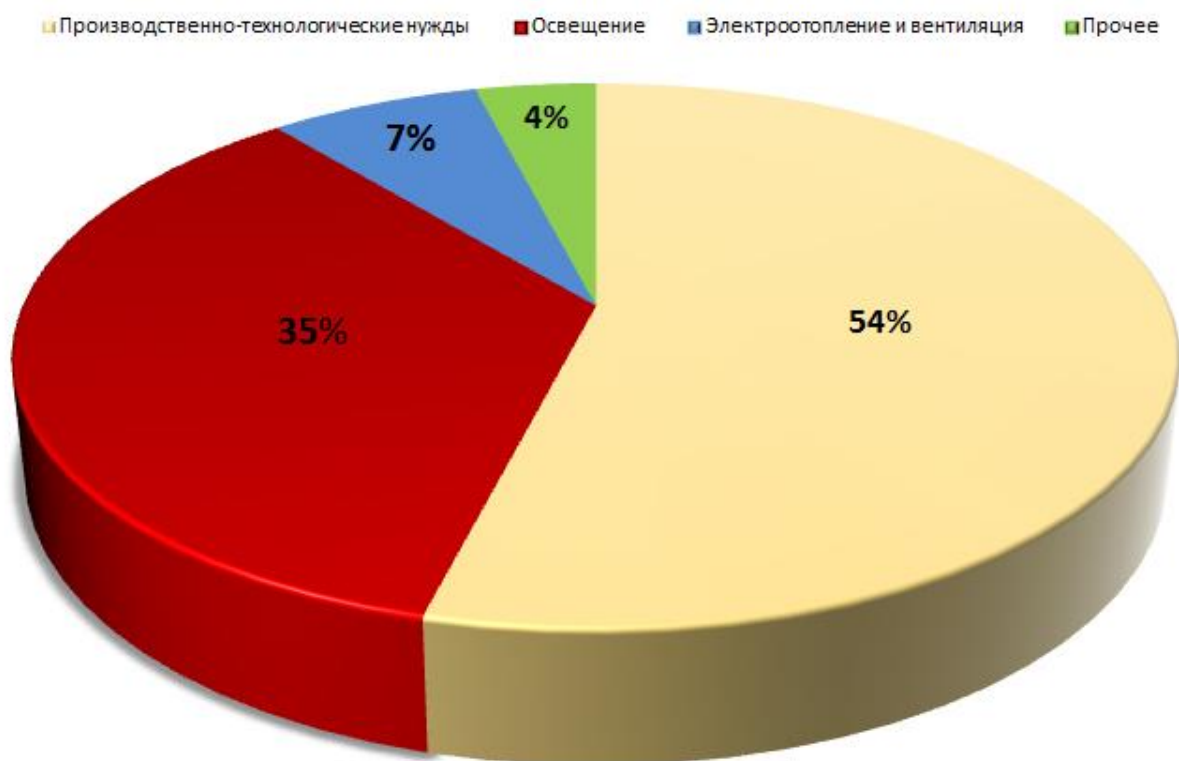


Рис. 1. Диаграмма электропотребления в стационарном хозяйстве железнодорожного транспорта

Как видно из представленной на *рис.1* диаграммы: первое место по потребляемой энергии занимают производственно-технологические нужды (54%), а вот второе место занимают расходы на освещение (35%). Менее

затратными в этом плане являются электроотопление, вентиляция (7%) и прочие нужды (4%).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение энергосберегающих технологий должно в первую очередь коснуться технологических сфер и сферы освещения.

Именно поэтому, в целях повышения энергоэффективности на железных дорогах, РОСНАНО и ОАО "РЖД" при поддержке Правительства РФ разработали ряд проектов, среди которых инвестиционный проект «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте», технологическая платформа «Применение инновационных технологий для повышения эффективности строительства, содержания и безопасности автомобильных и железных дорог», федеральная программа «Энергетическая стратегия России до 2030 года». А в 2011 году была утверждена Энергетическая стратегия холдинга "Российские железные дороги" на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года. Данная стратегия — это целостный документ, определяющий основу, цели и задачи среднесрочного развития холдинга, приоритеты и ориентиры, а также механизмы их реализации в сфере производства, передачи и потребления топливно-энергетических ресурсов.

Основным направлением в решении проблемы электропотребления на железной дороге является переход к более энергоэффективным и экологически безопасным системам освещения. Сегодня наиболее востребованными становятся светодиодные системы освещения на основе высокоэффективных белых светодиодов большой мощности.

Согласно данной стратегии, массовое внедрение на железнодорожном транспорте светодиодной техники должно сосредотачиваться на следующих направлениях:

- замена источников света (ИС) с учётом открывающейся возможности увеличения частоты включения-выключения осветительных устройств, динамичной регулировки уровня освещения и более эргономичного использования самих ИС;
- создание принципиально новых функциональных устройств на базе светодиодных ИС, учитывая возможность дистанционного контроля работоспособности последних и их повышенный ресурс;
- использование потенциальных возможностей солнечных элементов в качестве альтернативных источников электроэнергии, особенно при наличии мало обслуживаемых зон или зон с явно выраженной неравномерностью потребления электроэнергии.

На сегодняшний день светодиодные системы начинают успешно применять в освещении железнодорожных платформ, подъездных и железнодорожных путей, привокзальных площадей, наружном и фасадном освещении вокзалов, освещении пассажирских поездов и пригородных электричек, а также в освещении офисных и технических помещений.

Каждый год РОСНАНО и РЖД представляют отчеты о проделанной, в рамках утвержденной программы, работе. Проанализировав эти отчеты

можно действительно убедиться в том, что с экономической точки зрения внедрение светодиодных установок дает существенный результат для экономии потребляемой электроэнергии. Однако существует и обратная сторона инновационных энергоэффективных светодиодных решений.

Зачастую, стремясь добиться от осветительной установки нужных количественных показателей, проектировщики забывают о самом важном – качестве освещения. А ведь от этого напрямую зависит комфорт пассажиров, которые должны в полной мере использовать предоставленную им инфраструктуру железных дорог и персонала, работающего на железной дороге каждый день. Поэтому транспортные компании, несомненно, должны заботиться о своих пассажирах и подчиненных (об их здоровье, физическом и психологическом состоянии).

Переходя на инновационные светодиодные технологии, стоит задуматься: действительно ли они настолько хороши, что превосходят остальные осветительные установки как по количественным, так и по качественным характеристикам? В связи с этим представим основные тезисы работы:

- возможность улучшения световой среды на железнодорожных объектах при замене газоразрядных источников света светодиодными;
- возможность прямой замены линейных люминесцентных ламп на светодиодные с сохранением качественных и количественных характеристик освещения;
- влияние светодиодного освещения на зрительную утомляемость и зрительную работоспособность персонала железнодорожного вокзала;
- светоаудит железнодорожного вокзала.

Глава 1. Литературный обзор

Раздел 1. Обзор нормативных документов

1.1 Общие сведения

Проектирование любой осветительной установки начинается с определения ее назначения и нормируемых параметров. Очень часто эта информация дается в техническом задании, однако стоит учитывать, что заказчик не всегда может грамотно определить необходимые уровни освещенности сам. Поэтому перед выполнением проекта необходимо тщательно проанализировать все параметры будущей установки (вплоть до месторасположения). Лишь при этом условии возможно спроектировать и рассчитать осветительную установку, которая будет комфортной для людей, будет удовлетворять нормам и функционировать долгое время.

В последнее время среди прочих нормативных документов заказчики указывают стандарт **Breem International Bespoke** («Зеленый Стандарт»). Этот стандарт посвящен методам оценки экологической эффективности зданий BREEAM (BRE Environmental Assessment Method).

Система оценки BREEAM становится все популярнее во всем мире. На данный момент с ее помощью сертифицировано более 100 000 строений, а более 700 000 зданий стоит в очереди на прохождение сертификации.

Заказчики, заинтересованные в высокой оценке своей будущей недвижимости по системе BREEAM, довольно тщательно выбирают как проектировщиков, так и застройщиков, так как от их профессиональных решений напрямую будет зависеть значимость и популярность строящегося объекта.

Каждая система имеет свою уникальную оценочную методику. Особенностью системы BREEAM является присуждение баллов по всем разделам документа. Всего таких разделов девять. Каждый из них по-своему влияет на окружающую среду и аспекты жизнедеятельности.

1.2 Разделы BREEAM

- Управление
- Здоровье
- Энергия
- Сокращение выбросов CO₂, связанных с потреблением энергии
- Сокращение выбросов CO₂ и загрязнения атмосферы, за счет использования возобновляемых источников энергии и технологий с низким (нулевым) выбросом CO₂
- Использование приборов для подсчета энергии
- Внешнее освещение
- Меры по повышению энергоэффективности
- Нагрев воды солнечными батареями
- Минимизация тепловых потерь
- Энергоэффективные транспортные системы: лифты, эскалаторы
- Применение вытяжных шкафов

- Транспорт
- Вода
- Материалы
- Утилизация отходов
- Использование земельного участка
- Загрязнения

1.3 Оценка по BREEAM

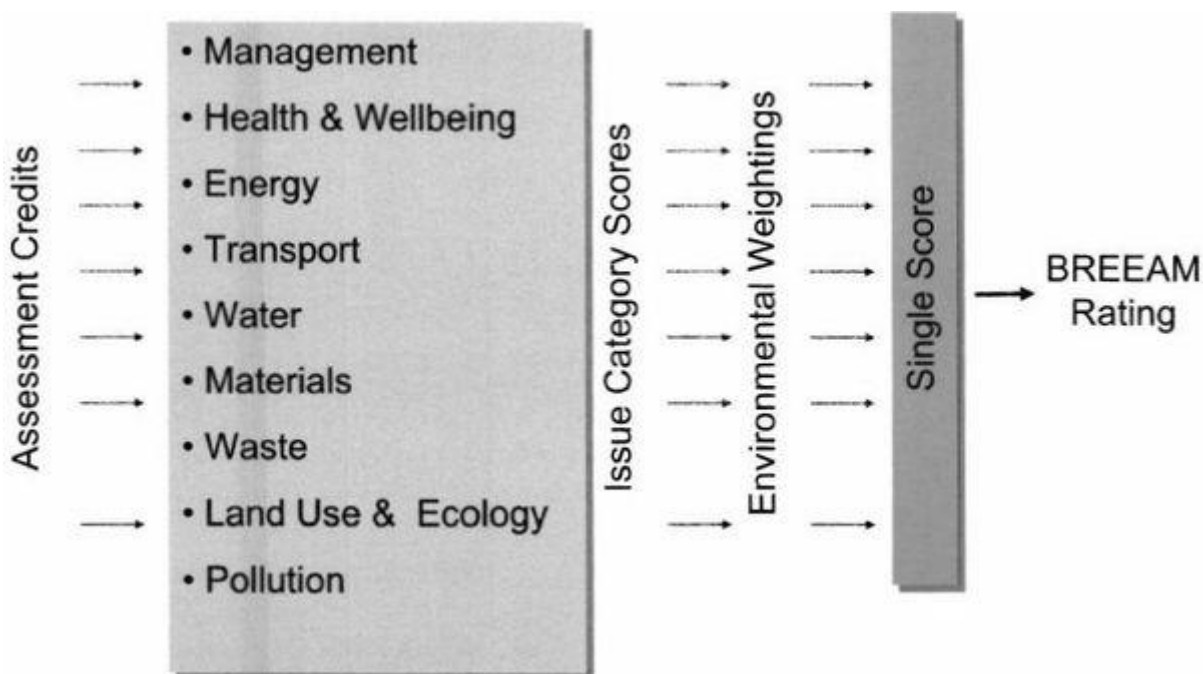


Рис. 1.1. Структура оценки по системе Breeam

Баллы, набранные в каждом разделе, складываются, а затем умножаются на весовой коэффициент окружающей среды, который учитывает относительную важность каждого из 9-ти разделов. Баллы разделов далее снова складываются для того чтобы получить общий результат (результатирующую оценку).

Такая методика оценки позволяет адаптировать систему BREEAM к различным регионам государств и стран по всему миру без потери эффективности.

Общая оценка заключается в присуждении рейтинга:

- Удовлетворительно (1 балл)
- Хорошо (2 балла)
- Очень хорошо (3 балла)
- Отлично (4 балла)
- Великолепно (5 баллов)

Из всех разделов данного стандарта наше внимание привлечено к разделу «Энергия», ведь именно в нем прописаны требования к искусственному освещению.

Цель данного раздела:

«Отмечать и поощрять установку энергоэффективных светильников для освещения наружных площадей застройки».

1 балл начисляется, если в спецификации проекта указаны энергоэффективные светильники наружного освещения и если светильники регулируются в зависимости от уровня дневного освещения.

«Соответствие предъявляемым требованиям определяется на основании следующих критериев:

1. Наружные светильники для здания, путей подъезда и проходов должны иметь световую отдачу не менее 50 лм/Вт, если показатель цветопередачи лампы (Ra) больше или равен 80; или 60 лм/Вт, если показатель цветопередачи лампы $Ra < 60$.
2. Светильники для освещения парковок, подъездных дорог и зон, освещаемых прожекторами заливающего света, должны иметь световую отдачу не менее 70 лм/Вт, если показатель цветопередачи лампы (Ra) больше или равен 60; или 80 лм/Вт, если показатель цветопередачи лампы $Ra < 60$.
3. Все наружные светильники для знаков и подсветки снизу - вверх должны иметь световую отдачу не менее 60 лм/Вт, если мощность лампы больше или равна 25 Вт. Или 50 лм/Вт, если мощность лампы меньше 25 Вт.
4. Наружные светильники должны включаться и выключаться через реле времени или фотореле дневного света, чтобы исключить работу в дневное время. Схема питания ламп может быть выполнена так, чтобы сигнал фотореле имел преимущество над ручным выключателем.» [2]

Также в разделе присутствуют такие пункты как:

- Примечания к процедуре проверки соответствия
- Перечень подтверждающих документов
- Дополнительная информация (Определения)

Согласно стандарту Breeam International Bespoke, проектирование освещения должно проводиться по национальным нормам страны, в которой будет расположен объект.

В данном случае основными документами для проектирования будут являться нормы, действующие на территории Российской Федерации:

СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»

ОСТ 32.120-98. «Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта»

ГОСТ Р 54984 – 2012 «Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта»

1.4 Сводная таблица норм

Приведем таблицу, показывающую, согласно каким нормативным документам велось проектирование освещения основных зон вокзала, также включим в неё нормируемые значения освещенностей для помещений вокзала.

Таблица 1.1. Таблица норм

Нормативный документ	Параграф, раздел, пункт нормативного документа	Зоны и помещения вокзала	Освещенность, лк	Плоскость нормирования освещенности	Уровень нормируемой поверхности
СП 52.13330.2 011	<i>Таблица 18 - Значения средней горизонтальной освещенности для подземных и надземных пешеходных переходов</i>	<i>Главная лестница</i>	<i>10¹⁾</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности земли</i>
	<i>Табл.26, «Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов»</i>	<i>Главная площадь</i>	<i>20¹⁾</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности земли</i>
	<i>Таблица 18 - Значения средней горизонтальной освещенности для подземных и надземных пешеходных переходов</i>	<i>Съезды (пандусы) для инвалидов</i>	<i>40^{1),2)}</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности земли</i>
ОСТ 32.120-98	<i>Табл.5.1, п. 24 «Пассажирские платформы внеклассных станций (более 2 млн. чел. в год) и остановочных пунктов с телевизионным обзором»</i>	<i>Открытая сборно-разборная ж/д платформа</i>	<i>5</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности платформы</i>
	<i>Табл.5.1, п. 24 «Пассажирские платформы внеклассных станций (более 2 млн. чел. в год) и остановочных пунктов с телевизионным обзором»</i>	<i>ж/д платформы под навесами</i>	<i>10</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности платформы</i>
	<i>Табл.5.3, п. 49 «Помещение поездного диспетчера»</i>	<i>Помещение поездного диспетчера</i>	<i>300</i>	<i>Вертикальная</i>	<i>На панели схемы движения поездов по станции</i>
			<i>400³⁾</i>	<i>Горизонтальная</i>	<i>На поверхности 0.8 м от пола</i>

ГОСТ Р 54984 – 2012	Табл.11, п. 9 «Пассажиры платформ станций и остановочных пунктов с повышенной интенсивностью пассажиропотока (более 2 млн. чел. В год) и телевизионным обзором»	<i>ж/д платформы под навесами</i>	10	Горизонтальная	<i>На поверхности платформы</i>
	Табл.11, п. 9 «Пассажиры платформ станций и остановочных пунктов с повышенной интенсивностью пассажиропотока (более 2 млн. чел. В год) и телевизионным обзором»	<i>Открытая сборно-разборная ж/д платформа</i>	5	Горизонтальная	<i>На поверхности платформы</i>

Примечания:

1) Указаны значения средней горизонтальной освещенности

Средняя освещенность улиц, дорог и площадей E_{cp} : Освещенность, средневзвешенная по площади дорожного покрытия.

2) Норма отвечает требованиям документа СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001»:

« ... 4.3.3 Минимальный уровень освещенности в местах отдыха следует принимать 20 лк. Светильники, устанавливаемые на площадках отдыха, должны быть расположены ниже уровня глаз сидящего». [6]

3) Норма освещенности повышена на одну ступень шкалы освещенности из-за напряженной зрительной работы, занимающей более половины рабочего дня.

1.5. Дополнительные нормируемые параметры

Таблица 1.2. Дополнительные нормируемые параметры освещения

Зоны и помещения вокзала	Показатель ослепленности	Показатель дискомфорта	Коэффициент пульсации	Равномерность освещенности
<i>Главная лестница</i>	-	-	-	$E_{мин}/E_{cp} = 0.3$
<i>Главная площадь</i>	-	-	-	$E_{мин}/E_{cp} = 0.3$
<i>Съезды (пандусы) для инвалидов</i>	-	-	-	$E_{мин}/E_{cp} = 0.3$
<i>Открытая сборно-разборная ж/д платформа</i>	800	-	-	$E_{макс}/E_{мин} = 15:1$
<i>ж/д платформы под навесами</i>	800	-	-	$E_{макс}/E_{мин} = 15:1$
<i>Помещение поездного диспетчера</i>	-	40	15	-

«Объединенный показатель дискомфорта URG: Общеввропейский критерий оценки дискомфорта блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, определяемый по формуле

$$URG = 8 \lg \left[\frac{0,25}{L_a} \sum_{i=1}^N \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2} \right] \quad (1.1)$$

где L_i - яркость блеского источника, кд/м²; ω_i - угловой размер блеского источника, стер; p_i - индекс позиции блеского источника относительно линии зрения; L_a - яркость адаптации, кд/м².

Объединенный показатель дискомфорта UGR связан с показателем дискомфорта M по формуле

$$URG = 16 \lg M - 4,8 \quad (1.2)$$

При проектировании объединенный показатель дискомфорта рассчитывается инженерным методом с помощью программных средств».

... «7.24 Объединенный показатель дискомфорта, регламентируемый для ограничения слепящего действия в осветительных установках, должен обеспечиваться у торцевой стены на центральной оси помещения на высоте 1,2 м от пола. Объединенный показатель дискомфорта не ограничивается для помещений, длина которых не превышает двойной высоты установки светильников над полом». [3]

«Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$, %: Критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током, выражающийся формулой

$$K_{п} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} 100 \quad (1.3)$$

где E_{\max} и E_{\min} - соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк;

$E_{\text{ср}}$ - среднее значение освещенности за этот же период, лк.» [3]

1.6. Методика расчета показателя ослепленности для железнодорожных станций (по ОСТ 32.120-98)

«Показатель ослепленности рассчитывают для машинистов маневровых локомотивов в связи с ответственностью их за безопасность маневровых передвижений:

$$P = [(1 + 0,45E_{\text{зр}}/\theta^2 L_{\phi})^{0,5} - 1] 1000 \quad (1.4)$$

где $E_{\text{зр}}$ - освещенность на зрачке машиниста, лк,

θ - угол действия блескового источника, град;

L_{ϕ} - яркость фона, кд/м².

Для каждого конкретного случая определяют θ , $E_{зр}$, L_{ϕ} .

Угол действия блескового источника

$$\theta = 90^{\circ} - \alpha \quad (1.5)$$

где α - направление максимальной силы света светильника, град.

Освещенность на зрачке машиниста можно измерить или рассчитать, пользуясь кривой силы света светильника, по уравнению

$$E_{зр} = I \sin^3 \alpha / l^2 \quad (1.6)$$

где I - максимальная сила света светильника, кд;

l - расстояние от светильника вдоль оси междупутья, на котором сила света максимальна, м;

$$l = (H - 3,5) \operatorname{tg} \alpha \quad (1.7)$$

где H - высота установки светильника над уровнем головки рельса, м;

3,5 - высота расположения глаз машиниста над уровнем головки рельса, м.

Яркость фона

$$L_{\phi} = E \rho / \pi = 0,032E \quad (1.8)$$

где E - минимальная (или нормированная) освещенность на поверхности междупутья, которую обеспечивает осветительная установка;

ρ - коэффициент отражения поверхности междупутья (принимается равным 0,1).

По уравнению (В.1) определяют показатель ослепленности. Полученный показатель ослепленности сравнивают с допустимым $P_{\text{доп}} = 800$. Если $P > P_{\text{доп}}$ то это значит, что слепящее действие осветительной установки превышает

допустимое. Окончательно принимается вариант, для которого показатель ослепленности не превышает допустимого». [4]

Дополнительно были изучены и другие документы, посвященные проектированию освещения на железной дороге. Среди них **Рекомендации по нормам и технике наружного освещения железных дорог Р 615/2**. Этот документ разработан экспертами Комиссии ОРГАНИЗАЦИИ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД) по инфраструктуре и подвижному составу в 2010 г. (место разработки г. Вильнюс, Литва).

В данном документе прописаны определения и пункты, которые не упоминаются в нормативных документах по освещению в РФ.

Например, пункт 2.5 посвящен проблеме затеняющего эффекта и методам его расчета, а при помощи главы 6 можно без труда выполнить технико-экономические исследования для сравнения различных вариантов освещения.

Изучение и анализ подобных документов может в дальнейшем улучшить российскую нормативную базу в области освещения на железных дорогах, тем самым подталкивая проектировщиков к созданию еще более качественных и комфортных осветительных установок.

Раздел 2. Программное обеспечение для проектирования наружной осветительной установки железнодорожного вокзала

Для грамотного и верного расчета освещения вокзала как правило строят 3D модель. Создание точной виртуальной 3D модели здания позволяет проектировать осветительную установку железнодорожного вокзала. В модели, составленной по чертежам, учтены все нюансы постройки и расположения частей вокзала. Модель была составлена в специализированной программе по трехмерной графике Autodesk 3ds Max.

«Autodesk 3ds Max это профессиональная программа для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации. В программе собраны современные средства для разработчиков и специалистов в области мультимедиа.

Autodesk 3ds Max располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей, которые созданы при помощи таких методов как:

- моделирование с использованием встроенных библиотек стандартных параметрических объектов (примитивов) и модификаторов.
- полигональное моделирование, в которое входят Editable mesh (редактируемая поверхность) и Editable poly (редактируемый полигон)
- моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов (NURBS)

- моделирование на основе сплайнов (Spline) с последующим применением модификатора Surface.
- моделирование на основе поверхностей Безье (Editable patch)

Все эти методы моделирования могут сочетаться друг с другом.

Моделирование на основе стандартных объектов, как правило, является основным методом моделирования и служит начальным пунктом для создания объектов сложной структуры, что связано с использованием примитивов в сочетании друг с другом как элементарных частей составных объектов.» [8]

Расчет освещенности обычно выполняют при помощи специализированной программы «DIALux».

«Dialux - это программный пакет для расчета внутреннего и внешнего освещения, которым можно пользоваться совершенно бесплатно. Программа была создана Немецким институтом прикладной светотехники (DIAL) в 1994 году.

Основной предпосылкой разработчиков было создание для проектировщиков освещения доступного и универсального инструмента, в котором каждый производитель осветительных установок мог бы разместить данные своих продуктов».

Основными плюсами программы стоит считать возможность фотореалистичной визуализации, импорта и экспорта файлов из CAD-программ в формате .dxf и .dwg, а также наличие большого количества различной информации о выполненном расчете и использованном оборудовании.

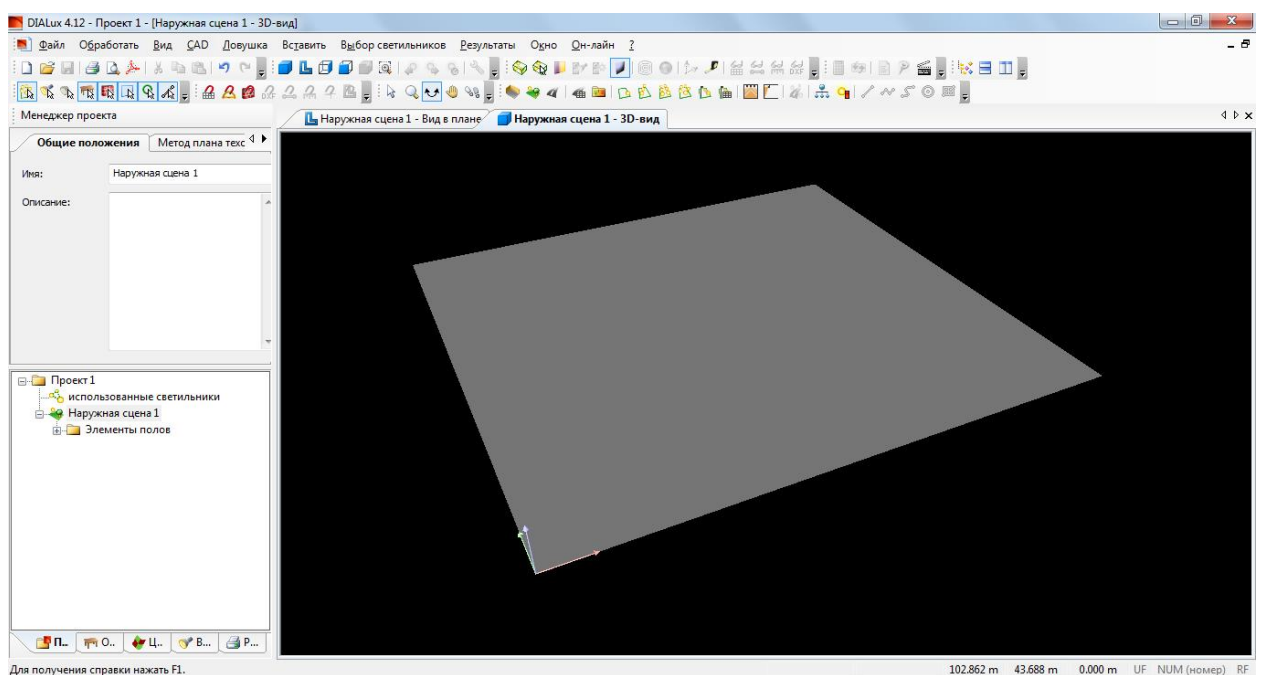


Рис. 1.2. Окно программы DIALux

Раздел 3. Светодиодные лампы в колбе Т8, как замена люминесцентным лампам

Большинство светильников для внутреннего освещения комплектуются люминесцентными лампами. Однако все чаще и чаще подобные светильники начинают комплектовать светодиодными лампами или платами. Применение светодиодов вместо люминесцентных ламп дает выгоду не только за счет экономии электроэнергии и снижения затрат на техническое обслуживание, но и за счет отсутствия необходимости в утилизации. Ведь в светодиодных лампах и светильниках нет токсичных веществ. В то время как утилизация отработавших люминесцентных ламп и по сей день представляет собой серьезную проблему.

3 сентября 2010 г. было принято Постановление Правительства РФ N 681 *«Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде»*, которое повышает требования к процедуре утилизации люминесцентных ламп. Согласно этому документу штрафы за нарушение правил теперь составляют от 6 000 до 250 000 рублей. Этот факт заставляет серьезно задуматься о проблеме утилизации люминесцентных ламп, в то время как со светодиодными лампами такой проблемы нет.

Самым популярными моделями светильников с люминесцентными лампами Т8 сейчас являются модели, встраиваемые в потолок типа «армстронг», а также потолочные светильники с опаловыми и призматическими рассеивателями.

