АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СВЕТОДИОДОВ И СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ

С Т А Н Д А Р Т
О Р Г А Н И З А Ц И И

СТО.69159079-05-2020

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ

Требования к комфортной световой среде

Внутренний документ

АПСС

2020

Предисловие

Цели и принципы стандартизации Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29 июня 2015 г №162 «О стандартизации в Российской Федерации», а правила построения, изложения и оформления - ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандарты организаций. Общие положения», ГОСТ Р 1.5–2012 Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Сведения о стандарте организации

1 РАЗРАБОТАН – Комитетом по стандартизации и нормативно-правовым актам Ассоциации производителей светодиодов и систем на их основе (АПСС)

2 ВНЕСЕН – АПСС

3 УТВЕРЖДЕН – Генеральным директором АПСС

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАН – АПСС

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта организации соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (АПСС) www.nprpss.ru в сети Интернет.

© АПСС, 2020

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без письменного разрешения АПСС.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

_____ Грекова О.А.

« 19 » октября 2020 г.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ

Требования к комфортной световой среде

СТО.69159079-05-2020

Введен впервые

Введен в действие	***Решением внеочередного общего собрания членов Ассоциации Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС)*** ***Протокол № 5-19-10 от «19» октября 2020 г.***
Дата введения	***2020 - 12 - 01***
Редакция	***1***
Экземпляр	***контрольный***
Место хранения	***АПСС, 105318, г. Москва, Мироновская ул., дом 25, офис ЭТ/ПОМ/ОФ 3/IV/362***
Всего страниц	***76***

Введение

Современные тенденции развития и расширение технических возможностей при реализации систем светодиодного освещения позволяют рассматривать проблематику внутреннего освещения не только с точки зрения выполнения норм, регламентируемых действующими нормативными документами – санитарными правилами и нормами, строительными правилами – но, и с позиций формирования комфортной световой среды.

Под комфортной световой средой понимается совокупность объективных визуальных и невизуальных факторов, оказывающих положительное психоэмоциональное и физиологическое воздействие на человека и обеспечивающих эффективное выполнение визуальных задач в процессе жизнедеятельности.

Отсутствие в настоящее время как зарубежных, так и отечественных обобщающих структурированных нормативов в части светового комфорта затрудняет объективный анализ и сравнение проектных решений между собой.

Целью данного документа является формирование единой системы оценки качества комфортной световой среды, в соответствии с современным уровнем развития светотехнической науки и техники.

Документ содержит обязательные требования к параметрам, влияющим на комфорт световой среды, их оптимальные значения или качественные показатели и методики оценки степени комфорта в конкретном помещении/объекте для объективного сравнения используемых светотехнических решений. Методики оценки основаны либо на учете взаимовлияния параметров, либо на комплексном сравнении количественных и качественных показателей, показывающем степень обеспечиваемого комфорта.

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Сокращения 4
5 Требования к параметрам освещения и критерии оценки уровня комфорта световой среды 5
5.1 Общие сведения 5
5.2 Распределение искусственного света в пространстве относительно наблюдателя 6
5.2.1 Создание нормируемой освещенности и обеспечение требуемых показателей в ходе эксплуатации светодиодных ОП 6
5.2.2 Создание комфортного визуального представления пространства 17
5.3 Колориметрические характеристики ОП 24
5.3.1 Общие данные 24
5.3.2 Цвет излучения 25
5.4 Фотобиологические характеристики ОП. Невизуальное действие света 27
5.4.1 Меланопическая освещенность 27
5.4.2 Пульсации светового потока 29
5.4.3 Фотобиологическая безопасность 31
5.5 Системы управления и комфорт световой среды 32
5.5.1 Общие сведения 32
5.5.2 Виды динамического управления 32
5.5.3 Варианты организации управления 33
5.5.4 Технические характеристики и требования к светодиодным ОП с функциями управления световым потоком и спектральным составом 35
5.5.5 Способы оценки эффективности применения динамического освещения для обеспечения требуемых визуальных параметров освещенности 49
5.6 Математическая оценка степени комфорта 51
5.6.1 Слепящее действие 51
5.6.2 Колориметрические параметры 52
5.6.3 Факторы невизуальных воздействий 54
5.7 Комплексная оценка степени комфорта освещения 54
Приложение А (обязательное) 61

Приложение Б (обязательное) 65
Приложение В (справочное) 69
Приложение Г (справочное) 70
Приложение Д (обязательное) 71
Библиография 72

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ

Требования к комфортной световой среде

LED Luminaires. Requirements for comfortable visual environment

Дата введения — 2020—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на осветительные приборы внутреннего освещения и проектирование систем освещения внутри помещений.

Настоящий стандарт не распространяется на осветительные приборы, осветительные установки и системы искусственного освещения для аварийного освещения, специальные (специального назначения), медицинские, театральные, для фото-, кино- и телесъемок; для освещения подземных выработок, железнодорожных станций, спортивных сооружений, помещений для хранения сельскохозяйственной продукции, размещения растений, животных, птиц, а также на проектирование специального технологического и охранного освещения при применении технических средств охраны.

Настоящий стандарт применяют при проектировании, производстве, эксплуатации и реконструкции (модернизации) систем освещения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.332 Государственная система обеспечения единства измерений. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. Общие положения

ГОСТ 32144 Электрическая энергия. Совместимость технических средств

электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 33392 Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений

ГОСТ 32498 Здания и сооружения. Методы определения показателей энергетической эффективности искусственного освещения

ГОСТ Р 54350-2015 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний

ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

ГОСТ Р 56228 Освещение искусственное. Термины и определения

ГОСТ Р 56230 Модули светодиодные для общего освещения. Эксплуатационные требования

ГОСТ Р МЭК 60598-1 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ Р МЭК 62471 Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность

СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

СТО.69159079-01-2018 Приборы осветительные светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам

СТО.69159079-02 Приборы осветительные светодиодные. Требования к подтверждению технических и эксплуатационных параметров. Методы испытаний

СТО.69159079-03-2020 Приборы осветительные светодиодные. Надежность. Методы оценки и правила предоставления информации.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого

документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р МЭК 60598-1, ГОСТ Р 55392, ГОСТ Р 56228, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Адаптивные системы управления искусственным светом: Системы управления ОП, автоматически регулирующие параметры светового потока в зависимости от внешних факторов, например, уровня естественной освещенности, характера выполняемой работы в рабочей зоне, наличия персонала и прочего.

3.2 Визуальный комфорт: Субъективная реакция на количество и качество света и его распределения в пространстве в данный момент времени, неспособная вызвать «излишнего» зрительного напряжения. Степень визуального комфорта определяется набором критериев, основанных на (среднем) уровне освещенности в пространстве, балансе контрастов, цветовой температуре и характеру бликов.

3.3 Комфортная световая среда: Световая среда, характеризующаяся набором параметров (освещенности, яркости, цвет излучения, яркостные и цветовые контрасты), при которых достигается визуальный комфорт.

3.4 Меланопическая освещенность (*EML - Equivalent Melanopic Lux*): Метрика оценки влияния освещения на циркадную систему человека. Меланопическая освещенность определяется с учетом спектральной чувствительности клеток глаза, которые контролируют выработку гормона меланопсин, формируя циркадные ритмы.

3.5 Меланопическая эффективность (K_{EML}): Коэффициент пропорциональности между фотопической и меланопической (EML) освещенностями. Показатель

характеризует эффективность воздействия излучения на циркадную систему человека. Определяется на основании спектра действия меланопсина и спектра излучения ИС.

3.6 Моделирование: Тенеобразование или тенеобразующие свойства системы освещения. Оценивается как отношение прямой и рассеяной составляющих светового потока. Моделирование (или моделирующий эффект) влияет на правильное восприятие формы объектов, например, лица человека.

3.7 Невизуальное действие света: Воздействие света на физиологические, биологические и поведенческие функции организма и самочувствие человека.

3.8 Система управления освещением (СУО): В рамках данного документа под СУО будет подразумеваться система контроля и управления, способная изменять мощность осветительных приборов (световой поток, освещенность на рабочем месте), изменять цветовые параметры осветительных приборов (по технологиям диммирования к теплому цвету, управления оттенками белого света, управления полным цветом, tunable white), перераспределять интенсивности излучения света (светового потока) за счет изменения выходной мощности устройства управления (УУ) и/ или за счет изменения направления излучения.

3.9 Циркадный свет: Свет попадающий на роговицу глаза с учетом спектральной чувствительности циркадного излучения человека, измеренный по эффекту подавления мелатонина после 1-часовой экспозиции.

3.10 Циркадный стимул (CS): Мера оценки эффективности освещения на циркадную систему. Чем меньше значение, тем меньше влияние на процесс подавление мелатонина.

4 Сокращения

КЦТ – Коррелированная цветовая температура

ОП – Осветительный прибор;

ОУ – Осветительная установка;

УУ – Устройство управления;

CLO – Constant lumen output (режимом постоянного светового потока);

ДТЦ – Диммирование к теплому цвету;

УОБС – Управление оттенками белого света;

УПЦ – Управление полным цветом;

TW – Tunable White («настраиваемый белый» технология управления оттенками белого света);

HCL – Human Centric Lighting (световая среда, ориентированная на человека).

5 Требования к параметрам освещения и критерии оценки уровня комфорта световой среды

5.1 Общие сведения

Комфортная световая среда обеспечивается освещением не вызывающим ни физического, ни психологического, ни эмоционального ощущения неудобства, беспокойства или раздражения у людей внутри помещения, занятых тем или иным видом деятельности.

Комфортная световая среда создает необходимые условия для продуктивной работы или учебы, занятий творчеством, эффективного лечения и реабилитации, релаксации или отдыха и иных видов деятельности в течение заданного периода времени.

Требования к количественным и качественным параметрам освещения сформулированы в нормативных документах, технических отчетах, научных работах и в совокупности служат базой для создания критериев комфортной световой среды.

Оценка параметров систем освещения объекта с позиций обеспечения комфортной световой среды требуется при:

- составлении требований к проекту освещения;
- анализе готового проекта освещения какого-либо объекта и разработки корректирующих действий по повышению комфортности;
- качественной (рейтинговой) оценке соответствия проекта критериям комфортного освещения

5.2 Распределение искусственного света в пространстве относительно наблюдателя

5.2.1 Создание нормируемой освещенности и обеспечение требуемых показателей в ходе эксплуатации светодиодных ОП

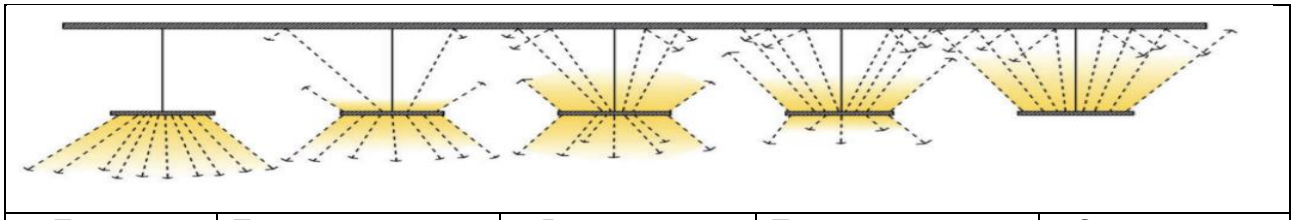
ОП предназначены для создания освещенности на поверхностях, находящихся в поле зрения и обеспечения, световой среды, благоприятной для выполнения людьми различных видов деятельности. Современное информационно-цифровое общество формулирует новые требования к световой среде, в центре которой всегда находится человек, для которого создается продуктивная и комфортная рабочая обстановка в офисе, на производстве и др. помещениях объектов современной инфраструктуры. При этом существенно возрастает значение таких нормируемых показателей, как вертикальная и цилиндрическая освещенность, цветовые характеристики, сбалансированное распределение света в окружающем пространстве его стабильность во времени и управляемость.

5.2.1.1 Классификация ОП и качественные характеристики освещения

Для упорядочивания видов ОП в нормативных документах приняты следующие виды классификации: по светотехнической функции, по типу светораспределения, по условиям эксплуатации и по назначению. Классификация ОП приводится в следующих нормативных документах: ГОСТ Р 54350, ГОСТ Р 55710, DIN EN 12464-1-2011 [1], CIE 227:2017 [2], ANSI/IES RP-28-16 [3], ISO 10916:2014 [4], EN 13201-5:2015 [5].

Применение ОП с различным светораспределением (рисунок 1) определяет энергетические характеристики ОУ и формирует визуальные эффекты, обеспечивая комфорт в освещаемом пространстве.

Проектирование систем освещения следует проводить с учетом базовых эффектов, возникающих при реализации ОУ при сочетании прямого и отраженного света, приведенных в таблице 1.



Прямого света	Преимущественно прямого света.	Рассеянного света	Преимущественно отраженного света	Отраженного света
Свыше 80%	От 60 до 80%	От 40% до 60%	От 20% до 40%	Менее 20%

Рисунок 1 – Классификация ОП по доле потока в нижнюю полусферу

Таблица 1

	Характеристики освещения	Описание эффекта	Энергоэффективность /Комфорт
Прямой свет	- свет падает с потолочных ОП прямо на рабочее место; - необходимость ограничить блесткость при малых углах наблюдения 0-20°; - может достигаться высокая энергоэффективность в рабочей зоне;	- потолок помещения может выглядеть темным, возможно возникновение «эффект пещеры»; - расположение рабочего места должно исключать возникновение теней в рабочей зоне;	Высокая/Низкий
Прямой-отраженный	- свет на рабочее место направляется прямо и отражаясь от потолка от подвесных или свободно стоящих ОП; - необходимость ограничить блесткость при малых углах наблюдения 0-20°; - возможность обеспечения моделирования; - высокая пользовательская поддержка;	- мягкие соотношения контрастов в поле зрения; - позволяет осуществлять свободную планировку и гибкую организацию рабочего пространства; - приятные визуальные эффекты;	Средняя/Средний

Окончание таблицы 1

	Характеристики освещения	Описание эффекта	Энергоэффективность /Комфорт
Отраженный свет	- свет направлен на потолок и стены и отражаясь освещает рабочие места; - обеспечивает эффект «размытого» освещения из-за отсутствия резких теней; - влияние архитектурных параметров и интерьера помещения	- визуально помещение увеличивается в высоту - практическое отсутствие бликов - рабочие места могут быть организованы в свободном порядке - относительно низкая энергоэффективность	Низкая/Высокий

5.2.1.2 Обеспечение нормативных требований к освещенности, обеспечиваемой ОП со светодиодами

За нормативное значение освещенности следует принимать среднюю горизонтальную освещенность в помещении на рабочей поверхности, вертикальную и цилиндрическую освещенность, а также их соотношение.

В помещениях, где необходим обзор окружающего пространства (например, концертные, зрительные залы, фойе театров, рекреации), а также в помещениях, к которым предъявляют специальные архитектурно-художественные требования (например, торговые залы магазинов, выставочные залы), следует нормировать цилиндрическую освещенность. При этом нормируется значение на уровне 1,6 м от пола.

Значения цилиндрической освещенности $E_ц$ в зависимости от уровня требований к насыщенности помещения светом приведены в таблице 2 [6].

Таблица 2

Уровень требований к насыщенности помещения светом	$E_ц$, лк, не менее
Высокий	150
Нормальный	100
Низкий	50

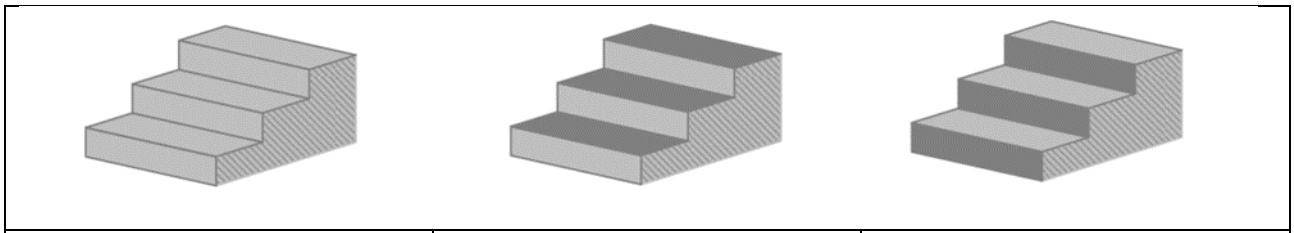
Эффект моделирования освещения

Эффект моделирования - это баланс между рассеянным и направленным светом, при котором создаются условия для объемного восприятия формы объектов. Моделирование является критерием качества освещения и обеспечения трехмерного восприятия людей и объектов в пространстве. На практике это достигается совместным применением ОП рассеянного или отраженного света и ОП направленного света.

Количественно эффект моделирования определяется соотношением между цилиндрической и горизонтальной освещенностью в определенной точке ($E_ц/E_{гор}$), обычно 1,2 м над уровнем пола.

Комфортное значение (Ец/Егор) должно быть между 0,3 и 0,6.

На рисунке 2 показано, как меняется восприятие объемного объекта при изменении освещения.



Вертикальная освещенность равна горизонтальной	Вертикальная освещенность выше горизонтальной	Вертикальная освещенность меньше горизонтальной

Рисунок 2 – Изменение восприятия ступеней лестницы при изменении соотношения горизонтальной и вертикальной освещенности

Таким образом, проектируя комфортную световую среду в помещении, следует определять значение необходимого уровня цилиндрической освещенности на базе нормированного значения горизонтальной освещенности для данного помещения и усредненного значения соотношения ($E_ц/E_{гор}$) около 0,5. Тогда оценочное значение $E_ц$ рассчитывается, как

$E_ц=0,5\ E_{гор}$ (1).

Освещенность в рабочей области и в окружающих областях

Освещенность и ее распределение в рабочей и окружающей областях оказывают большое влияние на то, как быстро, безопасно и комфортно человек

воспринимает и выполняет визуальное задание. Для обеспечения комфортных условий освещенность окружающих областей должна быть связана с освещенностью рабочей области и обеспечивать сбалансированное распределение яркости в поле зрения. Большие пространственные изменения освещенности вокруг рабочей области могут привести к визуальному стрессу и дискомфорту.