Современные светодиодные лампы Т8 в матовой колбе, будучи установлены в такой светильник, по внешнему виду практически неотличимы от люминесцентных ламп. Поэтому дискомфорта и утомления от их применения быть не должно. Но так ли это?

Современная конструкция светодиодных ламп Т8 предусматривает использование большого числа (до 300) SMD-светодиодов малой мощности (0,1 – 0,25 Вт). Особенностью конструкции SMD-светодиодов является ее приспособленность для поверхностного монтажа, что позволяет полностью автоматизировать, и соответственно удешевить производство ламп. Использование большого числа светодиодов позволяет обеспечить более равномерное распределение светового потока, а также частично решить проблемы, связанные с теплоотводом.

Одна из главных особенностей светодиодов как источника света, в раскрытии угла их излучения. Обычно у светодиодов угол излучения потока

составляет 120° . Для потолочных и встраиваемых светильников этот факт является определенным преимуществом, так как оптическая система такого светильника должна направлять свет только в нижнюю полусферу. Благодаря этому, для создания одного и того же уровня освещенности на рабочей поверхности можно использовать светодиодную лампу с меньшим световым потоком, чем у люминесцентной лампы.

Но у используемых в настоящее время светодиодных ламп Т8 есть и определенные недостатки.

Во-первых, чтобы установить в светильник светодиодные лампы, из него нужно убрать ПРА, а потом напрямую соединить цоколь лампы с клеммами, на которые подается напряжение 220 Вольт. При этом не стоит забывать, что изменение конструкции светильника влечет за собой прекращение действия гарантийных обязательств производителя.

Во-вторых, и по сегодняшний день продолжаются споры о негативном воздействии синей части спектра излучения светодиодов на организм человека. Базовая длина волны для белого светодиода 460 нм оказывает на глаза и здоровье человека специфическое воздействие и является для него одной из основных частот. На этой длине электромагнитного излучения биоритмы человека синхронизированы с солнцем (с циклами: день, ночь). Это обусловлено тем, что в течение дня меняется спектральный состав света и самые большие изменения происходят в области 455—465 нм.

Раздел 4. Опасное влияние доли синего излучения светодиодных ламп

Доля синего в спектре светодиодов заставила зарубежных врачей и специалистов по охране труда заново переосмыслить степень воздействия света на здоровье человека и пересмотреть номенклатуру требований по фотобиологической безопасности источников света (в части требований к параметрам и характеристикам), а также восприятие света человеком в зависимости от уровня освещенности его среды обитания (*табл. 1.3*).

Таблица 1.3. Новые технические комитеты МКО и их задачи [10]

Номера новых технических комитетов (ТК), которые вновь созданы при МКО	Краткое содержание задач и направлений исследований для вновь созданных ТК при МКО
TC2-58: Measurement of LED Radiance and Luminance	Задачей ТК является разработка рекомендаций и специфических требований к измерениям энергетической яркости светодиодных источников света с точки зрения их фотобиологической безопасности
TC6-37: Light and Retinal Disease	Готовит доклад о текущем состоянии проблемы воздействия света как этиологического фактора на сетчатку глаза
TC6-55: Photobiological Safety of LEDs	ТК подготовит публикацию о методах оценки фотобиологической безопасности светодиодов. Методы по оценке в требованиях безопасности CIE S 009IE:2002 будут сравниваться с материалами стандарта IEC 60825-1-2001. Это влечёт за собой обзор и отчёт об известных эффектах с физиологической точки зрения и определение соответствующих доз освещения, которые представляют потенциальный риск повреждения глаз от чрезмерного освещения
TC6-57: Standardization of Terms and Action Spectra for Blue Light and Retinal Thermal Hazard Functions	Подготовка проекта стандарта, определяющего и регламентирующего спектры двух опасностей воздействия на сетчатку: функции синего излучения и функции теплового излучения
TC6-63: Action Spectra and Dosimetric Quantities for Circadian and Related Neurobiological Effects	Подготовка публикации с анализом данных биологических исследований, касающихся спектров действия излучения на нейроэндокринную систему человека. Ретроспектива хронобиологии будет кратко изложена
TC6-63: Photobiological Strategies for Adjusting Circadian Phases to Minimize the Impact of Shift Work and Jet Lag	Подготовка отчёта о биологических данных исследований, касающихся хронобиологических и нейроэндокринных эффектов, чтобы противостоять проблемам сменных работ и нарушениям биоритма. Отчёт должен дать представление светотехническому сообществу об оценке воздействия различного по спектральному составу оптического излучения на среду обитания человека

«Попадающий в глаза человека свет имеет целый ряд биологических и поведенческих эффектов: секреция мелатонина и кортизона, циркадные изменения. Последние исследования института нейрологии Университета им. Томаса Джефферсона (США) показали, что в глазах человека кроме колбочек и палочек имеется третий тип фоторецепторов, который не влияет на зрительный процесс. Эти открытые клетки расположены в нижней части сетчатки и содержат светочувствительный пигмент меланопсин, который преобразует световое излучение 460 нм в электрические сигналы, а они передаются в эпифиз, который синтезирует определённую дозу мелатонина. Основные физиологические функции мелатонина:

- биоритмологическая функция;
- терморегуляция и индукция сна;
- антиоксидантный эффект;
- иммуномодулирующее действие;
- антистрессорное действие;
- регуляция полового развития.» [10]

«Недавно французское агентство ANSES по продовольственной, экологической безопасности и гигиене труда опубликовало доклад «Системы освещения с использованием светодиодов: здоровье? Вопросы для рассмотрения». В нем отмечено, что фотобиологический стандарт безопасности (EN 62471) плохо приспособлен к системам освещения светодиодами. Этот стандарт построен по модели «световая среда – сетчатка глаза». При этом сетчатка рассматривалась как общая интегральная биосреда, подвергающаяся световой радиации. Учитывая эти особенности стандарта EN 62471 и опыт ранее проведенных исследований, была отработана

методология исследования влияния света энергосберегающих источников света на функции глаза и здоровье человека, в основу которой легли следующие принципы:

- Глаза человека – это часть мозга, вынесенная на периферию;
- Имеет место эффект накопления поражений от воздействия свободных радикалов, образующихся под воздействием синей части спектра света;
- Фоточувствительные клетки глаз связаны с системой гипоталамус – гипофиз и гипоталамус – эпифиз;
- Все процессы, происходящие в организме человека, находят свой отклик в биофизическом состоянии систем глаза;
- Через глаза спектр света в той или иной мере воздействует на все процессы, происходящие в организме человека;
- Дефекты зрительной системы могут компенсироваться системой формирования зрительного образа.

В настоящее время проводятся исследования моделей восприятия света меланопсином, который содержится в ганглиозных клетках сетчатки глаза. Эти клетки имеют большое разнообразие типов. В настоящее время изучены ганглиозные клетки с меланопсином типа M1. Установлено, что меланопсин M1 Brn3b+ влияет на центр управления зрачком, а M1 Brn3b- на центр управления мелатонином и биологическими часами человека. При этом меланопсины разного типа имеют свои области максимальной фоточувствительности: для M1 Brn3b- на 460 нм, для M1 Brn3b+ на 480 нм. Синий свет через ганглиозные клетки и центры гипоталамуса воздействует на эпифиз, в котором синтезируется мелатонин, далее на гипофиз и надпочечники.

В то же время уже исследованная модель восприятия света с учетом белка криптозола позволила объяснить ряд эффектов воздействия на человека света от светодиодных ламп и ламп КЛЛ, таких, например, как возникновение головной боли. При этом происходит взаимодействие в цепи «белок криптохром (плюс синглетный кислород) – гипоталамус – гипофиз – надпочечник». Важно отметить, что синглетный кислород O_2^- обладает парамагнитными свойствами. При высокой чувствительности этой связки (белок + O_2^-) может возникнуть метеозависимость человека и проявиться эффект «ложного стресса» при аномальных возмущениях магнитного поля окружающей среды. Синглетный кислород, обладая высокой химической, биологической активностью и парамагнитными свойствами, может привести к повреждению клеток. В результате можно сделать выводы о том, что свет с длиной волны 440 нм – воздействует на белок криптохром, 450-460 нм – вызывает окислительный стресс сетчатки, 460 нм и 480 нм – через

меланопсин ганглиозных клеток сетчатки глаз управляют гормональной системой и диаметром зрачка соответственно.

Необходимо отметить, что светодиодные лампы имеют резкий спад (большой провал) в спектре на 480 нм. Рассмотрим *рис. 1.3.* [11]. На *рисунке 1.6* видно, что в диапазоне максимальной чувствительности меланопсина $V(\lambda)$, 460 – 480 нм, спектральные характеристики светодиодной лампы (3) и лампы накаливания (1) пересекаются, образуя крест, который назван «меланопсиновым крестом». Основное соотношение эффекта «меланопсиновый крест» можно представить как неравенство вида:

$$I_{460\text{нм}} \leq I_{480\text{нм}} \quad (1.9)$$

$I_{460\text{нм}}$ - амплитуда отн .ед. излучения при 460 нм

$I_{480\text{нм}}$ - амплитуда отн .ед. излучения при 480 нм

Управление диаметром зрачка при воздействии солнечного света является адекватным. При этом соблюдается соотношение «меланопсиновый крест». При большой дозе синего в спектре меланопсин M1 Brn3b+ формирует сигнал на уменьшение диаметра зрачка. Тем самым уменьшает энергетическую освещенность сетчатки глаза, защищая ее от воздействия синего света.

При светодиодном освещении (синий кристалл – желтый люминофор) такое соотношение не соблюдается, так как в его спектре есть провал. При большой дозе синего в спектре меланопсин M1 Brn3b+ не формирует сигнала на уменьшение диаметра зрачка. Тем самым большая часть синего света светодиода попадает на сетчатку глаза.

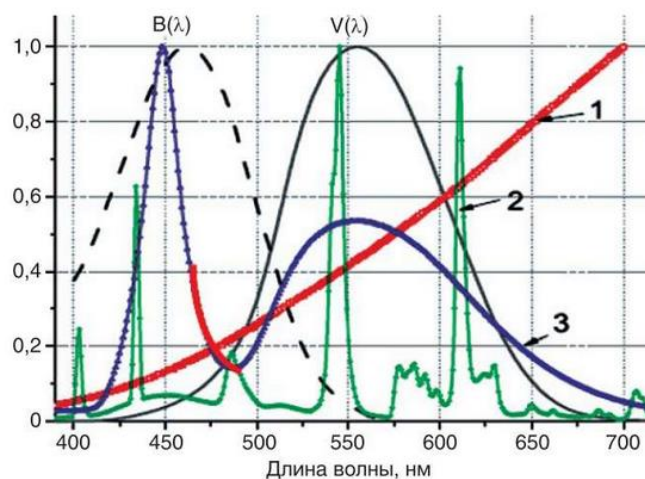


Рис. 1.3. Меланопсиновый крест на пересечении кривых спектров лампы накаливания и светодиодов в диапазоне от 460 до 480 нм. 1 – спектр лампы накаливания, 2 – функция спектральной чувствительности глаза, 3 – спектр светодиодного источника

Приведем основные выводы:

1) В нормативных документах по гигиене труда нормы освещенности для люминесцентных ламп распространены на светодиодное освещение, при этом не учтены особенности спектров светодиодов, эффект

«меланопсинового креста» и вновь открытые свойства меланопсина по управлению зрачком.

2) При светодиодном освещении белыми светодиодами (синий кристалл и желтый люминофор), которые имеют провал в спектре на 480 нм, происходит неадекватное управление диаметром зрачка глаза.

3) При проектировании светодиодов должны быть приняты меры по исключению эффекта «меланопсинового креста», присутствующего у всех ныне существующих энергосберегающих источников света и у подсветки устройств отображения информации.» [12]

Раздел 5. Исследования влияния светодиодного освещения на человека

Российские ученые также утверждают, что светодиодное освещение влияет не только на глаза и гормональную систему человека, но и на его психофизиологическое состояние, работоспособность и утомляемость. В ходе выполнения работы *«Обоснование, разработка, подготовка к утверждению и утверждение на основе проведённых исследований психофизиологического воздействия светодиодных источников света на организм человека»* дополнений и изменений к Санитарным правилам и нормам *«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03»* Научным центром здоровья детей РАМН, Научно-технологическим центром уникального приборостроения РАН, НИИ строительной физики при финансовой поддержке ГК «Роснано-технологии» проведена экспериментальная оценка влияния светодиодного освещения (типа светодиодных панелей) на работоспособность мужчин в возрасте 18—30 лет. Исследования проводились в дневное время. Характер выполняемой работы: зрительная с высокой концентрацией внимания, 1 час эквивалентен 8 часам типовой работы корректора.

Основные задачи проведения эксперимента:

1. Разработка и актуализация методик проведения эксперимента
2. Создание экспериментальной установки для исследования влияния светодиодного освещения на психофизические показатели человека

В установку входили контрольная комната и комнаты для обследований: растровые светильники LIGHTINGTECHNOLOGIES ARS/R 218 с люминесцентными лампами с трехполосным люминофором типа OSRAM Lumilux +ECO L18/21-840, а также экспериментальная комната со светодиодными светильниками (характеристиками цветности идентичны).

Исходные данные для эксперимента указаны в *таблице 1.4*:

Таблица 1.4. Исходные экспериментальные данные

Наименование показателя	Значение
Освещенность, лк	400 +/- 10%
Плоскость нормирования, м.	0,8
Показатель дискомфорта	< 15
Коэффициент пульсаций светового потока	< 10
Коррелированная цветовая температура, град. К	3500- 4500

Исследования проводились при использовании 2 вариантов светильников.

Вариант 1. Растровый светодиодный светильник, изготовленный по рекомендации НИИ СФ.

Параметры эксперимента:

- расчетный показатель дискомфорта менее 10
- коэффициент пульсаций светового потока менее 0,5.

Результаты:

- Утомляемость испытуемых в 2 раза выше, по сравнению с люминесцентным освещением;
- Работоспособность снижена более чем в 2 раза.

Вариант 2. Светодиодный светильник BetaLux 1-30 со светопропускающим микропризматическим рассеивателем.

Параметры эксперимента:

- расчетный показатель дискомфорта более 15
- инструментальный показатель дискомфорта менее 10
- коэффициент пульсаций светового потока менее 0,5

Результаты:

- утомляемость испытуемых не превышает показатели контрольной комнаты
- работоспособность повысилась в сравнении с контрольной комнатой на 12%.

Выводы из проведенного исследования таковы:

1. Стандартные подходы к проектированию светильников на разрядных лампах не применимы к светодиодной технике.

2. Методики расчетов показателя дискомфорта для традиционных светильников дают грубую ошибку при их применении к светодиодным светильникам с высоким значением габаритной яркости источников света
3. Отсутствие соответствующей нормативной базы для светодиодных светильников затрудняет не только их использование, но и проектирование
4. При правильном проектировании светодиодных светильников последние могут применяться в качестве основных осветительных установок искусственного освещения.

В скором времени данное исследование попало в книгу «Гигиенические основы использования светодиодов в системах искусственного освещения» Кучма В.Р., Текшева А.М.

В 2013 году сотрудник компании ООО «Новые энергетические технологии» Дейнего В. Н. написал на вышеупомянутую книгу рецензию, которая содержит анализ и уместную критику по проведенному эксперименту.

Приведенный автором рецензии анализ комнат показывает, что освещенность на рабочих поверхностях при установленных люминесцентных светильниках и светодиодных светильников существенно отличается:

«

- комната с люминесцентным светильником площадью $21,8\text{м}^2$ освещена 8 светильниками, каждый из которых имеет общий световой поток меньше 2700лм (две лампы с потоком по 1350лм) при этом средняя освещенность равна 375лк ($E_{\text{мин}} = 300\text{лк}$ и $E_{\text{макс}} = 450\text{лк}$);
- комната со светодиодным освещением площадью $31,075\text{м}^2$ освещена 12 светильниками, каждый из которых имеет общий световой поток более 4000лм при этом средняя освещенность равна 440лк ($E_{\text{мин}} = 350\text{лк}$ и $E_{\text{макс}}$ более 490лк в центре комнаты)

Средняя освещенность при светодиодном освещении превышает средний уровень освещенности при люминесцентных лампах на 17%. Повышение уровня освещенности на 50лк и цветовой температуры способствует уменьшению числа ошибок при тестировании молодых волонтеров». [14]

После тщательного исследования условий эксперимента и применяемого оборудования, автор рецензии сделал свои выводы по представленной научной статье.

1. «Исследования по сравнительной гигиенической оценке при освещении люминесцентным светильником (с зеркальным отражателем) и светодиодным светильником с микролинзовым рассеивателем являются некорректными в своей основе. Так как эти светильники имеют разные светотехнические параметры в силу конструктивных особенностей их построения.
2. Сравнения люминесцентного светильника с зеркальным отражателем и светодиодного светильника с таким же отражателем показало, что работоспособность волонтеров снизилась в 2 раза и утомляемость волонтеров повысилась в 2 раза. Эти данные не нашли своего отражения в статье «Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света» журнал «Светотехника» 2011 №1, которая широко обсуждалась научной светотехнической общественностью, а в монографии только упоминается о наличии светильника Betalux-3, который дает многотеневость. Но они были озвучены изготовителем светильников типа Betalux на Научно-техническом совете ОАО «Мосэнергосбыт» по теме: «Энергоэффективные технологии: Использование светодиодного освещения» г. Москва 03 февраля 2010 г.
3. Исследования, проведенные на некорректном сравнении светильников привело к ошибкам в нормативных гигиенических документах, так в приложении 1 к СП2.5.1198-03 светодиоды были приравнены к лампам накаливания». [14]

Также известно, что утомление человека зависит не только от спектрального распределения излучения, но и от уровня яркости рабочей поверхности. Исследования качественных характеристик освещения показывают также, что зрительное утомление возрастает по мере увеличения времени пребывания в условиях дискомфорта при освещении. Дискомфортные условия могут возникнуть не только в результате наличия ярких пятен в поле зрения наблюдателя, но и в результате недостаточной яркости поля зрения. Уровень освещенности на светлой поверхности, определяющий границу дискомфорта, повышается по мере увеличения цветовой температуры источника белого цвета (рис. 1.4)

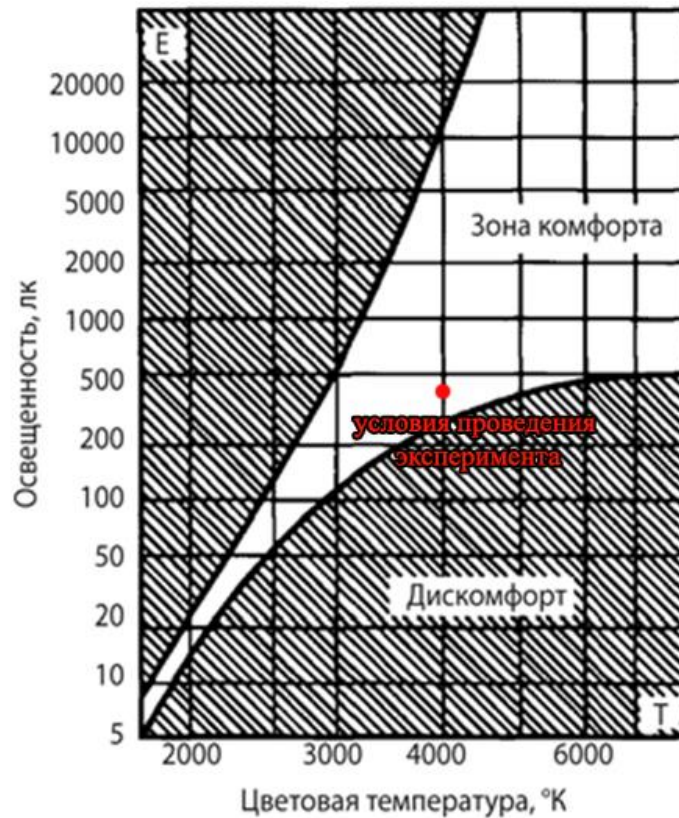


Рис.1.4. Области комфортного и дискомфорта освещения

На рис. 1.4 обозначены условия проведения эксперимента и рекомендации по уровню освещённости по ГОСТ ИСО 8995-2002 «Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений».

Несколько лет назад специалисты лаборатории профессионального отбора и психофизиологии и реабилитации ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора провели исследования по влиянию светодиодного света и света от штатных ламповых светильников на психофизиологическое состояние человека (машиниста подвижного состава РЖД). Метрологическую оценку светильников и рабочего места проводили ведущие специалисты по охране труда ВНИИЖТ РЖД, которые реализуют программу по внедрению светодиодного освещения на объектах РЖД.

Обобщённые результаты исследований ВНИИЖГ представлены в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Обобщённые результаты исследований ВНИИЖГ [10]

Показатели	Психофизиологическая оценка (баллы)			
	Лампа накаливания с белым плафоном	Люминесцентный светильник	Светодиодный фонарь с микролинзовым рассеивателем	Светодиодная панель с микролинзовым рассеивателем
Оценка проводилась по параметрам утверждённой методики	Плюс 5	Минус 2	Минус 5	Минус 9

Примечание. Плюс — позитивные изменения (тенденции); минус — негативные изменения (тенденции).

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы:

«

- от спектра света белого светодиода и применяемой оптики (на уровне светодиода и осветительного прибора) зависит степень воздействия на психофизиологическое состояние человека (машиниста). Прямое воздействие света от светодиодов (растровый светодиодный светильник, изготовленный по рекомендации НИИ СФ, — открытые линзы белых светодиодов) снижает работоспособность более чем в 2 раза и повышает утомляемость испытуемых более чем в 2 раза;
- по «мелатониновому» признаку особо опасно использовать для освещения в вечернее и ночное время светодиоды холодного (6000—10000 К) и даже нейтрального (4000—5000 К) белого света. Биологическая доза (подавление мелатонина) по сравнению с лампой накаливания возрастает в 2—3 раза;
- проведённые ООО «Полупроводниковая техника» исследования доказали, что обладающие большей, по сравнению со стандартными люминесцентными лампами, габаритной яркостью светодиоды оказывают на человека большее слепящее действие. Наблюдатель, длительное время находящийся в офисе с открытыми светильниками, укомплектованными светодиодами, устаёт больше, кроме этого, его работоспособность снижается более чем в 2 (!) раза». [10]

Также, в процессе изучения и анализа литературы, нельзя было обойти стороной работу Л.М. Текшевой «Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения с люминесцентными лампами и светодиодными источниками света в школах», опубликованную в журнале «Светотехника». Автор данного исследования, наоборот заявляет о положительном влиянии светодиодных источников света на зрительное утомление и работоспособность.

«До проведения исследования можно было предположить, что ОУ со светодиодными ИС в школах могут оказывать положительное влияние на зрительный анализатор школьников, обеспечивать их более высокую работоспособность и меньшее утомление при реализации образовательных процессов.

В соответствии с этой задачей данного исследования являлся сравнительный анализ влияния освещения ЛЛ и светодиодными (СД) ИС учебных кабинетов на изменения функционального состояния систем детского организма и состояния зрительного анализатора учащихся общеобразовательной школы в широком возрастном диапазоне в процессе их обучения.

Сравнительная оценка воздействия на организм учащихся общего искусственного освещения с ЛЛ и светодиодными ИС была проведена при условии, что и в том и в другом случаях соблюдались нормативные требования к освещению учебных помещений: уровень освещённости – 400

лк; коэффициент пульсации – не более 10%; показатель дискомфорта – не более 15 у.е. При этом коррелированная цветовая температура (КЦТ) составляла в обоих случаях 4500 К.

Светораспределение светильников с ЛЛ и со светодиодными ИС было практически одинаковым.

Исследования проводились в естественных условиях на базе ГОУ Центр образования «Феникс» № 1666 г. Москвы. Под наблюдением находилось 370 учащихся 4–11 классов (16 классных коллективов). Общий объем выходных показателей настоящих исследований превысил 10000.

Исследовательский коллектив состоял из гигиенистов, психофизиологов, офтальмологов-педиатров, а также врачей диагностической клинической медицины.

Для изучения влияния традиционных и инновационных искусственных ИС в ходе учебного процесса проводилась оценка динамики функционального состояния организма школьников по показателям тех функциональных систем, которые получают наибольшую нагрузку в процессе учебной деятельности. Для этого применялся комплекс гигиенических, психофизиологических методов исследования, проводилась оценка функционального состояния организма учащихся и диагностика зрения. Офтальмологи-педиатры проводили диагностику зрения учащихся, которая включала скрининговые тесты определения остроты зрения, цветового зрения, аккомодации и клинической рефракции.

Показатель критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ) даёт представление не только о функциональном состоянии зрительного анализатора, но и подвижности нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора. Слияние мельканий при меньшей частоте импульсов свидетельствует об ухудшении функционального состояния коркового звена.

При анализе характера индивидуальных изменений показателя КЧСМ было выявлено, что при традиционном обучении от начала к концу учебного дня происходит снижение, т.е. ухудшение, этого показателя. При СД значения этого показателя в течение учебного дня оказались более стабильными. Анализ индивидуальных изменений показателя КЧСМ свидетельствует о достоверном более выраженном благотворном воздействии СД на зрение учащихся по сравнению с ЛЛ.

В работе зрительного анализатора одну из ведущих функций выполняет аккомодационный аппарат. Процесс аккомодации – механизм оптической установки глаза к любому расстоянию – обеспечивается в основном цилиарной мышцей, которая регулирует степень увеличения выпуклости и преломляющей силы хрусталика. Оценка аккомодационной способности глаза и её динамики от начала к концу урока проводилась на основе вычисления коэффициента утомляемости (КУ) аккомодационного аппарата

глаза.

Исследование аккомодационной способности зрительного анализатора четвероклассников не выявило чёткой зависимости от вида освещения в учебном помещении. КУ был отрицательным у учащихся 5–6 классов и при освещении ЛЛ, и при освещении СД, что свидетельствовало об улучшении функционирования аккомодационного аппарата глаза. Средние значения КУ аккомодационного аппарата у учащихся 7–11 классов были положительными при освещении ЛЛ, хотя и были невысоки. КУ при освещении СД в этих коллективах стал отрицательным, особенно у подростков 9–11 классов: -11,4%, что можно рассматривать как свидетельство о достаточном запасе прочности объёма аккомодации.

В конце были получены результаты эмоционального состояния учащихся. Они совпали с результатами изучения субъективного восприятия новых искусственных ИС школьниками и педагогами. На вопрос «Нравится ли Вам новое освещение? Если «да», то почему?» 95% опрошенных учащихся 5–6 классов ответили утвердительно и объяснили это тем, что «не режет глаза», можно «спокойно смотреть на свет». 5% детей не определились с ответом. Среди респондентов 7–11 классов 80–90% положительно оценили новое освещение, остальные перемены освещения не заметили.

На основании полученных данных можно заключить следующее:

- При сравнительном анализе состояния зрения, умственной работоспособности и психоэмоционального состояния учащихся начальных, средних и старших классов при обучении в условиях освещения ЛЛ и освещения СД, соответствующих нормативным требованиям, выявлено, что физиологическая стоимость школьного образования при освещении СД в учебных помещениях ниже, чем при освещении ЛЛ.
- При освещении СД наблюдаются более высокие количественные и качественные показатели умственной работоспособности (УР) у учащихся начальных классов, а у учащихся 5–11 классов не только это (плюс больший интегральный показатель УР), но и значительно меньшая (в 2–2,5 раза) распространённость случаев явного и выраженного утомления.
- Функциональное состояние зрения учащихся, независимо от возраста, при тождественной образовательной нагрузке на фоне освещения СД отличалось большей стабильностью, чем при освещении ЛЛ: динамика показателей интегрального состояния зрения (КЧСМ) под воздействием образовательной нагрузки отсутствовала или имела положительную направленность; функциональное состояние аккомодационного аппарата глаза у школьников 5–11 классов улучшалось.
- Субъективная оценка условий освещения новыми искусственными ИС – светодиодными – свидетельствует о том, что большинство участников образовательного процесса (учащиеся и педагоги) оценивают их как комфортные

Таким образом, в настоящих исследованиях выявлено преимущество освещения СД в учебных помещениях образовательных учреждений, заключающееся в создании сравнительно более благоприятной световой среды для зрительной и умственной работы учащихся разного возраста, их психофизиологического и функционального состояния. Полученные данные позволяют рекомендовать использование светильников со светодиодными ИС для общего и местного освещения в образовательных учреждениях.» [16]

Раздел 6. Факторы освещения, влияющие на утомляемость человека

Сравнивая люминесцентные источники света со светодиодными, стоит учесть и проблему пульсаций светового потока. Люминесцентные лампы, работающие на переменном токе с частотой 50 Гц, создают коэффициенты пульсации до 40% и даже больше, что довольно часто может улавливаться органом зрения. В то время как светодиоды, работающие на постоянном токе, почти не создают пульсаций светового потока.