Предполагается, что в области зрительной деятельности, внутри поля зрения выделяются три зоны (рисунок 3):

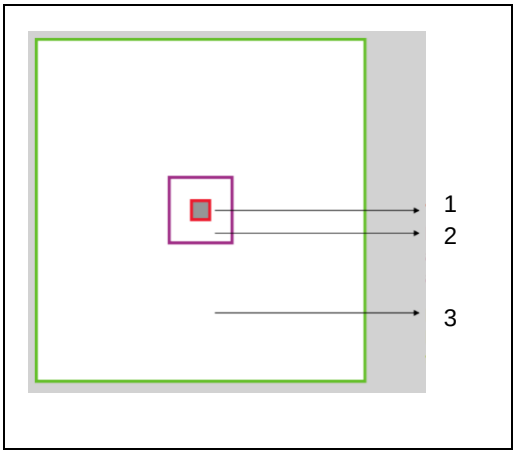


Рисунок 3 – Области зрительной деятельности

1 – зона зрительной задачи (область пространства, в которой сосредоточенна основная зрительная работа человека, например, поверхность рабочего стола);

2 – зона непосредственного окружения (полоса шириной не менее 0,5м, окружающая зону зрительной задачи);

3 – зона периферии (полоса шириной не менее 3м в пределах помещения, следующая за зоной непосредственного окружения).

Освещенность окружающих поверхностей может быть ниже на один уровень, чем заданная освещенность рабочей зоны (если $E_{рз}$>200 лк).

Освещенность в зоне периферии должна составлять более 30% от освещенности зоны зрительной задачи [7].

Равномерность освещенности должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 55710.

Равномерность освещенности в рабочей области:

- для зоны непосредственного окружения - не менее 0,40;

- для зоны периферии – не менее 0,10.

При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк - на потолке (рисунок 4).

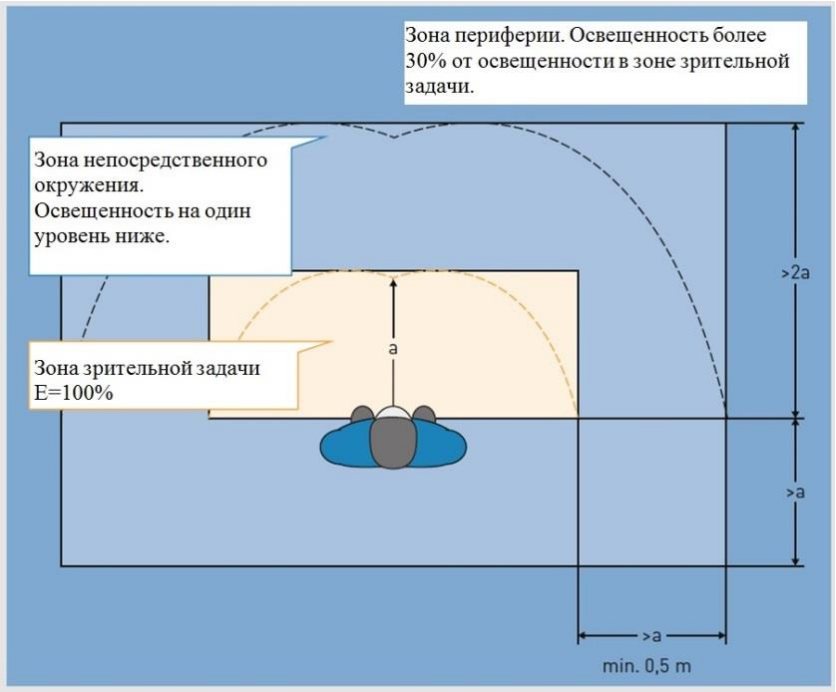


Рисунок 4

5.2.1.3 Правила, обуславливающие необходимость изменения нормативных значений освещенности, как минимум на одну ступень

Значения освещенности следует изменить, как минимум, на одну ступень по шкале освещенности, если условия и характер зрительной работы отличаются от нормальных. Алгоритм определения необходимости сдвига определяется в соответствии с матрицей принятия решений в зависимости от характера отклонения зрительных условий (таблица 3) [6, 7].

В случае людей старшего возраста уровень освещенности должен быть повышен исходя из данных рисунка 5 [6]. Для примера, для людей в возрасте 50 лет требуемый уровень освещенности должен быть в 1,5 раза выше, чем для 20ти летних. Это соответствует 1,5 кратному приращению требуемой освещенности по сравнению с нормированным, т.е. приращению на один уровень.

Таблица 3

	Нормированная освещенность зрительной задачи, лк	200	300	500	750	1000	
1	Зрительная работа очень важна						
2	Ошибки недопустимы						
3	Точность или высокая производительность необходимы						
4	Зрительные возможности работающего снижены						
5	Зрительная задача имеет необычно малые размеры и низкий контраст						
6	Зрительная работа продолжительнее по времени						
7	Зрительная задача имеет необычно большие размеры и высокий контраст						
8	Зрительная работа очень кратковременна						
	Нормированная освещенность зрительной задачи, лк	200	300	500	750	1000	1500

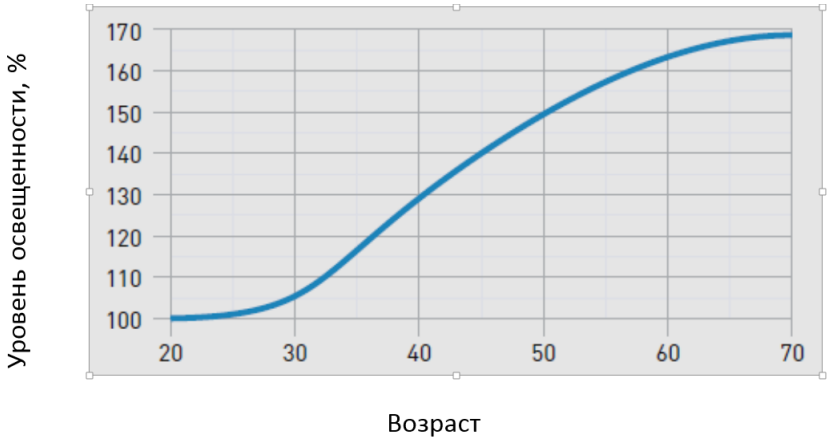


Рисунок 5 – Относительное изменение нормативных значений освещенности в зависимости от возраста

5.2.1.4 Обеспечение требований к освещенности при адаптивном совмещенном освещений помещений. Регулировка светового потока по сигналам от фотометрических датчиков

Для обеспечения комфортных условий в помещениях с совмещенным типом освещения следует применять адаптивные системы управления искусственным светом. В этом случае, недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным в течение полного рабочего дня. При этом, необходимый уровень искусственного света регулируется таким образом, чтобы результирующий уровень суммарной освещенности поддерживался постоянным в течение рабочего периода.

На диаграмме (рисунок 6) [7] показано, как изменяется доля дневного света при обеспечении нормируемой освещенности (кривые 300; 500; 750; 1000 лк) на рабочем месте при изменении КЕО от 0 до 20%. Данные приведены для географических регионов вдоль 50° северной широты и рабочего дня с 7-00 до 18-00.

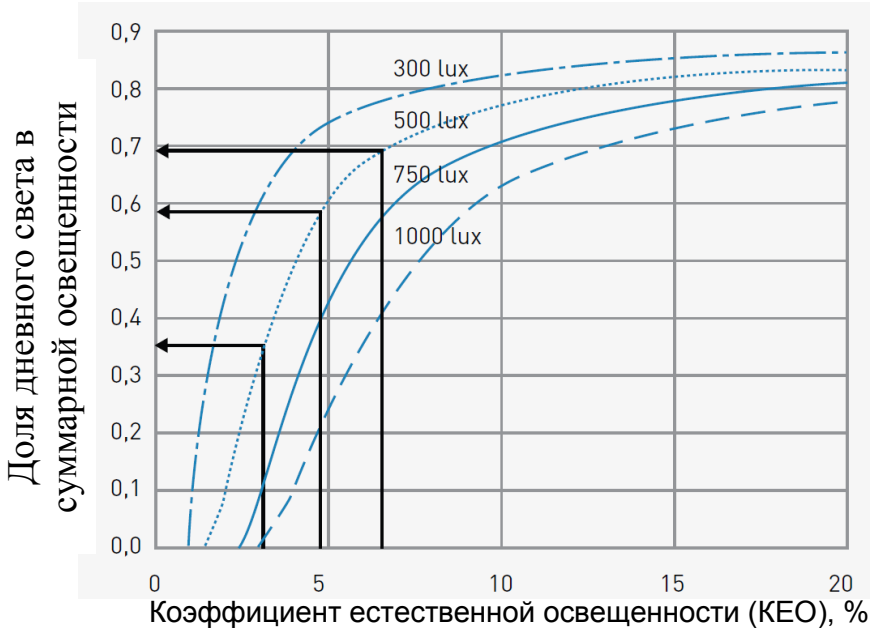


Рисунок 6

Для обеспечения нормированной освещенности при совмещенном освещении в автоматическом режиме следует применять схему реализации ОУ на базе управляемых (диммируемых) ОП. ОП должны управляться локальными

фотометрическими датчиками, размещенными в помещении в соответствии с планировкой, контролирующими уровни освещенности на рабочих местах.

При совмещенном освещении учебных и учебно-производственных помещений общеобразовательных и профессиональных образовательных организаций следует предусматривать раздельное включение или регулировку светового потока рядов ОП, расположенных параллельно светопроемам.

На рисунке 7 [7] схематично показано проникновение естественного света из светового проема слева внутрь классной комнаты и работа искусственного освещения, компенсирующего недостаточную естественную освещенность на рабочих местах. При этом фотометрические датчики встроены в ОП, либо установлены отдельно над каждой рабочей зоной.

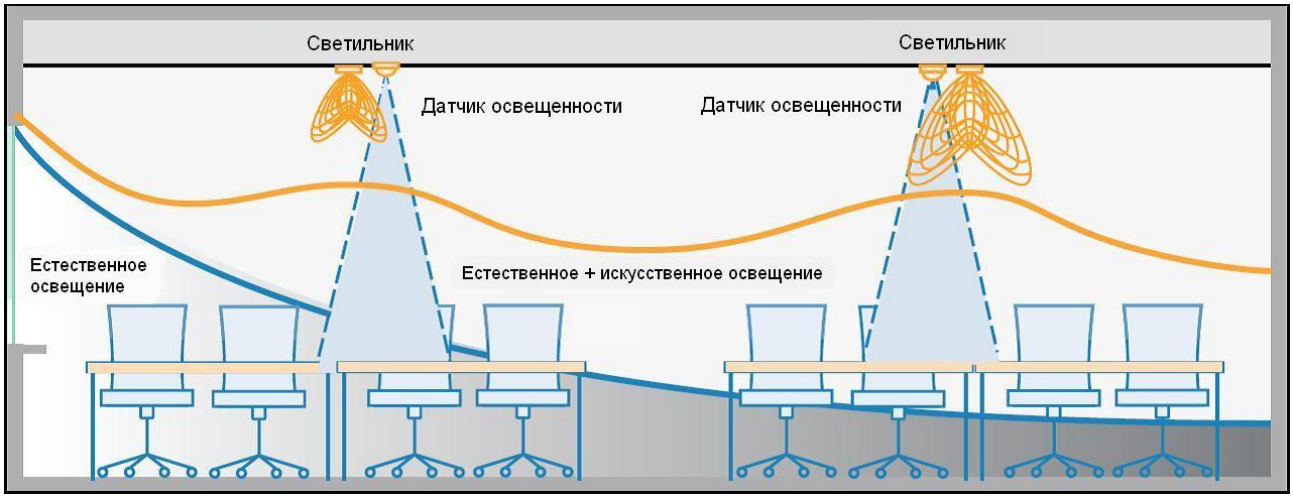


Рисунок 7

5.2.1.5 Нормирование освещенности с учетом коэффициента эксплуатации светодиодных ОП

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего времени эксплуатации осветительной установки. Соответственно, расчет и проектирование ОУ следует проводить с учетом изменения светотехнических характеристик всех объектов, влияющих на освещенность внутри помещения.

Уровень освещенности, создаваемый ОУ в помещении, снижается в процессе эксплуатации. Для светодиодных ОП основной причиной является деградация светодиодов и их преждевременный выход из строя. Вместе с этим, существенными

остаются и универсальные факторы: загрязнение ОП (прежде всего, элементов оптических систем) и загрязнение отражающих поверхностей помещения: стен, потолка и др. (СП 52.13330).

Коэффициент эксплуатации светодиодных ОП в помещении

Коэффициент эксплуатации MF - отношение освещенности или яркости в заданной точке, создаваемой осветительной установкой в конце установленного срока эксплуатации, к освещенности или яркости в той же точке в начале эксплуатации. Определяется, как произведение четырех составляющих:

$MF = MF_{сп} \times MF_{вн} \times MF_{оп} \times MF_{п}$ (2)

где $MF_{сп}$ - коэффициент, учитывающий спад светового потока светодиодного кластера;

$MF_{вн}$ - коэффициент, учитывающий внезапный выход из строя ОП;

$MF_{оп}$ - коэффициент, учитывающий загрязнение и невосстанавливаемое изменение отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов;

$MF_{п}$ - коэффициент, учитывающий загрязнение отражающих поверхностей помещения или сооружения;

Расчет коэффициента эксплуатации для ОП внутреннего применения производится по формуле:

$MF = (MF_{сп} \times MF_{вн}) \times MF_{оп} \times MF_{п}$ (3)

Данные о $MF_{сп}$ представляют собой характеристику зависимости деградации светового потока от времени за установленный срок эксплуатации.

Например,

$MF_{сп}$ = X/100, где x- показатель параметра L_x светодиодного ОП для заявленного срок эксплуатации ОП.

Данные о $MF_{вн}$ получается из числа ОП, которые фатально выходят из строя за установленный срок эксплуатации - L_oC_z.

$MF_{вн}$= 1 – Z/100, где Z – процент ОП, вышедших из строя фатально в течение заявленного срок эксплуатации ОП.

Для компенсации спада освещенности в процессе эксплуатации при проектировании ОУ вводится коэффициент запаса ($К_з$). Коэффициент запаса обратно пропорционален коэффициенту эксплуатации:

$К_з$=1/MF (4).

Информация о деградации светового потока ОП и о допустимом проценте фатального их выхода из строя в течение срока эксплуатации должна предоставляться производителем светодиодных ОП в ТУ и сопроводительной документации. Пример представления информации приведен в Приложении А.

Информация о уровнях загрязняющих воздействий на ОП определяется на основе условий среды в помещениях и конструктивных особенностях ОП. Пример представления информации приведен в Приложении Б.

5.2.1.6 Компенсация спада светового потока ОП, встроенной функцией устройства управления

Для компенсации спада светового потока светодиодного ОП в процессе эксплуатации следует применять управляемые УУ с электронно-контролируемым увеличением потребляемой мощности светодиодного кластера в процессе эксплуатации. Данный режим работы ОП называют режимом постоянного светового потока (constant lumen output (CLO)) [7].

На рисунке 8 показана относительная динамика: светового потока и потребляемой мощности ОП с функцией CLO в ходе эксплуатации. На рисунке 8а показано значение L_x - продолжительность эксплуатации при котором уровень деградации светодиодов достигнет значения показателя – x. При этом световой поток ОП в течение этого периода останется неизменным и равным начальному (100%) за счет постепенного увеличения рабочего тока и мощности ОП, компенсирующего спад потока (рисунок 8б). За пределами срока L_x режим CLO оставляет регулировку на достигнутом уровне мощности и световой поток снижается за счет продолжающейся деградации светодиодов.

Определение коэффициента эксплуатации MF ОП с встроенной функцией CLO проводят с $MF_{сп}$ = 1.

Внимание! При расчетах энергопотребления, следует учесть изменение потребляемой мощности в течение срока службы.

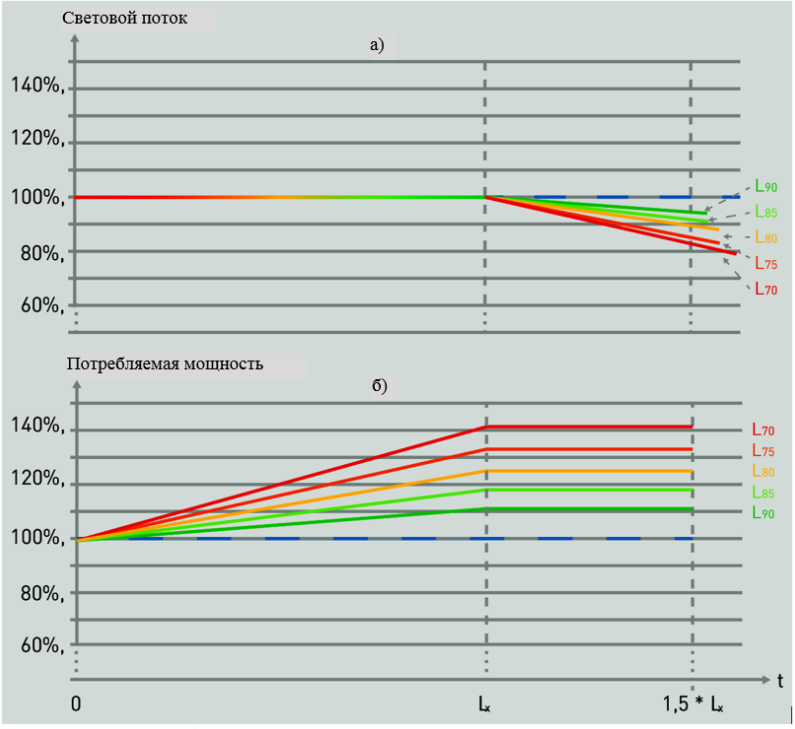


Рисунок 8

5.2.2 Создание комфортного визуального представления пространства

Визуальное представление пространства помещения является результатом работы систем искусственного и естественного освещения, архитектурных особенностей и иных характеристик интерьера, формирующих яркостные зоны в поле зрения наблюдателя. Совокупность яркостных зон фактически формирует световую среду и определяют визуальные ощущения человека. Ряд параметров, влияющих на комфорт световой среды в части яркостных характеристик зон пространства, определен в существующей отечественной и зарубежной нормативной базе, а именно ГОСТ Р 54350; EN 12464-1 [9]; ISO 8995-1/CIE S 008/E [10] и IES TM-15 [11].