Увеличение коэффициента пульсации освещенности K_p снижает зрительную работоспособность человека, повышает утомляемость.

В качестве доказательства, приведем основные выводы из кандидатской диссертации «Нормализация световой среды для пользователей ПЭВМ» Кудряшова А.В. В своей работе он исследовал влияние параметров световой среды на работоспособность и утомление операторов, обслуживающих сложные, насыщенные устройствами автоматики и вычислительной техники энергетические объекты. Исследование проводилось на предприятиях филиала ОАО "ФСК ЕЭС" - МЭС Урала.

Основные материалы и результаты диссертационной работы были доложены, рассмотрены и одобрены:

- на второй Всероссийской научно-практической конференции "Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии" (Челябинск, 2003 г.);
- на 1-й Международной конференции "Безопасность. Технологии. Управление" (Тольятти, 2005 г.);
- на ежегодных Всероссийских научно-технических конференциях "Наука - производство - технология - экология" (ВятГУ, Киров, 2005, 2006 гг.);
- на региональной научно-практической конференции "Экология. Риск. Безопасность" (Курган, 2005 г.);
- на ежегодной заочной электронной конференции "Современные наукоёмкие технологии" (Москва, 2006 г.)

- на ежегодных научно-технических конференциях Южно-Уральского государственного университета (Челябинск, 2004 - 2006 гг.).

Основные выводы диссертационной работы звучат следующим образом:

«

1. Проведенные исследования свидетельствуют о неблагоприятном воздействии пульсации освещённости на работоспособность операторов ПЭВМ.

2. Среди исследованных параметров световой среды существенным оказался лишь один фактор – «коэффициент пульсации освещённости». Другие параметры световой среды: «освещённость рабочей поверхности», «яркость бликов на экране», а также частота обновления изображения на экране ПЭВМ и тип экрана в меньшей степени оказывают влияние на зрительную утомляемость оператора.

3. Зрительная утомляемость операторов ПЭВМ при 25-процентной глубине пульсации освещённости растёт быстрее и к концу 8-часовой рабочей смены достигает на 13,5% больших значений, чем при отсутствии пульсации освещённости.

4. Получены математические зависимости степени зрительного утомления от времени работы при 25-процентной и нулевой глубине пульсации освещённости.

5. Возможное зрительное утомление операторов ПЭВМ при 25-процентной глубине пульсации освещённости к концу 12-часовой рабочей смены достигает на 29% больших значений, чем при отсутствии пульсации освещённости.» [17]

Исследования, выполненные в Ивановском НИИ охраны труда, также подтверждают, что при повышенном коэффициенте пульсации у человека снижается работоспособность: появляется напряжение в глазах, повышается усталость, труднее сосредотачиваться на сложной работе, ухудшается память, чаще возникает головная боль. Отрицательное воздействие пульсации возрастает с увеличением ее глубины.

У тех, кто работает с экраном дисплея, зрительная работа является наиболее напряженной и существенным образом отличается от других видов работ. По данным Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР (РАН России) мозг пользователя ПЭВМ вынужден крайне отрицательно реагировать на два (и более) одновременных, но различных по частоте и некротных друг другу ритма световых раздражений. При этом на биоритмы мозга накладываются пульсации от изображений на экране дисплея и пульсации от осветительных установок.

Стоит также учесть и проблему отраженной блескости. Наличие бликов на экране монитора, а также на рабочей поверхности (столе) не допускается. При появлении бликов человек машинально обращает на них внимание, тем самым отвлекаясь от своей непосредственной работы. Блики, в том числе могут закрывать собой и важную для рабочего информацию, тем самым создавая для него трудности и дискомфорт, связанные с восприятием информации.

«Мероприятия по устранению отраженной блескости.

Наиболее распространенными зонами работ, где может быть отраженная блескость, являются:

1. рабочие места с компьютерами;
2. щиты управления с вертикально установленными измерительными и регистрирующими приборами и видеодисплейными терминалами;
3. отдельно стоящие измерительные приборы.

Отраженная блескость может быть вызвана как естественным, так и искусственным освещением (в частности, на экране монитора может отражаться окно или источник света). С целью исключения отраженной блескости на экранах мониторов следует:

- рабочие столы размещать таким образом, чтобы мониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, а естественный свет падал преимущественно слева;
- при системе комбинированного освещения применять светильники местного освещения, оборудованные непрозрачным отражателем с защитным углом не менее 40 градусов;
- общее освещение выполнять с использованием светильников с люминесцентными лампами с защитным углом не менее 40 градусов, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователей при рядном расположении видеодисплейных терминалов или локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к пользователю, — при расположении компьютеров по периметру помещения;
- использовать для внутренней отделки помещений и применяемой мебели диффузно отражающие материалы;
- оконные проемы в помещениях с компьютерами оборудовать регулируемыми устройствами типа жалюзи, занавесей и др.

Для исключения отраженной блескости на вертикальной поверхности регистрирующих и измерительных приборов необходимо соответствующее расположение освещающих их светильников, что определяется расчетом с учетом высоты установки приборов.» [18]

Раздел 7. Астенопия: синдромы и причины

Проблемой зрительного утомления непосредственно занимаются врачи и биологи. Применяя свои знания и описывая процессы воздействия света на глаз человека, они открывают новые подробности восприятия освещения, тем самым внося свой вклад в создание комфортной световой среды.

«Астенопия (зрительное утомление) - функциональные нарушения, сопровождающиеся неприятными ощущениями в глазах (резь, жжение, чувство песка, покраснение, затуманивание зрения и др.), возникающими после напряженной зрительной работы.

Раньше считалось, что зрение портится, если много смотреть телевизор и читать в темноте и движущемся транспорте. Теперь добавился еще один вредный фактор - компьютер.

В 1998 году в США американские медики ввели в обиход новый термин - компьютерный зрительный синдром (Computer Vision Syndrome, CVS). CVS - специфическое нарушение зрения у людей, проводящих много времени перед экраном компьютера. Считается, что этот синдром ежедневно возникает у 40% людей, работающих на компьютере, и периодически - у 92% пользователей. Зачастую невозможность правильно и рационально организовывать рабочее место (блики на экране монитора от внешних источников, неправильное расстояние от глаз до экрана, неудачный выбор цветов, чрезмерно большая яркость экрана) усугубляют ситуацию.

Компьютерному зрительному синдрому наиболее подвержены люди в возрасте от 12 до 40 лет. Основными жалобами являются:

- чувство жжения в глазах,
- чувство песка в глазах,
- боли в области глазниц и лба,
- боли при движении глаз,
- покраснение глаз,
- двоение в глазах (диплопия),
- замедление перефокусировки с ближних предметов на дальние и обратно (нарушение аккомодации),
- ухудшение зрения,
- быстрая утомляемость при чтении,
- головная боль,

- раздражительность,
- эффект Маккалаха: при переводе взгляда с монитора на черный или белый предмет, он приобретает оттенок цвета, который доминировал на мониторе.

Врачи долго искали доказательство того, что компьютер повреждает глаз, но так и не нашли. Ни катаракту, ни глаукому он не вызывает. Единственное изменение, которое может произойти - разовьется или усилится близорукость.

Специалисты насчитали пять основных причин вредного воздействия компьютера на глаза:

- Пиксельная структура изображения. На мониторе компьютера подается не в виде сплошных линий, а в виде микроскопических точек.
- Постоянное прямонаправленное свечение экрана. Отраженный свет, который мы обычно наблюдаем в освещенной комнате, для глаз более естественен. Когда лучи света из компьютера "бьют" прямо в глаза, они наносят вред мозгу, поскольку утомление зрения - это и утомление мозга.
- Мониторы зачастую имеют низкую контрастность. Из-за этого глаза больше напрягаются и сильнее устают.
- На наше зрение влияет мерцание монитора. Кто хотя бы однажды долго смотрел на мигающую лампу, заметил, наверное, как это начинает раздражать. Такое же действие оказывает и компьютер.
- Зрение ухудшают блики на мониторе. Они появляются в виде отражения других светящихся объектов.

Негативное влияние оказывает неправильно выбранное расстояние от глаз до экрана, неудачные цвета. Кроме того, глаза быстрее устают, когда приходится постоянно перемещать взгляд с экрана на клавиатуру или бумажный лист.

Основными факторами риска развития астенопии являются:

- работа на компьютере (независимо от типа монитора),
- чтение книг на мобильных компьютерах,
- длительное вождение автомобиля, особенно в сумерках и в ночное время,
- работа, требующая постоянного зрительного внимания,
- длительное чтение,
- ежедневный просмотр телепередач,
- неправильно подобранные очки,
- неправильно организованное освещение в помещении.

Большинство постоянных пользователей персональных компьютеров начинают жаловаться на здоровье через 4 часа и практически все - через 6 часов работы за монитором. Самое сильное утомление вызывает работа с компьютерной графикой.» [19]

Приведенный анализ тематической литературы, во-первых, дает возможность грамотно оценить условия и возможности применения методик определения зрительного утомления и работоспособности. Во-вторых, подобрать подходящее для эксперимента оборудование. В - третьих, грамотно построить алгоритм исследования для получения достоверных результатов. В – четвертых, дает возможность с научной точки зрения объяснить полученные результаты эксперимента.

Глава 2. Светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала

Раздел 1. Световые приборы и источники света, используемые в наружной ОУ вокзала

Таблица 2.1. Используемые источники света

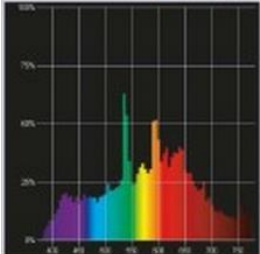
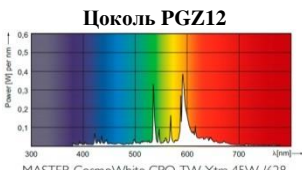
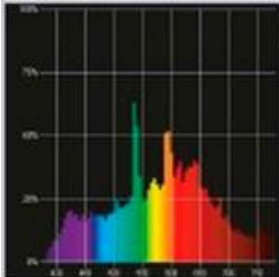
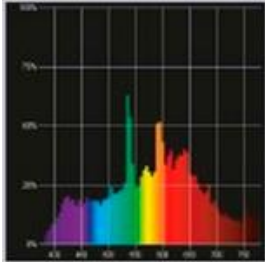
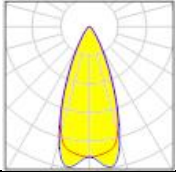

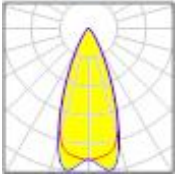

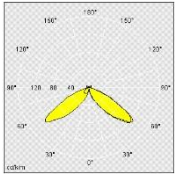

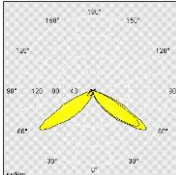

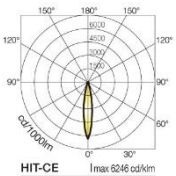

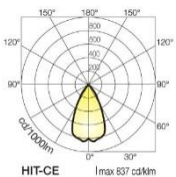

№ п/п	Фирма и тип лампы	Рл, Вт	Ф, лм	η, лм/Вт	R _a	Тип ПРА	T _{цв} , К	τ, ч	Uс, В	Примечания
1	Светодиоды Nichia с оптикой 40°	8 (общая)	---	---	---	ЭПРА	4000	50000	220	---
2	Светодиоды Nichia с оптикой 42°	30 (общая)	140 (с одного светодиода)	140 (с одного светодиода)	---	ЭПРА	4000	50000	220	---
3	OSRAM МГЛ HCL-T 150 W/942 NDЛ PB	150	14700	98	95	ЭПРА	4200	15000	230	Цоколь G12 
4	PHILIPS МГЛ MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/628 PGZ12	45	4950	110	66	ЭПРА	2800	30000	230	Цоколь PGZ12 
5	OSRAM МГЛ HCL-T 35 W/942 NDЛ PB	35	3400	87	91	ЭПРА	4200	15000	230	Цоколь G12 
6	OSRAM МГЛ HCL-T 70 W/942 NDЛ PB	70	6800	93	95	ЭПРА	4200	15000	230	Цоколь G12 

Таблица 2.2. Используемые осветительные приборы

№ п/п	Фирма и название	Рсв, Вт	КСС	$\eta_{св}$ %	Место установки	Размеры (ЛхВхН), мм	Внешний вид	IP	Примечания
1	IntiLED IntiSPOT	8		84	Пандус главной лестницы	70 x70x60		67	Встраивается в каменную стену пандуса
2	IntiLED IntiRAY	30		84	Опоры, поддержки ваюющие крышу над платформами	210x190x124		65	Входят в систему аварийного освещения на платформах
3	Thorn ALUMET CONTROL/ I 45W CPO CL2 CL	45		31	Разборная платформа и концы платформ	200x200x4250		65	На 3х метровой опоре
4	Thorn ALUMET CONTROL/ I 150W HIT-CE G12 CL2 CL	150		31	главная лестница	200x200x4250 (либо 5250)		65	На опорах 3метра и 4 метра
5	Targetti Pyros SP 35W	35		96	Опоры, поддержки ваюющие крышу над платформами	190x190x240		67	В комплекте с антиослепляющей шторкой и длинным кронштейном
6	Targetti Pyros WFL 70W	70		73	Опоры, поддержки ваюющие крышу над платформами	190x190x240		67	В комплекте с длинным кронштейном

Раздел 2. Нормируемые параметры наружной осветительной установки

Таблица 2.3. Нормируемые параметры

Нормативный документ	Параграф, раздел, пункт нормативного документа	Зоны и помещения вокзала	Освещенность, лк	Плоскость нормирования освещенности	Уровень нормируемой поверхности
СП 52.13330.2 011	Таблица 18 - Значения средней горизонтальной освещенности для подземных и надземных пешеходных переходов	Главная лестница	10 ¹⁾	Горизонтальная	На поверхности земли
	Табл.26, «Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов»	Главная площадь	20 ¹⁾	Горизонтальная	На поверхности земли
	Таблица 18 - Значения средней горизонтальной освещенности для подземных и надземных пешеходных переходов	Съезды (пандусы) для инвалидов	40 ^{1),2)}	Горизонтальная	На поверхности земли
ОСТ 32.120-98, ГОСТ Р 54984 – 2012	Табл.5.1, п. 24 «Пассажирские платформы внеклассных станций (более 2 млн. чел. в год) и остановочных пунктов с телевизионным обзором»	Открытая сборно-разборная ж/д платформа	5	Горизонтальная	На поверхности платформы
	Табл.5.1, п. 24 «Пассажирские платформы внеклассных станций (более 2 млн. чел. в год) и остановочных пунктов с телевизионным обзором»	ж/д платформы под навесами	10	Горизонтальная	На поверхности платформы

Примечания:

1) Указаны значения средней горизонтальной освещенности

Средняя освещенность улиц, дорог и площадей E_{cp} : Освещенность, средневзвешенная по площади дорожного покрытия.

2) Норма отвечает требованиям документа СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001»:

« ... 4.3.3 Минимальный уровень освещенности в местах отдыха следует принимать 20 лк. Светильники, устанавливаемые на площадках отдыха, должны быть расположены ниже уровня глаз сидящего».

- 3) Норма освещенности повышена на одну ступень шкалы освещенности из-за напряженной зрительной работы, занимающей более половины рабочего дня.

Раздел 3. Расчет показателя ослепленности для железнодорожных платформ (по ОСТ 32.120-98)

$$P = [(1 + 0,45E_{зр}/\theta^2 L_{\phi})^{0,5} - 1]1000 \quad (2.1)$$

$E_{зр}$ - освещенность на зрачке машиниста, лк,

θ - угол действия блескового источника, град;

L_{ϕ} - яркость фона, кд/м².

Для каждого конкретного случая определяют θ , $E_{зр}$, L_{ϕ} .

Допустимое значение показателя ослепленности: $P_{доп} = 800$

$$H := 7.46 \text{ м} \quad \alpha = 20^\circ \quad \text{tg } \alpha = 0.364$$

$$l := (H - 3.5) \cdot 0.364 \text{ м}$$

$$l = 1.441 \text{ м}$$

l - расстояние от светильника вдоль оси междупутья, на котором сила света максимальна

H - высота установки светильника над уровнем головки рельса

$$I_{\text{max}} := 625 \text{ кд}$$

$$E_{\text{зр}} := I_{\text{max}} \cdot \frac{0.342^3}{l}$$

$$E_{\text{зр}} = 17.344 \text{ лк}$$

$$\theta_{\text{град}} := 90 - 20 = 70$$

$$\theta_{\text{рад}} := 1.222 \text{ рад}$$

$$E_{\text{норм}} := 10 \text{ лк}$$

$$L_{\text{ф}} := 0.032 \cdot E_{\text{норм}}$$

$$P := \left[\left(1 + 0.45 \cdot \frac{E_{\text{зр}}}{\theta_{\text{рад}}^2 \cdot L_{\text{ф}}} \right)^{0.5} - 1 \right] \cdot 1000$$

$$P = 316$$

После проведения расчета видно, что показатель ослепленности $P = 316$. Сравним полученное значение с допустимым: $P < P_{\text{доп}}$. Следовательно, слепящее действие осветительной установки не превышает допустимое и находится в пределах нормы.

Раздел 4. Светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала

4.1. Общие положения

Для проведения светоаудита на объекте были использованы **Методические указания по проведению энергоаудита осветительных установок** (авторы Н.В. Рожкова, Г.В. Федюкина). В ходе подготовки был определен план действий на объекте, подготовлены чертежи с расположением световых приборов и нанесенными контрольными точками, а также составлены протоколы для измерений. В качестве измерительного прибора выступал люксметр АТЕ-1537 фирмы «АТАКОМ».

Для удобства в измерениях был собран штатив (рис. 2.1), на платформе которого помещается приемная головка прибора. Сам прибор находится в руках. Данная конструкция позволяет ускорить замеры освещенности за счет

сокращения физических действий аудитора. Человеку не приходится каждый раз нагибаться к земле, чтобы поднять и перенести приемник излучения, а жесткий контакт платформы штатива и приемной головки исключает ее отклонение от горизонтального расположения на земле. Таким образом, удалось ускорить процесс замера освещенности на объекте и сократить процесс физического утомления аудитора. Ширина нижней платформы штатива 4 см, длина штатива варьируется от 48 до 88 см.

Протоколы для измерения освещенности были составлены согласно *ГОСТ Р 54944-2012 «ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. Методы измерения освещенности»*. Их заполнение велось параллельно со снятием показаний с люксметра в режиме «замер – запись». Каждой контрольной точке был присвоен порядковый номер. Замеры на одной точке проводились 2 раза, это позволило снизить вероятность ошибки. Пример протокола измерений см. в *приложении А*.



Рис. 2.1. Штатив

Таблица 2.4. График действий на объекте 15 декабря 2013

№ п/п	Действие	Отрезок времени
1	Прибытие на объект	14-00
2	Получение разрешения на фотосъемку и замеры освещенности	14-00 14-30
3	Дневная фотосъемка вокзала и установленного оборудования	14-30 15-30
4	Замеры освещенности на платформах, главной лестнице и пандусе	18-30 22-30
5	Ночная фотосъемка вокзала и установленного оборудования	22-30 23-30

Температура окружающей среды при измерениях : - 1...+1 С⁰

4.2. Светоаудит отдельных частей вокзала

4.2.1. Пассажирские платформы

Расстановка оборудования и контрольных точек

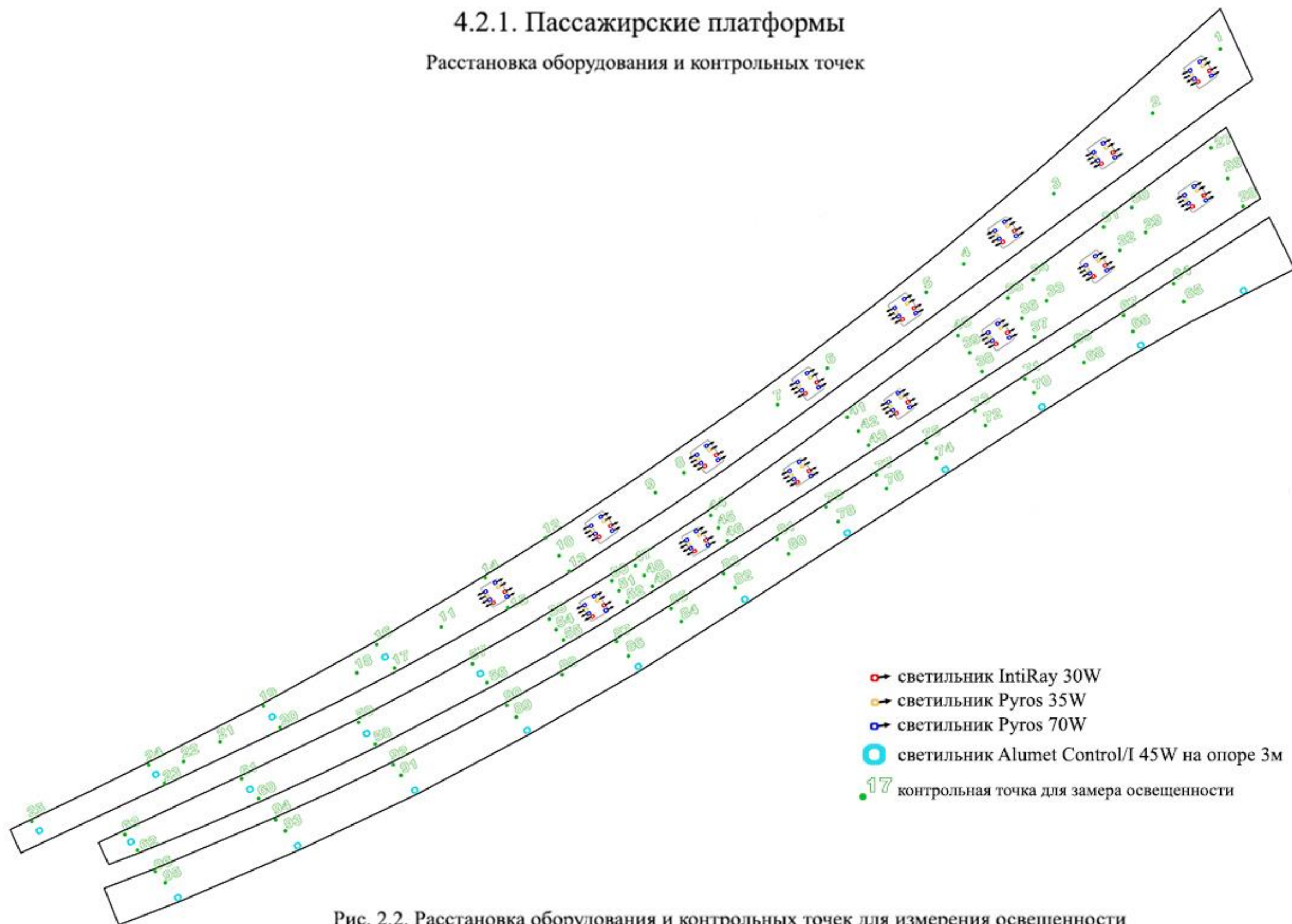


Рис. 2.2. Расстановка оборудования и контрольных точек для измерения освещенности

Таблица 2.5 Таблица освещенностей крытых пассажирских платформ

№ контрольных точек	Освещенность, лк						
	измеренная				средняя <i>E_{ср}</i>	фактическая <i>E_ф</i>	нормируемая <i>E_н</i>
	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	15.0	16.0	-	-	15.5	15.5	10
2	14.0	13.0	-	-	13.5	13.5	10
3	24.0	24.0	-	-	24.0	24.0	10
4	26.0	26.0	-	-	26.0	26.0	10
5	30.0	32.0	-	-	31.0	31.0	10
6	15.0	16.0	-	-	15.5	15.5	10
7	10.0	11.0	-	-	10.5	10.5	10
8	15.0	14.0	-	-	14.5	14.5	10
9	25.0	27.0	-	-	26.0	26.0	10
10	15.0	15.0	-	-	15.0	15.0	10
11	10.0	10.0	-	-	10.0	10.0	10
12	14.0	13.0	-	-	13.5	13.5	10
13	17.0	17.0	-	-	17.0	17.0	10
14	12.0	13.0	-	-	12.5	12.5	10
15	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	10
16	10.0	10.0	-	-	10.0	10.0	10
17	13.0	12.0	-	-	12.5	12.5	10
18	39.0	42.0	-	-	40.5	40.5	10
19	10.0	10.0	-	-	10.0	10.0	10
20	18.0	18.0	-	-	18.0	18.0	10
21	12.0	13.0	-	-	12.5	12.5	10
22	14.0	15.0	-	-	14.5	14.5	10
23	12.0	12.0	-	-	12.0	12.0	10
24	20.0	19.0	-	-	19.5	19.5	10
25	19.0	18.0	-	-	18.5	18.5	10
26	29.0	29.0	-	-	29.0	29.0	10
27	16.0	17.0	-	-	16.5	16.5	10
28	10.0	10.0	-	-	10.0	10.0	10
29	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	10
30	11.0	11.0	-	-	11.0	11.0	10
31	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	10
32	14.0	15.0	-	-	14.5	14.5	10
33	17.0	19.0	-	-	18.0	18.0	10
34	14.0	13.0	-	-	13.5	13.5	10
35	13.0	14.0	-	-	13.5	13.5	10
36	70.0	70.0	-	-	70.0	70.0	10
37	10.0	10.0	-	-	10.0	10.0	10
38	11.0	11.0	-	-	11.0	11.0	10

Продолжение таблицы 2.5.

39	38.0	36.0	-	-	37.0	37.0	10
40	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	10
41	16.0	16.0	-	-	16.0	16.0	10
42	23.0	22.0	-	-	22.5	22.5	10
43	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	10
44	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	10
45	25.0	26.0	-	-	25.5	25.5	10
46	37.0	37.0	-	-	37.0	37.0	10
47	14.0	15.0	-	-	14.5	14.5	10
48	15.0	15.0	-	-	15.0	15.0	10
49	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	10
50	21.0	20.0	-	-	20.5	20.5	10
51	69.0	69.0	-	-	69.0	69.0	10
52	38.0	37.0	-	-	37.5	37.5	10
53	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	10
54	46.0	45.0	-	-	45.5	45.5	10
55	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	10
56	24.0	23.0	-	-	23.5	23.5	10
57	15.0	15.0	-	-	15.0	15.0	10
58	15.0	15.0	-	-	15.0	15.0	10
59	20.0	21.0	-	-	20.5	20.5	10
60	15.0	15.0	-	-	15.0	15.0	10
61	11.0	11.0	-	-	11.0	11.0	10
62	16.0	15.0	-	-	15.5	15.5	10
63	11.0	11.0	-	-	11.0	11.0	10

Таблица 2.6. Таблица освещенностей открытой сборно-разборной платформы

64	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
65	8.0	9.0	-	-	8.5	8.5	5
66	11.0	10.0	-	-	10.5	10.5	5
67	5.0	6.0	-	-	5.5	5.5	5
68	5.0	6.0	-	-	5.5	5.5	5
69	6.0	6.0	-	-	6.0	6.0	5
70	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	5
71	7.0	7.0	-	-	7.0	7.0	5
72	5.0	6.0	-	-	5.5	5.5	5
73	7.0	8.0	-	-	7.5	7.5	5
74	16.0	15.0	-	-	15.5	15.5	5
75	7.0	7.0	-	-	7.0	7.0	5
76	4.0	5.0	-	-	4.5	4.5	5
77	6.0	6.0	-	-	6.0	6.0	5
78	14.0	14.0	-	-	14.0	14.0	5
79	7.0	7.0	-	-	7.0	7.0	5

Продолжение таблицы 2.6.