5.2.2.1 Нормативные требования к габаритной яркости светящих поверхностей светодиодных ОП

ОП общего освещения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 54350.

Для подвесных, потолочных и встраиваемых ОП со светодиодами с выходным отверстием, перекрытым рассеивателем:

- зона ограничения яркости определена углами от 0° до 90°.

ОП с открытым выходным отверстием должны иметь в нижней полусфере защитный угол не менее 15°:

- в любой меридиональной плоскости - для круглосимметричных ОП;
- в главной продольной и поперечной плоскости - для симметричных и асимметричных ОП.

ОП местного освещения должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 54350.

ОП с открытым выходным отверстием должны иметь в нижней полусфере защитный угол не менее 30°:

- в любой меридиональной плоскости - для круглосимметричных ОП;
- в главной поперечной плоскости - для симметричных и асимметричных ОП.

Для ОП, предназначенных для установки ниже горизонтальной плоскости, проходящей на уровне глаз, допускается защитный угол не менее 10°.

Значения защитных углов в нижней полусфере и зоны ограничения яркости для ОП с выходным отверстием, перекрытым рассеивателем, должны соответствовать указанным в таблице 8 ГОСТ Р 54350-2015 для типов ОП:

- круглосимметричных - в любой меридиональной плоскости;
- симметричных и асимметричных - в главной поперечной плоскости.

Для подвесных, потолочных и встраиваемых ОП жилых помещений габаритная яркость в зоне ограничения яркости от 60° до 90° должна быть не более 5000 кд/м^2

Для настенных и напольных ОП значения габаритной яркости в зоне ограничения яркости от 60° до 120° должны быть не более:

- 3500 кд/м^2 - для класса светораспределения П;
- 3000 кд/м^2 - для класса светораспределения Н;
- 2500 кд/м^2 - для класса светораспределения Р, В или О.

Габаритная яркость в зоне ограничения яркости должна быть не более 5000 кд/м^2.

Для ОП, предназначенных для освещения групповых и спальных комнат детских учреждений, палат больниц, габаритная яркость в зоне ограничения яркости от 0° до 90° должна быть не более 2000 кд/м^2.

Допустимая неравномерность яркости светящей поверхности ОП с СД, определяемая отношением максимальной яркости к габаритной яркости ОП в зоне ограничения яркости от 0° до 90°, должна быть не более 10:1.

Для ОП, предназначенных для освещения учебных кабинетов в учреждениях общего и начального профессионального образования, а также групповых и спальных комнат детских учреждений и палат больниц, неравномерность яркости должна быть не более 5:1.

5.2.2.2 Нормативные требования к яркости поверхностей помещений

Сбалансированное распределение яркости в поле зрения, обеспечивает визуальную производительность и комфорт. Напротив, слишком высокая яркость, её резкие изменения в поле зрения провоцируют дополнительную адаптационную работу при взгляде на окружающее пространство, вызывают преждевременную усталость и потерю концентрации. С другой стороны, отсутствие яркостных градиентов создают тусклую, непривлекательную, демотивирующую рабочую обстановку.

Яркость отражающей поверхности зависит от коэффициента отражения материала и уровня её освещенности. Для обеспечения комфортных визуальных условий коэффициенты отражения поверхностей, находящихся в поле зрения должны быть:

- от 0,7 до 0,9 - для потолков;
- от 0,5 до 0,8 - для стен;
- от 0,2 до 0,7 - для рабочих поверхностей;
- от 0,2 до 0,4 - для пола.

Для обеспечения комфортных визуальных условий следует соблюдать соотношения между яркостями поверхностей помещения, находящихся в поле зрения (рисунок 9) [7].

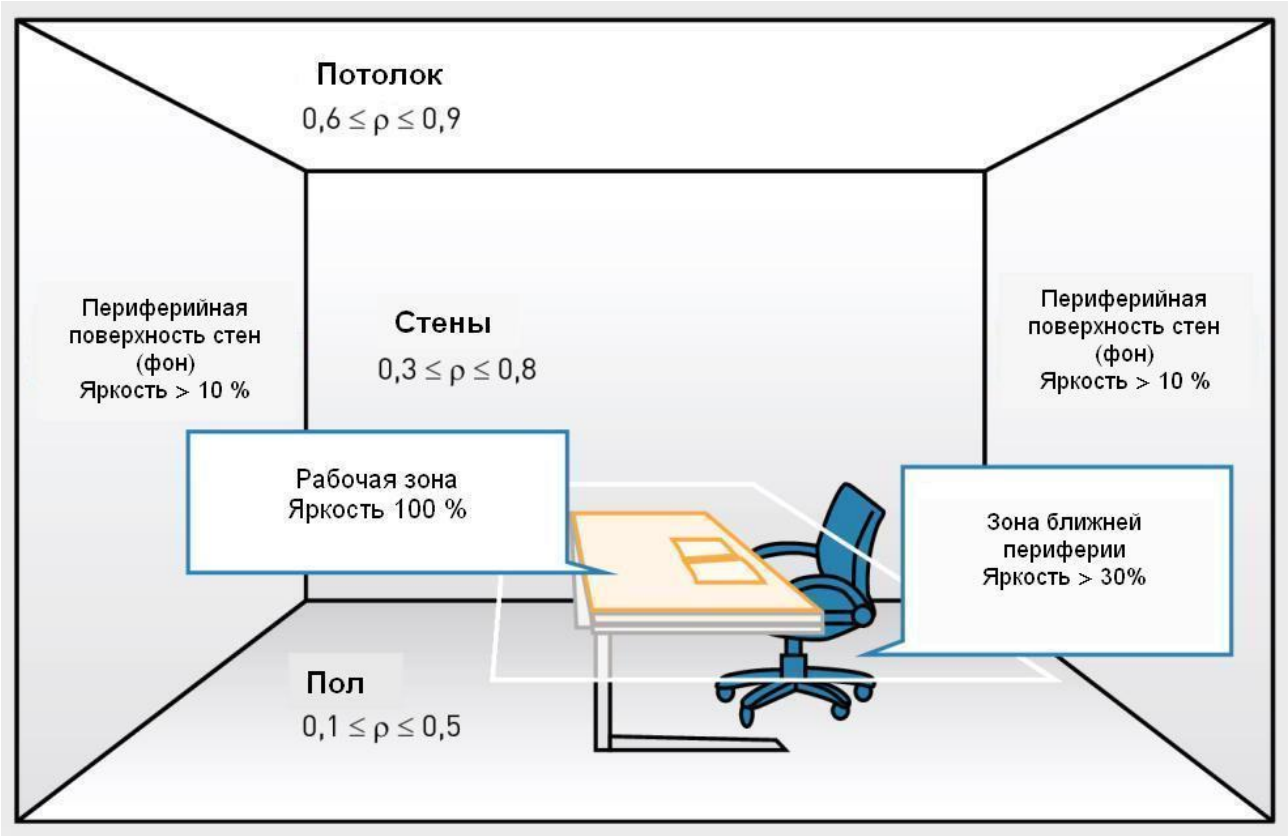


Рисунок 9

Рекомендуемые соотношения:

- между яркостями поверхности рабочей зоны и зоны непосредственного окружения (ближней периферии) – 3:1;
- между яркостями поверхности рабочей зоны и зоны дальнего окружения (смежные стены в пределах поля зрения) – 5:1;
- между яркостями поверхности рабочей зоны и периферийной поверхности стен (фон) – 10:1;

При этом яркость стен не должна быть ниже 30 кд/м^2.

Преобразование яркости в освещенность и наоборот для поверхностей помещения можно произвести при помощи графиков изображенных на рисунке 10 для значений отражения от 0,8 до 0,1 на матовой отражающей поверхности.

При непрямом освещении отраженным светом средняя яркость на потолке не должна превышать 500 кд/м² при максимально допустимой яркости 1500 кд/м². Яркость на стене не должна превышать 1000 кд/м².

При этом следует обеспечить плавный градиент яркости по освещаемым поверхностям, что бы соотношение яркостей ($L_{мин}$ / $L_{ср}$) не превышало 1:10.

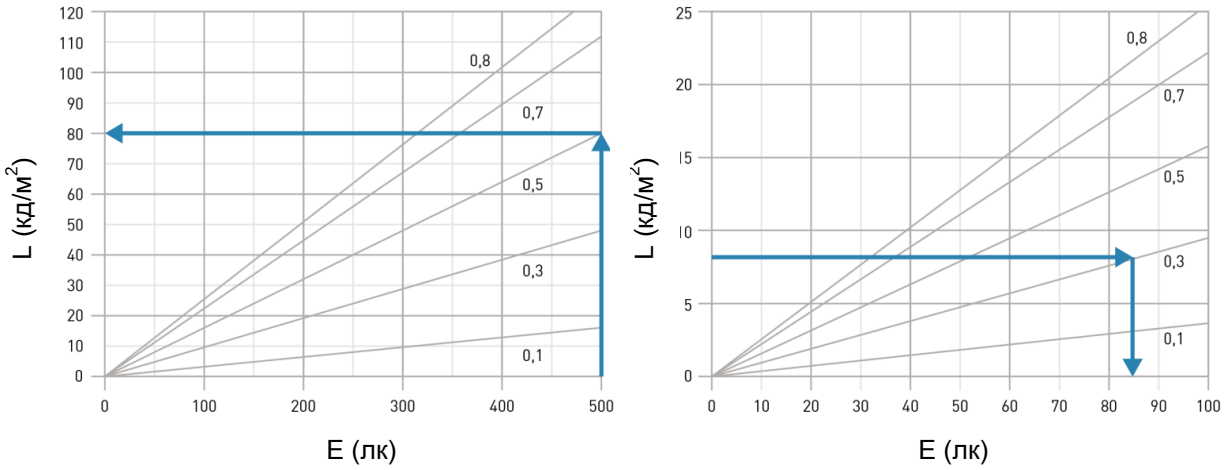


Рисунок 10

5.2.2.3 Яркостные требования к рабочим местам с ПК и мониторами

Работа с ПК и мониторами вызывает повышенное визуальное напряжение, связанное с работой экрана монитора или компьютера, а помещение и рабочее место должны быть обеспечены освещением с особыми требованиями.

Для обеспечения комфортных условий рекомендуется обеспечивать расположение оператора, монитора и ОП, показанное на рисунке 11 [12]. Комфортными условиями считаются: небольшой наклон головы вперед и направление обзора около 15° ниже горизонтали. Экран должен быть наклонен около 15° от вертикали.

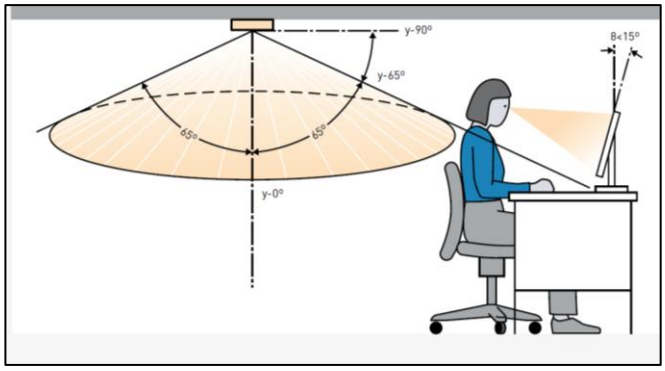


Рисунок 11 Рекомендуемое расположение оператора монитора и ОП для обеспечения комфортных визуальных условий

Для рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами или мониторами, допустимые значения габаритной яркости ОП, отражающихся в экранах мониторов, в зависимости от яркости экранов/мониторов приведены в таблице 5 ГОСТ Р 55710-2013.

Требования к яркостным характеристикам помещения для рабочего места с ПК и мониторами содержат максимально допустимые значения яркости объектов, которые могут оказаться в поле зрения оператора за границами экрана монитора.

В таблице 4 приведены рекомендованные значения максимально допустимых яркостей поверхностей объектов в помещении с рабочим местом с монитором при освещенности рабочего места 500 лк [9]. Позиции обозначены на рисунке 12.

Таблица 4

Яркость поверхности объектов	Позиция	Средняя яркость менее, кд/м^2
Экраны/мониторы	1	200
Рабочие материалы, документы и т.д.	2	100
Поверхность рабочего стола	3	80
Большие поверхности* в помещении	4	1000
Большие поверхности* в помещении, расположенные за монитором	5	500
*Поверхности, оказывающиеся в поле зрения оператора внутри телесного угла 20°.		

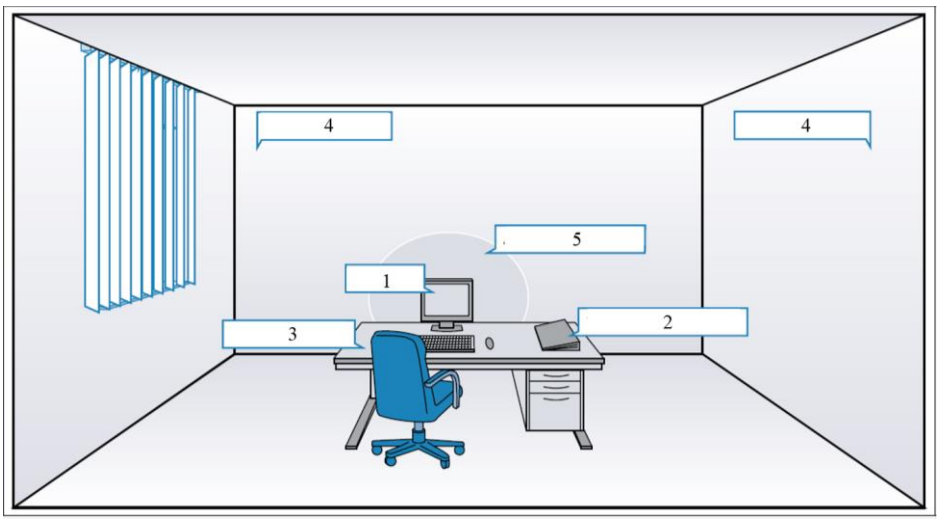


Рисунок 12

5.2.2.4 Дискомфортная прямая блёскость, отраженная блёскость. Показатель UGR

Следует ограничивать прямую блескость и отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов ОП, их расположения и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения и выполнять требования СП 52.13330.

Объединенный показатель дискомфорта (UGR - unified glare rating) критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения [13]. Параметр описывается уровнями визуальных ощущений, определенных на базе статистических исследований наблюдателей. Например, значение UGR 19 соответствует ситуации, когда 65% наблюдателей не ощущают беспокоящей блёскости. Пределы уровней стандартизованы с шагом 3 единицы.

Шкала оценки пределов уровней блескости (шкала Хопкинсона) и соответствующие значения UGR отображены в таблице 5.

Таблица 5

Уровень	Характеристика ощущений блескости	Значение UGR
0	Отсутствует	менее 10
1	Несущественна	менее 13
2	Заметна	менее 16
3	Приемлема	менее 19
4	Раздражающая	более 22
5	Неприемлема	более 25
6	Невыносимая	более 28

Опренделение величины показателя дискомфорта проводится на основании трех возможных методов (рисунок 13).

Экспресс метод позволяет получить референсное значение UGR для конкретного ОП непосредственно из его характеристик и оперативно оценить потенциальный уровень его визуального комфорта.

Стандартный метод – на основе стандартных таблиц объединенных показателей дискомфорта UGR являются характеристиками дискомфортной блескости, которая возникает при искусственном освещении помещений и зависит от характеристик помещения и применяемых ОП. Используя стандартные таблицы

МКО, приводимые в ГОСТ 33392, можно получить значения UGR, зная: габариты, индекс помещения и таблицу распределения кривой силы света светового прибора по двум углам.

Специальный подход - для вычисление значения UGR по формуле на основе файлов фотометрических данных на ОП в формате IES и LDT [ГОСТ Р 54350] для конкретной осветительной установки рекомендуется использовать следующие программные средства:

- Программа расчета искусственного освещения DIALux (русифицированная) - dial.com

- Программа расчета искусственного освещения Relux Pro - relux.biz.

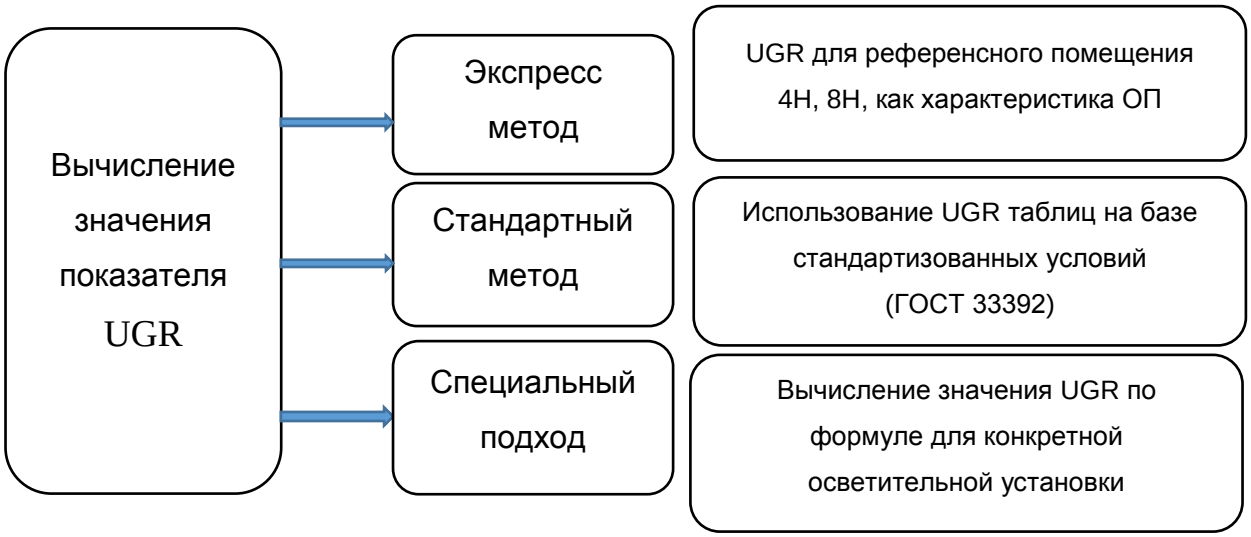


Рисунок 13

5.3 Колориметрические характеристики ОП

5.3.1 Общие данные

Параметры ОП, определяющиеся его спектром, разделяются на 2 группы: оказывающие визуальное влияние и не оказывающие визуальное влияние.