80	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
81	8.0	9.0	-	-	8.5	8.5	5
82	13.0	12.0	-	-	12.5	12.5	5
83	8.0	8.0	-	-	8.0	8.0	5
84	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
85	6.0	6.0	-	-	6.0	6.0	5
86	17.0	16.0	-	-	16.5	16.5	5
87	6.0	7.0	-	-	6.5	6.5	5
88	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
89	11.0	11.0	-	-	11.0	11.0	5
90	5.0	6.0	-	-	5.5	5.5	5
91	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	5
92	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
93	12.0	13.0	-	-	12.5	12.5	5
94	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5
95	13.0	13.0	-	-	13.0	13.0	5
96	5.0	5.0	-	-	5.0	5.0	5

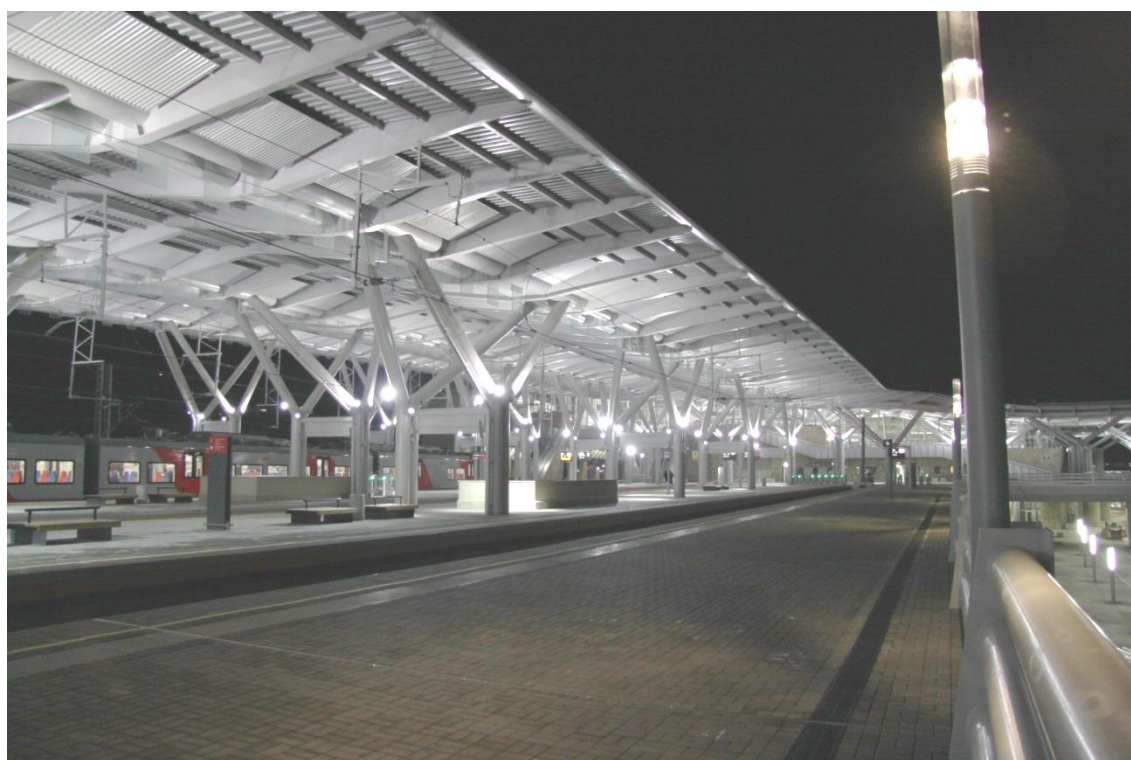


Рис. 2.3. Платформы вокзала (ночь)

4.2.2. Главная лестница вокзала

Расстановка оборудования и контрольных точек

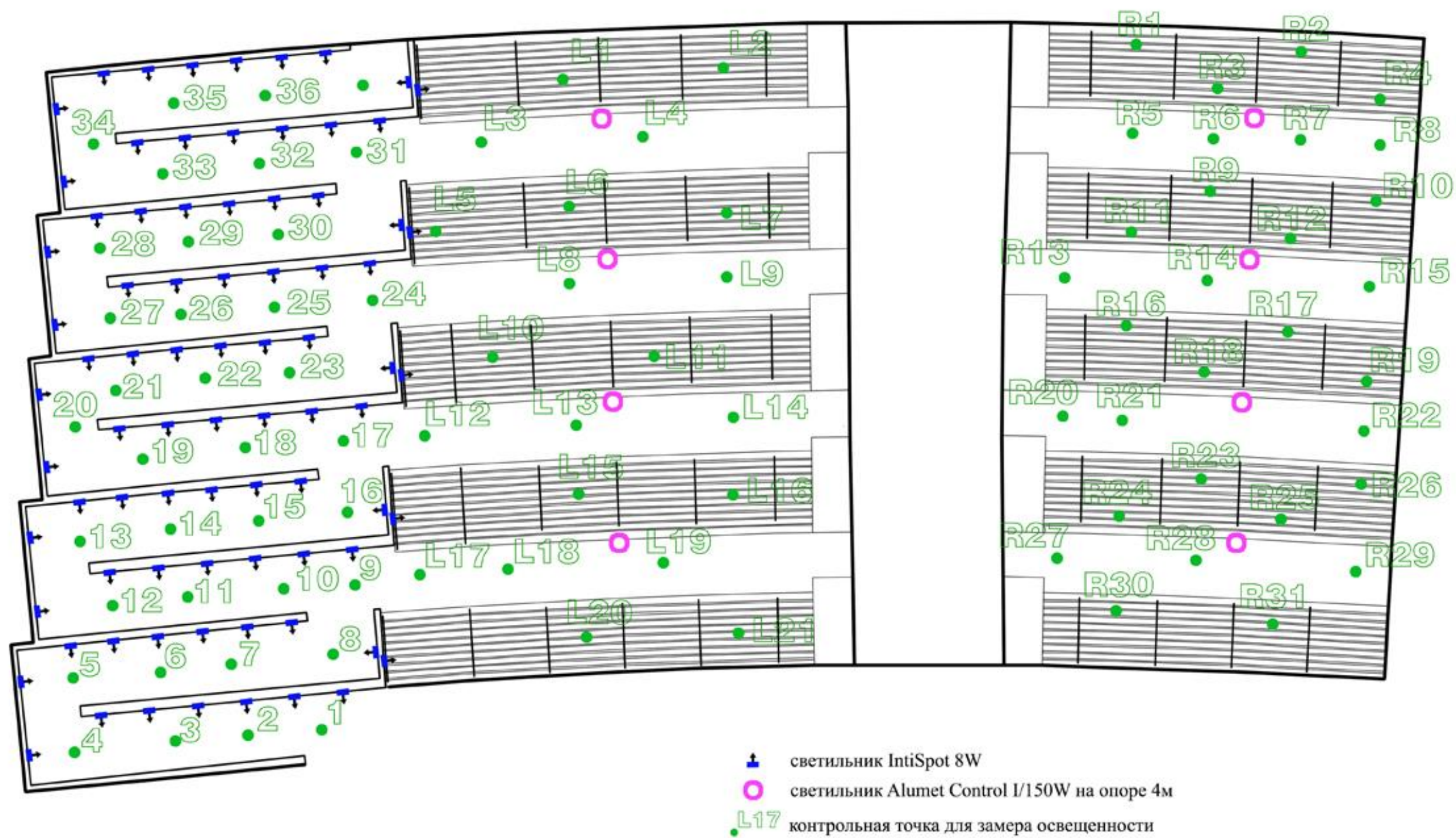


Рис. 2.4. Расстановка оборудования и контрольных точек для измерения освещенности

Таблица 2.7. Таблица освещенностей главной лестницы

№ контрольных точек	Освещенность, лк						
	измеренная				средняя <i>E_{ср}</i>	фактическая <i>E_ф</i>	нормируемая <i>E_н</i>
	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>			
1	2	3	4	5	6	7	8
R 1	12.0	13.0	-	-	12.5	12,5	10
R 2	20.0	19.0	-	-	19.5	19,5	10
R 3	55.0	57.0	-	-	56.0	56,0	10
R 4	9.0	9.0	-	-	9.0	9,0	10
R 5	25.0	25.0	-	-	25.0	25,0	10
R 6	62.0	63.0	-	-	62.5	62,5	10
R 7	57.0	57.0	-	-	57.0	57,0	10
R 8	10.0	10.0	-	-	10.0	10,0	10
R 9	35.0	35.0	-	-	35.0	35,0	10
R 10	10.0	9.0	-	-	9.5	9,5	10
R 11	22.0	21.0	-	-	21.5	21,5	10
R 12	57.0	55.0	-	-	56.0	56,0	10
R 13	9.0	9.0	-	-	9.0	9,0	10
R 14	65.0	63.0	-	-	64.0	64,0	10
R 15	39.0	42.0	-	-	40.5	40,5	10
R 16	16.0	17.0	-	-	16.5	16,5	10
R 17	33.0	33.0	-	-	33.0	33,0	10
R 18	44.0	46.0	-	-	45.0	45,0	10
R 19	14.0	15.0	-	-	14.5	14,5	10
R 20	9.0	9.0	-	-	9.0	9,0	10
R 21	20.0	21.0	-	-	20.5	20,5	10
R 22	19.0	18.0	-	-	18.5	18,5	10
R 23	25.0	24.0	-	-	24.5	24,5	10
R 24	15.0	16.0	-	-	15.5	15,5	10
R 25	20.0	20.0	-	-	20.0	20,0	10
R 26	43.0	41.0	-	-	42.0	42,0	10
R 27	9.0	9.0	-	-	9.0	9,0	10
R 28	54.0	52.0	-	-	53.0	53,0	10
R 29	18.0	19.0	-	-	18.5	18,5	10
R 30	18.0	18.0	-	-	18.0	18,0	10
R 31	19.0	19.0	-	-	19.0	19,0	10
L1	35.0	35.0	-	-	35.0	35,0	10
L2	17.0	17.0	-	-	17.0	17,0	10
L3	12.0	13.0	-	-	12.5	12,5	10
L4	53.0	53.0	-	-	53.0	53,0	10
L5	65.0	67.0	-	-	66.0	66,0	10
L6	42.0	41.0	-	-	41.5	41,5	10
L7	14.0	15.0	-	-	14.5	14,5	10
L8	58.0	57.0	-	-	57.5	57,5	10

L9	19.0	19.0	-	-	19.0	19,0	10
L10	44.0	43.0	-	-	43.5	43,5	10
L11	36.0	37.0	-	-	36.5	36,5	10
L12	12.0	13.0	-	-	12.5	12,5	10
L13	55.0	56.0	-	-	55.5	55,5	10
L14	18.0	17.0	-	-	17.5	17,5	10
L15	41.0	41.0	-	-	41.0	41,0	10
L16	15.0	16.0	-	-	15.5	15,5	10
L17	11.0	11.0	-	-	11.0	11,0	10
L18	23.0	24.0	-	-	23.5	23,5	10
L19	52.0	52.0	-	-	52.5	52,5	10
L20	19.0	20.0	-	-	19.5	19,5	10
L21	11.0	10.0	-	-	10.5	10,5	10

Таблица 2.8. Таблица освещенностей пандуса главной лестницы

1	30.0	31.0	-	-	30.5	30,5	40
2	69.0	70.0	-	-	69.5	69,5	40
3	28.0	29.0	-	-	28.5	28,5	40
4	49.0	50.0	-	-	49.5	49,5	40
5	50.0	51.0	-	-	50.5	50,5	40
6	72.0	71.0	-	-	71.5	71,5	40
7	30.0	30.0	-	-	30.0	30,0	40
8	30.0	31.0	-	-	30.5	30,5	40
9	73.0	74.0	-	-	73.5	73,5	40
10	35.0	34.0	-	-	34.5	34,5	40
11	33.0	33.0	-	-	33.0	33,0	40
12	70.0	70.0	-	-	70.0	70,0	40
13	55.0	55.0	-	-	55.0	55,0	40
14	77.0	75.0	-	-	76.0	76,0	40
15	74.0	75.0	-	-	74.5	74,5	40
16	34.0	34.0	-	-	34.0	34,0	40
17	29.0	31.0	-	-	30.0	30,0	40
18	33.0	33.0	-	-	33.0	33,0	40
19	32.0	32.0	-	-	32.0	32,0	40
20	24.0	24.0	-	-	24.0	24,0	40
21	31.0	30.0	-	-	30.5	30,5	40
22	32.0	32.0	-	-	32.0	32,0	40
23	30.0	29.0	-	-	29.5	29,5	40
24	66.0	66.0	-	-	66.0	66,0	40
25	70.0	71.0	-	-	70.5	70,5	40
26	68.0	68.0	-	-	68.0	68,0	40
27	45.0	45.0	-	-	45.0	45,0	40
28	52.0	52.0	-	-	52.0	52,0	40
29	71.0	71.0	-	-	71.0	71,0	40
30	68.0	67.0	-	-	67.5	67,5	40
31	27.0	27.0	-	-	27.0	27,0	40

Продолжение таблицы 2.8.

32	34.0	35.0	-	-	34.5	34,5	40
33	33.0	33.0	-	-	33.0	33,0	40
34	22.0	23.0	-	-	22.5	22,5	40
35	30.0	30.0	-	-	30.0	30,0	40
36	35.0	34.0	-	-	34.5	34,5	40
37	40.0	38.0	-	-	39.0	39,0	40

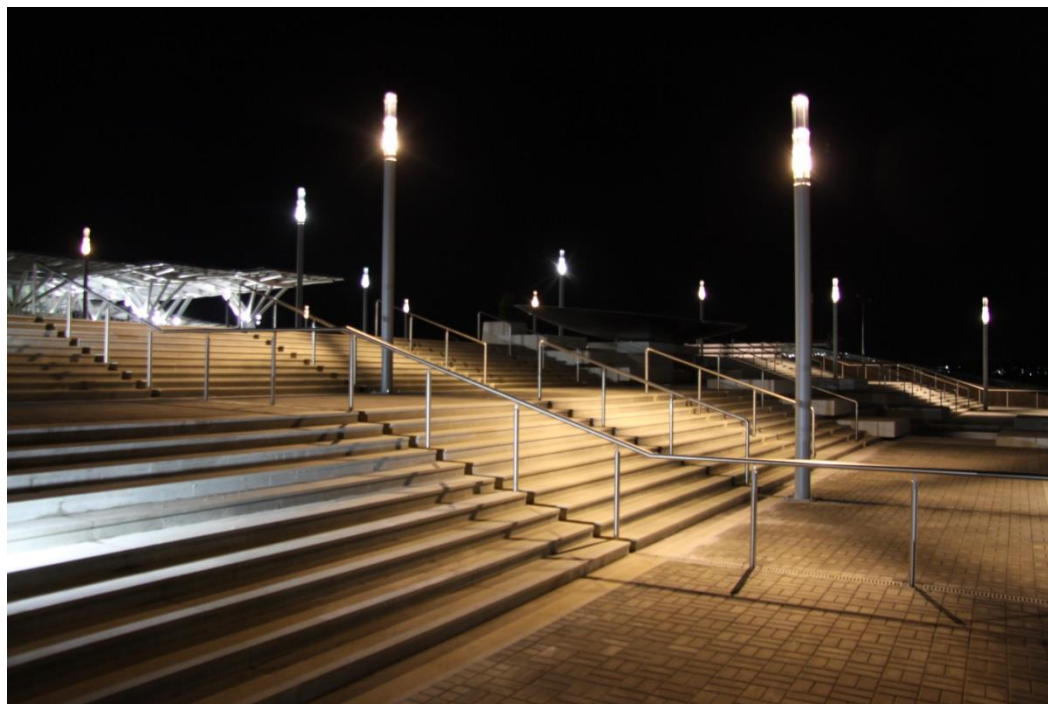


Рис. 2.5. Главная лестница вокзала (ночь)

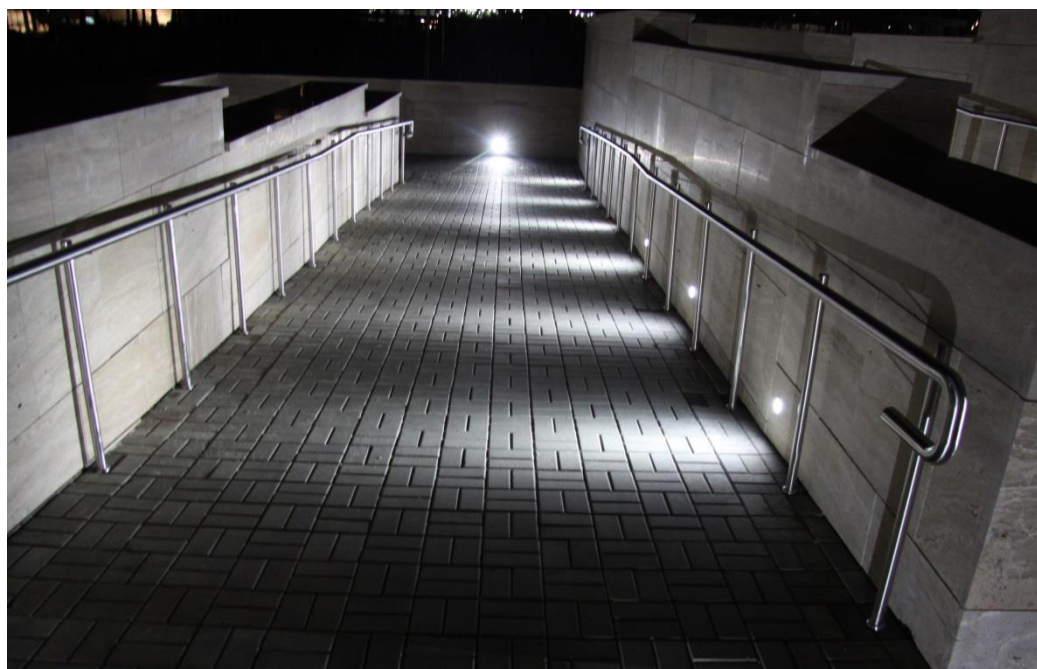


Рис. 2.6. Пандус для маломобильных групп населения (ночь)

4.2.3. Центральная платформа вокзала

Расстановка оборудования и контрольных точек

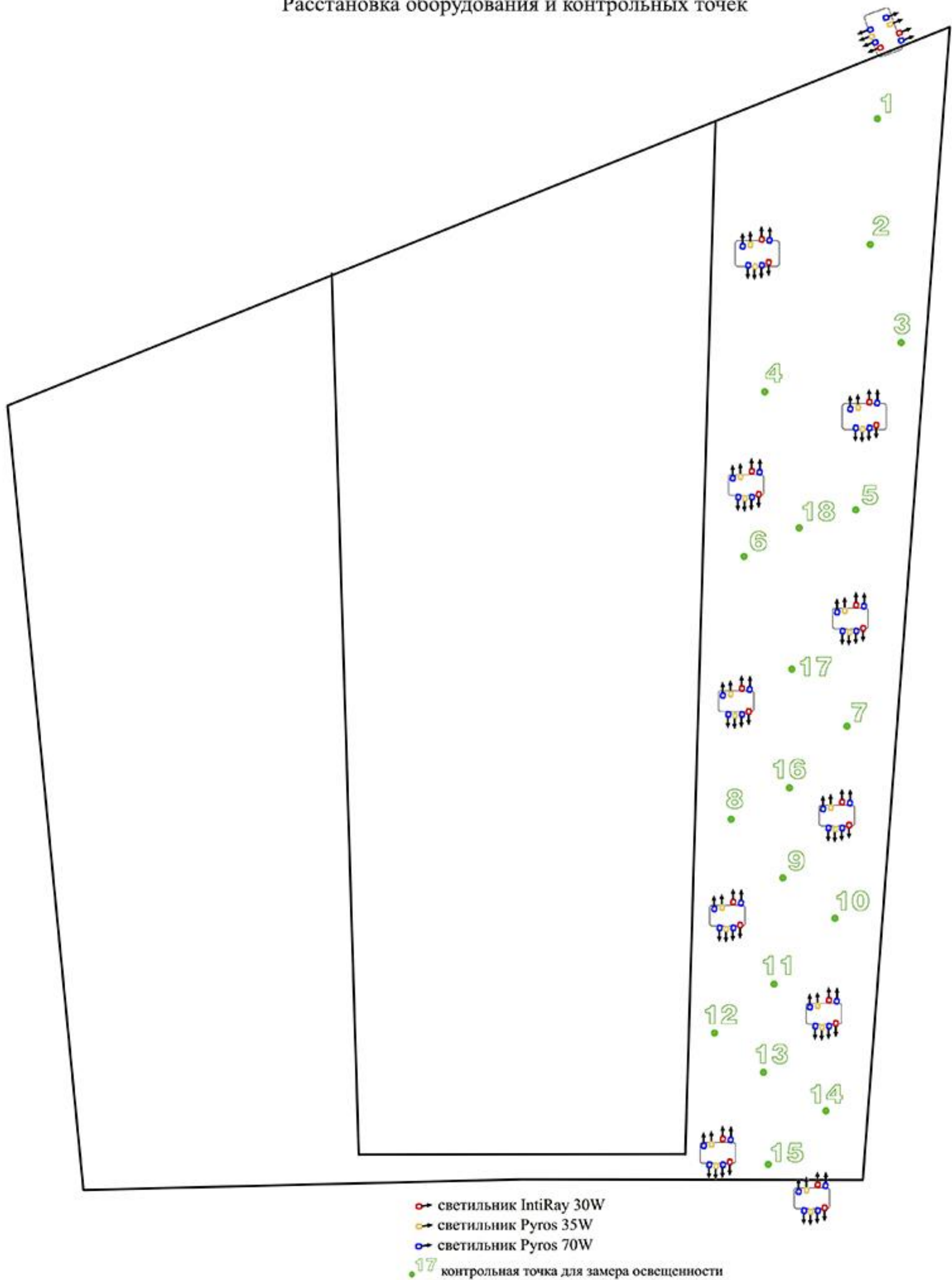


Рис. 2.7. Расстановка оборудования и контрольных точек для измерения освещенности

Таблица 2.9. Таблица освещенностей центральной платформы

№ контрольных точек	Освещенность, лк						
	измеренная				средняя $E_{ср}$	фактическая $E_{ф}$	нормируемая $E_{н}$
	$E1$	$E2$	$E3$	$E4$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	16.0	16.0	-	-	16.0	16.0	10
2	18.0	18.0	-	-	18.0	18.0	10
3	37.0	38.0	-	-	37.5	37.5	10
4	41.0	41.0	-	-	41.0	41.0	10
5	34.0	34.0	-	-	34.0	34.0	10
6	30.0	31.0	-	-	30.5	30.5	10
7	44.0	44.0	-	-	44.0	44.0	10
8	52.0	52.0	-	-	52.0	52.0	10
9	40.0	40.0	-	-	40.0	40.0	10
10	35.0	35.0	-	-	35.0	35.0	10
11	15.0	16.0	-	-	15.5	15.5	10
12	37.0	37.0	-	-	37.0	37.0	10
13	22.0	23.0	-	-	22.5	22.5	10
14	40.0	40.0	-	-	40.0	40.0	10
15	25.0	25.0	-	-	25.0	25.0	10
16	24.0	25.0	-	-	24.5	24.5	10
17	31.0	31.0	-	-	31.0	31.0	10
18	32.0	32.0	-	-	32.0	32.0	10

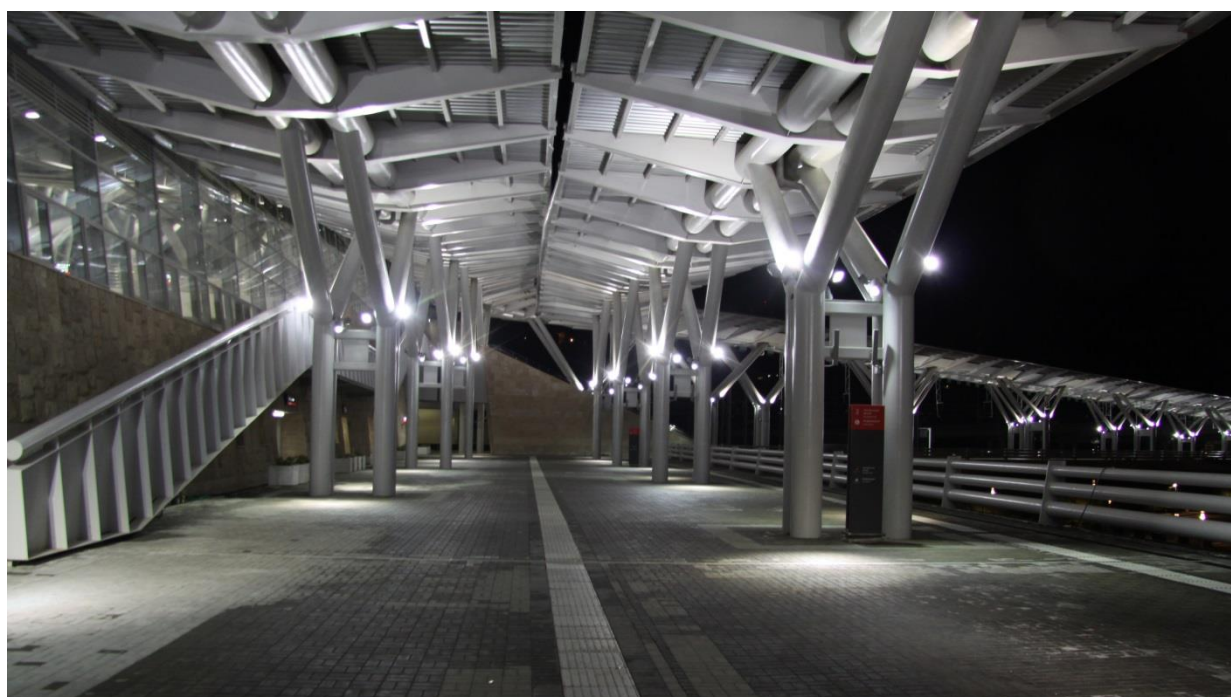


Рис. 2.8. Центральная платформа (ночь)

Раздел 5. Выводы и анализ проведенного светоаудита

Проанализируем результаты проведенного светоаудита отдельно по каждой из частей вокзала.

5.1. Анализ освещения пассажирских платформ

Анализируя светоаудит пассажирских платформ, стоит напомнить, что они освещаются с опорных колонн, что значительно уменьшает равномерность освещения (по нормам равномерность $E_{\text{макс}}/E_{\text{мин}} = 15:1$, при освещении с опор). Количество точек для измерения освещенности на платформах равно 114. Равномерность освещенности составляет:

- На крытых пассажирских платформах с левой стороны: $E_{\text{макс}}/E_{\text{мин}} = 7:1$
- На открытой сборно-разборной платформе: $E_{\text{макс}}/E_{\text{мин}} = 3,3:1$
- На центральных платформах: $E_{\text{макс}}/E_{\text{мин}} = 3,4:1$

Достигнуть такой отличной равномерности удалось при помощи грамотной юстировки осветительных приборов. Нормируемая освещенность (10 лк на крытых платформах и 5 лк на открытой платформе) была достигнута (см. *табл. 2.5, 2.6 и 2.9*).

Согласно расчету, показатель ослепленности $P = 316$. Следовательно, слепящее действие осветительной установки не превышает допустимое и находится в пределах нормы.

5.2. Анализ освещения главной лестницы вокзала

Главная лестница вокзала освещается при помощи 8-ми светильников Alumet, которые должны создавать нормируемый уровень средней освещенности 10 лк ($E_{\text{ср}} = 29,2\text{лк}$). Данный уровень был достигнут с равномерностью $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}} = 0,31$.

Освещение пандуса для маломобильных групп населения выполнено при помощи встраиваемых в стены светодиодных светильников, расположенных на высоте 20 см от поверхности пандуса. Установленные светильники обеспечивают необходимый уровень средней освещенности 40 лк ($E_{\text{ср}} = 45,5\text{лк}$). При этом равномерность освещенности составляет $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}} = 0,5$ (при нормируемой $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}} = 0,3$). Низкое расположение светильников исключает попадания прямого света в глаза детей и инвалидов – колясочников, создавая комфортные условия для спуска маломобильных групп населения с главной площади вокзала.

Глава 3. Исследование влияния светодиодного и люминесцентного освещения на зрительную утомляемость и работоспособность поездного диспетчера

Раздел 1. Рабочие обязанности поездного диспетчера

Таблица 3.1. Нормы освещения помещения поездного диспетчера

Нормативный документ	Параграф, раздел, пункт нормативного документа	Зоны и помещения вокзала	Освещенность, лк	Плоскость нормирования освещенности	Уровень нормируемой поверхности
ОСТ 32.120-98	Табл.5.3, п. 49 «Помещение поездного диспетчера»	Помещение поездного диспетчера	300	Вертикальная	На панели схемы движения поездов по станции
			400 ¹⁾	Горизонтальная	На поверхности 0,8 м от пола

¹⁾Норма освещенности повышена на одну ступень шкалы освещенности из-за напряженной зрительной работы, занимающей более половины рабочего дня



Рис.3.1 Диспетчерский пункт



Рис. 3.2. Рабочее место поездного диспетчера

Работа поездного диспетчера требует большого внимания и ответственности, поэтому она является одной из самых сложных профессий на железной дороге. Диспетчер должен быть уверен в своих действиях и давать точные команды, от исполнения которых напрямую зависит состояние трафика на железнодорожных направлениях. Он должен вдохновлять, поддерживать жизнедеятельность всей структуры, превращать рельсы, шпалы, поезда, станции в единый пульсирующий организм.

Поездной диспетчер во время дежурства является полностью ответственным за принятые решения по руководству движением поездов и работой станций, выполнение графика движения поездов, обеспечение безопасности движения поездов. Он руководствуется в своей работе должностной инструкцией, сменно-суточным планом поездной и грузовой работы участка и указаниями руководителя диспетчерской смены, действующими графиком движения поездов и планом формирования поездов, технологическими процессами работы и техническо - распорядительными актами станций участка, а также нормативными документами по обеспечению безопасности движения, приказами и указаниями Министерства путей сообщения (МПС) и дороги. Диспетчер имеет на рабочем месте соответствующую аппаратуру и средства связи, используемые для управления движением поездов, и ведет необходимую техническую документацию: журнал диспетчерских распоряжений, график исполненного движения поездов и приложение к нему, журнал осмотра устройств и связи.

Основными функциями работы поездного диспетчера без использования средств автоматизации управления движением поездов и местной работой являются: оценка, прогноз поездного положения, управление и контроль за движением поездов, локомотивов и местной работой на основе получения предварительной и текущей информации. Предварительную и текущую информацию поездной диспетчер может получать по селекторной связи, телефону и компьютерной сети, связанной с автоматизированной системой

оперативного управления перевозками (АСОУП). Из АСОУП диспетчер получает справки о подходе поездов и местного груза, наличии локомотивов и локомотивных бригад под поезда, телеграмму - натурный лист поезда и другую информацию.

Данные о движении поездов и локомотивов диспетчер фиксирует на графике исполненного движения поездов.

График исполненного движения поездов ведется поездным диспетчером с целью осуществления непрерывного контроля за движением поездов, планирования их пропуска по участку в случае нарушения графика движения (или расписания), пропуска дополнительных поездов, а также для последующего анализа поездной работы. На графике исполненного движения указываются данные о движении поездов, а также все нарушения нормальной работы на участке и их причины.

При ручном режиме работы диспетчер сам ведет график исполненного движения на специальном бланке. Вертикальные линии сетки делят график на часовые и десятиминутные интервалы (а в необходимых случаях и на двухминутные).

При автоматизированном режиме работы график отображается на экране монитора по аналогичной форме на основе поступающей в ЭВМ информации.

Движение поездов на графике изображают прямыми наклонными линиями, которые называют линиями хода поезда или нитками графика. Диспетчер должен заполнять график (если он не ведется автоматически) сразу же вслед за движением поездов по докладам дежурных по станциям (или операторов) о времени прибытия, отправления или проследования поездов или воспринимая визуальную информацию с табло диспетчерского контроля.

Во время работы диспетчеру необходимы благоприятные условия для выполнения своих должностных обязанностей. Вот почему грамотно спроектированная осветительная установка так важна в диспетчерском помещении.

Учитывая напряженную зрительную работу, составители ОСТ 32.120-98 повысили освещенность на рабочем месте поездного диспетчера с 300 лк до 400 лк. Кроме того, на рабочем месте диспетчера нормируется и вертикальная освещенность 300 лк. Нормируемые уровни освещенности должны обеспечивать комфортное восприятие пространства, не создавая при этом утомления зрения работника.

Довольно часто в помещениях офисного типа устанавливают светильники с линейными лампами Т8 (например, как на *рис. 3.3 или 3.4*). Они довольно не дорогие и просты для обслуживания. В условиях постоянно развивающихся светодиодных технологий многие крупные фирмы стали задумываться об экономии электроэнергии. Действительно, применение светодиодных источников света (ИС) довольно часто оправдывает ожидания

покупателя, позволяя существенно экономить электроэнергию. Но стоит также задумать и о влиянии светодиодов на человека. Данный вопрос очень актуален, и поэтому на вышеуказанную тему, как в нашей стране, так и за рубежом, выполняется все больше и больше поисковых научно-исследовательских работ, являющихся предметом государственных контрактов.

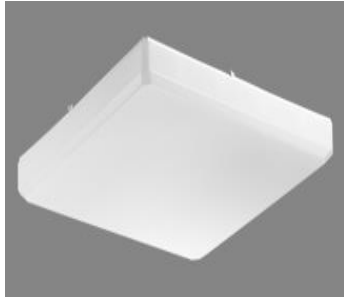


Рис.3.3, Рис.3.4. Светильник с белым опаловым рассеивателем и светильник с алюминиевой решеткой

В ходе подготовки выпускной квалификационной магистерской диссертации нами было проведено исследование по влиянию светодиодных и люминесцентных ламп на утомляемость и работоспособность поездного диспетчера.

В 2014 году для проведения научно-исследовательской работы на кафедре Светотехники Московского Энергетического Института была обустроена лаборатория, имитирующая рабочее место поездного диспетчера (см. рис. 3.5).



Рис.3.5. Модель исследовательской лаборатории

Раздел 2. Концепция создания исследовательской лаборатории

Изучив и проанализировав несколько схожих с нашим исследований, (см. литературный обзор), а также зная суть работы поездного диспетчера, было решено создать установку, которая смогла бы копировать реальные условия работы человека и позволить провести корректную замену люминесцентных источников света на светодиодные.

За основу был принят интерьер помещения диспетчера железнодорожного вокзала. Стены данного помещения выполнены в ахроматическом светло-сером цвете, потолок покрыт белой штукатуркой, а на полу постелен линолеум с рисунком, имитирующим деревянный паркет.

У одной из стен расположен рабочий стол, на котором находится несколько мониторов и пульт управления. Крышка стола выполнена из темного дерева. Естественное освещение в помещении отсутствует. Светильники в помещении потолочные с белым опаловым рассеивателем (как на *рис. 3.3*).

Исходя из всего вышеперечисленного, нами была обустроена лаборатория, учитывающая все указанные параметры (см. *рис. 3.6(a)* и *3.6(б)*). Потолок в лаборатории окрашен в белый цвет, стены обтянуты бумажным фоном светло-серого цвета (фирма BD). Бумажный фон цвета ERMINE GRAY имеет идеальную отражательную способность, что благотворно влияет на равномерность распределения света по его поверхности. Цветовые значения фона: RGB - 241-237-228; CMYK - 5-4-9-0. Рабочий стол, за которым выполняются тесты, покрыт плотной темно-коричневой льняной тканью, не создающей бликов.

Габариты рабочего стола (Г x Ш x В): 55 x 126 x 77 см

Габариты помещения (Д x Ш x В): 215 x 205 x 295 см

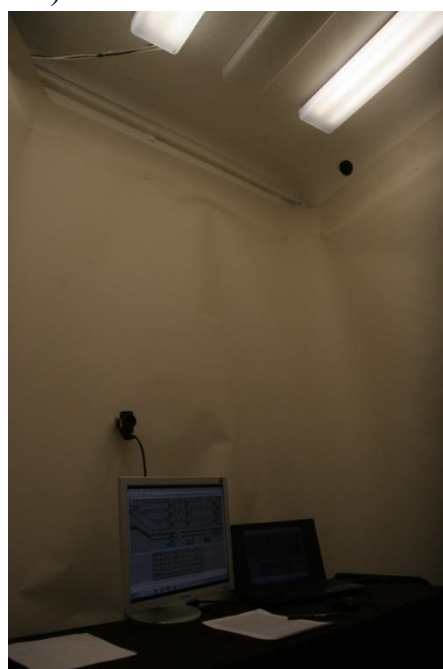
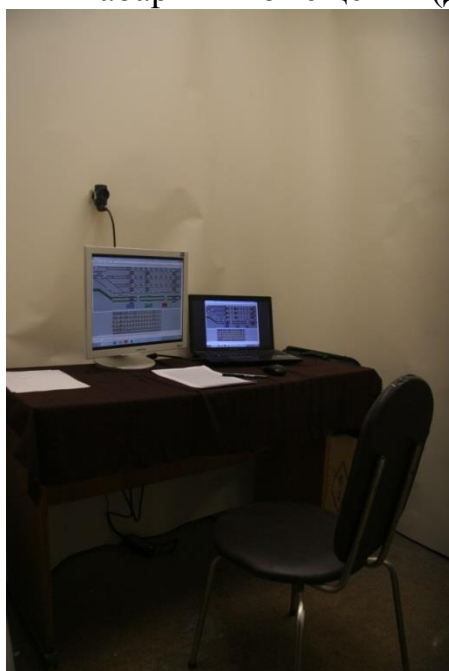


Рисунок 3.6(a) и 3.6(б). Фотографии исследовательской лаборатории

Раздел 3. Постановка цели исследования

Цель работы: определение влияния люминесцентного и светодиодного освещения на зрительное утомление и зрительную работоспособность поездного диспетчера. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие *задачи*:

1. На основе литературных данных понять и воспроизвести в лабораторном помещении заданные параметры освещения.
2. Исследовать влияние светодиодных, а затем и люминесцентных ламп на два параметра: утомление зрительного анализатора и зрительную работоспособность.
3. Исходя из полученных результатов, установить зависимости исследуемых параметров от двух различных условий освещения.
4. Выявить наиболее благоприятную для работы поездного диспетчера световую среду и объяснить сделанный выбор.

Методы исследования:

- Анализ проведенных ранее на данную тему научных исследований
- Литературный поиск
- Компьютерное моделирование установки
- Лабораторный эксперимент
- Математическая статистика и моделирование

Экспериментальная часть исследования проводилась по заранее подготовленной автором методике на уникальном лабораторном стенде (см. *рис. 3.6(a) и 3.6(b)*), сконструированным в ходе научно-исследовательской работы и отвечающем всем необходимым для эксперимента условиям.

Научная новизна выполненной магистерской диссертационной работы заключается в том, что в ней:

- В точности воспроизведены условия освещения рабочего места поездного диспетчера как в первой части эксперимента со светодиодными ИС, так и во второй части – с люминесцентными, что, безусловно, позволяет нам сравнивать влияние спектров вышеупомянутых ИС на человека.
- Впервые для исследования зрительного утомления был использован метод определения зрительного утомления как функции от *видимости* тест объекта. Данное решение позволило дать точную количественную оценку проведенному нами эксперименту.
- Экспериментально было выявлено различное влияние светодиодных ИС и люминесцентных ИС на зрительную утомляемость и работоспособность.

Раздел 4. Светильники, используемые в исследовании

В эксперименте были использованы светильники чешской фирмы Elektrosvit. Модель TYP 231 61 41. Светильники предназначены для использования в них люминесцентных ламп мощностью 36 W (2x36).

Конструкция состоит из цельнометаллического корпуса (листовая сталь), и покрыта белой термореактивной краской. Опаловый рассеиватель из ПММА изготовлен методом выдува. Электромагнитная пускорегулирующая аппаратура установлена в корпусе светильника. Схема подключения ПРА см. на *рис. 3.8*. Количество светильников в установке 4 шт. Каждый светильник подключен к отдельному выключателю, что позволяет использовать каждый из них по отдельности, либо в определенной комбинации.



Рис. 3.7. Внешний вид светильников

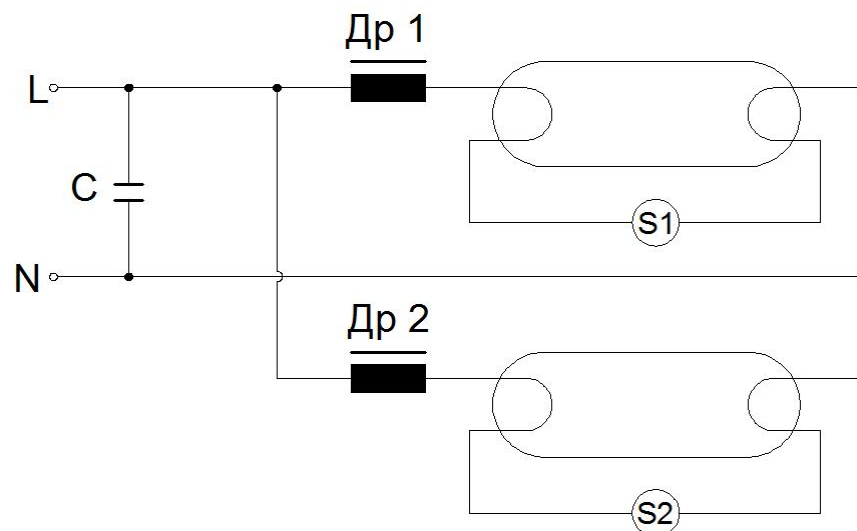
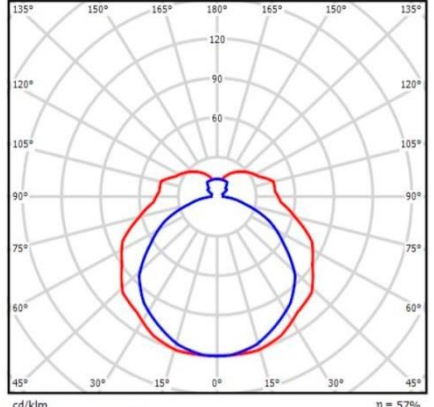


Рис.3.8. Схема подключения ПРА внутри светильника. С - конденсатор, Др1 и Др2- дроссели, S1 и S2 – стартеры Philips (модель S10)

Таблица 3.2. Характеристики светильника Elektrosvit

Название	Мощность, Вт	КПД, %	IP	Цоколь	Масса, кг	Размеры (Д x Ш x В), см	КСС
ТУР 231 61 41	2x36	57	20	G13	4	127 x 19 x 8.5	

Раздел 5. Лампы, используемые в исследовании

В качестве источников света нами использовались светодиодные и люминесцентные лампы. Приведем их описание и сравнительную таблицу.

5.1. Светодиодные лампы ASD

Лампы *LED-T8RG 18W* данной фирмы расположены в среднем ценовом сегменте, средняя цена 500 рублей. Все комплектующие для данных ламп производятся в Китае. В России ASD производит лишь сборку своей продукции. Лампы *LED-T8RG* имеют сертификат соответствия РосТест. Паспорт на лампу представлен в *приложении Б*. Лампы с колбой T8 предназначены для прямой замены люминесцентных ламп как в открытых, так и в закрытых светильниках. Они устойчивы к механическим воздействиям (например, вибрация или тряска) и оснащены поворотным цоколем. Материал колбы стекло, либо пластик. С тыльной стороны лампы оборудованы алюминиевым радиатором, отводящим тепло от лампы. К нему крепится светодиодная плата (см. рис. 3.9(a) и 3.9(б)), на которой размещены 74 SMD светодиода с цветовой температурой 4000 К и мощностью по 0,25 Вт каждый. С торцевой стороны лампы расположена встроенная пускорегулирующая аппаратура, которая позволяет лампе напрямую работать от сети с напряжением 220 В. Габаритная яркость светодиодов уменьшена за счет использования вместо прозрачной стеклянной трубки матового рассеивателя из поликарбоната.



Рис. 3.9(a) и 3.9(б). Лампа светодиодная ASD LED-T8RG

5.2. Люминесцентные лампы Osram

Средняя цена ламп Osram LUMILUX T8 L 36 W/840 составляет 70 рублей, что примерно в 7 раз дешевле светодиодного аналога. Лампы производят в городе Смоленске на заводе Osram. Обладают очень высоким коэффициентом стабильности светового потока в течение всего срока службы лампы (90 %). В лампах используется трехкомпонентный высококачественный состав люминофора LUMILUX, что позволяет получать хорошие показатели цветопередачи. Остальные характеристики лампы, взятые с официального сайта www.osram.ru, представлены в сравнительной таблице 3.3.



Рис. 3.10(а) и 3.10(б). Лампа люминесцентная Osram LUMILUX T8 L 36 W/840

Таблица 3.3. Сравнительная таблица источников света

№ п/п	Параметр сравнения	Лампа люминесцентная LUMILUX T8 L 36 W/840	Лампа светодиодная ASD LED-T8RG 18W 840
1	Номинальная мощность, Вт	36	18
2	Цоколь	G13	G13
3	Класс энергопотребления	A	A
4	Индекс цветопередачи Ra	≥80	≥80
5	Цветовая температура	4000 К	4000 К
6	Номинальный световой поток, лм	3350	1600
7	Световая отдача, лм/Вт	93	89
8	Длина лампы, мм	1200	1200
9	Диаметр трубки, мм	26	27
10	Срок службы, ч	20 000	30 000
11	Гарантийный срок	3 года ¹⁾	3 года

1) При использовании ламп с ПРА QUICKTRONIC дается расширенная гарантия 5 лет.

Вследствие проведения эксперимента по определению зрительного утомления и зрительной работоспособности, особое внимание стоит обратить на спектры представленных источников света, так как по нашему мнению именно спектр ламп должен оказывать наибольшее влияние на исследуемые нами параметры. Спектр люминесцентной лампы Osram LUMILUX T8 L 36 W/840 был взят с официального сайта компании. Спектр лампы ASD LED-T8RG 18W 840 снимался вручную в фотометрической лаборатории кафедры Светотехники с помощью монохроматора МДР 3. Спектры источников света представлены на *рис. 3.11* и *рис.3.12*.

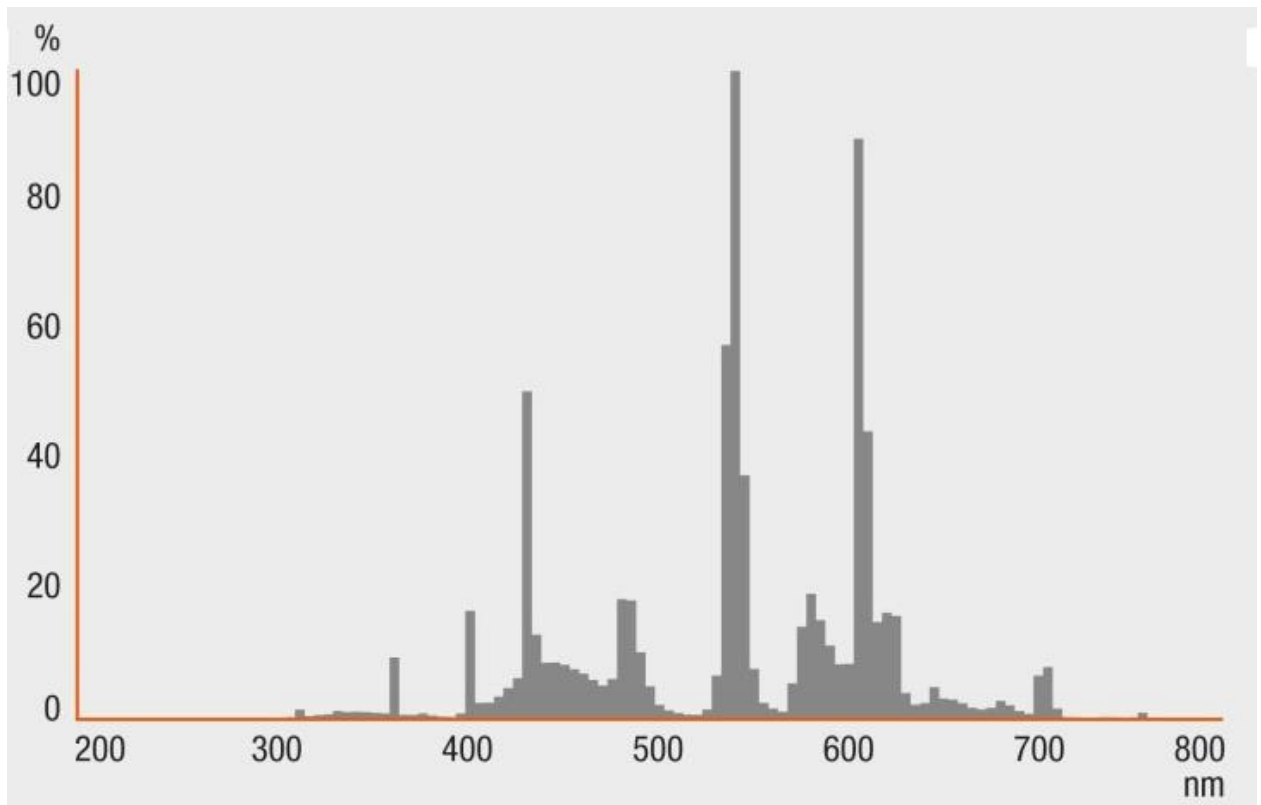


Рис. 3.11. Спектр люминесцентной лампы Osram LUMILUX T8 L 36 W/840

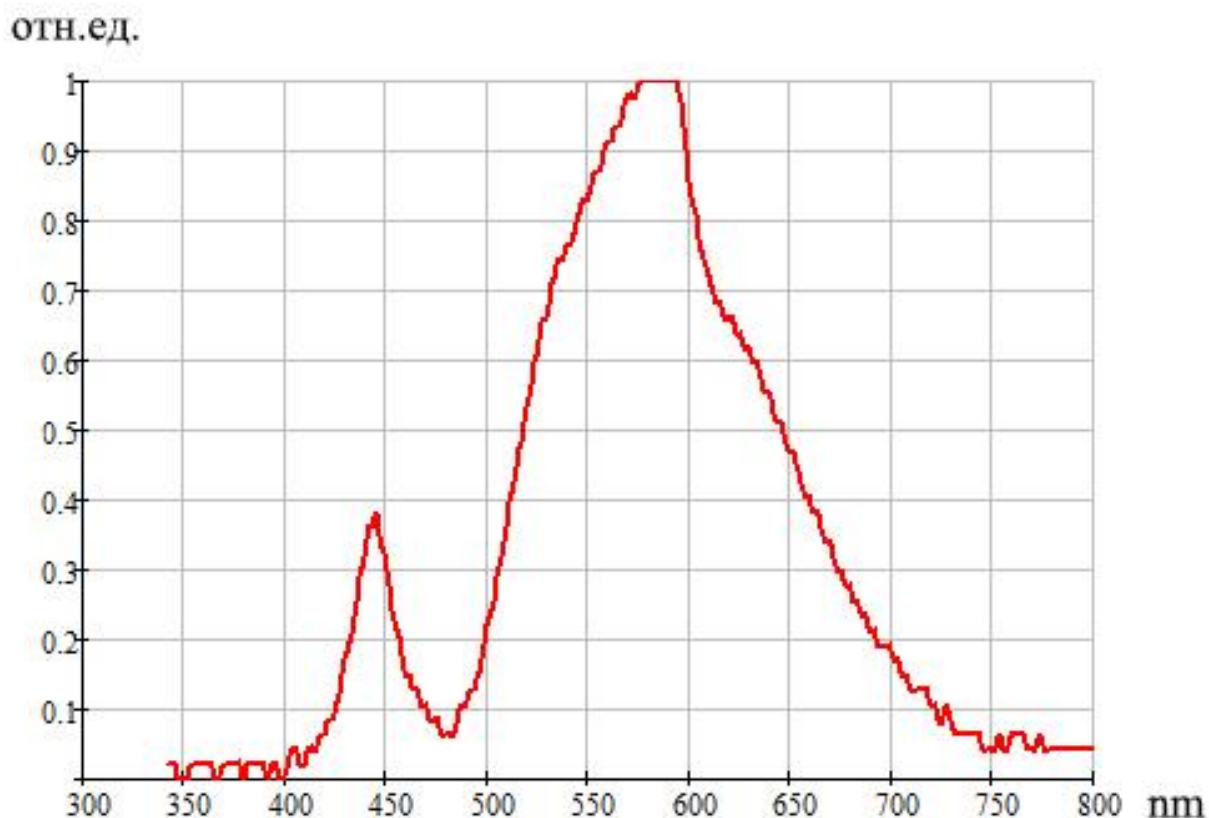


Рис. 3.12. Спектр светодиодной лампы ASD LED-T8RG 18W 840

Раздел 6. Технические средства и устройства, применяемые в ходе эксперимента

6.1. Описание используемых мониторов

6.1.1 Экран InfoVision в составе ноутбука Lenovo IdeaPad Z570

Глянцевый экран (модель – InfoVision M156NWR2 R0) имеет диагональ 15.6". Максимальное разрешение HD-Ready – 1366x768 пикселей. Использование светодиодной подсветки позволяет снизить энергопотребление и улучшить равномерность яркости.

Характеристики по данным теста интернет-портала <http://retera.ru/>:

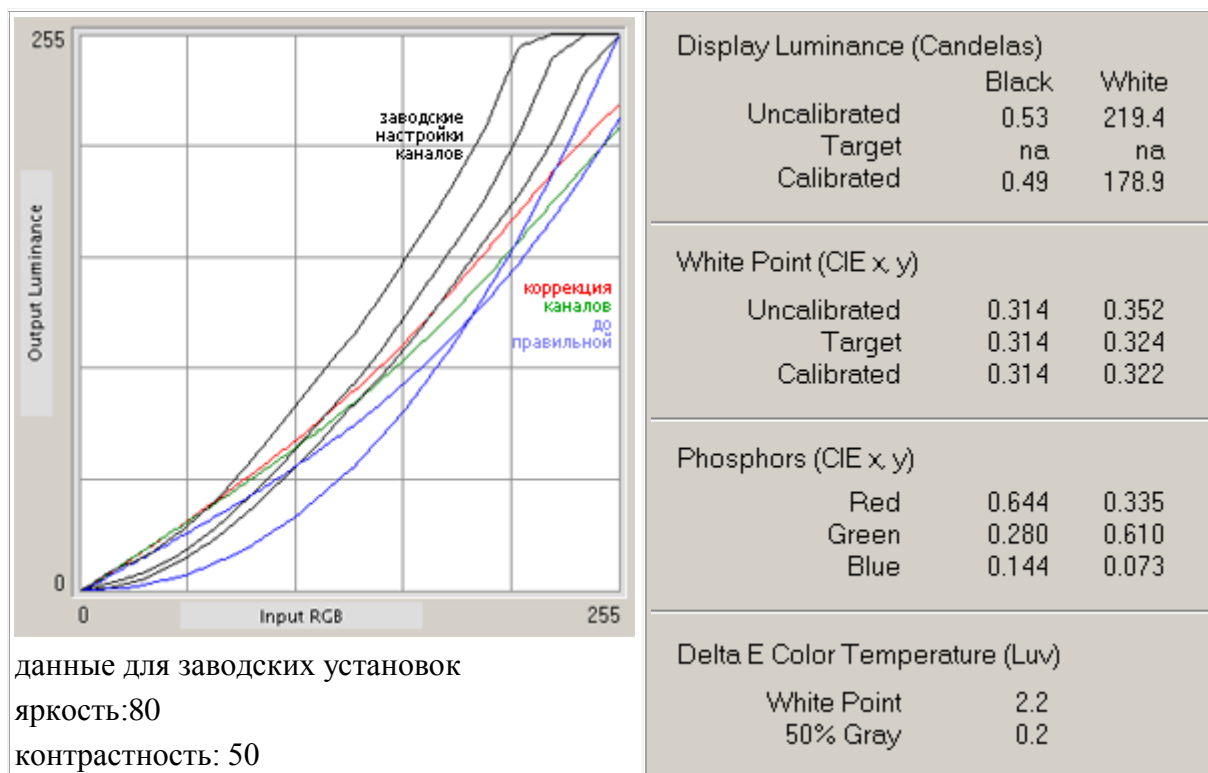
Среднее значение яркости	176.9 nit
Максимальное значение яркости	184 nit
Яркость черного	2.26 nit
Контраст	80 : 1

6.1.2. Жидкокристаллический LCD-монитор Samsung SyncMaster 193P+

Характеристики по данным производителя:

Матрица	19" a-si/PVA TFT, точка 0.294
Яркость	250 кд/м ²
Контраст	1000:1
Время отклика	8 мс (gray to gray, т. е. между полутонами)
Углы обзора	178 от центра по горизонтали и вертикали.
Рекомендуемый режим	1280×1024@60 Гц
Источники сигнала	D-Sub, DVI
Вес	7,1 кг
Габаритные размеры	423×412× 236 мм
Энергопотребление	40 Вт в рабочем режиме, менее 2 Вт в спящем

Характеристики по данным теста интернет-портала <http://www.ixbt.com/> :



Яркость черного составляет 0,53 кд/м². Пиковая яркость белого превысила 219 кд/м², что немного не дотягивает до паспортных 250 единиц. Если

разделить одно на другое, то получается коэффициент контрастности в 414:1, что без сомнений не отражает заявленные 1000:1, но, тем не менее, данный показатель считается очень хорошим.