К первой группе относятся, колориметрические параметры: цвет излучения, цветопередача. К параметрам невизуального воздействия световой среды относятся меланопическая освещенность, коэффициент пульсации светового потока

(освещенности) и фотобиологическая безопасность. Параметры невизуального воздействия рассмотрены в разделе 5.4.

5.3.2 Цвет излучения

5.3.2.1 Классификация и описание

Для более общего описания ОП по цвету должна применяться классификация КЦТ:

- теплые – от 2200 К до 3000 К (включительно);
- нейтральные – от 3500 К до 5000 К (включительно);
- холодные – от 5700 до 6500 К(включительно).

Примечание – с учетом допусков к номинальным значениям КЦТ данная классификация соответствует принятой в зарубежной литературе и некоторых отечественных документах, например, СанПиН 2.2.4.3359-16 [14].

ОП должен характеризоваться номинальным значением КЦТ из ряда значений в соответствии таблицей 1 СТО.69159079-01. Номинальное значение КЦТ ОП должно быть указано в маркировке ОП.

В документации на ОП, а также на сайте производителя должно быть указано, какой размер области цветности (допуск по КЦТ) используется для данного ОП: 4 или 7 шагов МакАдама. Допуска по КЦТ для 4 и 7 шагов МакАдама должны соответствовать требованиям таблицы 1 СТО.69159079-01-2018. Координаты цветности вершин областей, соответствующие 4 шагам МакАдама должны соответствовать Приложению Б СТО.69159079-01-2018; 7 шагам МакАдама – Приложению В СТО.69159079-01-2018.

Для полноты и единообразия предоставления информация о колориметрических параметрах и параметрах надежности ОП следует применять световой код в соответствии с пунктом 5.3.3 СТО.69159079-03-2020.

5.3.2.2 Требования

При выборе ОП по цвету излучения должны учитываться разряд зрительной работы на рабочем месте и особенности выполняемой зрительной работы. Для

типовых помещений общественных зданий следует использовать рекомендации Приложения К СП 52.13330.2016, для промышленных зданий – Приложения И СП 52.13330.2016. При этом, значения КЦТ, определенные по указанным приложениям являются номинальными, либо выбирается ближайшее номинальное значение КЦТ из таблицы 1 СТО.69159079-01-2018, лежащее внутри указанного в СП 52.13330 диапазона.

При отсутствии рекомендаций по диапазону КЦТ ОП для конкретного типа помещений следует применять ОП, относящиеся к теплому (КЦТ от 2200 К до 3000 К) или нейтральному (КЦТ от 3500 К до 5000 К) диапазону КЦТ, при этом применение ОП с КЦТ более 4000 К не рекомендуется.

При выборе КЦТ ОП общего освещения необходимо учитывать цвета интерьера. В общем виде рекомендации выглядят следующим образом:

- в интерьере теплых оттенков рекомендуется применять ОП с теплой КЦТ;
- в интерьере холодных оттенков рекомендуется применять ОП холодных оттенков (если применение ОП с данной КЦТ допустимо по п.1 данного подраздела);
- ОП с нейтральной КЦТ могут применяться в интерьере любого оттенка.

При выборе ОП местного освещения рабочих мест рекомендуется выбирать КЦТ равную или большую, по сравнению с ОП общего освещения.

При применении ОП со светораспределением в верхнюю и нижнюю полусферы предпочтительно применять более холодные оттенки для верхней и более теплые для нижней полусферы.

Для создания комфортной свето-цветовой среды следует применять области, соответствующих наименьшему количеству шагов МакАдама, что позволяет снизить возможное цветовое различие между ОП, расположенными рядом. Применение областей цветности более 7 шагов МакАдама недопустимо.

Распределение ОП общего освещения по КЦТ в помещении должно быть однородным, применение цветовых контрастов в рабочих помещениях не рекомендуется. Применение цветовых контрастов допускается в помещениях, где не выполняются зрительные работы высоких разрядов, выполняющих представительские функции (холлы, фойе). В этом случае цветовые контрасты должны быть согласованы с дизайн-проектом помещения.

5.3.3 Цветопередача

Минимальные значения общего индекса цветопередачи, которым должны соответствовать ОП, приведены в постановлении Правительства РФ № 1356 [15].

При проектировании и выборе ОП необходимо учитывать характер выполняемых работ. Выбор требуемых значений общего индекса цветопередачи должен производиться на основании Приложений И и К СП 52.13330.2016 для производственных и общественных помещений соответственно.

Дополнительно к общему индексу цветопередачи, применение которого обязательно, при выборе ОП по данному параметр следует учитывать частные индексов цветопередачи [16], которые характеризуют точность воспроизведения конкретных цветов. Наиболее важными из частных индексов являются следующие:

- R9 – насыщенный красный цвет;
- R13 – желтовато-розовый светлый (light yellowish pink) – соответствует усредненному цвету лица человека европеоидной расы.

Производитель ОП должен указывать не только общий, но и частные индексы цветопередачи на ОП на сайте и в эксплуатационной документации на ОП.

Для помещений общественных зданий с постоянным пребыванием людей, а также для коридоров, фойе и аналогичных помещений должны применяться ОП со значениями R9 и R13 не ниже 9.

5.4 Фотобиология/фотобиологическая безопасность (невизуальные эффекты)

5.4.1 Меланопическая освещенность

Сравнение осветительных установок по эффективности оказываемого ими эффекта на циркадную систему человека производится по величине EML, лк.

5.4.1.2 EML определяется по формуле:

$$\mathrm{EML} = \mathrm{E} \cdot \mathrm{K}_{\mathrm{EML}}, \qquad (5)$$

где E – фотопическая освещенность на уровне глаз наблюдателя;

K_{EML} – меланопическая эффективность - коэффициент, определенный с учетом спектра излучения ОП и спектра действия меланопсина.

Для достижения оптимального эффекта EML должно составлять 200 лк на уровне глаз наблюдателя.

Меланопическая эффективность, K_{EML}, определяется по формуле:

$$K_{EML} = \frac{\int_{380}^{780} X_\lambda(\lambda) s_{mel}(\lambda) d\lambda}{K_m \int_{380}^{780} X_\lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda}, \qquad (6)$$

$X_\lambda(\lambda)$ – спектральное распределение физической величины, например, мощности излучения, Вт/нм;

$s_{mel}(\lambda)$ – относительная спектральная меланопическая эффективность, (рисунок 14 [17] и приложение В);

$V(\lambda)$ – относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения по ГОСТ 8.332.

K_m – максимальное значение спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, 683 лм/Вт.

Примечание: K_{EML} соответствует $K_{mel,v}$ по DIN SPEC 5031-100 [17].

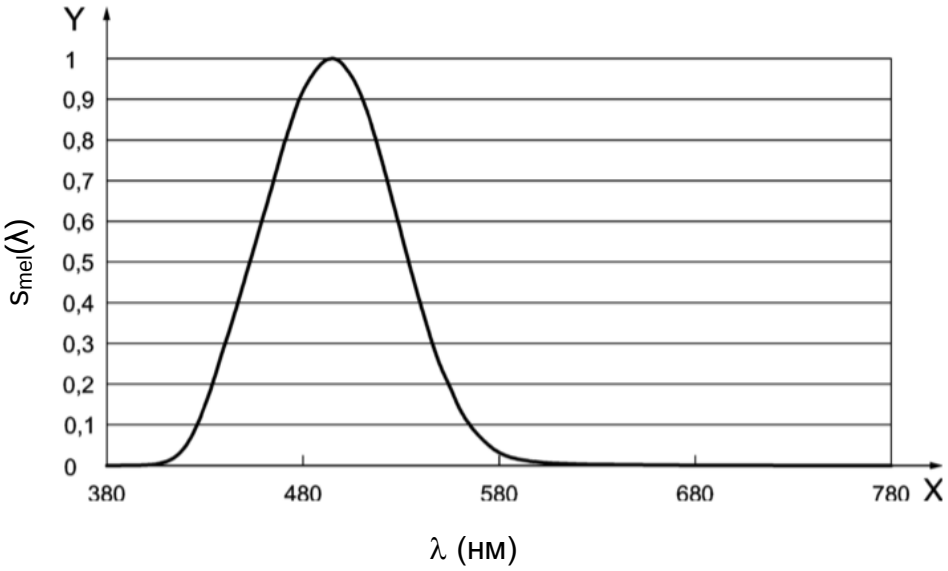


Рисунок 14

В таблице 6 приведены величины K_{EML} типичных источников света с различной КЦТ.

Таблица 6

КЦТ (К)	Тип источника света	K_{EML}
2950	Люминесцентная лампа	0.43
2700	Светодиод	0.45
2800	Лампа накаливания	0.54
4000	Люминесцентная лампа	0.58
4000	Светодиод	0.76
5450	Источник МКО белого цвета Е	1.00
6500	Люминесцентная лампа	1.02
6500	Дневной свет	1.10
7500	Люминесцентная лампа	1.11

Управление уровнем меланопической освещенности лежит в основе построения концепции динамического изменения КЦТ светового потока ОУ с целью обеспечения биологически и эмоционально эффективной для человека световой среды - Human Centric Lighting [18].

Реализация HCL должна заключаться в гармонизации КЦТ освещения циркадным ритмам человеческого организма, настроенным гормональным фоном (в первую очередь, уровнем содержания мелатонина и кортизола) на солнечный световой день. Уровень этих гормонов имеет непосредственное влияние на настроение человека, его работоспособность, общие показатели здоровья в долгосрочной перспективе и, соответственно, комфорт.

Изменение КЦТ осветительной установки рекомендуется в пределах от 2800К до 5500-6000К.

5.4.2 Пульсации

Коэффициент пульсации светового потока (освещенности) (Кп) определяется по формуле (п.3.32 СП 52.13330.2016):

$$К_п = \frac{Е_{макс} - Е_{мин}}{2Е_{ср}} 100, \qquad (7)$$

$Е_{макс}$ – максимальная освещенность за период колебаний

$Е_{мин}$ – минимальная освещенность за период колебаний

$E_{ср}$ – средняя освещенность за период колебаний.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1356 [15] и СП 52.13330.2016 (пункт 3.32) светодиодные ОП должны иметь Кп не более 5% при частоте пульсации светового потока до 300 Гц включительно.

Учитывая совокупность требований отечественных и зарубежных норм (IEEE Std 1789-2015 [18]) в области пульсации светового потока (освещенности), коэффициент пульсаций Кп должен соответствовать следующим требованиям:

- при частоте пульсации до 8 Гц включительно – Кп менее 0,1%;
- при частоте пульсаций от 8 до 90 Гц – Кп не более 0,025 x f;
- при частоте пульсаций от 90 до 300 Гц – Кп не более 5%;
- при частоте пульсаций более 300 Гц – Кп не более 0,08 x f.

где f – частота пульсации светового потока (освещенности).

На рисунке 15 показана зависимость Кп от частоты пульсации светового потока по IEEE Std 1789-2015 [19] (синяя линия) и с учетом требований Постановления Правительства РФ № 1356 [15] и СП 52.13330 (красная линия).

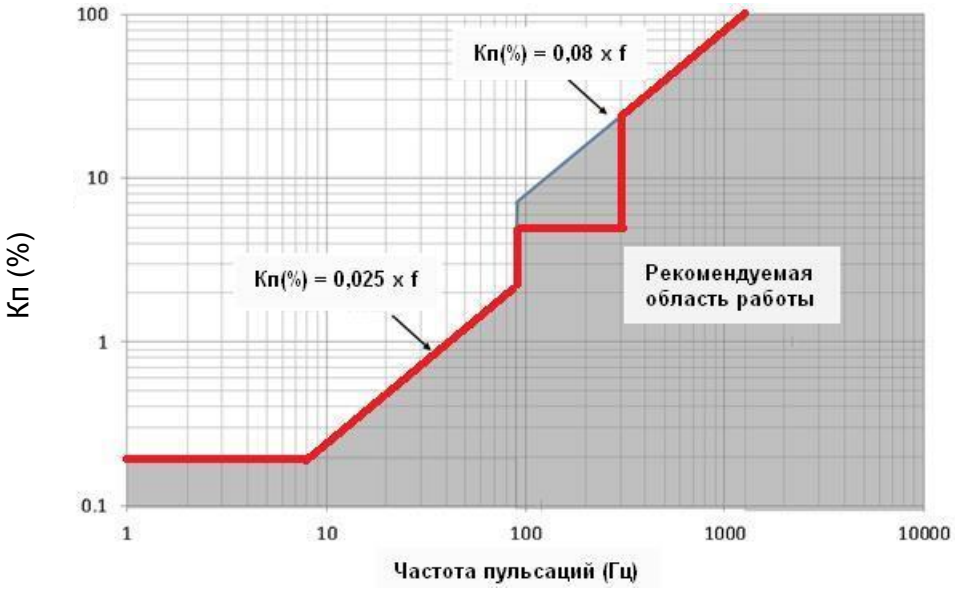


Рисунок 15 – Зависимость допустимого значения коэффициента пульсации от частоты мерцаний

Контроль коэффициента пульсации в условиях осветительной установки должен проводиться в соответствии с ГОСТ 33393. Для измерения коэффициента

пульсации используются пульсметры или люксметры-пульсметры. Допускается определение параметра с помощью осциллографа.

5.4.3 Фотобиологическая безопасность

Оценка фотобиологической безопасности на соответствие требованиям технического регламента ТС 004/2011 [20] должна проводиться по ГОСТ Р МЭК 62471.

В соответствии с официальным заявлением МКО [21], светодиодные ОП не являются более серьезным источником опасности для человека, чем источники света других типов.

Учитывая тот факт, что в подавляющем большинстве для целей освещения используются светодиоды на основе твердотельных источников света, излучающих в синей области спектра, и люминофора, излучающего в желтой области спектра, достаточно рассмотрения только аспектов фотобиологической безопасности, связанных с «синей опасностью»:

- опасная для сетчатки доза излучения синего света;
- опасная для сетчатки доза излучения синего света от малого источника;

Для целей классификации светодиодных ОП допускается использовать упрощенный метод определения группы риска, описанный в СТО.69159079-02.

Для ОП, не относящихся к группам риска 0 или 1, должно быть определено безопасное расстояние наблюдения. На ОП должна быть нанесена маркировка, предупреждающая о возможной опасности и сообщающая минимальное безопасное расстояние до ОП. Внешний вид маркировки представлен в приложении Б СТО.69459079-02.

Группы риска по фотобиологической безопасности на ОП должны быть указаны на сайте производителя, а также в эксплуатационной документации на ОП.

5.5 Системы управления и комфорт световой среды

5.5.1 Общие сведения

Вся совокупность описанных в предыдущих разделах параметров и характеристик, влияющих на комфорт световой среды, является статической – неизменной в процессе эксплуатации. Но светодиодные источники света и осветительные приборы на их основе допускают динамическое изменение их параметров в зависимости от условий питания – реализацию функции управления.

Наличие функции управления в осветительном приборе, осветительной установке и системе освещения существенным образом расширяют возможности по влиянию на комфорт световой среды. Но, поскольку наличие систем управления в освещении оказывает влияние на экономическую составляющую проектов освещения и пока не получило широкого распространения, положения данного раздела носят рекомендательный характер.

5.5.2 Виды динамического управления

Современный уровень развития техники позволяет осуществлять следующие основные виды динамического управления осветительной установкой:

- изменение величины генерируемого светового потока/создаваемой освещенности – диммирование;
- изменение спектрального состава цвету генерируемого излучения;
- комбинированное управление – как по потоку/освещенности, так и цвету излучения.

При реализации динамического управления световой средой, включая уровень освещенности и КЦТ светового потока, чрезвычайно важным становится выбор оптимального алгоритма управления. Распространенным решением является управление работой комбинацией из двух типов светодиодов теплого и холодного оттенков по тому или иному информационному интерфейсу. Интерфейсы управления УУ могут быть различными. Наибольшее распространение получили 0-10В, DALI, DMX, PWM, PLC и другие.

Однако следует учитывать, что использование аналоговых интерфейсов управления, таких как PWM или 0-10В является малоэффективным, так как в них отсутствует возможность одновременного управления световым потоком (диммирования) и управления КЦТ.

Поэтому, наиболее предпочтительным является применение цифрового протокола DALI DT8, который имеет соответствующие/специальные команды для управления цветом, а также один адрес конечного устройства и один двухканальный источник питания вместо двух одноканальных.

Для крупных светотехнических проектов (более 100 управляемых ОП) внутреннего освещения применяют цифровые протоколы DMX, DALI, D4i.

5.5.3 Варианты организации управления

Динамическое управление светом для внутреннего освещения должна осуществляться следующими способами:

- динамическое управление по заданному сценарию (без возможности его изменения);
- динамическое управление по заложенным алгоритмам с использованием АСУО;
- автономное управление с использованием периферийных устройств (датчиков);
- ручное управление.