6.2. Поляризационное устройство М-53А

6.2.1. Характеристики прибора

Цена деления шкалы лимба	0,5 града
Угол двоения	1° 41'
Мертвый ход маховичка головки	Не более 2°
Предельная суммарная погрешность прибора	Не более 0,66 града
Габаритные размеры устройства	75x108x225 мм
Масса устройства	0,6 кг
Поправка на место нуля, $\Delta\varphi$	+0,25

6.2.2. Принцип действия поляризационного устройства М-53А

Свет проходит через поляроид 1 (рис.3.13), который может вращаться вокруг оптической оси устройства, и двоякопреломляющую призму 2. Призма дает оптическое раздвоение наблюдаемого изображения, причем одно изображение смещено относительно другого по вертикали. При вращении поляроида происходит изменение яркостей смещаемых изображений: яркость одного изображения уменьшается, а другого – увеличивается. Угол поворота поляроида отсчитывается по лимбу 3 с помощью окуляра 4. Для защиты оптической поверхности призмы от механических повреждений в устройстве установлено защитное стекло 10. Деления на шкале лимба нанесены через 0,5 града (град – сотая доля прямого угла), причем оцифрованы только четные целые деления. Отсчеты десятых долей града производятся на глаз.

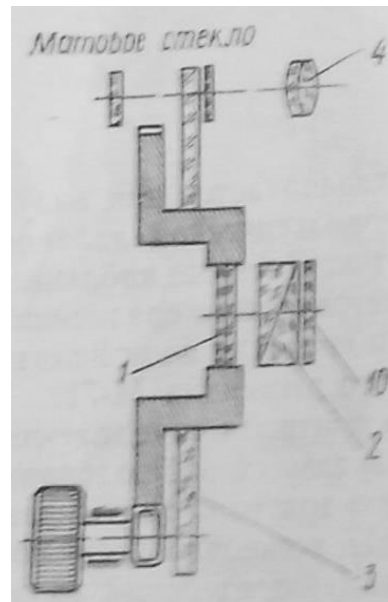


Рис.3.13. Оптическая схема прибора

6.2.3 Методика работы с прибором и обработка полученных измерений

В окуляре 3 (рис. 3.14) измерителя видимости находится шкала. Перед каждым замером необходимо поворотом ручки кремальеры 5 выставить шкалу на нулевую отметку. Далее, наблюдая через призму 1 объект различения, видимости которого требуется оценить, медленно поворачивают ручку кремальеры по направлению к окуляру. В начале измерения видно только одно изображение объекта. По мере поворота ручки 5 снизу появляется слабое второе изображение, которое постепенно усиливается. Верхнее изображение начинает ослабевать и, наконец, совсем исчезает. В этот момент прекращают вращение ручки 5 и снимают отсчет по шкале (окуляр 3). Измерения проводят 4 - 5 раз до получения трех близких значений (разница между двумя крайними значениями должна составлять не более четырех делений шкалы). Расстояние до объекта различения должно быть равно расстоянию во время наблюдения за объектом в обычных условиях работы. Наблюдение тест - объекта через окуляр измерителя видимости должно осуществляться ведущим глазом (при измерении отрывать глаз от окуляра прибора не допускается).

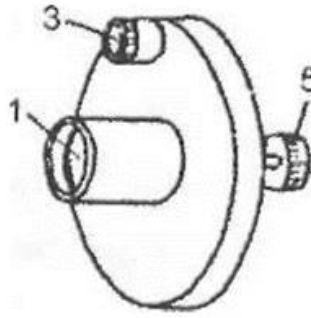


Рис.3.14. Основные элементы конструкции прибора

Видимость вычисляют по формуле:

$$V = \lg \frac{10}{\cos^2 [0.9(\varphi + \Delta\varphi)]} \quad (3.1)$$

φ - угол поворота поляроида

$\Delta\varphi$ - поправка на место нуля шкалы

0.9 – коэффициент для перевода град в градусы

После определения видимости возможно рассчитать коэффициент зрительного утомления по формуле:

$$U = \frac{V_1 - V_n}{V_1} \quad (3.2)$$

V_n - видимость в момент времени t_n

V_1 - видимость в начальный момент времени

6.2.4 Погрешности поляризационного устройства М-53А

Предельную погрешность устройства проверяют по схеме, указанной в паспорте устройства. Включают лампу накаливания. Вращая поляриод, определяют момент полного гашения нижнего изображения нити лампы накаливания на черном фоне. По шкале устройства снимают нулевой отсчет. Определяют момент полного гашения верхнего изображения нити лампы. Снимают дополнительный отсчет. Отсчеты снимают не менее 5 раз.

По формуле определяют оценку систематической составляющей погрешности M :

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (n_i - n_{01} - 100) \quad (3.3)$$

n – количество отсчетов

n_1 – дополнительный отсчет

n_{01} – нулевой отсчет

Оценку случайной составляющей погрешности S определяют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (n_1 - n_{01} - 100 - M)^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

Определение среднеквадратического значения ошибки случайной составляющей погрешности измерения при доверительной вероятности $P=0,95$ осуществляют по формуле:

$$\sigma = t \cdot S \quad (3.5)$$

t – коэффициент Стьюдента, равный 2,776 при вероятности $P=0,95$; $n=5$

Предельную суммарную погрешность устройства рассчитывают по формуле:

$$\sigma_{\Sigma} = |M| + t \cdot S \quad (3.6)$$

6.2.5 Расчет предельной суммарной погрешности устройства

Таблица 3.4. Таблица снятых отсчетов

N n/n	n_{01} , град	n_1 , град
1	-0,5	99,4
2	-0,5	99,5
3	-0,4	99,6
4	-0,5	99,5
5	-0,4	99,5

Определим систематическую составляющую погрешности M по формуле (3.3):

$$M := \frac{1}{5} [(99.4 + 0.5 - 100) + (99.5 + 0.5 - 100) + (99.6 + 0.4 - 100) + (99.5 + 0.5 - 100) + (99.5 + 0.4 - 100)]$$

$$M = -0.04$$

Определим случайную составляющую погрешности S по формуле (3.4):

$$S := \sqrt{\frac{(99.4 + 0.5 - 100 - M)^2 + (99.5 + 0.5 - 100 - M)^2 + (99.6 + 0.4 - 100 - M)^2 + (99.5 + 0.5 - 100 - M)^2 + (99.5 + 0.4 - 100 - M)^2}{5 - 1}}$$

$$S = 0.055$$

Определим среднеквадратическое значение ошибки случайной составляющей погрешности измерения при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле (3.5):

$$t = 2.776$$

$$\sigma := t \cdot S$$

$$\sigma = 0.152$$





Рассчитаем предельную суммарную погрешность устройства по формуле (3.6):

$$\sigma_{\Sigma} := |M| + \sigma$$

$$\sigma_{\Sigma} = 0.192 \quad \text{при } P=0,95; n=5$$

Раздел 7. Таблица приборов, применяемых в ходе эксперимента

Таблица 3.5. Таблица приборов, применяемых в ходе эксперимента

Название	Вид прибора	Измеряемая величина	Погрешность измерений	Диапазон измерений	Производитель	Краткое описание
Люксметр - регистратор АТЕ-1537		Е, лк	Погрешность измерения освещенности: $\pm(4\% \text{ изм. значения} + 2 \text{ е.м.р.})$	0 – 99 900 лк	АКТАКОМ	Портативный люксметр АТЕ-1537 с возможностью температурных измерений, предназначен для измерения освещенности от различных источников света при помощи выносного датчика. В люксметре АТЕ-1537 имеется возможность сохранения измеренных данных на SD-карту в формате Excel в режиме реального времени без использования специального программного обеспечения
Люксметр "ТКА-ПКМ" (31)		Е, лк	Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения освещенности: $\pm 8 \%$	10 – 200 000 лк	ТКА	Люксметр ТКА-ПКМ (модель 31) предназначен для измерения освещенности (в люксах), создаваемой различными источниками, произвольно пространственно расположенными. ТКА-ПКМ (модель 31) надежен и прост в эксплуатации, рекомендован для применения по результатам испытаний и экспертиз Министерств и ведомств. Прибор внесен в Госреестр средств измерений (№24248-04).
Пульсометр -люксметр "ТКА-ПКМ" Модель 08		К _П , %	Предел допустимого значения основной относительной погрешности измерения коэффициента пульсации: $\pm 10 \%$	1 – 100 %	ТКА	В основе прибора лежит принцип преобразования сигнала непрерывным образом, основанный на дискретизации аналогового сигнала и дальнейшее преобразование последовательности дискретных отсчетов. Работа идет в дискретном времени с дискретизацией отсчетов, выбираемой встроенным 8-ми канальным 12-ти разрядным АЦП. Отсчеты сигналов представляются в виде двоичных слов. Эти слова затем преобразуются в цифровом процессоре по заданному алгоритму.
Спектроколориметр "ТКА-ВД"		T _{цв} , К	Предел допустимого значения основной относительной погрешности измерения коррелированной цветовой температуры не более: $\pm 5 \%$	1600 - 16 000 К	ТКА	Прибор предназначен для измерения координат цветности и коррелированной цветовой температуры источников света в международной колориметрической системе МКО 1931г. и 1976 г., освещенности, создаваемой нормально расположенными источниками, яркости самосветящихся и несамосветящихся поверхностей накладным способом и яркости киноэкранов. Применяются для измерения цветовых характеристик, освещенности и яркости сигнальных огней, световых табло, рекламных экранов, киноэкранов и т.д.

Раздел 8. Проведение эксперимента по определению зрительного утомления и работоспособности

8.1. Описание установки для исследований

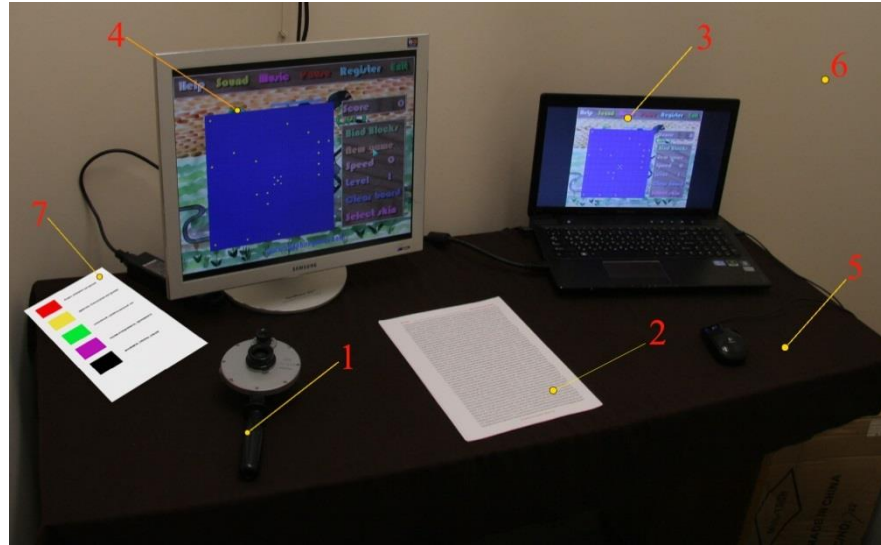


Рис.3.15. Состав экспериментальной установки

Экспериментальная установка является моделью рабочего места поездного диспетчера. Каждый из девяти волонтеров по очереди сидит за рабочим столом (5) при светодиодном и при люминесцентном освещении. Перед ним на столе находятся основной монитор (4), ноутбук (3), а также цветовой тест Лутошкина (7) и корректорские тесты, являющиеся также в эксперименте тест - объектом (2). Светильники не попадают в поле зрения испытуемого, а бумажный фон (6) не создает от светильников посторонних бликов.

При подготовке и проведении эксперимента нами были использованы следующие приборы:

- Люксметр
- Пульсометр-люксметр
- Поляризационное устройство (1)
- Спектроколориметр
- Секундомер

Освещение лаборатории сначала осуществляли при помощи люминесцентных ламп, а затем при помощи светодиодных. Уровни освещенности в обоих случаях были равными и неизменными в течение всего времени проведения эксперимента. Горизонтальная освещенность на поверхности листа с тестами (2) составляла 450 лк. Вертикальная освещенность в плоскости основного монитора (4) составляла 300 лк. Мощность одной люминесцентной лампы составляет 36 Вт, в то время как мощность одной светодиодной лампы 18 Вт. В связи с этим, для достижения идентичных показателей освещенности, необходимо было варьировать

количество работающих ламп в светильниках. При люминесцентном освещении количество лам равнялось двум, при светодиодном освещении – шести. Коэффициент пульсации освещения, измеренный при помощи пульсометра-люксметра, составил 42,6% у люминесцентных ламп и 3,7% у светодиодных. Цветовая температура как люминесцентных, так и светодиодных ламп равно 4000 К, что было подтверждено измерениями при помощи спектроколориметра.

8.2 Алгоритм проведения эксперимента

Основной задачей эксперимента было получения значений видимости тест - объекта, а также сами решенные корректорские тесты, по результатам которых экспериментатор производил расчет зрительной работоспособности.

Как уже говорилось ранее, зрительная работа поездного диспетчера очень напряженная. Диспетчер выполняет работу двух типов: с монитором (компьютерная) и с тестами (корректорская). Поэтому для моделирования напряженной зрительной работы волонтерам было предложено пройти 3 корректорских теста на время, чередуя их с работой (в качестве работы была предложена логическая игра) за компьютером.

Каждый из трех корректорских тестов представляет собой белый лист бумаги формата А4, на котором черной тушью без пробелов напечатаны заглавные буквы русского алфавита. Шрифт текста *Times New Roman*, высота букв 12 кегль. Задача испытуемого за как можно малое количество времени вычеркнуть в листе заданную ему до начала теста букву. Каждый тест, в среднем, длится около 4 минут.

Работа за компьютером имитируется при помощи логической игры (см. рис. 3.16), требующей от волонтера быстроты реакции, контроля времени и зрительного внимания. Такая работа выполняется испытуемым в течение 10 минут два раза по ходу эксперимента. Расстояние от глаз волонтера до монитора составляло 40 см. Группа волонтеров, принимавших участие в исследовании, состояла из девяти человек в возрасте от 20 до 23 лет с нормальным зрением, либо с его очковой (линзовой) коррекцией.

Изучив проведенные ранее эксперименты по исследованию зрительной работоспособности и зрительного утомления, а также учитывая характер работы поездного диспетчера, был определен следующий порядок проведения эксперимента: сначала испытуемый спокойно сидит вне лаборатории с закрытыми глазами, для того чтобы адаптироваться. Затем, зайдя в лабораторию, он садится за рабочий стол и выполняет цветовой тест Лутошкина. После выполнения цветового теста Лутошкина, испытуемый замеряет видимость тест – объекта до начала работы. Выполнив измерение при помощи поляризатора 4-5 раз, испытуемый записывает свои значения и начинает работать с первым корректорским тестом, в котором ему предлагается вычеркнуть все буквы «Ц» на листе бумаги. В это время экспериментатор засекает время выполнения теста. По сигналу «СТОП» от

испытуемого экспериментатор останавливает замер времени и записывает его в рабочий блокнот. После проведения первого корректорского теста испытуемый начинает работу с компьютером. Этот период работы идет в течение 10 минут, после чего испытуемый выполняет второй корректорский тест, в котором ему необходимо вычеркнуть все буквы «О» на листе. После прохождения второго корректорского теста испытуемому необходимо снова 10 минут выполнять зрительную работу на компьютере. Третий корректорский тест является заключительным, в нем испытуемому необходимо вычеркнуть на листе сочетание букв «ЫЛ». После его прохождения испытуемый замеряет видимость тест – объекта в конце работы. Эксперименты с люминесцентными и светодиодными лампами проводились в разные дни, преимущественно в первой половине дня. Время выполнения одного эксперимента, в зависимости от быстроты выполнения испытуемыми тестов, составляло от 30 до 40 минут.



Рис.3.16. Интерфейс логической игры

Достоверность полученных результатов достигается за счет использования достоверных методик измерения величин, точных математических методов, а также за счет применения многократно апробированных стандартных вычислительных пакетов.

Раздел 9. Обработка результатов эксперимента

9.1 Цветовой тест Лутошкина

На основе методики эмоционально-цветовой аналогии Лутошкина А.Н. была разработана методика цветопись. Суть ее — в оценке членами групп своих эмоциональных отношений, а также в оценке общей эмоциональной атмосферы группы за определенный отрезок времени, выражаемой при помощи цвета. Надежность «работы» цветосимволов в реальных условиях изучения групп проверялась несколькими способами. Например, путем

сравнения словесного описания индивидуальных состояний и общей психологической атмосферы коллектива с соответствующим цветовым обозначением. В этих целях проводилось интервьюирование членов коллектива в одних случаях до, и в других – после цветотестирования.

Стоит заметить, что цветопись не дает возможность передать все многообразие оттенков настроения человека – для этого любой предлагаемый набор цветов явно недостаточен. Однако тот или иной цвет все же отражает зону преобладающего настроения.

В нашей исследовательской работе данный тест использовался для определения настроения человека до начала его работы с тестами. Все дело в том, что на зрительную утомляемость очень сильно влияет общее состояние (утомление) человека. Впервые испытуемые проходят цветовой тест перед началом работы при люминесцентном освещении. Отмечая определенный цвет, они тем самым обозначают свое настроение. Перед началом работы при светодиодном освещении испытуемым также предлагается пройти цветовой тест. Если человек указывает тот же цвет, что и в первый раз, то начинается эксперимент. Если человек указывает не тот же, что и в первый раз цвет, то это значит, что испытуемый не допускается к работе и должен прийти на тестирование в другой день. Данный ход позволяет понять эмоциональное состояние испытуемого и частично исключить влияние настроений человека на результаты эксперимента.

В тесте используется 8 цветов с описанием:

- Красный (бодрое, мажорное состояние)
- Желтый (приятное, благодушное состояние)
- Зеленый (спокойный, уравновешенный тон)
- Фиолетовый (неудовлетворенность, тревожность)
- Черный (пессимизм, уныние, упадок)
- Синий (грустное настроение)
- Оранжевый (радостное настроение)
- Белый (трудно сказать)

Пример цветового теста Лутошкина смотрите в *приложении 3*.

На основе полученных результатов составляется цветоматрица (*табл. 3.6*), с помощью которой затем возможно оценить общий количественный показатель эмоциональной атмосферы А. Для его вычисления необходимо провести квантификацию (присвоение баллов каждому цвету) полученных данных. Числовые преобразования оценок проводятся следующим образом: красному цвету приписывается оценка (интенсивность выражения эмоционального состояния) в +3 балла, оранжевому +2, желтому +1, зеленому 0, синему -1, фиолетовому -2, черному -3, белому 0.

Таблица 3.6. Цветоматрица настроений до начала работы при люминесцентном освещении

№ п/п	Цвет, выбранный до начала работы при люминесцентном освещении	Оценка в баллах
1	Желтый	+1
2	Желтый	+1
3	Зеленый	0
4	Желтый	+1
5	Черный	-3
6	Красный	+3
7	Зеленый	0
8	Желтый	+1
9	Фиолетовый	-2

Вычислим общий количественный показатель эмоциональной атмосферы А:

$$A = \frac{\Sigma(+)-\Sigma(-)}{n} \quad (3.7)$$

$\Sigma(+)$ - сумма всех положительных баллов

$\Sigma(-)$ - сумма всех отрицательных баллов

n - количество человек, принимавших участие в эксперименте

$$A = \frac{7-5}{9} = 0.22$$

Исходя из рассчитанного коэффициента А (он оказался положительным), можно утверждать, что в группе исследуемых волонтеров преобладали позитивно-стимулирующие настроения.

9.2. Вычисление зрительного утомления на основе определения видимости

9.2.1. Общие положения

Как уже было сказано, работа поездного диспетчера является очень интенсивной на протяжении всего рабочего дня. Поэтому его зрительное утомление довольно велико. Оценивать зрительное утомление можно при помощи различных функций. Например, при помощи остроты зрения или быстроты различения. Очень часто состояние зрительного анализатора оценивают при помощи определения критической частоты мельканий. Для этого даже существуют специальные приборы, например прибор «Свето-тест». Также оценивать состояние зрительного анализатора возможно при помощи определения видимости тест – объекта до и после интенсивной зрительной работы. Именно этот способ был выбран нами при проведении исследовательской работы.

Давно известно, что чем больше значение контраста объекта наблюдения с фоном по сравнению с его пороговым значением, тем заметнее (виднее) объект наблюдения на фоне, тем с большей вероятностью решается

зрительная задача, тем с меньшим напряжением выполняется зрительная работа. Пользуясь этими свойствами зрительного процесса, принято определять видимость отношением контраста объекта наблюдения с фоном к пороговому значению контраста. Для максимального приближения значения видимости к количественному выражению зрительного процесса следует выбирать масштаб количественного выражения видимости логарифмическим. [25] Поэтому формула для вычисления видимости выглядит следующим образом:

$$V = \lg \frac{10}{\cos^2 [0.9(\varphi + \Delta\varphi)]} \quad (3.1)$$

φ - угол поворота поляроида

$\Delta\varphi$ - поправка на место нуля шкалы

0.9 – коэффициент для перевода град в градусы

Исходя из данной формулы видно, что для расчета видимости необходимо знать угол поворота поляроида при работе с тест – объектом (корректорским тестом). Измерения проводят 4-5 раз до получения трех близких значений (разница между двумя крайними значениями должна составлять не более четырех делений шкалы).

Определив видимость до начала работы и после, при помощи *формулы (3.1)* можно рассчитать коэффициент зрительного утомления U (%), который показывает, на сколько процентов от начального уровня утомился испытуемый волонтер.

$$U = \frac{V_1 - V_n}{V_1} \quad (3.2)$$

V_n - видимость в момент времени t_n

V_1 - видимость в начальный момент времени

9.2.2. Расчет коэффициента зрительного утомления для первого волонтера

Приведем данные эксперимента с участием первого волонтера при светодиодном освещении:

№	φ_1	$\varphi_{1сд}$ (среднее)	φ_2	$\varphi_{2сд}$ (среднее)	$V_{1сд}$	$V_{2сд}$	$U, \%$
1	94/93.5/94.5	94	92/91/90	91	3.09	2.726	11.8

Определим среднее значение угла поворота поляроида до начала работы:

$$\varphi_{2сд} = \frac{94 + 93.5 + 94.5}{3}$$

$$\varphi_{2сд} = 94$$

Определим среднее значение угла поворота поляроида после окончания работы:

$$\varphi_{2CD} = \frac{92 + 91 + 90}{3}$$

$$\varphi_{2CD} = 91$$

Рассчитаем видимость до начала работы по формуле (3.1):

$$V1_{CD} = \lg \frac{10}{\cos^2 [0.9(94 + 0.25)]}$$

$$V1_{CD} = 3.09$$

Рассчитаем видимость после окончания работы по формуле (3.1):

$$V2_{CD} = \lg \frac{10}{\cos^2 [0.9(91 + 0.25)]}$$

$$V2_{CD} = 2.726$$

Рассчитаем коэффициент зрительного утомления по формуле (3.2):

$$U = \frac{3.09 - 2.726}{3.09}$$

$$U = 11.8\%$$

Расчеты для остальных волонтеров проводились аналогично.

9.2.3. Сводные таблицы результатов эксперимента по определению коэффициента зрительного утомления

φ_1 – снятые показания угла поворота поляроида до начала работы;

φ_{1CD} – среднее значение снятых показаний угла поворота поляроида при светодиодном освещении до начала работы;

$\varphi_{1ЛЛ}$ – среднее значение снятых показаний угла поворота поляроида при люминесцентном освещении до начала работы;

φ_2 – снятые показания угла поворота поляроида после выполнения работы;

φ_{2CD} – среднее значение снятых показаний угла поворота поляроида при светодиодном освещении после окончания работы;

$\varphi_{2ЛЛ}$ – среднее значение снятых показаний угла поворота поляроида при люминесцентном освещении после окончания работы;

$V1_{CD}$ – видимость тест-объекта при светодиодном освещении до начала работы;

$V2_{CD}$ – видимость тест-объекта при светодиодном освещении после окончания работы;

$V1_{ЛЛ}$ – видимость тест-объекта при люминесцентном освещении до начала работы;

$V2_{ЛЛ}$ – видимость тест-объекта при люминесцентном освещении после окончания работы;

U – коэффициент зрительного утомления, %

Таблица 3.7. Результаты эксперимента при светодиодном освещении

№	φ_1	$\varphi_{1СД}$ (среднее)	φ_2	$\varphi_{2СД}$ (среднее)	$V_{1СД}$	$V_{2СД}$	U, %
1	94/93.5/94.5	94	92/91/90	91	3,09	2,726	11.8
2	87.5/88/87	87.5	84.5/82.5/83.5	83.5	2,437	2,196	9.9
3	86.5/87/86.8	86.8	81.5/80.5/82	81.3	2,389	2,088	12.6
4	81/81.5/79	80.5	75.5/76/76.5	76	2,052	1,877	8.6
5	92/92.5/92.5	92.3	90.5/92/92.5	91.7	2,854	2,798	1.9
6	84/83/85	84	80.5/82.3/82.5	81.8	2,222	2,111	5.0
7	90.1/90/91	90.3	87/85/86	86	2,66	2,338	12.1
8	87.6/87.8/87.1	87.5	86/87.6/87.2	86.9	2,437	2,396	1.7
9	85/84/83	84	83/82/82	82.3	2,222	2,135	3.9

Таблица 3.8. Результаты эксперимента при люминесцентном освещении

№	φ_1	$\varphi_{1ЛЛ}$ (среднее)	φ_2	$\varphi_{2ЛЛ}$ (среднее)	$V_{1ЛЛ}$	$V_{2ЛЛ}$	U, %
1	88/88.6/87	87.9	90/92/91	91	2,465	2,726	-10.6
2	85/84/84.5	84.5	89/89.5/90	89.5	2,25	2,59	-15.1
3	86/87/86.5	86.5	88.3/86.8/86.3	87.1	2,37	2,409	-1.7
4	86.5/87/86.3	86.6	87/87.3/87.5	87.3	2,376	2,423	-2.0
5	91.3/91.8/90.3	91.1	90.5/91.5/90.2	90.7	2,736	2,697	1.4
6	85.6/86/85.7	85.8	88/86.8/88.5	87.8	2,326	2,458	-5.7
7	85/85/85	85	84/83/83	83.3	2,278	2,185	4.1
8	90.3/90.6/88.3	89.7	90.6/89.7/90.2	90.2	2,607	2,651	-1.7
9	88/86/87	87	85/84/84	84.3	2,403	2,238	6.8

9.2.4. Статическая обработка результатов при помощи парного критерия Т – Вилкоксона

Группа волонтеров, принимающих участие в исследовании, составляла 9 человек. Данная выборка довольно мала, поэтому уверенности в том, что переменная будет иметь нормальное распределение не много, а способа проверить это утверждение на данной выборке нет. Поэтому для обработки полученных данных воспользуемся непараметрическим методом (методом математической статистики, не предполагающим знания функционального вида генеральных распределений).

Для обработки полученных данных нами был выбран парный критерий Т – Вилкоксона. Этот критерий применяется для оценки различий экспериментальных данных, полученных в двух разных условиях на одной и той же выборке испытуемых. Он позволяет выявить не только направленность изменений, но и их выраженность, то есть он позволяет установить, насколько сдвиг показателей в каком-то одном направлении является более интенсивным, чем в другом.