Данные методы могут применяться самостоятельно или в комбинации/смешано.

5.5.3.1 Динамическое управление по заданному сценарию

Динамическое управление по заданному сценарию может применяться в небольших осветительных установках, как правило, рассчитанных на постоянный режим пребывания людей. Для реализации такого сценария рекомендуется использовать ОП с УУ DALI и автономный роутер.

5.5.3.2 Динамическое управление по заложенным алгоритмам с использованием АСУО

Динамическое управление с использованием системы управления по заложенным алгоритмам рекомендуется использовать в больших осветительных установках, в зданиях и сооружениях, в которых осуществляется централизованный мониторинг и управление инженерными сетями. Для реализации подобного сценария рекомендуется использовать специализированные программные продукты, которые также называют программными платформами, позволяющими реализовать различные сценарии для разных типов помещений, интегрировать систему освещения в системы BMS. Подобные программные платформы позволяют осуществлять гибкую настройку и управление освещением как по времени, так и по различным событиям, в том числе по события от датчиков, а также СКУД и иных инженерных систем.

5.5.3.3 Автономное управление с использованием периферийных устройств (датчиков)

Управление с использованием датчиков целесообразно применять для достижения большей экономии по сравнению с прямой заменой осветительных приборов на светодиодные. Кроме того, целесообразно применение датчиков в составе АСУО.

По принципу действия датчики делятся на следующие основные виды:

- датчики движения и присутствия;
- датчики освещенности;
- датчики звука.

Датчики могут быть комбинированными, например, в датчик движения может быть встроен датчик освещенности.

В качестве особого вида датчиков мощно рассматривать системы видеонаблюдения с функцией распознавания людей и/или механизмов в детектируемой зоне.

5.5.4 Технические характеристики и требования к светодиодным ОП с функциями управления световым потоком и спектральным составом

5.5.4.1 Управление световым потоком ОП – диммирование

Динамические изменения светового потока светодиодного ОП обеспечиваются изменением величины тока, вырабатываемого УУ, и протекающего через светодиоды. Изменения светового потока происходят абсолютно синхронно с изменениями тока, таким образом, светодиод транслирует в виде изменяющегося светового излучения любые изменения тока, заданные УУ. Соответственно, изменение освещенности внутри помещений или яркости поверхностей, что важно при проектировании освещения, будет определяться световыми потоками, управляемых (диммируемых) ОП.

Абсолютные изменения яркости и освещенности при диммировании

При диммировании светового потока следует учитывать то, что в качестве приемника света выступает человеческий глаз. При малой освещенности его чувствительность увеличивается, что приводит к возникновению ощущения завышенной освещенности или яркости объекта по сравнению с показаниями соответствующих приборов.

Для количественной оценки этого рекомендуется использовать зависимости из IESNA The Lighting Handbook [22], представленную на рисунке 16.

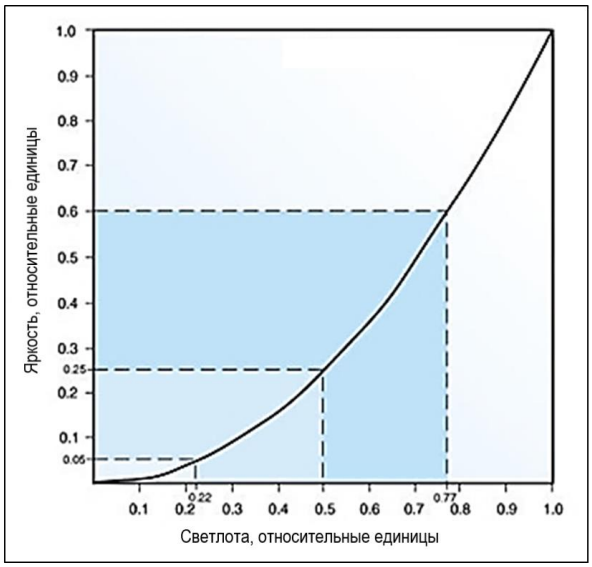


Рисунок 16 – Зависимость отклика глаза (светлоты) на абсолютные изменения яркости

Зависимость обусловлена тем, что глаз более чувствителен к изменениям яркости при малых яркостях, чем к аналогичным по величине изменениям яркости при высоких яркостях. Таким образом, яркость объекта, сниженная до 10% от начального измеренного значения будет восприниматься человеком, как яркость объекта, сниженная до 32%.

Методы управления работой диммируемых устройств управления для светодиодных ОП

Управляемое (диммируемое) УУ светодиодного ОП должно обеспечивать изменение интенсивности свечения светодиодов, в соответствии с управляющим сигналом и быть совместимым с одним из протоколов управления. УУ должно быть оборудовано низковольтным входом управления и работать с одним из следующих протоколов 0-10 В, DSI, DALI, DMX.

Протокол 0-10В. Для диммирования по протоколу 0-10 в качестве управляющего используется аналоговый сигнал низкого напряжения. Для управления используется один провод, по которому и передается сигнал управления 0–10 В (плюс нулевой провод).

Протокол DSI. Протокол определяется стандартом [23], и является развитием протокола 0-10 В, позволившим объединять осветительные устройства в группы и создавать простые сценарии; использовать провода небольшого сечения неограниченной длины; снижать яркость до полного выключения, что позволяет исключить использование выключателей; управлять освещением через компьютер. Стандарт DSI стал основной для создания современного цифрового протокола DALI.

Протокол DALI. Цифровой диммирующий интерфейс управления освещением – это открытый протокол, определенный стандартом DALI [24]. Обеспечивает упрощенное электрическое соединение до 64 УУ на одну пару управляющих проводов. Каждое УУ в системе имеет уникальный адрес и может управляться индивидуально. Протокол позволяет реализовать обратную связь и получать информацию на контроллер от УУ, например, для мониторинга мощности, отказа или при тестировании ОП. При управлении по протоколу DALI нет риска потери качества управления при увеличении длины управляющей линии, что обеспечивает равномерность группового диммирования ОП.

Протокол DALI 2 представляет собой дальнейшее развитие DALI. Если изначально DALI сосредотачивался на осветительных приборах, то в DALI 2 была

добавлена поддержка датчиков движения и освещения, а также кнопок, беспроводных систем управления и др. Появившиеся новые классы устройств описываются в новой части стандарта IEC 62386-103.

В дополнение к таким факторам, как энергоэффективность и цифровизация, интеграция продуктов в Интернет вещей (IoT), а также беспроводное управление светильниками приобретают все большее значение в современной индустрии освещения. Стандарт D4i, является расширением стандарта DALI-2. D4i обеспечивает интеллектуальные светильники, возможностью хранения и передачи данных стандартным способом, (по драйверу, источнику света и светильнику). Двунаправленный характер DALI позволяет передавать такие данные в сеть управления освещением. Данные, хранящиеся в драйвере, могут использоваться для расширенного отслеживания ситуации внутри ОУ, а также для мониторинга производительности, диагностики и учета электроэнергии.

Протокол DMX – DMX512 (Digital Multiplex). Стандарт, описывающий метод цифровой передачи данных между контроллерами и световым, а также дополнительным оборудованием, является средством управления интеллектуальными приборами с различных консолей через единый интерфейс, позволяя объединять различные устройства управления (пульты, консоли и т. д.) с всевозможными оконечными устройствами (диммерами, прожекторами, стробоскопами, дымовыми машинами и т.д.) [25]. Устройства подключены последовательно по витой паре к контроллеру - консоли управления – генерирующей команды DMX. На одной паре может размещаться до 32 устройств, увеличение может быть обеспечено с помощью повторителей. Стандарт DMX512 позволяет управлять по одной линии связи одновременно 512 каналами. При работе каждый ОП имеет определённое количество управляемых дистанционно параметров и занимает соответствующее количество каналов в пространстве DMX512.

RDM или Remote Device Management - новая версия DMX, реализующая двунаправленную связь с УУ ОП. Позволяет расширить функциональность системы, обеспечив гибкое конфигурирование, мониторинг состояния управляемых устройств и др.

Ограничение пульсаций светового потока при диммировании

Наиболее распространенным методом диммирования светодиодных ОП является широтно-импульсная модуляция (ШИМ). С помощью ШИМ циклически

изменяют ток светодиодов от максимального до нулевого значения с определенной частотой и скважностью. ШИМ сигнал генерируется УУ. Световой поток полностью повторяет циклические изменения тока и его пульсации могут создавать нежелательные и неприемлемые визуальные и невизуальные эффекты – то есть оказывать прямое воздействие на комфорт световой среды

К визуальным эффектам относится зрительное утомление, фликер, стробоскопический эффект.

Стробоскопический эффект отражает зрительное восприятие кажущегося изменения, прекращения вращательного движения или периодического колебания объекта, освещаемого светом, изменяющимся с близкой, совпадающей или кратной частотой. Данный эффект опасен при наличии открытых вращающихся и движущихся механизмов, поскольку может быть причиной травматизма.

Фликер отражает ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное источником света, яркость или спектральный состав которого изменяются во времени. Для оценки качества электроэнергии должен применяться ГОСТ 32144.

Необходимо учитывать, что в зарубежной практике термин фликер используется вместо коэффициента пульсации освещенности или светового потока в соответствии с EN 12464–1:2011 [26]; EN 12464–2:2014 [27] и IEEE Recommended Practices for Modulating Current [19]. Пульсация освещенности свыше 300 Гц не оказывает влияния на общую и зрительную работоспособность человека.

Коэффициент пульсации освещенности определяется в соответствии с ГОСТ 33393 по формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T}\int_0^1 E(t)\mathrm{d}t \quad , \qquad (8)$$

или $E_{\text{ср}} = S/T,$ (9)

где E_{max}, E_{min} – максимальные и минимальные значения показания по осциллограмме, приведенной на рисунке 16;

S – площадь согласно рисунку 16;

T – период колебаний в соответствии с рисунком 17.

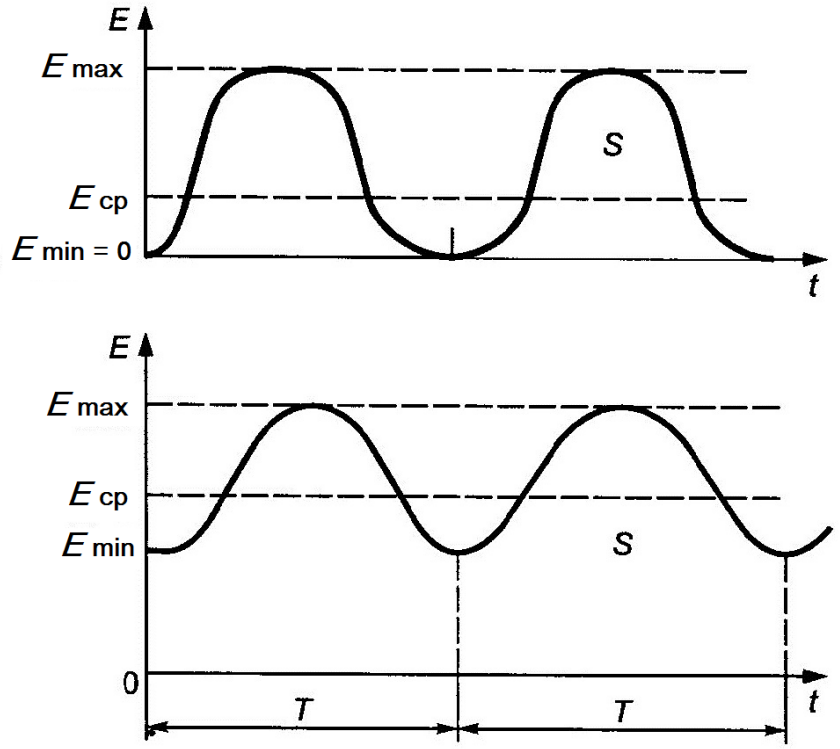


Рисунок 17 – Определение коэффициента пульсации освещенности

5.5.4.2 Спектральные характеристики светодиодных ОП с управляемой цветностью

При реализации управляемых по спектру светодиодных ОП общего освещения на практике применяют три основных метода изменения КЦТ:

- диммирование к теплому цвету (снижение интенсивности с одновременным снижением КЦТ);
- управление оттенками белого света;
- управление полным цветом.

Диммирование к теплому цвету (ДТЦ)

ДТЦ – это технология позволяет уменьшать КЦТ источника света пропорционально интенсивности свечения (Sunset effect). Для этого требуется минимум два различных основных светодиода и один канал управления, который одновременно регулирует интенсивность свечения диодов и цвет. При реализации «диммирования к теплому цвету» имитируется смещение цвета в красную область, возникающее при диммировании лампы накаливания. При этом при более высокой интенсивности свечения устанавливается более высокая КЦТ (например, 2800 К), при уменьшении интенсивности – КЦТ снижается (до 2200 К).

Управление оттенками белого света (УОБС)

УОБС – это технология достижения любой КЦТ при любой интенсивности источника света, в пределах указанных параметров. Как правило, такие источники света используются для получения различных оттенков белого цвета.

Для реализации технологии требуется как минимум два типа светодиодов с различными КЦТ: теплого и холодного оттенка белого цвета. При этом, требуется, как минимум, два канала управления: один для регулировки цвета, второй для регулировки интенсивности свечения.

Соотношение интенсивностей свечения светодиодов каждого канала может быть выбрано произвольно, обеспечивая суммарную цветность излучения в диапазоне между исходными цветами светодиодов. Смешивание излучения двух цветов обеспечивает линейное изменение цвета. Технология УОБС приводит к отклонению итогового цвета от кривой АЧТ на диапазоне регулировки, особенно в его центральной части. На практике это приводит к небольшому отклонению оттенка цвета от белого, например, «розовению». Этот эффект возрастает с увеличением диапазона регулировки КЦТ, однако в принципе может оставаться допустимым и приемлемым.

Для обеспечения изменения цвета строго по кривой АЧТ следует использовать систему с тремя и более каналами регулировки и, соответственно, тремя и более светодиодами различных цветов.

Управление полным цветом (УПЦ)

УПЦ можно осуществить для создания белого или цветного света. С помощью данной технологии можно обеспечить, описанные выше методы регулировки цвета: ДТЦ и НБЦ, если для них определены соответствующие алгоритмы. Для реализации УПЦ требуется, как минимум, три канала управления тремя типами светодиодов, например, красный, зеленый и синий.

Изменение соотношения интенсивности излучения базовых цветов позволяет получать спектральное распределение мощности смешанного излучения, формирующее белый свет того или иного оттенка и таким образом настраивать цветовые характеристики, в том числе КЦТ ОП.

При использовании большего количества светодиодов основных цветов и соответствующего числа каналов управления контроль настройки полного цвета существенно усложняется.

5.5.4.3 Технические характеристики светодиодных ОП с управляемой цветностью

Для управления ОП с изменяемой цветностью применяются два основных типа схемного решения:

- отдельные входы управления каналами настройки интенсивности теплого и холодного света;

- отдельные входы для регулирования интенсивности свечения и цветности излучения.

Изменение цветности ОП обусловлено изменением спектральных характеристик.

Одновременно происходят изменения: светового потока, потребляемой мощности, коэффициента мощности, световой отдачи во всем диапазоне регулирования цветности. Соответственно технические характеристики ОП с изменяемым цветом должны включать данные, характеризующие динамические изменения данных параметров, что требует особого подхода при формировании информации о значениях этих параметров и оформления соответствующих отчетов по испытаниям. На рисунке 18, представлен рекомендуемый протокол отчета об испытаниях светодиодного ОП с изменяемым спектром, выполненный по программе CALiPER [28].

Протокол измерений настройки цвета по программе CALIPER

Brand: **Intense**
Model: **MXRTR2TW1NFLWWDMX / IP2-4FK-2**
Catalog #: **MX LED Tunable White Recessed Multiple**
Test ID: **16-S55-D**
Date: **2/23/2018**
Product Type: **Downlight**
Control Type: **DMX**
Tuning Type: **White Tunable**
Measured Points: **11**
Interpolated Points: **101**

	Мини-мум	Макси-мум	При макси-мальном световом потоке
Световой поток, лм	1385	– 1850	1850
Мощность, Вт	37.0	– 45.5	41.4
Световая отдача, лм/Вт	35.1	– 45.4	44.7
Коэффициент мощности	0.97	– 0.98	0.97
Коррелированная цветовая температура, К	2058	– 4215	3094
D_{uv}	-0.0027	– -0.0005	-0.0024
TM-30-15 R_f	84	– 88	87
TM-30-15 R_g	101	– 111	106
TM-30-15 $R_{cs,h1}$	-4%	– 4%	0%
МКО R_a	85	– 93	93
МКО R_9	68	– 98	90

Координаты цветности

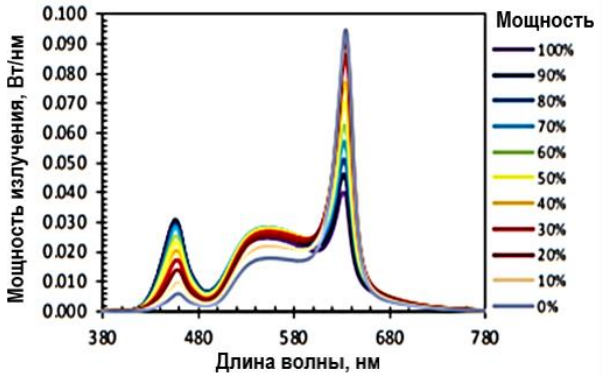
в системе МКО 1931 (x, y)

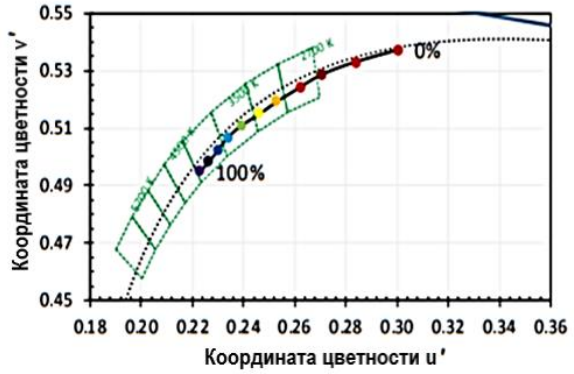
Control Signal	x	y
Минимум	0.3701	0.3651
При световом потоке 47%	0.4270	0.3946
Максимум	0.5193	0.4127

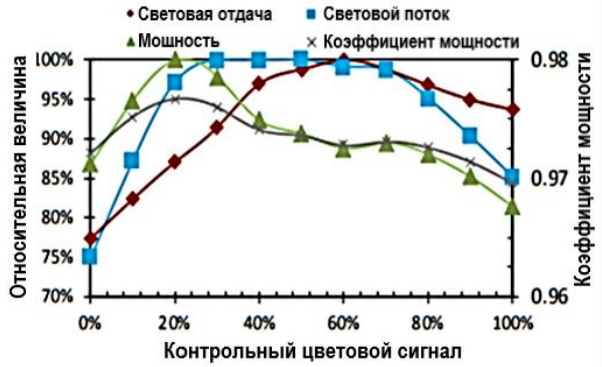
в системе МКО 1976 (u', v')

	u'	v'
Минимум	0.2229	0.4948
При световом потоке 47%	0.2482	0.5161
Максимум	0.3005	0.5372

Notes: All data from testing at maximum intensity control signal. Measured data shown as markers in charts (excluding SPD); interpolated data (cubic spline) shown as line.