Критерий Т основан на ранжировании абсолютных величин разности между двумя рядами выборочных значений в первом и втором эксперименте (например, до и после какого-либо воздействия). Ранжирование абсолютных величин означает, что знаки разностей не учитываются, однако в дальнейшем наряду с общей суммой рангов находится отдельно сумма рангов, как для положительных, так и для отрицательных сдвигов. Если интенсивность сдвига в одном направлении оказывается большей, то и соответствующая сумма рангов также оказывается больше. Этот сдвиг называется типичным, а противоположный, меньший по сумме рангов сдвиг - нетипичным. Эти два сдвига оказываются дополнительными друг другу. Критерий Т - Вилкоксона базируется на величине нетипичного сдвига, который называется $T_{эмп}$ (эмпирическое).

Таблица 3.9. Экспериментальные данные и дополнительные данные, необходимые для работы по парному критерию Т - Вилкоксона

№ п/п	Без светодиодного освещения	При светодиодном освещении	Сдвиг (значение разности с учетом знака)	Абсолютные величины разностей	Ранги абсолютных величин разностей	Символ нетипичного сдвига
1	-10,6	11,8	22.4	22.4	8	
2	-15,1	9,9	25	25	9	
3	-1,7	12,6	14.3	14.3	7	
4	-2,0	8,6	10.6	10.6	5	
5	1,4	1,9	0.5	0.5	1	
6	-5,7	5,0	10.7	10.7	6	
7	4,1	12,1	8	8	4	
8	-1,7	1,7	3.4	3.4	3	
9	6,8	3,9	-2.9	2.9	2	*

* - нетипичный сдвиг

$$\Sigma_N = \frac{N \times (N+1)}{2} \quad (3.8)$$

По формуле (3.8) подсчитывают сумму рангов. В нашем примере она составляет:

$$\Sigma_N = \frac{9 \times (9+1)}{2} = 45$$

Проверяют правильность ранжирования на основе совпадения сумм рангов полученных двумя способами Σ_N и Σ_R . В нашем случае они равны, $45 = 45$, следовательно, ранжирование проведено правильно.

$$\Sigma_R = 1+2+3+4+5+6+7+8+9 = 45$$

Суммируют ранги нетипичных сдвигов. Это и будет искомая величина $T_{\text{эмп}}$. В нашем случае эта величина равна: $T_{\text{эмп}} = 2$.

Таблица 3.10. Критические значения критерия T- Вилкоксона для уровней статистической значимости $P \leq 0,05$ и $P \leq 0,01$

n	P	
	0,05	0,01
9	8	3

где P – вероятность события

Поскольку в нашем случае основной, типичный сдвиг - положительный, то дополнительный, «нетипичный» сдвиг будет отрицательным и на уровне значимости в 5% сумма рангов таких сдвигов не должна превышать числа 8, а при уровне значимости в 1% не должна превышать числа 3. Построим ось значимости:

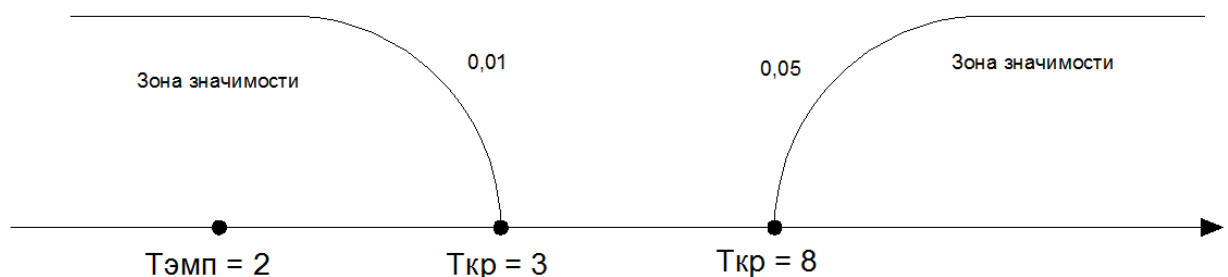


Рис.3.17. Ось значимости I

Анализ «оси значимости» показывает, что полученная величина $T_{\text{эмп}}$ попадает в зону значимости. Следовательно, можно утверждать, что зафиксированные в эксперименте изменения не случайны и значимы на 1% уровне.

9.2.5. Графическое представление полученных результатов

Видимость тест-объекта при люминесцентном освещении

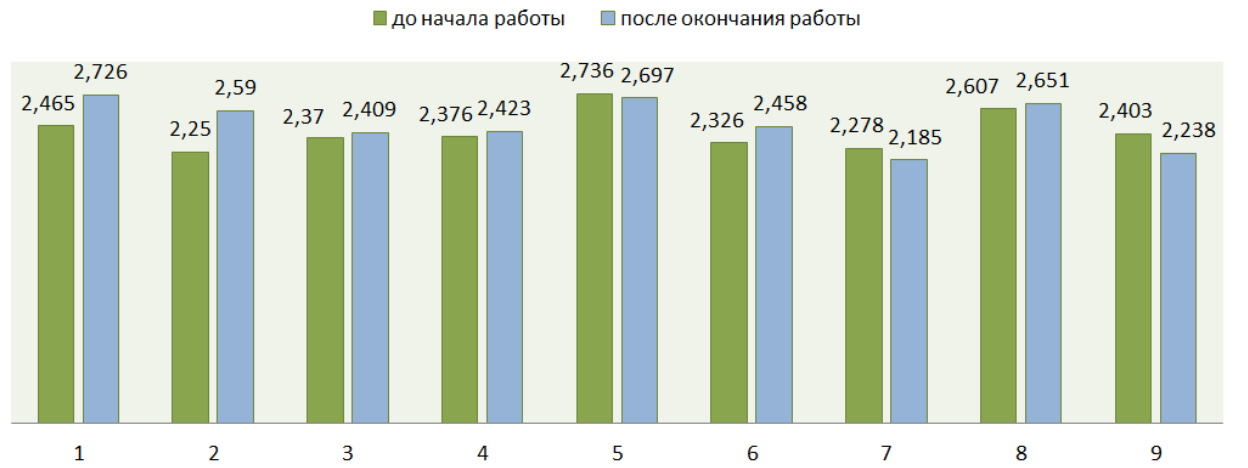


Рис. 3.18. Диаграмма видимости тест-объекта при люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров)

Видимость тест-объекта при светодиодном освещении

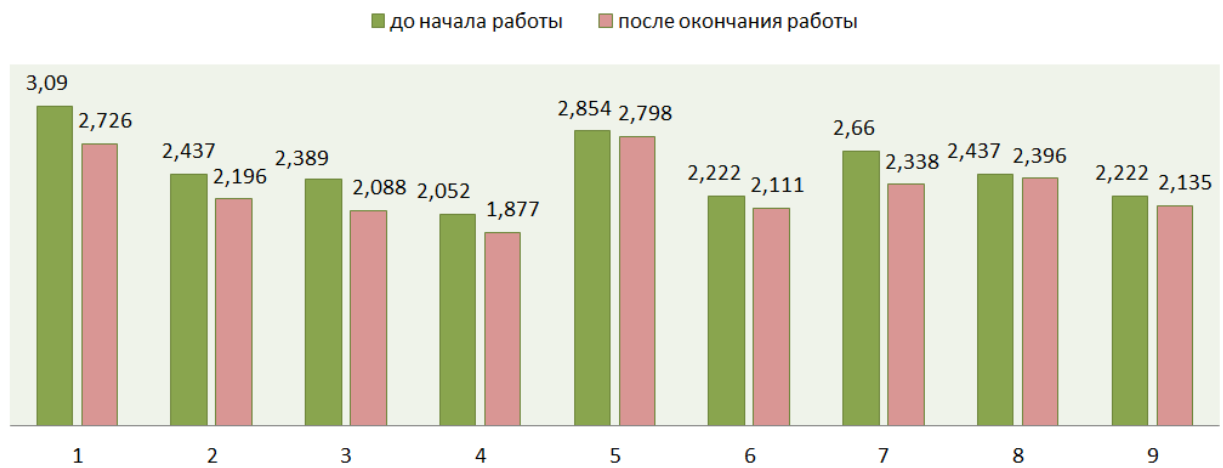


Рис. 3.19. Диаграмма видимости тест-объекта при светодиодном освещении (для 9-ти волонтеров)

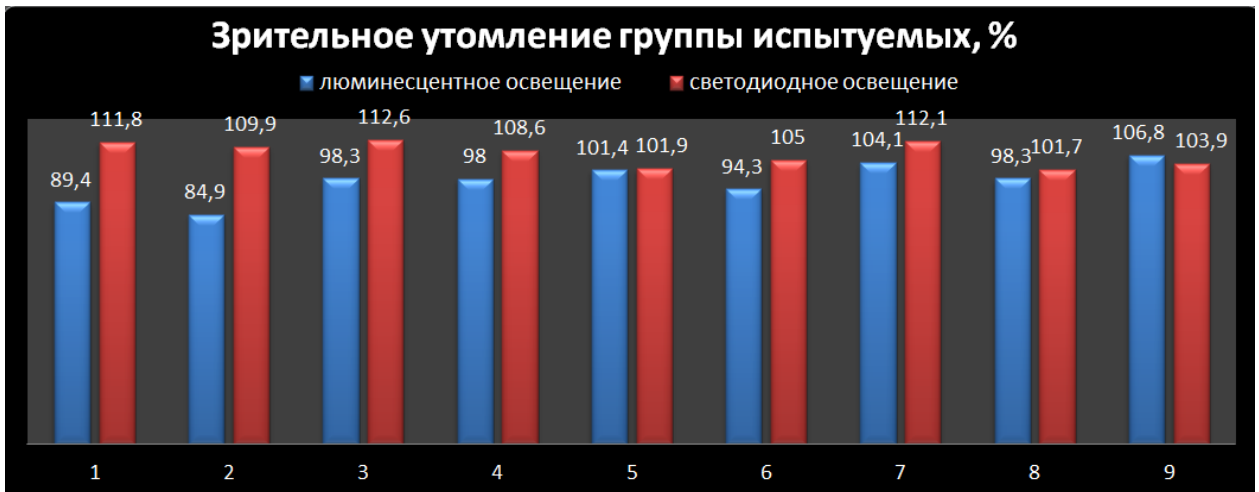


Рис. 3.20. Диаграмма зрительного утомления при светодиодном и люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров). Подразумевается, что уровень 100% является начальным уровнем утомления до начала работы.

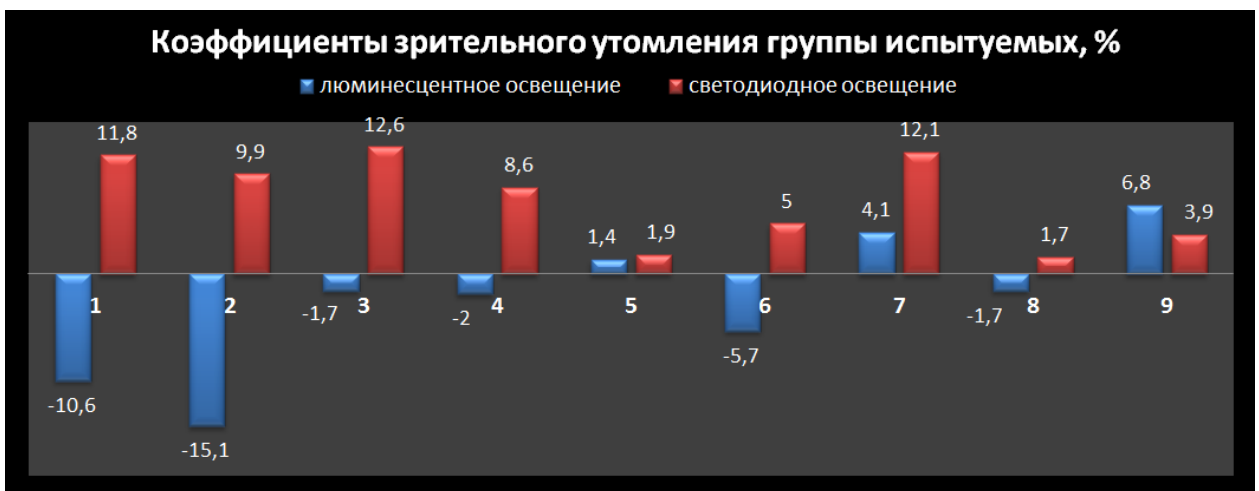


Рис. 3.21. Диаграмма коэффициентов зрительного утомления (U) при светодиодном и люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров).

9.3. Вычисление зрительной работоспособности по методу Вестона

9.3.1. Общие положения

Оценка зрительной работоспособности проводилась по методу Вестона. В качестве исследуемой функции зрения, определяющей зрительную работоспособность, Вестон выбрал быстроту различения. Количественная характеристика зрительной работоспособности по Вестону выражается произведением двух величин - вероятности правильного опознавания формы тест - объектов и быстроты различения:

$$r = \frac{1}{t} \cdot p \quad (3.9.1)$$

r - зрительная работоспособность

t – время различения каждого тест-объекта, сек.

p - вероятность правильного опознавания

Для более удобного расчета зрительной работоспособности модифицируем формулу (3.9.1):

$$r = \frac{N \cdot Q_1}{t_{зр} \cdot Q} \quad (3.9.2)$$

r - зрительная работоспособность

$t_{зр}$ – время выполнения зрительной работы, сек

N – общее количество букв на листе, просмотренных наблюдателем

Q - количество букв на листе, которые необходимо вычеркнуть согласно заданию

Q_1 - количество правильно опознанных букв за время опыта

$$t_{зр} = t_{общ} - t_{м.р.} \quad (3.9.3)$$

$t_{зр}$ – время выполнения зрительной работы, сек

$t_{общ}$ – время работы наблюдателя с корректорским тестом, сек

$t_{м.р.}$ – время механической работы, сек

$$t_{м.р.} = t_{100} \frac{Q_1}{Q_{100}} \quad (3.9.4)$$

$t_{м.р.}$ – время механической работы, сек

t_{100} - время зачеркивания 100 символов, сек

Q_1 - количество правильно опознанных букв за время опыта

$Q_{100} = 100$ - количество вычеркиваемых знаков

$$Q_1 = Q_1' - Q_{непр} \quad (3.9.5)$$

Q_1 - количество правильно опознанных букв за время опыта

$Q_{непр}$ - количество неправильно опознанных букв за время опыта

Q_1' - общее количество вычеркнутых букв за время опыта

9.3.2. Расчет зрительной работоспособности для первого волонтера

Приведем данные эксперимента с участием первого волонтера при светодиодном освещении (тест №1 на вычеркивание буквы Ц):

№ Во лонте ра	Условия освещени я	Буква	Q_1'	$Q_{непр}$	Q_1	$t_{100},$ с	$t_{общ},$ с	$Q_{про}$ $пуц.$	$t_{м.р.},$ с	$t_{зр.},$ с	r
1	СД	Ц	35	0	35	34	293	5	11.9	281.1	7.75

Рассчитаем количество правильно опознанных букв за время опыта по формуле (3.9.5):

$$Q_1 = 35 - 0 = 35$$

Рассчитаем время механической работы по формуле (3.9.4):

$$t_{м.р.} = 34 \frac{35}{100} = 11.9(\text{сек})$$

Рассчитаем время выполнения зрительной работы по формуле (3.9.3):

$$t_{зр} = 293 - 11.9 = 281.1(\text{сек})$$

Наконец, при помощи формулы и известных данных, рассчитаем зрительную работоспособность по формуле (3.9.2):

$$r = \frac{2490 \cdot 35}{281.1 \cdot 40} = 7.75(\text{букв} / \text{сек})$$

Расчеты для остальных волонтеров проводились аналогично.

9.3.3. Сводная таблица результатов эксперимента по определению зрительной работоспособности

Таблица 3.11. Сводная таблица результатов эксперимента по определению зрительной работоспособности

№ Во- ло- нте- ра	Условия освеще- ния	Буква	QI'	$Q_{непр}$	QI	$t_{100},$ с	$t_{общ},$ с	$Q_{про-}$ $пуц.$	$t_{м.р.},$ с	$t_{зр.},$ с	$r,$ букв/с
1	СД	Ц	35	0	35	34	293	5	11.9	281.1	7.75
	ЛЛ	Ц	31	0	31	34	233	9	10.6	222.4	8.68
	СД	О	136	0	136	34	255	14	46.2	208.8	10.81
	ЛЛ	О	142	0	142	34	259	8	48.3	210.7	11.19
	СД	БЛ	6	0	6	68	234	4	4.1	229.9	6.50
	ЛЛ	БЛ	4	0	4	68	252	6	2.7	249.3	4.00
2	СД	Ц	35	0	35	36	349	5	12.6	336.4	6.48
	ЛЛ	Ц	31	0	31	36	264	9	11.2	252.8	7.63
	СД	О	141	0	141	36	255	9	50.8	204.2	11.46
	ЛЛ	О	141	0	141	36	246	9	50.8	195.2	11.99
	СД	БЛ	6	0	6	72	214	4	4.3	209.7	7.13
	ЛЛ	БЛ	4	0	4	72	245	6	2.9	242.1	4.12

Продолжение таблицы 3.11.

3	СД	Ц	28	0	28	35	232	12	9.8	222.2	7.84
	ЛЛ	Ц	34	0	34	35	271	6	11.9	259.1	8.17
	СД	О	142	1	141	35	245	9	49.4	195.6	11.97
	ЛЛ	О	147	3	144	35	294	6	50.4	243.6	9.81
	СД	БЛ	9	1	8	70	232	2	5.6	226.4	8.80
	ЛЛ	БЛ	10	0	10	70	280	0	7.0	273	9.13
4	СД	Ц	34	2	32	43	297	8	13.8	283.2	7.03
	ЛЛ	Ц	30	0	30	43	348	10	12.9	335.1	5.57
	СД	О	132	0	132	43	301	18	56.8	244.2	8.97
	ЛЛ	О	147	0	147	43	339	3	63.2	275.8	8.85
	СД	БЛ	3	0	3	86	251	7	2.6	248.4	3.01
	ЛЛ	БЛ	9	0	9	86	296	1	7.7	288.3	7.78
5	СД	Ц	37	0	37	33	310	3	12.2	297.8	7.73
	ЛЛ	Ц	34	0	34	33	239	6	11.2	227.8	9.29
	СД	О	148	0	148	33	259	2	48.8	210.2	11.69
	ЛЛ	О	144	0	144	33	192	6	47.5	144.5	16.54
	СД	БЛ	8	0	8	66	227	2	5.3	221.7	8.99
	ЛЛ	БЛ	7	0	7	66	177	3	4.6	172.4	10.11
6	СД	Ц	38	0	38	39	315	2	14.8	300.2	7.88
	ЛЛ	Ц	39	0	39	39	308	1	15.2	292.8	8.29
	СД	О	149	0	149	39	400	1	58.1	341.9	7.23
	ЛЛ	О	149	0	149	39	288	1	58.1	229.9	10.76
	СД	БЛ	10	0	10	78	311	0	7.8	303.2	8.22
	ЛЛ	БЛ	10	0	10	78	300	0	7.8	292.2	8.53

Продолжение таблицы 3.11.

7	СД	Ц	38	0	38	34	345	2	12.9	332.1	7.12
	ЛЛ	Ц	38	0	38	34	252	2	12.9	239.1	9.89
	СД	О	148	0	148	34	297	2	50.3	246.7	9.96
	ЛЛ	О	147	1	146	34	242	4	49.6	192.4	12.60
	СД	ЫЛ	7	0	7	68	295	3	4.8	290.2	6.01
	ЛЛ	ЫЛ	7	0	7	68	237	3	4.8	232.2	7.51
8	СД	Ц	38	0	38	33	227	2	12.5	214.5	11.03
	ЛЛ	Ц	39	0	39	33	252	1	12.9	239.1	10.15
	СД	О	150	0	150	33	256	0	49.5	206.5	12.06
	ЛЛ	О	147	0	147	33	236	3	48.5	187.5	13.01
	СД	ЫЛ	5	0	5	66	217	5	3.3	213.7	5.83
	ЛЛ	ЫЛ	8	0	8	66	198	2	5.3	192.7	10.34
9	СД	Ц	34	0	34	35	299	6	11.9	287.1	7.37
	ЛЛ	Ц	34	0	34	35	263	6	11.9	251.1	8.43
	СД	О	146	0	146	35	195	4	51.1	143.9	16.84
	ЛЛ	О	149	0	149	35	211	1	52.2	158.8	15.58
	СД	ЫЛ	6	0	6	70	230	4	4.2	225.8	6.62
	ЛЛ	ЫЛ	7	0	7	70	205	3	4.9	200.1	8.71

Корректорский тест на вычеркивание буквы Ц:

N = 2490

Q = 40

Корректорский тест на вычеркивание буквы О:

N = 2490

Q = 150

Корректорский тест на вычеркивание сочетания букв ЫЛ:

N = 2491

Q = 10

9.3.4. Статистическая обработка результатов при помощи парного критерия Т – Вилкоксона

Так же, как и в подразделе 9.2.4, для статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента по определению зрительной работоспособности, применим парный критерий Т – Вилкоксона.

Все данные для 27 тестов приведем в *таблице 3.12.*

Таблица 3.12. Экспериментальные данные и дополнительные данные, необходимые для работы по парному критерию Т - Вилкоксона

№ п/п	Без светодиодного освещения	При светодиодном освещении	Сдвиг (значение разности с учетом знака)	Абсолютные величины разностей	Ранги абсолютных величин разностей	Символ нетипичного сдвига
1	8,68	7,75	-0,93	0,93	9	
2	11,19	10,81	-0,38	0,38	5	
3	4,00	6,50	2,5	2,5	20	*
4	7,63	6,48	-1,15	1,15	13	
5	11,99	11,46	-0,53	0,53	7	
6	4,12	7,13	3,01	3,01	23	*
7	8,17	7,84	-0,33	0,33	3,5	
8	9,81	11,97	2,16	2,16	19	*
9	9,13	8,80	-0,33	0,33	3,5	
10	5,57	7,03	1,46	1,46	15	*
11	8,85	8,97	0,12	0,12	1	*
12	7,78	3,01	-4,77	4,77	26	
13	9,29	7,73	-1,56	1,56	17	
14	16,54	11,69	-4,85	4,85	27	
15	10,11	8,99	-1,12	1,12	12	
16	8,29	7,88	-0,41	0,41	6	
17	10,76	7,23	-3,53	3,53	24	
18	8,53	8,22	-0,31	0,31	2	
19	9,89	7,12	-2,77	2,77	22	
20	12,60	9,96	-2,64	2,64	21	
21	7,51	6,01	-1,5	1,5	16	
22	10,15	11,03	0,88	0,88	8	*
23	13,01	12,06	-0,95	0,95	10	
24	10,34	5,83	-4,51	4,51	25	
25	8,43	7,37	-1,06	1,06	11	
26	15,58	16,84	1,26	1,26	14	*
27	8,71	6,62	-2,09	2,09	18	

* - нетипичный сдвиг

$$\Sigma_N = \frac{N \times (N+1)}{2} \quad (3.8)$$

По формуле (3.8) подсчитывают сумму рангов. В нашем примере она составляет:

$$\Sigma_N = \frac{27 \times (27+1)}{2} = 378$$

Проверяют правильность ранжирования на основе совпадения сумм рангов полученных двумя способами Σ_N и Σ_R . В нашем случае они равны, $378 = 378$, следовательно, ранжирование проведено правильно.

$$\Sigma_R = 1+2+3,5+3,5+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18+19+20+21+22+23+24+25+26+27 = 378$$

Суммируют ранги нетипичных сдвигов. Это и будет искомая величина $T_{\text{эмп}}$. В нашем случае эта величина равна: $T_{\text{эмп}} = 14+8+1+15+19+23+20 = 100$.

Таблица 3.13. Критические значения критерия T- Вилкоксона для уровней статистической значимости $P \leq 0,05$ и $P \leq 0,01$

n	P	
	0,05	0,01
27	119	92

где P – вероятность события

Поскольку в нашем случае основной, типичный сдвиг - отрицательный, то дополнительный, «нетипичный» сдвиг будет положительным и на уровне значимости в 5% сумма рангов таких сдвигов не должна превышать числа 119, а при уровне значимости в 1% не должна превышать числа 92. Построим ось значимости:

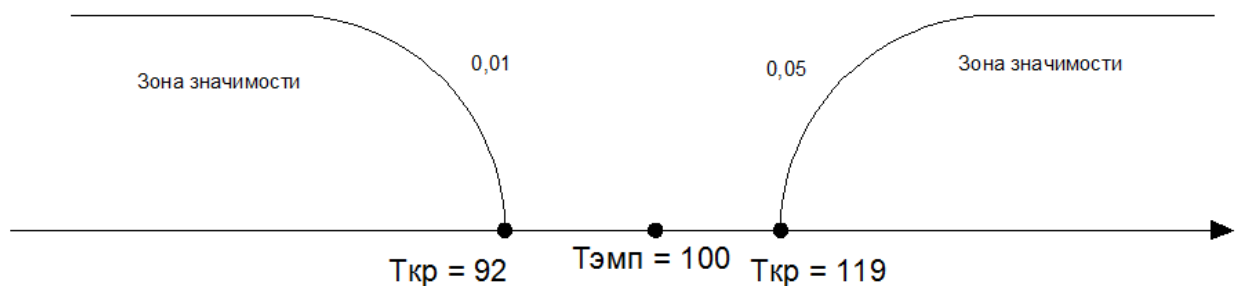


Рис. 3.22. Ось значимости 2

Полученное эмпирическое значение $T_{\text{эмп}}$ находится в зоне неопределенности.

В этом случае мы принимаем альтернативную гипотезу H_1 о наличии влияния светодиодного освещения на зрительную работоспособность на уровне значимости $P < 0,05$. В терминах статистических гипотез полученный результат будет звучать так: на 5% уровне гипотеза H_0 (об отсутствии влияния) отклоняется и принимается гипотеза H_1 о наличии влияния.

9.3.5. Графическое представление полученных результатов

Зрительная работоспособность (букв/сек) при выполнении теста №1

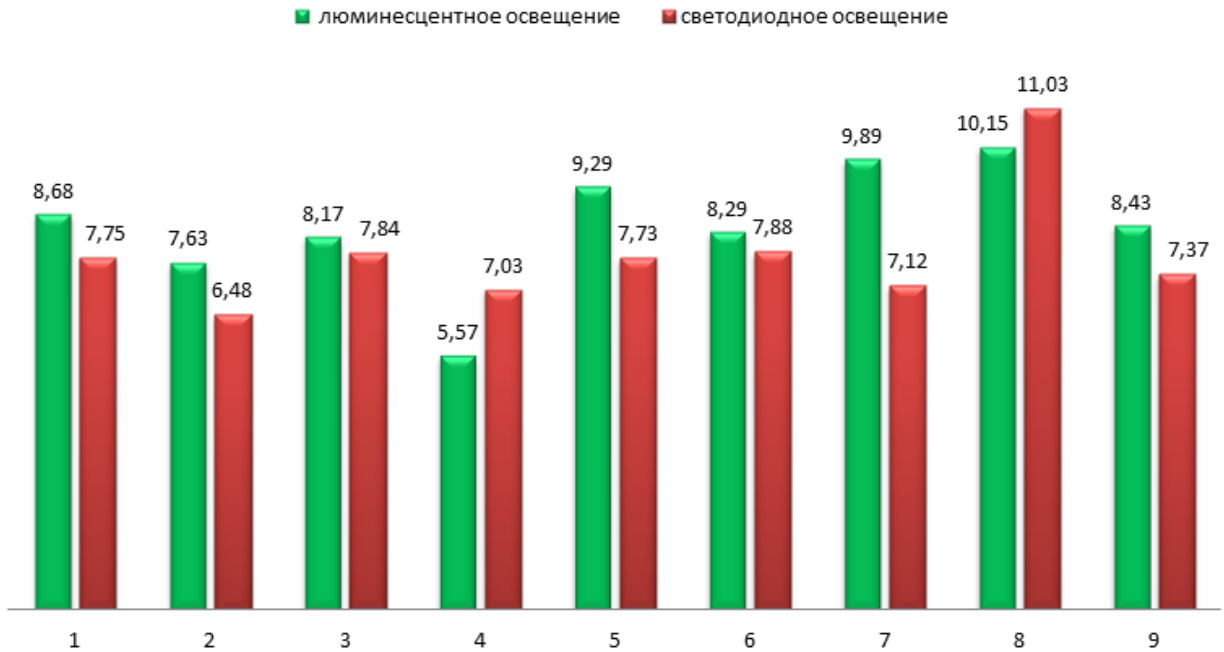


Рис. 3.23. Диаграмма зрительной работоспособности (r) при светодиодном и люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров). Тест №1.