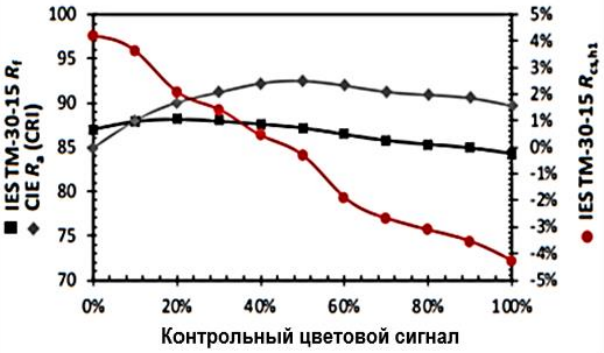


Рисунок 18 – Пример протокола светодиодного ОП с изменяемым спектром

Отчет должен состоять из 4-х разделов:

- первый раздел содержит информацию о компании производителе, модели и типе ОП, дате проведения испытаний, количестве точек внутри диапазона регулировки цветности, в которых будут произведены измерения характеристик и др.;

- второй раздел содержит результаты испытаний по следующим параметрам: световой поток в лм; потребляемая мощность в Вт; световая отдача в лм/Вт; коэффициент мощности; КЦТ; общие и частные индексы цветопередачи. При этом значения всех параметров приведены для крайних значений цветности, так же определены средние значения;

- в третьем разделе приведены координаты цветности для пространства CIE 1931(x, y) и координаты цветности CIE 1976 (u’, v’) минимальные и максимальные значения, а также значения координат при максимальном световом потоке;

- в четвертый раздел включены:

а) спектральное распределение мощности для каждой из 6 точек цветности;

б) траектория движения координат цвета вдоль локуса АЧТ при изменении цветности;

в) значения светового потока, потребляемой мощности, световой отдачи и коэффициента мощности для каждой из 6 точек цветности;

г) значения общего и частных индексов цветопередачи для каждой из 6 точек цветности.

Предложенный формат испытаний и представления характеристик рекомендуется для информирования потребителя о потенциальных возможностях и характеристиках осветительного прибора.

Для диапазона изменения КЦТ от 2500 К до 6000 К число контрольных точек должно составлять не менее 7-8. При этом рекомендуется придерживаться правила - одно измерение на каждые 500 К изменения КЦТ. Следует дополнить перечень измеряемых параметров значениями коэффициента пульсаций (%) во всех точках измерения.

5.5.4.4 Рекомендации по применению технологий динамического освещения по спектру

Общие положения

Современные технологии светодиодного освещения позволяют эффективно реализовывать управление цветом излучения. Данный эффект основан на использовании в осветительном приборе светодиодов, как минимум, с двумя различными значениями КЦТ. Изменения величины тока через каждый из них позволяет в сочетании получать широкий цветовой спектр оттенков белого цвета излучения.

Наибольшее развитие в мировой практике получили следующие подходы, реализующие динамическое освещение по спектру:

- Tunable White (TW);
- Human Centric Lighting (HCL).

Управление оттенками белого света (Tunable White)

TW – технология управления оттенками белого света ОП общего освещения. Основа технологии – наличие в одном ОП, как минимум, двух групп ИС с разными КЦТ и, УУ с независимо управляемыми выходами. ИС равномерно распределены внутри ОП, их излучение эффективно смешивается и на выходе воспринимается как белое однородное. Независимое управление группами позволяет изменять соотношение потоков ИС с разной КЦТ, а значит менять и результирующую КЦТ ОП.

Технология может применяться с ручными регуляторами, что позволяет пользователю выбирать комфортные на данные момент параметры среды, например, освещенность и КЦТ.

Допустимо создание систем с несколькими фиксированными значениями КЦТ. Предустановленные режимы ОУ по цвету следует выбирать в соответствии со следующими рекомендациями:

- режим для создания условий отдыха: 2700 К – 3000 К;
- режим для офисной работы: 4000 К – 4500 К;
- режим встречи или переговоров: 5000 К – 5700 К.

Допускается создание дополнительных режимов.

При проектировании систем с технологией TW должно подтверждаться выполнение норм освещенности при любой КЦТ или любом цветовом режиме.

Также при любом цветовом режиме должны соблюдаться требования по индексу цветопередачи, установленные для конкретного помещения, а также требования к ОП согласно постановлению Правительства РФ № 1356 [15].

Системы по технологии TW следует использовать в помещениях с постоянным пребыванием людей (офисы, рабочие комнаты, бюро и т.д.). Допускается создание ОУ с данной технологией в помещениях с временным пребыванием людей, если помещение выполняет представительские функции (холл, фойе, главный коридор).

Одновременно с технологией TW допускается применение диммирования ОП по световому потоку. Предпочтение следует отдавать системам автоматического диммирования на основании датчиков освещенности, учитывающих уровень естественного освещения. ОУ должна быть откалибрована таким образом, чтобы на рабочих местах соблюдались установленные нормы освещенности при любом уровне естественной освещенности.

Энергетическая эффективность ОУ с TW должна быть не хуже ОУ со статической КЦТ и соответствовать требованиям по удельной мощности на освещение для конкретной нормы освещенности и индекса помещения в соответствии с СП 52.13330. Энергетическая эффективность ОУ должна проверяться для максимальной и минимальной КЦТ ОУ.

Световая среда, ориентированная на человека Human Centric Lighting (HCL)

Human Centric Lighting представляет собой концепцию для построения систем освещения на основе различных технологий. Суть концепции заключается в том, что в «центре» системы освещения находится человек. То есть система освещения должна строиться с учетом физиологических (гормональных) особенностей человека в более широком понимании, чем просто обеспечение условий выполнения зрительной работы. Естественно, что с учетом эволюции данным условиям наиболее полно соответствует естественное освещение.

Некоторые физиологические процессы человека имеют периодичность от 20 до 28 часов, эти процессы получили название циркадных ритмов. В частности, к циркадным ритмам относятся циклические изменения концентрации гормонов мелатонина и кортизола, температуры тела и т.д. Изменение уровня гормонов

мелатонина (гормон сна) и кортизола (гормон бодрости) влияет на эмоциональное и физическое состояние человека.

Воздействие на человека света с высокой КЦТ приводит к повышению концентрации внимания и ощущению бодрости. Если такое воздействие происходит утром, то происходит стабилизация циркадных ритмов человека, повышается качество сна ночью.

Концепция HCL подразумевает одновременное воздействие на человека КЦТ и уровня освещенности. Для достижения биологического эффекта необходимо воздействие вертикальной освещенности на глазу наблюдателя порядка 200 – 250 лк, что соответствует освещенности 800 - 1000 лк на рабочем месте.

Эффективность применения концепции HCL наибольшая в том случае, если люди/персонал от 70 % до 90 % своего времени проводят в помещении и, недополучают естественное освещение для синхронизации биоритмов. Оправдано применение концепции и в осенне-зимний период, когда уровень естественной освещенности и продолжительность светового дня недостаточны и способствуют развитию сезонных депрессий и расстройств.

В технологии HCL управление КЦТ и освещенностью происходит одновременно автоматически на основании специально разработанного сценария. При разработке сценариев освещения следует учитывать следующие правила:

- для повышения работоспособности и концентрации внимания необходимо повышение КЦТ и освещенности;
- для создания условий для отдыха необходимо снижение КЦТ и освещенности.
- не допускается использование излучения с высокой КЦТ и высокой освещенностью за 2 часа до сна или в период начала секреции мелатонина (в период с 21.00 до 23.00).

Концепция HCL может быть построена по двум принципам: повторение воздействия солнца или создание требуемой рабочей динамики.

Сценарии, повторяющие параметры естественного освещения должны учитывать естественное изменение параметров КЦТ и освещенности в течение дня в конкретном регионе, а также сезонное изменение параметров.

При разработке сценария HCL должны быть учтены рекомендации и ограничения по КЦТ для помещений конкретных типов. При невозможности

использования источников света с высокой КЦТ рекомендуется использовать максимально допустимую КЦТ с увеличением длительности утреннего и послеобеденного активирующих пиков.

Концепцию HCL следует применять в помещениях с постоянным пребыванием людей. Однако, помещения с временным пребыванием людей, такие как коридоры, в соответствии с требованиями DIN SPEC 67600 [29] рекомендуется оснащаться схожими системами, изменяющими свои параметры синхронно с освещением в рабочих кабинетах. Это позволяет снизить разницу в параметрах освещения между кабинетом и коридором и исключить длительный процесс адаптации при перемещении человека из одного помещения в другое.

Если на объекте происходит сменная работа, концепцию HCL не следует применять для работников ночной смены.

Систему на принципах концепции HCL рекомендуется оснащать системами диммирования на основе датчиков освещенности, отслеживающих изменение уровня естественной освещенности для снижения энергопотребление системы.

Энергоэффективность концепции HCL должна оцениваться по годовому потреблению электроэнергии в соответствии с ГОСТ 32498. Сравнение энергетической эффективности концепции HCL со статическими системами должно проводиться по удельной мощности на освещение при рабочем режиме.

Во всех режимах ОУ должны выполняться установленные для конкретного помещения нормы освещенности. В отдельных случаях, например, когда в обеденный перерыв в помещении не проводятся работы и время обеденного перерыва четко регламентировано, допускается временная классификация помещения как комнаты отдыха с соответствующим снижением освещенности, что позволит увеличить экономию электроэнергии.

Необходимо учитывать, что при реализации технологии HCL невизуальное биологическое воздействие света становится фактором планирования при проектировании и эксплуатации осветительных установок.

Невизуальное биологическое воздействие световой среды заключается в формировании циркадных ритмов. Циркадный ритм – биологический ритм периодичностью примерно 24 часа, за который проходит полный цикл биохимических, физиологических и поведенческих процессов в живом организме.

Нормируемые критерии невизуального воздействия света впервые введены в практику в рамках внедрения системы сертификации зданий в США - WELL Building Standard™ [31]. В основе концепции WELL стандарта лежит принцип создание здорового пространства внутри зданий и сооружений. В разделе освещения - концепция WELL Light направлена на создание условий освещения, оптимальных для визуального, психического и биологического здоровья.

Выполнение критериев WELL Light стандарта в разделе - Дизайн циркадного освещения (Circadian Lighting Design) обеспечивает снижение нарушений циркадной фазы, улучшение качества сна и положительно влияют на настроение и продуктивность.

В соответствии WELL Building Standard™ для всех помещений с персоналом предусматривается обеспечение уровней вертикальной освещенности, обеспечиваемой при искусственном или совмещенном освещении на площади превышающей 75% от общей (таблица 7). Уровни вертикальной освещенности должны достигаться, как минимум, между 9-00 утра и 13-00 дня, на высоте 1,4 м над полом (таблица 7).

Для рабочих мест требуемая вертикальная освещенность должна достигаться на уровне 45 см от рабочей поверхности.

Таблица 7

Вертикальная освещенность (EML), не менее		
Искусственное освещение	Совмещенное освещение	Уровень
150 *(136 EML для D65)*	120 *(109 EML для D65)*	Хорошо
240 (218 EML *для* D65)	180 *(163 EML для D65)*	Очень хорошо

На практике следует учитывать, что для разных источников света соотношение величин визуальной и меланопической эквивалентной освещенности будут различны.

При выполнении требований WELL стандарта в части дизайна циркадного освещения вместо вертикальной освещенности рекомендуется использовать величину цилиндрической освещенности.

5.5.5 Способы оценки эффективности применения динамического освещения для обеспечения требуемых визуальных параметров освещенности

Эффективность применения системы динамического освещения должна оцениваться по годовому потреблению электроэнергии в соответствии с ГОСТ 32498 и по эффективности воздействия на функциональные задачи. Сравнение энергетической эффективности системы динамического освещения со статическими системами должно проводиться по удельной мощности на освещение при рабочем режиме.

5.5.5.1 Обеспечение нормативных значений нормируемых параметров при реализации совмещенного освещения в помещениях

Совмещенное освещение согласно СП 52.13330 определяется как освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным в течение полного рабочего дня. При этом уровень естественного освещения изменяется в течение светового дня. Соответственно изменяется и доля искусственного света необходимого для его дополнения.

Для реализации адаптивного варианта осветительной установки в помещении с совмещенным освещением следует использовать локальные датчики освещенности рабочих мест. Управляющий сигнал датчиков освещенности синхронизирует изменение световых потоков ОП, компенсируя недостаток естественного света на рабочих местах. В результате в течение рабочего периода обеспечивается выполнение нормируемых значений освещенности путем динамического изменения светового потока ОП.

В качестве критерия эффективности применения динамического освещения в данном случае следует использовать показатель снижение потребления электроэнергии ОУ ($К_{DE}$) по сравнению с установкой с постоянным световым потоком.

$$К_{DE} = (S_{con} - S_{var}) / S_{con} \times 100\%, \qquad (10)$$

где S_{con} – количество электроэнергии потребляемой осветительной установкой, включенной на полную мощность, в течение рассматриваемого периода времени в кВт час;

S_{var} - количество электроэнергии потребляемой осветительной установкой с динамически изменяемым световым потоком в течение рассматриваемого периода времени в кВт час.

5.5.5.2 Обеспечение рациональных уровней освещенности в помещениях и пространствах с временным отсутствием персонала

Динамическое освещение, реализованное в помещениях, где персонал находится временно, например, коридоры, проходы и т.п. должно решать задачу создания комфортного освещения во время присутствия людей и снижение его до целесообразного уровня при их отсутствии.

В этом и подобных случаях возможны произвольные установки алгоритма изменения уровня освещенности, создающие комфортные условия для персонала и не противоречащие действующим нормативам.

В качестве критерия эффективности применения динамического освещения в данном случае так же следует использовать показатель снижение потребления электроэнергии ОУ ($К_{DE}$) по сравнению с установкой с постоянным световым потоком, определяемый по формуле (10).

5.5.5.3 Обеспечение концепции зонального распределения параметров световой среды в зависимости от изменяющейся активности и освещенности внутри помещения

Динамическое освещение, реализованное в помещениях, где происходят перемещения зон активности и одновременное изменение фоновой освещенности требует учета двух параметров одновременно. Основной целью при этом остается обеспечение нормируемых значений освещенности. Этот случай является комбинацией рассмотренных выше случаев в подразделах 5.5.5.1 и 5.5.5.2.

Для решения задачи применяются комбинированные датчики освещенности и присутствия, работающие одновременно, и отвечающие требованиям стандарта ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016 [30].

В качестве критерия эффективности применения динамического освещения в данном случае так же следует использовать показатель снижение потребления электроэнергии ОУ ($К_{DE}$) по сравнению с установкой с постоянным световым потоком, определяемый по формуле (10).

5.6 Математическая оценка степени комфорта

Степень комфорта световой среды может быть оценена на основании учета взаимовлияния связанных между собой параметров, а именно:

- слепящее действие;
- колориметрических характеристик;
- факторов невизуальных воздействий.

5.6.1 Слепящее действие

С точки параметров, характеризующих слепящее действие, ОП делятся на два типа в зависимости от того нормируется габаритная яркость ОП или нет. Для указанных групп ОП состав показателя S, характеризующего степень комфорта световой среды по слепящему действию, будет различен.

5.6.1.1 ОП, для которых габаритная яркость не нормируется

Показатель S, характеризующий степень комфорта световой среды по слепящему действию, определяется по формуле (11):

$$S = \frac{0{,}35\left(1 - ln\left(\frac{UGR}{UGR_{\text{н}}}\right)\right) + 0{,}35\left(1 - \mathrm{e}^{\frac{-\theta}{15}}\right)}{1{,}173}, \qquad (11)$$

где:

UGR – величина UGR, полученная расчетом для конкретного помещения/объекта;

$UGR_{\text{н}}$ – нормированное значение UGR для рассматриваемого помещения в соответствии с СП 52.13330;

θ – величина защитного угла ОП.

5.6.1.2 ОП с ограничением габаритной яркости

Показатель S, характеризующий степень комфорта световой среды по слепящему действию, определяется по формуле (12)

$$S = 0.23\left(1 - ln\left(\frac{UGR}{UGR_{\text{н}}}\right)\right) + 0{,}364\left(1 - \mathrm{e}^{\frac{-\theta}{\text{норма}}}\right) + 0{,}364\left(1 - \mathrm{e}^{\frac{-L_{\text{н}}}{L}}\right), \qquad (12)$$

где:

UGR – величина UGR, полученная расчетом для конкретного помещения/объекта;

$UGR_н$ – нормативное значение UGR для рассматриваемого помещения;

θ – величина защитного (условного защитного) угла ОП.

Норма – нормативное значение защитного угла. Если в ОП реализован защитный и условный защитный угол – в формулу подставляется их сумма.

L – габаритная яркость ОП, кд/м^2;

$L_н$ – нормированное значение габаритной яркости (кд/м^2) ОП в зоне ограничения яркости по ГОСТ Р 54350 и (ссылка на требования в соответствующем разделе этого документа).

Если в помещении или на объекте используются несколько типов/моделей ОП, оценка степени комфорта проводится отдельно для каждого типа/модели ОП. Результатом считается минимальное значение из полученного набора.

Степень комфорта увеличивается с увеличением значения показателя S. Результат оценивается по следующим правилам:

- S=0,7 – базовое значение, получаемое при выполнении установленных требований – приемлемый уровень комфорта;
- S<0,7 – требования к параметрам, влияющим на слепящее действие, не выполнены – ОУ некомфортна;
- S>0,7 – ОУ считается комфортной.

5.6.2 Колориметрические параметры

Показатель C, характеризующий комфортность среды с позиции колориметрических характеристик используемого осветительного оборудования, определяется по формуле:

$$C=T+A+R, \qquad (12)$$

где:

T (A) – показатель, характеризующий оценку по величине КЦТ;

A (S) – показатель, зависящий от повторяемости цвета излучения ОП;

R – показатель, зависящий от качества цветопередачи.

Показатель T, характеризующий оценку степени комфорта по величине КЦТ, для формулы (12) определяется по следующим образом:

$$\text{Т} = \begin{cases} 0{,}25 \text{ при } min \leq \text{КЦТ} \leq max \\ 0 \text{ при } (\text{КЦТ} > \text{max}) \text{ или } (\text{КЦТ} < min) \end{cases} \quad (13)$$

Где КЦТ – значение КЦТ ОП: заявленное производителем или измеренное;

min – минимально допустимое значение КЦТ для данного помещения с учетом допусков по таблице 1 СТО.69159079-01 и допустимых номинальных значений КЦТ;

max - максимально допустимое значение КЦТ для данного помещения с учетом допусков по таблице 1 СТО.69159079-01 и допустимых номинальных значений КЦТ.

Значения КЦТ min и max определяются в соответствии с требованиями 5.3.2 настоящего СТО.

Показатель А, зависящий от повторяемости цвета ОП, для формулы (12) определяется следующим образом:

$$S = \begin{cases} 0.3 - 25\frac{M}{1000} \text{ при } \frac{\text{M}}{1000} < 0.0071 \\ 0 \text{ при } \frac{\text{M}}{1000} \geq 0.0071 \end{cases} \quad (14)$$

Где М – допустимый отклонение цветности от номинального значения выраженное в шагах МакАдама, заявленное производителем или определенное экспериментально. Метод оценки данного показателя для целей данного стандарта представлен в Приложении Г.

Показатель R, зависящий от качества цветопередачи, для формулы (12) определяется следующим образом:

$$R = \begin{cases} 0.0025 \cdot CRI + 0.001 \cdot R_9 + 0.000625 \cdot R_{13} \text{ при } (CRI \geq 0) \text{ и } (R_9 \geq 0) \text{ и } (R_{13} \geq 0) \\ 0 \text{ при } (CRI < 0) \text{ или } (R_9 < 0) \text{ или } (R_{13} < 0) \end{cases}$$

(15)

Где CRI, R_9 и R_{13} – заявленные или измеренные значения общего и частных индексов цветопередачи.

Показатель С целиком описывается параметрами ОП. Поэтому, при использовании в помещении нескольких типов или моделей ОП с разными значениями колориметрических параметров, оценка показателя С должна проводиться для каждого типа/модели ОП. В качестве результирующего значения принимается минимальное значение показателя из полученного набора.

Степень комфорта возрастает с увеличением значения показателя С. Цель проектирования – получить величину показателя С, максимально близкую к единице.

5.6.3 Факторы невизуальных воздействий

Показатель Н, характеризующий комфортность среды по невизуальному воздействию на человека, определяется по формуле:

$$\mathrm{H} = 0{,}462\left(1 - \frac{\text{ГР}+1}{4}\right) + 0{,}231\mathrm{e}^{-\left|\frac{200-EML}{50}\right|} + 0{,}231\mathrm{P}, \qquad (16)$$

где:

ГР – группа риска по фотобиологической опасности, заявленная производителем или определенная экспериментально;

EML – величина меланопической освещенности осветительной установки;

Р – показатель, характеризующий коэффициент пульсации светового потока (освещенности).

Коэффициент Р определяются следующим образом:

$$\begin{cases} \mathrm{P} = 1, \text{если} \begin{cases} \text{Кп} \leq 0{,}1\% \text{ при } f \leq 8 \text{ Гц} \\ \text{Кп} \leq 0{,}25 * f \text{ при } 8 < f \leq 90 \text{ Гц} \\ \text{Кп} \leq 5\% \text{ при } 90 < f \leq 300 \text{ Гц} \\ \text{Кп} \leq 0{,}08 * f \text{ при } 300 < f \leq 10\,000 \text{ Гц} \end{cases} \\ \mathrm{P} = 0 \text{ в остальных случаях} \end{cases}, \qquad (17)$$

где Кп – коэффициент пульсации освещенности, измеренный в условиях ОУ, либо коэффициент пульсации светового потока ОП, заявленный производителем или определенный экспериментально;

f – частота пульсаций светового потока (освещенности).

При использовании в ОУ ОП нескольких типов или ОП одного типа, различающихся параметрами, показатель Н должен определяться для каждого типа ОП. Итоговым значением показателя Н принимается минимальная величина из полученного ряда значений.

Степень комфорта увеличивается с увеличением значения показателя Н. Наиболее комфортное сочетание параметров освещения характеризуется значением показателя Н, максимально близким к 1.

5.7 Комплексная оценка степени комфорта освещения

Комплексная оценка степени комфорта или методика критериальной оценки параметров освещения на соответствие требованиям комфортной световой среды

строится на анализе соответствия параметров реальной осветительной системы нормированным параметрам по пяти критериям:

- Освещенность;
- Равномерность освещенности;
- Яркостное пространство;
- Цветовое пространство;
- Стабильность параметров.

Каждый критерий включает набор параметров, выполнение нормативных требований по которым, является необходимым условием для обеспечения комфортного и безопасного освещения. Критерии и параметры представлены в Приложении Д.

В основе методики лежит рейтинговая (бальная) оценка соответствия (или несоответствия) каждого из параметров, тем или иным стандартам, нормативам и иным представлениям о качестве, а также соответствие значениям, существенно лучше нормативных.

Алгоритм реализации методики

Оценка степени соответствия критерию по параметрам проводится путем построения и заполнения специальной таблицы, пример которой приведен в таблице 8. По окончании работы составляется отчет.

Действия по реализации методики следует проводить следующим образом:

1. Для оценки соответствия для каждого параметра определяется перечень актуальных нормативных документов, стандартов или иных авторитетных источников информации, отражающих текущий уровень развития светотехнической науки и техники. Название выбранного документа под определенным номером вносится в перечень нормативных документов, используемых при анализе (реализации методики). Список использованных (референсных) стандартов приводится в отчете.

Таблица 8 – Пример заполнения таблицы для комплексной оценки степени комфорта

Критерий	Соответствие стандарту, нормативу				Соответствие вне нормативным представлениям о качестве	Существенно лучше нормы, представлений	Важность параметра в проекте	Сумма баллов по критерию
	Не соответствует	Не соответствует, но неважен	Соответствует стандарту	Норматив коррекция				
	А	**Б**	**В**			**Г**	**Д**	**Е**
	K_n= -3 балла	**K_n= 0 балла**	**K_c= 3 балла**			**K_c= 4 балла**	**Дополнительный 1 балл (I_k)**	**(K_n+K_c+ I_k)**
Освещенность								
горизонтальная			3 (1)*					18
вертикальная			3 (1)*					
цилиндрическая						**4** (1)*	**1**	
освещенность совмещенная						**4** (1)*		
моделирование			**3** (1)*					
Показатель критерия		**1,2**						
Равномерность освещенности								
Равномерность освещенности			**3** (1)*					9
Освещенность в рабочей области и в окружающих областях			**3** (1)*					
Равномерность освещенности стен и потолка			**3** (1)*					
Показатель критерия		**1,0**						
Яркостное пространство								
Габаритная яркость светящей поверхности ОП			**3** (2)*					14
Объединенный показатель дискомфорта (UGR)						**4** (2)*	**1**	
Отраженная блёскость на мониторах			**3** (3)*					

Продолжение таблицы 8

Критерий	Соответствие стандарту, нормативу				Соответствие вне нормативным представлениям о качестве	Существенно лучше нормы, представлений	Важность параметра в проекте	Сумма баллов по критерию
	Не соответствует	Не соответствует, но неважен	Соответствует стандарту	Норматив коррекция				
	А	**Б**	**В**			**Г**	**Д**	**Е**
Отраженная блескость на горизонтальной рабочей поверхности			**3** (3)*					
Яркость поверхностей помещений			**3** (2)*					
Соотношение яркостей поверхностей помещений	**-3** (2)*							
Показатель критерия		**0,78**						
Цветовое пространство								
КЦТ			**3** (1)*					
Индекс цветопередачи			**3** (1)*					
Специальные индексы цветопередачи			**3** (4)*					
Отклонения цветности светящих поверхностей светильников					**3** (5)*			25
Равномерность цветности в пучке					**3** (5)*			
Циркадная составляющая					**3** (7)*			
HCL					**3** (6)*		**1**	
Фотобиологическая безопасность			**3** (8)*					

Окончание таблицы 8

Критерий	Соответствие стандарту, нормативу				Соответствие вне нормативным представлениям о качестве	Существенно лучше нормы, представлений	Важность параметра в проекте	Сумма баллов по критерию
	Не соответствует	Не соответствует, но неважен	Соответствует стандарту	Норматив коррекция				
	А	**Б**	**В**			**Г**	**Д**	**Е**
Показатель критерия		**1,04**						
Стабильность параметров								
Пульсации светового потока						4 (1)*	1	17
Коэффициент сохранения светового потока			3 (9)*					
Допустимые отклонения цветности во времени				3 (9)*				
Коэффициент эксплуатации (деградация)						3 (10)*		
Коэффициент эксплуатации (загрязнение)			3 (1)*					
Показатель критерия	**1.13**							

* В скобках указаны использованные (референсные) стандарты в соответствии со следующим списком:

1 СП 52.13330
2 ГОСТ Р 55710
3 DIN EN 12464-1-2011 [1]
4 IES TM-30-15 [32]
5 ANSI C78.377-2017 [33]
6 DIN SPEC 67600:2013-04 [29]
7 WELL Building Standard [31]
8 ГОСТ IEC 62471
9 ГОСТ Р 56230
10 ISO/CIE TS 22012:2019(E) [8]

2. Для оценки соответствия параметров освещения значениям, указанным в выбранных стандартах, составляется таблица из 5 горизонтальных блоков, соответствующих пяти критериям. Каждый блок включает число строк в соответствии с количеством параметров каждого критерия. В столбцах разнесены степени соответствия или несоответствия, а также иные качественные характеристики параметра в рамках рассматриваемого проекта, относительно выбранного референсного стандарта.

3. Ссылка на стандарт указывается в том или ином столбце, в зависимости от степени соответствия.

4. Бальная оценка проставляется в различные столбцы в зависимости от степени его соответствия нормированному значению следующим образом:

- если установлено соответствие стандарту или вне нормативному представлению о качестве параметра, то параметру присваивается бальная оценка 3 (столбец В);

- если параметр хуже требований стандарта – присваивается бальная оценка минус 3 балла (столбец А);

- если параметр хуже требований стандарта, но параметр не важен в данном проекте, то присваивается бальная оценка 0 (столбец Б);

- если значения параметра существенно лучше приведенных в стандарте – параметру присваивается 4 балла (столбец Г);

- если особенности проекта освещения позволяют выделить особую важность того или иного параметра, то в этом случае его оценке можно присвоить дополнительный один балл (столбец Д).

5. Итоговый показатель критерия определяется, как сумма баллов столбцов А-Е.

6. Показатель критерия определяется, как частное деления суммы баллов по критерию на произведение числа параметров в критерии N на 3 балла. Показатель записывается в строке «Показатель критерия». Значение показателя критерия равное, либо выше 1 показывает соответствие требованию комфортного освещения. Чем выше значение, тем комфортнее световая среда на объекте. Значения показателя меньше 1 до 0 соответствуют неудовлетворительному уровню световой среды.

7. Определяем показатели для всех оставшихся 4-х критериев.

8. После заполнения всей таблицы и определения значений всех пяти критериев (таблица 9).

Таблица 9

Критерий	Показатель критерия
Освещенность	1,2
Равномерность освещенности	1,0
Яркостное пространство	0,78
Цветовое пространство	1,04
Стабильность параметров	1,13

9. На основании данных строится лепестковая диаграмма, показывающая уровень соответствия параметров освещения понятию комфортная световая среда или выявляющая «слабые места» в рассмотренном проекте освещения.

По результатам критериальной оценки модельного проекта освещения, проведенного в таблице М, в качестве примера, построена диаграмма Q (рисунок 19).

В данном случае в периферийной области пятиугольника между уровнями показателей критериев 1.0 и 1.5 расположена зона комфортной световой среды. Видно, что по критерию «яркостные параметры» проект следует доработать, устранив несоответствия.

Диаграмма Q

Рисунок 19 – Пример Лепестковая диаграмма, показывающая уровень соответствия параметров освещения понятию комфортная световая среда

Приложение А
(обязательное)
Пример представления информации о деградации светового потока ОП и о допустимом проценте фатального их выхода из строя в течение срока эксплуатации

А.1 Представление информации о коэффициентах эксплуатации $MF_{сп}$ и $MF_{вн}$ в технической документации следует проводить в виде таблицы следующего содержания:

Таблица А.1

Установленный ресурс ОП			Расчетная наработка, тыс. часов							
Параметр			1	5	10	……	…….	40	50	60…
L_{90}	тыс.час	$MF_{сп}$								
		$MF_{вн}$								
L_{80}		$MF_{сп}$								
		$MF_{вн}$								
L_{70}		$MF_{сп}$								
		$MF_{вн}$								
L_{60}		$MF_{сп}$								
		$MF_{вн}$								

Данные приводятся для значения вероятности реализации L_x - сценария деградации светового потока ОП - $B_y = B_{50.}$

$MF_{вн}$ - коэффициент, учитывающий внезапный выход из строя светодиодного кластера, в большинстве случаев ОУ с количеством ОП более 100, может быть незначительным и может быть принят MFви=1.

А.2 Определение коэффициента $MF_{оп}$, учитывающего загрязнение и невосстанавливаемое изменение отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов

Коэффициент $MF_{оп}$ определяется для помещений с различным уровнем загрязняющих воздействий на ОП. В таблице А.2 приведено описание 4-х характерных групп сред, примеры соответствующих помещений и рекомендуемые интервалы обслуживания ОП.

Таблица А.2

Условия среды в помещении	Примеры помещений	Рекомендуемые интервалы обслуживания ОП
Очень чисто (ОЧ)	Чистые комнаты, производства полупроводниковой техники, компьютерные центры, чистые зоны медицинских учреждений.	3 года
Чисто (Ч)	Офисы, школьные и дошкольные учреждения, больничные палаты.	
Нормальный уровень (Н)	Магазины, лаборатории, рестораны, склады, сборочные производства, мастерские.	2 года
Грязно (Г)	Металлургические, химические, деревообрабатывающие производства, металлообработка, полировка и т.п.	1 год

Коэффициент $MF_{оп}$ определяется для ОП различной конструкции, подразделяемые на категории A, B, C, D, E, F, G. Описание категорий конструкций ОП представлено в таблице А.3.

Таблица А.3

Категория	Тип ОП	Описание ОП
A	С открытым источником света	Открытый линейный ОП
B	С открытым сверху источником света и дополнительными жалюзи	ОП прямого-отраженного света ОП прямого-отраженного света с отражателем и закрытым снизу ИС ОП ассиметричного светораспределения Даунлайт с открытым верхом
C	С закрытый сверху источник света	Встраиваемые и накладные ОП. Закрытые даунлайты, спотлайты.
D	ИС закрытый сверху корпусом и снизу оптической частью IP2X	ОП общего назначения, закрытые корпусом и оптикой.
E	Пылезащищенный ОП IP5X	Пылезащищенный ОП
F	ОП отраженного света	ОП торшерного типа, карнизный ОП, подвесные, настенные с закрытым корпусом
G	ОП с принудительным охлаждением	ОП объединенные с системой кондиционирования и вентиляции

Типичные значения коэффициента $MF_{оп}$ для ОП различных категорий, эксплуатирующихся в различных условиях приведены в таблице А.4.

Таблица А.4

Интервал обслуживания (год)	0	0,5				1,0				1,5				2,0				2,3				3,0			
Тип ОП (таблица А.3)	Окружающая среда (таблица А.2)																								
	Другое	ОЧ	Ч	Н	Г	ОЧ	Ч	Н	Г	ОЧ	Ч	Н	Г	ОЧ	Ч	Н	Г	ОЧ	Ч	Н	Г	ОЧ	Ч	Н	Г
A	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78	0,93	0,87	0,82	0,75	0,92	0,85	0,79	0,73
B	1	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75	0,91	0,82	0,76	0,71	0,89	0,79	0,74	0,68
C	1	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59	0,89	0,77	0,64	0,54	0,87	0,74	0,61	0,52
D	1	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71	0,90	0,81	0,75	0,68	0,89	0,79	0,73	0,65
E	1	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81	0,92	0,90	0,85	0,80	0,92	0,90	0,84	0,79
F	1	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57	0,86	0,73	0,60	0,51	0,85	0,70	0,55	0,45
G	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,99	0,96	0,92	0,87	0,98	0,95	0,91	0,86	0,98	0,95	0,90	0,85

На рисунке А.1, в качестве примера, приведены зависимости изменения светового потока ОУ от времени наработки при различной периодичности чисток его поверхностей.