Зрительная работоспособность (букв/сек) при выполнении теста №2

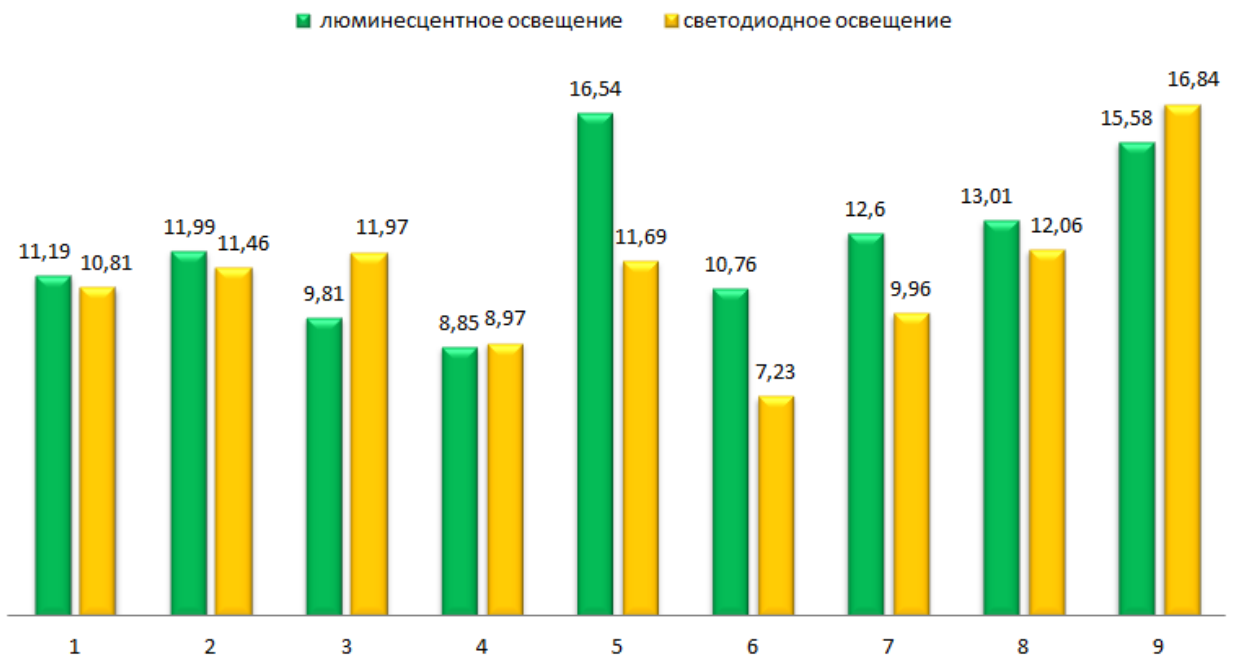


Рис. 3.24. Диаграмма зрительной работоспособности (r) при светодиодном и люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров). Тест №2.

Зрительная работоспособность (букв/сек) при выполнении теста №3

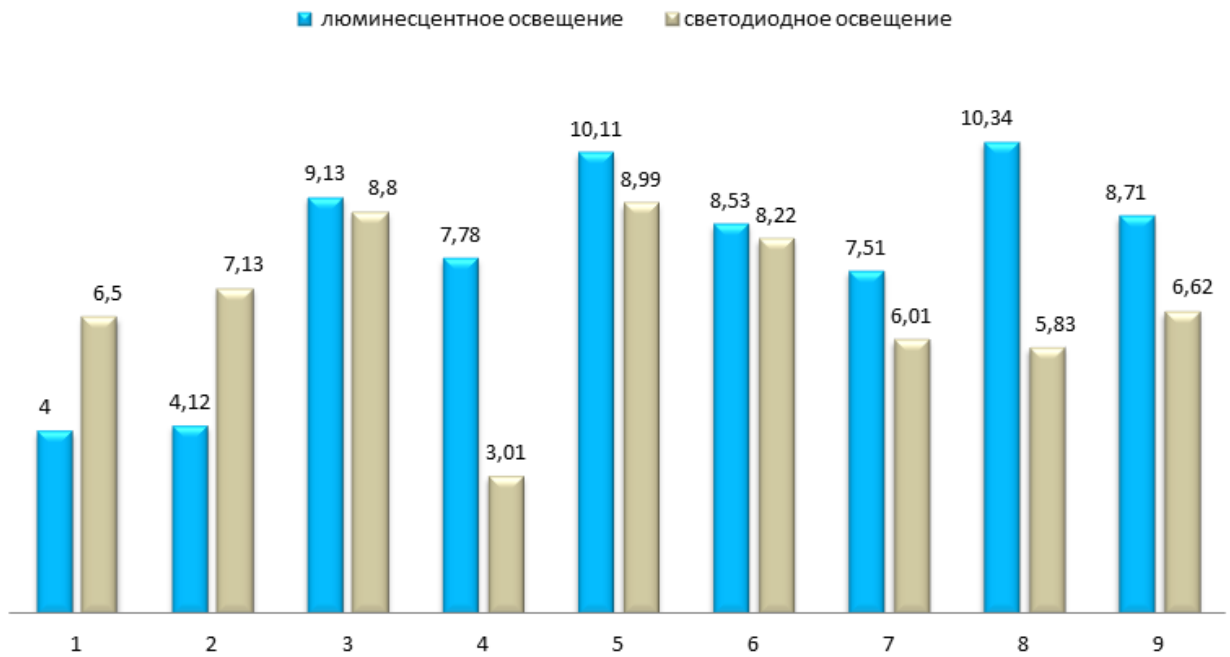


Рис. 3.25. Диаграмма зрительной работоспособности (r) при светодиодном и люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров). Тест №3.

Диаграмма зрительной работоспособности каждого из 9ти волонтеров при освещении СД в ходе эксперимента

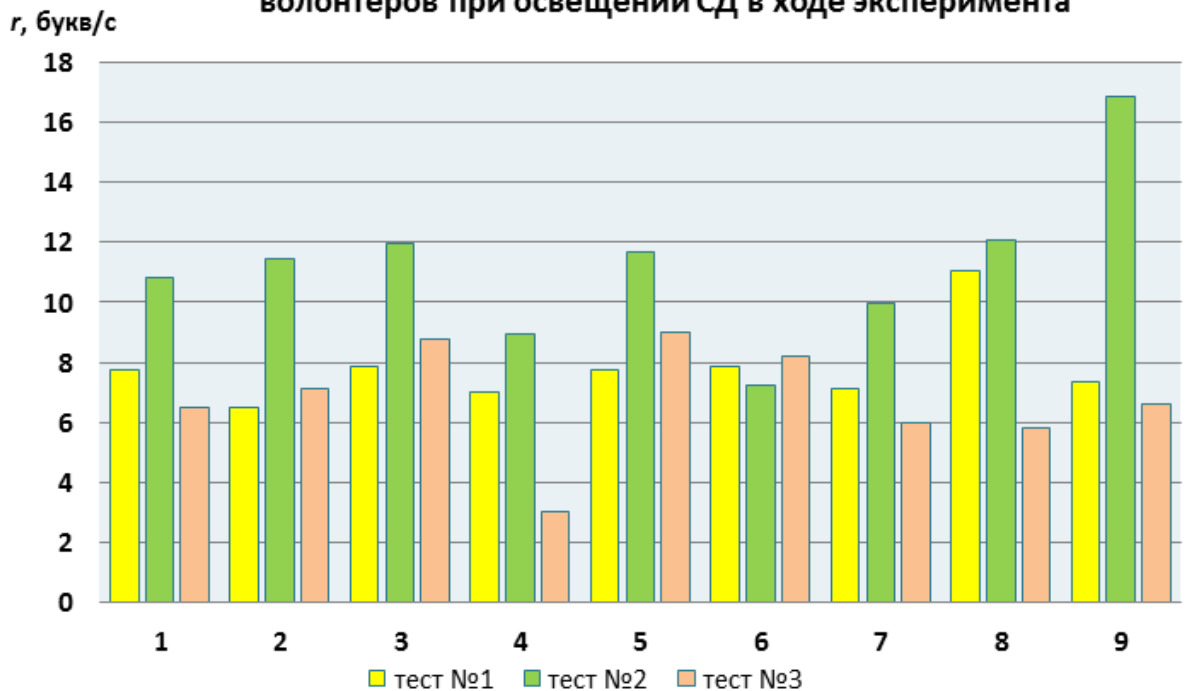


Рис. 3.26. Диаграмма зрительной работоспособности (r) в ходе всего эксперимента при светодиодном освещении (для 9-ти волонтеров).

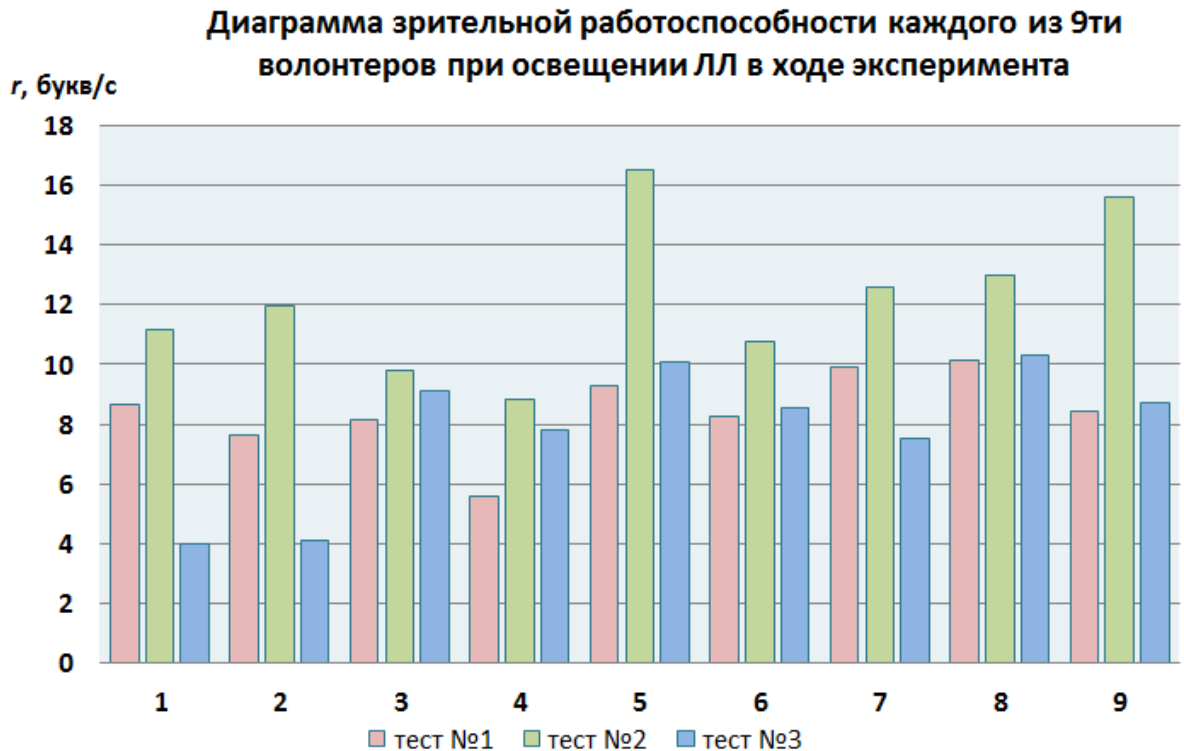


Рис. 3.27. Диаграмма зрительной работоспособности (r) в ходе всего эксперимента при люминесцентном освещении (для 9-ти волонтеров).

Раздел 10. Итоговые выводы

1. Времени эксперимента (30-40 минут) хватило для того, чтобы добиться зрительного утомления волонтеров. Оказывается, что даже такой короткий период интенсивной работы позволяет судить о зрительном утомлении.
2. Мы можем говорить о выраженной зависимости видимости, следовательно, и зрительного утомления, от вида освещения (светодиодного и люминесцентного). Усредненный коэффициент зрительного утомления для девяти испытуемых при светодиодном освещении составил 7,5 %.

Усредненный коэффициент зрительного утомления для девяти испытуемых при люминесцентном освещении составил -2,7 %, что более чем в 3,5 раза меньше аналогичного показателя при светодиодном освещении. Кроме того мы говорим и о том, что люминесцентное освещение положительно влияло на состояние зрительного анализатора волонтеров, в то время как светодиодное вызывало его явное утомление. Данный факт может быть связан с эффектом «мелатонинового креста» (см. *литературный обзор*), учитывая то, что для используемых светодиодных ламп он не выполняется (см. рис. 3.12).

3. Стоит отметить, что волонтеры, работавшие лучше при светодиодном освещении, чем при люминесцентном (волонтер №5 и №9), в цветовом тесте Лутошкина описали свое состояние как пессимистичное и тревожное соответственно. Данный факт дает нам возможность говорить о повышенном влиянии эмоционального фона человека на общее (в том числе и зрительное) утомление.
4. В ходе расчетов было обработано 27 пар корректорских тестов. По их итогам мы можем говорить о том, что корректорские тесты успешнее выполнялись при люминесцентном освещении: 20 пар против 7 пар. Это означает, что при люминесцентном освещении корректорские тесты выполняются почти в 3 раза лучше, чем при светодиодном. Однако при анализе составленных диаграмм (см. *рис. 3.23 и 3.24*) видно, что разность в скорости выполнения зрительной работы при люминесцентном и светодиодном освещении невелика.
5. Наиболее показательными тестами по определению зрительной работоспособности оказались тесты №1 и №2. Тест №3, в котором испытуемым предлагалось вычеркнуть сочетание букв, не дал результатов с какими-либо выраженными зависимостями, так как в них присутствует большой разброс значений по скорости выполнения зрительной работы.
6. При устном опросе волонтеров о качестве освещения более половины отметили «непривычный, неестественный» свет при использовании нами светодиодных ламп.
7. Использование в ходе эксперимента светодиодных ламп Т8 вместо люминесцентных ламп не дало ожидаемой экономии электроэнергии. Для создания одинакового уровня горизонтальной освещенности в 400 лк мы использовали сначала 6 светодиодных, а затем всего 2 люминесцентные лампы. Мощность светодиодной лампы 18 Вт, люминесцентной 36 Вт при почти одинаковой световой отдаче (см. *таблицу 3.3*).
8. По итогам экспериментов по определению зрительного утомления и работоспособности, мы можем сделать вывод о том, что люминесцентное освещение необходимо ставить в приоритете перед светодиодным при проектировании освещения рабочих мест таких ответственных профессии, как диспетчеры. Однако, несомненно, необходимо и в дальнейшем проводить подобные исследования, подключая к ним как светотехников, так и биологов.

Заключение

Проведенный светоаудит наружной осветительной установки железнодорожного вокзала, показал, что смонтированная установка удовлетворяет принятым нормативным документам, проектным решениям и обеспечивает комфортное пребывание пассажиров в ночное и вечернее время. Однако одного лишь грамотного проектного решения ОУ и качественного монтажа недостаточно. Необходимо постоянное обслуживание осветительной установки: поддержание номинального напряжения на осветительных приборах, проведение их своевременной чистки согласно графику, отслеживание состояния источников света и своевременная замена неисправных ламп на новые с принятыми по проекту характеристиками.

Использование светодиодных приборов в совокупности с газоразрядными источниками света визуально несколько не ухудшает световую среду на объекте. В некоторых случаях (таких, например, как пандус главной лестницы), применение светодиодных приборов становится единственно возможным решением для обеспечения нормируемых значений освещенности. Также логично использовать светодиодные приборы и для аварийного освещения наружной установки, которое должно обеспечивать 100% нормируемой освещенности уже через 10 секунд после нарушения питания рабочего освещения.

В ходе исследования оптимальных условий работы диспетчера было проведено два эксперимента: по определению зрительного утомления и зрительной работоспособности. Для экспериментов были использованы два типа источников света: светодиодные и люминесцентные. В течение исследования испытуемым волонтерам было предложено пройти тест Лутошкина, три корректорских теста, а также десятиминутные сеты с выполнением работы за компьютером.

Результаты эксперимента наглядно отразили в себе зависимости влияния светодиодного и люминесцентного освещения на утомление зрительного анализатора и зрительную работоспособность. Замена люминесцентных ламп на светодиодные, которые вставлялись в один и тот же светильник, показала, что зрительная работоспособность волонтеров при этом снизилась, а зрительная утомляемость волонтеров повысилась более чем в 3,5 раза.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что люминесцентные лампы являются предпочтительным источником света при проектировании освещения в рабочих кабинетах диспетчеров. А также о том, что прямая замена люминесцентных ламп Т8 на светодиодные лампы Т8, на данный момент не является корректной.

Список используемой литературы

1. Алфёров В.Ю., Митрохин Ю.В. Внедрение полупроводниковых инноваций в ОАО «РЖД»// Москва. Журнал «Светотехника», №5 2009 г., с. 9-12.
2. BRE Environmental & Sustainability Standard BES 5051: ISSUE 1.0 // BREEAM Education 2008 Assessor Manual - BRE Global, 2008. 47 с.
3. СП 52.13330.2011 «Свод правил естественное и искусственное освещение» // Минрегион России. - М.: ОАО "ЦПП", 2011. 77 с.
4. ОСТ 32.120-98 «Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта» // Министерство путей сообщения Российской Федерации. - М., 1998. 91 с.
5. ГОСТ Р 54984 – 2012 «Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта» // ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». - Москва, 2013. 19 с.
6. СП 139.13330.2012 «Здания и помещения с местами труда для инвалидов. Правила проектирования» // - Москва, 2012. 42 с.
7. «Рекомендации по нормам и технике наружного освещения территорий железных дорог» // Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу. - Литовская Республика. Вильнюс, 2010. 41 с.
8. Интернет - портал www.dic.academic.ru
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 г. N 681 г. Москва «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» // «РГ» - Федеральный выпуск №5283, 2010.
10. Дейнего В.Н. Выбор концепции построения безопасной и энергосберегающей системы освещения «Не имеющий стратегии – жертва чужой тактики!» // КАБЕЛЬ – news, 2012; 2: с. 50-64.
11. Интернет - портал www.ruscable.ru
12. Дейнего В.Н., Капцов В.А. «Свет энергосберегающих и светодиодных ламп и здоровье человека» // Научно-практический журнал «Гигиена и санитария» №6, - Издательство «Медицина», 2013. с. 81-84.
13. САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» // – Москва, 2003. 51 с.

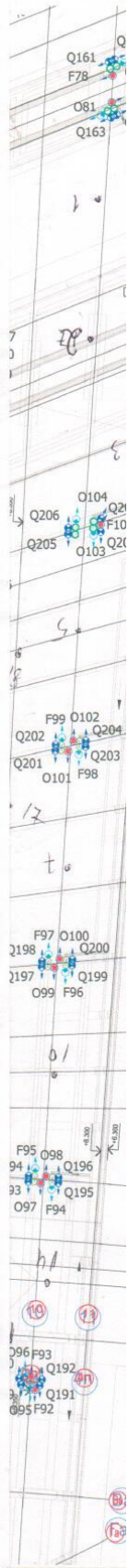
14. Дейнего В.Н. Гигиенические проблемы использования светодиодов в системах искусственного освещения // Рецензия на книгу: Кучма В.Р., Текшева А.М. «Гигиенические основы использования светодиодов в системах искусственного освещения» М. Издатель ФГБУ «Научный центр здоровья детей» РАМН 2013г. 6 с.
15. ГОСТ ИСО 8995-2002 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ «Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений» // – Минск, 2004. 32 с.
16. Л.М. Текшева, НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБУ «НЦЗД» РАМН, Москва. Журнал «Светотехника», №5 2012 г., с. 16-22.
17. Кудряшов А.В. Нормализация световой среды для пользователей ПЭВМ: На примере предприятий электроэнергетики // Дисс. к.т.н. – Челябинск, 2006. 161 с.
18. Е. И. Ильина, Т. Н. Частухина «Улучшение условий освещения рабочих мест на предприятиях железнодорожного транспорта» // Журнал «Безопасность и охрана труда» №1, 2008 г.
19. Интернет - портал www.24farm.ru/oftalmologia/
20. Н.В. Рожкова, Г.В. Федюкина «Методические указания по проведению энергоаудита осветительных установок» // Новости светотехники, Выпуск 2 (40). – Москва, 2004. 25 с.
21. ГОСТ Р 54944 – 2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» // ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». - Москва, 2013. 17 с.
22. Интернет - портал www.osram.ru
23. Интернет - портал www.retera.ru
24. Интернет - портал www.ixbt.ru
25. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки // - М.: Энергия, 1972. 349 с.
26. Мешков В. В. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов. Ч. 1 // - 2-е изд., перераб. - М.: Энергия, 1979. - 386 с.
27. Луизов А.В. Глаз и свет // - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. - 144 с.
28. Пантелеева Н.С. Разработка метода количественной оценки оптимальных цветовых решений офисного пространства // автореферат - Москва, 2012. 20 с.
29. М. А. Островский «Молекулярные механизмы повреждающего действия света на структуры глаза и системы защиты от такого повреждения» // Успехи биологической химии, т. 45, - Москва, 2005. с. 173—204
30. Y. A. W. de Kort, W. A. Jsselsteijn, I. M. L. C. Vogels, M. P. J. Aarts, A. D. Tenner, & K. C. H. J. Smolders (Eds.) «Effects of Dynamic Lighting on

31. Office Workers: First-year Results of a Longitudinal Field Study» // International Conference on the Effects of Light on Wellbeing. - Eindhoven, the Netherlands, 2009. 121 с.
32. ГОСТ Р МЭК 62471- (МЭК 62471:2006) «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» // ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». - Москва, 2011. 63 с.
33. Интернет - портал www.asd-electro.ru
34. Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен. Функциональные состояния оператора. Введение в эргономику // под редакцией В. П. Зинченко. - М., «Советское радио», 1974 г. 8 с.
35. Левченко А.С., Мохонько В.П. и др. Приобретение практических навыков работы поездного диспетчера // Методические указания к лабораторному практикуму по организации движения на железнодорожном транспорте. - Самара, 2002 г. 31 с.
36. Отраслевые нормы технологического проектирования железнодорожных вокзалов для пассажиров дальнего следования // - Москва, 1998 г. 68 с.
37. Дейнего В.Н. «Результаты исследований по комплексному изучению влияния освещения светодиодами на орган зрения и организм с учетом степени утомления, проведенных в рамках Реестра предложений РОСНАНО» // презентация. - Челябинск, 2013. 37 слайдов.
38. Дейнего В.Н., Капцов В.А. «Современная парадигма восприятия света и гигиена зрения при светодиодном освещении» // презентация. - Пленум научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды, 2013. 16 слайдов.
39. Устройство поляризационное М-53А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации // - Москва. 43 с.

Приложение А. Протокол измерений

Центральная платформа

№ контрольных точек	Освещенность, лк						
	измеренная				средняя Е _{ср}	фактическ ая Е _ф	нормируе мая Е _н
	Е1	Е2	Е3	Е4			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	16	16					10
2	18	18					10
3	37	38					10
4	41	41					10
5	34	34					10
6	30	31					10
7	44	44					10
8	52	52					10
9	40	40					10
10	35	35					10
11	15	16					10
12	37	37					10
13	22	23					10
14	40	40					10
15	25	25					10
16	24	25					10
17	31	31					10
18	32	32					10
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							



Приложение Б. Паспорт на светодиодную лампу ASD LED-T8RG



Лампа светодиодная LED-T8RG

1. Светодиодная лампа ASD представляет собой инновационный и экологичный источник света, где светобразующим элементом является светодиод
2. Лампа LED-T8RG имеет стеклянную колбу.
3. Светодиодная лампа ASD позволяет экономить до 85-90% электроэнергии.
4. Световая отдача в 1,5 раза больше, чем у люминесцентной лампы той же мощности.
5. Светодиодные лампы ASD имеют универсальное рабочее положение.
6. Светодиодная лампа LED-T8RG с поворотным цоколем G13 предназначена для замены люминесцентных ламп.
7. Включается непосредственно в сеть. Питание лампы осуществляется с двух сторон. Перед использованием лампы LED-T8RG необходимо отключить из схемы ПРА.
8. Устойчивы к механическим воздействиям (тряска, вибрация).
9. Продукция ASD выпускается на высокотехнологичном оборудовании и проходит многоуровневый контроль качества.
10. Светодиодные лампы сохраняют постоянную величину светового потока в течение всего срока службы.
11. Не выделяют ультрафиолетового и инфракрасного излучения.
12. Не содержат ртути.
13. Светодиодная лампа ASD имеет российский сертификат соответствия РосТест.
14. Лампы имеют гарантийный срок 3 года и срок службы 30 000 ч.

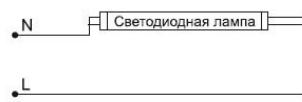


Рисунок 1. Схема подключения светодиодной лампы T8RG

Области применения:



жилое
помещение

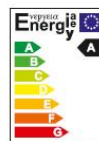


офисные
помещения



общественные
помещения

Внимание! Не использовать с ПРА!



Экономия электроэнергии - 90% (продукт класса А)



Рабочее положение – любое



Уменьшенное тепловыделение



Соответствует требованиям ЭМС (не дает радио-помех)



Длительный срок службы 30 000ч



Контроль качества по международным стандартам



Гарантия 3 года



Гарантийный талон

Изделие / Model	Номер партии / Order number
Место продажи / Place of sale	Дата продажи / Date of sale
Подпись продавца / Saller signature	Подпись покупателя / Customer's signature
Дата обмена / Date of exchange	

Страна-изготовитель: КНР

www.asd-electro.ru

Гарантийные обязательства:

1. Замена подлежат неработающие светодиодные лампы при отсутствии видимых физических повреждений.
2. Замена лампы осуществляется при предъявлении правильно заполненного гарантийного талона (указать наименование изделия, штрих-код, дату и место продажи), подписи продавца, печати и кассового чека предприятия, в котором была приобретена лампа. Лампа подлежит замене при условии сохранения товарного вида упаковки.
3. Замена предлагает предварительное тестирование лампы.
4. Все вышеизложенные условия гарантии действуют в рамках законодательства РФ, регулирующего защиту прав потребителей, и не распространяются на случаи использования товара в целях предпринимательской деятельности.

Гарантийные обязательства не распространяются на:

1. Покупателей (юридических и физических лиц), действующих по поручению и в интересах юридических лиц, осуществляющих покупку ламп ASD для эксплуатации в системах освещения предприятий, офисов, складов и т.п., где условия эксплуатации ламп в значительной степени отличаются от типовых условий эксплуатации для бытовых нужд (длительные режимы работы, тяжелые температурные режимы, использование светорегуляторов и т.д.). В этом случае гарантийные обязательства оформляются отдельным приложением к договору поставки по согласованию с уполномоченными представителями компании ООО «АСД».
2. Лампы, имеющие видимые физические повреждения колбы и корпуса.
3. Лампы, вышедшие из строя в результате нарушения Покупателем условий эксплуатации.
4. Лампы, вышедшие из строя в результате попадания внутрь корпуса посторонних предметов, жидкостей, насекомых.
5. Лампы, вышедшие из строя в результате действия обстоятельств непреодолимой силы: пожар, затопление и пр.

Гарантия действует в течении 36 месяцев с момента совершения покупки при условии соблюдения правил эксплуатации.

Производитель:
«АСД Корпорейшн Лимитед», Гонконг, Шенг Ван, Вин Лок Стрит, 148

Поставщик в РФ:
ООО «АСД», 142171, Россия, г. Москва, ул. Железнодорожная, д. 32

Приложение В. Цветовой тест Лугошкина



бодрое, мажорное настроение



приятное, благодушное настроение



спокойный, уравновешенный тон



неудовлетворенность, тревожность



пессимизм, уныние, упадок



радостное настроение



грустное настроение



трудно сказать