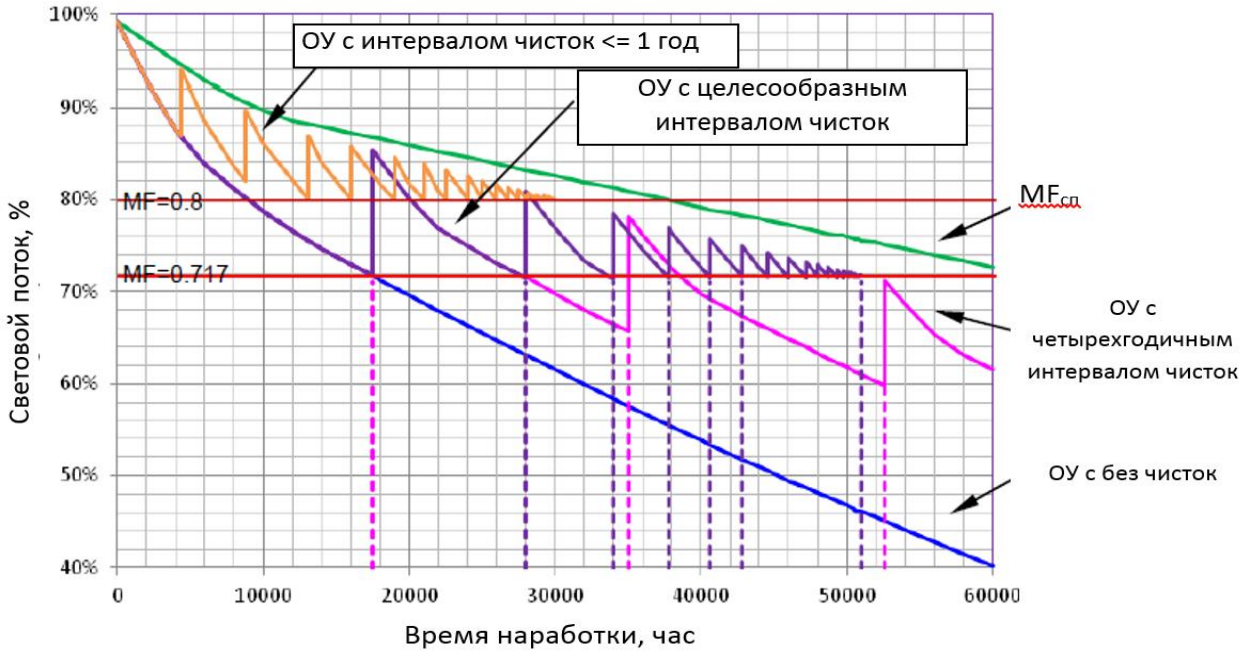


Рисунок А.1

Приложение Б
(обязательное)
Пример представления информации о уровнях загрязняющих воздействий на ОП определяется на основе условий среды в помещениях и конструктивных особенностях ОП

В общем случае коэффициент MFп зависит от конфигурации помещения, отражательных способностей поверхностей и типа светораспределения установленных ОП, а также, от природы и плотности пыли в помещении.

DFF - коэффициент, характеризующий тип светораспределения ОП, равен соотношению доли потока направленного вниз (DLOR) к общему потоку ОП (LOR).

DFF=DLOR/LOR (Б.1)

В таблице Б.1 Приведены значения коэффициента, учитывающего загрязнение отражающих поверхностей помещения при применении ОП прямого светораспределения (класс П).

В таблице Б.2 приведены значения коэффициента, учитывающего загрязнение отражающих поверхностей помещения при применении ОП прямого/отраженного (смешанного) светораспределения (класс ОП).

В таблице Б.3 приведены значения коэффициента, учитывающего загрязнение отражающих поверхностей помещения при применении ОП отраженного света (класс О).

Таблица Б.1 – Коэффициенты MFп для ОП прямого светораспределения

Коэффициент отражения потолок / стены / пол	Длительность эксплуатации (лет) ---------- окружающая среда (табл. А.2)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
		MFп												
0,80/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Ч	1,00	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Н	1,00	0,88	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	Г	1,00	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,80/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Ч	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Н	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Г	1,00	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
0,80/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Ч	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Н	1,00	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Г	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
0,70/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Ч	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Н	1,00	0,89	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Г	1,00	0,83	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
0,70/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Ч	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Н	1,00	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Г	1,00	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
0,70/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Ч	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Н	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Г	1,00	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
0,50/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Ч	1,00	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Н	1,00	0,91	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Г	1,00	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
0,50/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Ч	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Н	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Г	1,00	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
0,50/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Ч	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Н	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Г	1,00	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

Таблица Б.2 – Коэффициенты MFп для ОП смешанного распределения

Коэффициент отражения потолок / стены / пол	Длительность эксплуатации (лет) ---------- окружающая среда (табл. А.2)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
		MFп												
0,80/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Ч	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Н	1,00	0,81	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0.77	0,77	0,77
	Г	1,00	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
0,80/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Ч	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Н	1,00	0,85	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Г	1,00	0,76	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
0,80/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Ч	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Н	1,00	0,89	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Г	1,00	0,81	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
0,70/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,96	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Ч	1,00	0,91	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Н	1,00	0,83	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
	Г	1,00	0,72	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
0,70/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Ч	1,00	0,93	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Н	1,00	0,87	0,84	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Г	1,00	0,77	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
0,70/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Ч	1,00	0,95	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Н	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Г	1,00	0,82	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,50/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Ч	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Н	1,00	0,86	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Г	1,00	0,76	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
0,50/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Ч	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Н	1,00	0,89	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Г	1,00	0,81	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
0,50/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Ч	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Н	1,00	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Г	1,00	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84

Таблица Б.3 – Коэффициенты MFп для ОП отраженного света

Коэффициент отражения потолок / стены / пол	Длительность эксплуатации (лет) ---------- окружающая среда (табл. А.2)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
		MFп												
0,80/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Ч	1,00	0,86	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
	Н	1,00	0,72	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	Г	1,00	0,54	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
0,80/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Ч	1,00	0,88	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Н	1,00	0,76	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Г	1,00	0,59	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
0,80/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,96	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Ч	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Н	1,00	0,80	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Г	1,00	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,70/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Ч	1,00	0,86	0,83	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
	Н	1,00	0,73	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	Г	1,00	0,55	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,70/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Ч	1,00	0,89	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Н	1,00	0,77	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Г	1,00	0,60	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
0,70/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,96	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Ч	1,00	0,91	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Н	1,00	0,80	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Г	1,00	0,65	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,50/0,70/0,20	ОЧ	1,00	0,94	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Ч	1,00	0,87	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Н	1,00	0,75	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
	Г	1,00	0,57	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
0,50/0,50/0,20	ОЧ	1,00	0,95	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Ч	1,00	0,90	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	Н	1,00	0,78	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
	Г	1,00	0,61	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
0,50/0,30/0,20	ОЧ	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Ч	1,00	0,91	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Н	1,00	0,81	0,78	0,77	0,77	0.77	0,77	0,77	0.77	0,77	0,77	0.77	0.77
	Г	1,00	0,66	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61

Приложение В
(справочное)
Относительная спектральная меланопическая эффективность. Зависимость коэффициента $s_{mel}(\lambda)$ от длины волны светового излучения λ

λ nm	$s_{mel}(\lambda)$	λ nm	$s_{mel}(\lambda)$	λ nm	$s_{mel}(\lambda)$	λ nm	$s_{mel}(\lambda)$
380	0,000 918 17	480	0,965 604 65	580	0,026 874 74	680	9,576 4 E-06
385	0,001 667 24	485	0,990 621 33	585	0,017 862 45	685	6,754 2 E-06
390	0,003 094 42	490	1,000 000 00	590	0,011 790 14	690	4,788 0 E-06
395	0,005 880 35	495	0,992 022 29	595	0,007 734 30	695	3,408 4 E-06
400	0,011 427 71	500	0,965 951 66	600	0,005 066 86	700	2,438 2 E-06
405	0,022 811 23	505	0,922 298 68	605	0,003 317 66	705	1,752 5 E-06
410	0,046 154 99	510	0,862 888 10	610	0,002 176 98	710	1,265 6 E-06
415	0,079 476 62	515	0,785 233 46	615	0,001 433 14	715	9,180 8 E-07
420	0,137 237 35	520	0,699 628 04	620	0,000 947 31	720	6,689 9 E-07
425	0,187 096 37	525	0,609 422 12	625	0,000 627 65	725	4,895 3 E-07
430	0,253 865 23	530	0,519 308 71	630	0,000 417 96	730	3,597 7 E-07
435	0,320 679 47	535	0,432 533 30	635	0,000 279 80	735	2,654 9 E-07
440	0,401 587 07	540	0,351 707 23	640	0,000 188 34	740	1,967 4 E-07
445	0,474 002 37	545	0,279 135 20	645	0,000 127 34	745	1,463 7 E-07
450	0,553 715 24	550	0,215 722 25	650	8,657 5 E-05	750	1,093 3 E-07
455	0,629 653 95	555	0,162 055 89	655	5,919 1 E-05	755	8,195 9 E-08
460	0,708 048 62	560	0,118 525 62	660	4,069 5 E-05	760	6,167 5 E-08
465	0,785 216 18	565	0,084 345 72	665	2,813 2 E-05	765	4,659 2 E-08
470	0,860 290 78	570	0,058 701 27	670	1,955 3 E-05	770	3,532 7 E-08
475	0,917 733 56	575	0,040 008 89	675	1,364 8 E-05	775	2,688 0 E-08
						780	2,052 6 E-08

Приложение Г
(справочное)
Определение отклонения цвета в эллипсах МакАдама

В.1 Отклонение цвета в величинах шагов МакАдама рассчитывается по следующей формуле [34]:

$$n = \frac{\sqrt{(u\prime - u\prime_c)^2 + (v\prime - v\prime_c)^2}}{0.0011}, \text{(В.1)}$$

где

n – отклонение цвета рассматриваемого ОП от номинального значения в шагах МакАдама;

u’, v’ – координаты цветности рассматриваемого ОП колориметрической системе МКО 1976 года;

u_c’, v_c’ – координаты цветности номинальной КЦТ в колориметрической системе МКО 1976 года;

В.2 Перевод координат цветности колориметрической системы МКО 1931 (x, y) в систему МКО 1976 года (u_c’, v_c’) производится по следующим формулам [35]:

$$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3}, \qquad \text{(В.2)}$$

$$v' = \frac{9y}{-2x+12y+3}, \qquad \text{(В.3)}$$

В.3 Координаты цветности номинальных КЦТ (координаты центра области цветности) для каждой номинальной КЦТ выбираются в соответствии с Приложениями Б или В СТО.69159079-01-2018.

Приложение Д

(обязательное)

Таблица Г.1

Критерий	Параметры							
Освещенность	Горизонтальная	Вертикальная	Цилиндрическая	Совмещенная	Моделирование			
Равномерность освещенности	Равномерность	В рабочей области и в окружающих областях	Стен и потолка					
Яркостное пространство	Габаритная яркость светящей поверхности ОП	Объединенный показатель дискомфорта (UGR)	Отраженная блёскость на мониторах	Отраженная блескость на горизонтальной рабочей поверхности	Яркость поверхностей помещений	Соотношение яркостей Поверхностей помещений		
Цветовое пространство	КЦТ	Индекс цветопередачи	Специальные индексы цветопередачи	Отклонения цветности светящих поверхностей светильников	Равномерность цветности в пучке	Циркадная составляющая	HCL	Фотобиологическая безопасность
Стабильность параметров	Пульсации светового потока	Коэффициент сохранения светового потока	Допустимые отклонения цветности во времени	Коэффициент эксплуатации (деградация)	Коэффициент эксплуатации (загрязнение)			

Библиография

[1] DIN EN 12464-1:2011 Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Часть 1. Рабочие места в комнате (Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places.)

[2] CIE 227:2017 Освещение в зданиях для пожилых людей и людей с нарушениями зрения (Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings)

[3] ANSI/IES RP-28-16 Освещение и визуальная среда для пожилых людей и населения с плохим зрением (пересмотренный) (Lighting and the Visual Environment for Seniors and the Low Vision Population (Revised))

[4] ISO 10916:2014 Расчет влияния использования дневного света на чистое и конечное потребление энергии для освещения (Calculation of the impact of daylight utilization on the net and final energy demand for lighting)

[5] EN 13201-5:2015 Освещение уличное. Часть 5. Показатели эффективности энергетики (Road lighting - Part 5: Energy performance indicators)

[6] DIN EN 12464-1:2019 Проект документа. Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Часть 1. Рабочие места в помещении (Draft Document - Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places)

[7] Онлайн ресурс. Практика освещения Trilux. Обширная база знаний о внутреннем освещении (LP The trilux lighting practice online. extensive knowledge base of indoor lighting) - Режим доступа: https://www.trilux.com/en/lighting-practice/

[8] ISO/CIE TS 22012:2019(E) Свет и освещение. Определение показателя технического обслуживания. Порядок работы (Light and lighting — Maintenance factor determination — Way of working)

[9] Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Часть 1. Рабочие места в помещении (EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places)

[10] ISO 8995-1/CIE S 008/E Освещение рабочих мест внутри помещений (Lighting of Work Places - Part 1: Indoor)

[11] IES TM-15 Система классификации для светильников уличного освещения (Luminaire Classification System for Outdoor Luminaires)

[12] EN ISO 9241 Эргономика взаимодействия человека с компьютером (Ergonomics of human-computer interaction)

[13] CIE 117-1995. Публикация Международной комиссии по освещению (МКО) Дискомфортная блёскость в помещениях - (Discomfort Glare in Interior Lighting)

[14] СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах

[15] Постановление Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2017 N 1356 "Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения"

[16] CIE 13.3-1995 Метод измерения и определения свойств цветопередачи источников света (Method of measuring and specifying color rendering properties of light sources)

[17] DIN SPEC 5031-100 Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Физика оптических излучений и светотехника. Часть 100. Отрицательное воздействие видимого света на человека. Величины, символы и спектры воздействия (Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra)

[18] licht.wissen 21 – Человеко-ориентированное освещение (Guide to Human Centric Lighting (HCL)) – Режим доступа: https://en.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1809_lw21_E_Guide_HCL_web.pdf

[19] IEEE Std 1789-2015 IEEE Рекомендуемые методы модуляции тока в светодиодах высокой яркости для снижения риска для здоровья человека (Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers. / The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA).

[20] ТР ТС 004/2011 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности низковольтного оборудования"

[21] Официальное заявление Международной комиссии по освещению по опасности синего света. – Апр. 2019 г (CIE Position Statement on the Blue Light Hazard) - Режим доступа: http://files.cie.co.at/CIE%20PS%20BLH_RU.pdf

[22] Руководство по освещению, подготовленное Светотехническим обществом Северной Америки (IESNA) (IESNA The Lighting Handbook, 9th, 10th Editions)

[23] DSI Bus Standard Version 2.5 April. – Режим доступа: https://www.dsiconsortium. org/downloads/DSI_2.5_20090416.pdf

[24] IEC 62386-217:2018 Цифровой адресный интерфейс освещения. Часть 217. Частные требования к пускорегулирующим аппаратам. Тепловая защита пускорегулирующих аппаратов (устройство типа 16) (Digital addressable lighting interface - Part 217: Particular requirements for control gear - Thermal gear protection (device type 16))

[25] ANSI E1.27-1 – 2006 (R2016) Стандарт для портативных кабелей (Entertainment Technology—Standard for Portable Control Cables for Use with ANSI E1.11 (DMX512-A) and USITT DMX512/1990 Products) – Режим доступа: https://tsp.esta.org/tsp /documents/docs/E1-27-1_2006R2016.pdf

[26] EN 12464–1:2011* Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Часть 1. Рабочие места в помещениях (Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places)

[27] EN 12464–2:2014* Свет и освещение. Освещение рабочих мест. Часть 2. Наружные рабочие места (Light and lighting – Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places)

[28] CALiPER report №23 Фотометрические испытания светодиодных светильников (Photometric Testing of White-Tunable LED Luminaires) – Режим доступа: https://www.energy.gov/sites/prod/files/ 2018/ 09/f55/caliper_23_white-tunable-led-luminaires_0.pdf

[29] DIN SPEC 67600:2013-04 Биологически эффективное освещение. Руководство по проектированию (Biologically effective illumination - Design guidelines)

[30] ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016. Качество среды в помещении (Quality indoor)

[31] Строительный стандарт WELL Building Standard™ (WELL)

[32] IES TM-30-15 Метод IES для оценки цветопередачи источника света (IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition)

[33] ANSI C78.377-2017 Американский национальный стандарт на электрические лампы - спецификация цветности светодиодных осветительных приборов (American National Standard for Electric Lamps—Specifications for the Chromaticity of Solid-State Lighting Products)

[34] CIE TN 001:2014. Спецификация разности цветности для источников света (Chromaticity difference specification for light sources)

[35] CIE 15.3:2004. Колориметрия. Третье издание (Colorimetry. Third edition)

СТО.69159079-05-2020

СТАНДАРТ АССОЦИЦИИ

Приборы осветительные светодиодные. Требования к комфортной световой среде

Ключевые слова:

Стандарт саморегулируемой организации, осветительные приборы, светильники, светодиоды, технические параметры, эксплуатационные параметры, требования, световая среда.

Руководитель разработки:
Председатель Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ А.А. Богданов

Согласовано:
Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ Г.С. Бегиджанов

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ Р.М. Галимов

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ С.Ю. Горюшин

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ В.А. Лунчев

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ А.О. Мартынов

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ Д.Е. Маслов

Член Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ С.А. Мордавченков

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					