

**Использование светодиодных  
светильников для освещения  
внутренних помещений.  
Требования нормативных документов  
по освещенности, цветопередаче и  
спектру излучения источников света.**

***Технический директор ООО «Техносвет групп»***

***Гладин Дмитрий Викторович***

## ***Использование светодиодных светильников для освещения внутренних помещений. Требования нормативных документов по освещенности, цветопередаче и спектру излучения источников света.***

*Технический директор ООО «Техносвет групп» Дмитрий Гладин*

В нашей стране, как и во всем мире существуют нормативные документы, в которых на законодательном уровне закреплены нормы и правила выполнения систем искусственного и естественного освещения, обеспечивающие необходимые значения количественных и качественных параметров освещения.

В промышленном освещении эффективность систем освещения определяется производительностью труда, зрительной работоспособностью, заданной вероятностью правильного решения зрительной задачи, видимостью различаемых предметов. При этом одним из основных факторов является эффективное использование электрической и тепловой энергии.

В общественных помещениях эффективность систем освещения, кроме того может определяться архитектурно-художественным восприятием окружающего пространства.

В целях обеспечения эффективности освещения в конкретных условиях использования проводятся мероприятия по нормированию освещения, в основе которых лежат результаты научных исследований в области физиологии зрения, гигиены человека и экологии окружающей среды, техники, эстетики и экономики освещения, учитываются национальные материальные и энергетические ресурсы.

Компания ООО «Техносвет групп» являясь одним из лидеров в области создания и производства специализированных светодиодных систем освещения для сельского хозяйства, разрабатывает и производит светодиодное осветительное оборудование для общего внутреннего и наружного использования. Наличие высококвалифицированных специалистов и современной производственной базы позволяет нашему предприятию предлагать на рынке эффективные светодиодные источники света и системы освещения, обеспечивающие выполнение требований нормативных документов при оптимальной стоимости.

Существует большое количество параметров нормирования систем освещения. Все они в большей или меньшей степени определяют эффективность использования осветительных установок, тем не менее, при разработке и производстве осветительного оборудования нашим предприятием внимание уделяется каждому параметру.

Рассмотрим некоторые характеристики систем освещения, определяющие их эффективность:

- 1.) Освещенность, создаваемая источниками света в определенных точках и (или) зонах внутренних помещений.
- 2.) Спектральный состав излучения источников света. Цветовая температура и общий индекс цветопередачи источников света.

***Освещенность, создаваемая источниками света в определенных точках и (или) зонах внутренних помещений.***

В помещениях, как правило, нормируется освещенность на рабочей поверхности, причем в большинстве стран – это средняя освещенность, а в отечественном СНиПе – минимальная освещенность.

Необходимо помнить, что недостаточная освещенность рабочих мест приводит к существенному снижению производительности труда, отрицательно сказывается на здоровье человека и может привести к снижению зрения, в тоже время избыточная освещенность приводит к быстрой утомляемости и дискомфорту. На основании научных исследований определены оптимальные уровни освещенности для различных зон и рабочих мест, как в промышленных помещениях, так и в общественных зданиях. Значения уровня освещенности в люксах (Лк) закреплены в нормативных документах. В Российской Федерации одним из основных документов определяющим освещенность является СНиП 23-05-95 (с изменениями 2003 года), кроме того существуют и другие нормативные документы. В зарубежных странах разработаны свои национальные стандарты. В **таблице 1** представлены нормируемые значения освещенности (Лк) некоторых помещений общественных зданий по различным документам. Кроме того, представлены светодиодные светильники производства ООО «Техносвет групп» и рекомендации по их использованию. Для наглядности, применительно к светодиодному светильнику СК-600Т мощностью 35 Вт и световым потоком 3500 люмен (Лм) при высоте установки светильника до 2,7 метра и на расстоянии 0,8-1 метра от пола (например, стол как рабочая поверхность) создается уровень освещенности 400-450 Лк. Эти данные определены для одиночного светильника, соответственно при взаимном пересечении световых потоков нескольких светильников, уровень освещенности будет выше и зависит от расстояний между источниками света. Кроме того, в **таблице 2** приведены нормированные уровни освещенности в различных местах жилых квартир.

### ***Спектральный состав излучения источников света. Цветовая температура и общий индекс цветопередачи источников света.***

Для обеспечения зрительного и психофизиологического комфорта при нахождении в помещениях общественных зданий и технико-экономической эффективности осветительных систем выбор источников света осуществляется по их спектральным и цветовым характеристикам – цветовой температуре и общему индексу цветопередачи.

**Цветовая температура** может показаться довольно странным параметром, объединяющим две, на первый взгляд, не имеющие взаимосвязи, величины – температуру и цвет. Однако она является важной характеристикой источников белого света. Для примера лучше всего взять естественное излучение Солнца, которое мы наблюдаем. Благодаря наличию атмосферы Земли, солнечное излучение в зависимости от положения Солнца на небе существенно изменяет свой спектральный состав. В ясную погоду, когда оно находится в зените, нашими органами зрения освещение ощущается как яркое белое, а при закате и восходе, напротив, как смещенное в область желтых и даже красных тонов. Причиной этого является различная толщина воздушной атмосферы в этих случаях. Молекулы газов и воды, находящиеся в составе воздушной атмосферы, рассеивают световое излучение. Согласно закону Дж. У. Рэлея (1871 год) интенсивность такого рассеяния прямо пропорциональна четвертой степени частоты излучения.

Таблица 1

*Нормируемые значения освещенности (Лк) основных помещений общественных зданий по различным документам.*

Помещения	СНиП 23-05-95, Россия	Стандарт МКО СIE 008/E-2001; Европейский стандарт EN 12464-1:2002	ANSI/IES, США	Рекомендуемые светильники производства «Техносвет групп»
Кабинеты и рабочие комнаты	300, 400	500	500-1000	СК-600Т
Проектные залы, конструкторские и чертежные бюро	500,600	750	500-1000	СК-600К
Машинописные и машиносчетные бюро	400,500	500	500-1000	СК-600Т
Читальные залы библиотек	400,500	500	500-1000	СК-600Т
Комнаты для читательских каталогов	200	200	300	СК-600С
Комнаты для работы с дисплеями и видеотерминалами, дисплейные залы: на экране на столах	200 400,500	750-500	100 500-1000	СК-600К
Конференцзалы, залы заседаний	300,500	500	300-500	СК-600Т
Операционный зал банка, кассовый зал, помещения для пересчета денег клиентами и кассирами	400,500	500	300-500	СК-600Т
Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты: на доске на рабочих местах	500 400	500 300-500	500-1000 500-1000	СК-600Т
Торговые залы магазинов	200,300,400	500	300-500	СК-600Т
Вестибюли и гардеробные	30,75,150	200	100	СК-600С
Лестницы	50,100	150	100	СК-600С

Таблица 2

**Сравнение нормируемых освещенностей (Лк) помещений жилых зданий по различным документам.**

Наименование помещений	СНиП 23-05-95, Россия	Публикация МКО № 29	IESNA RP-11-1999, США	CIBS Code, Великобритания
<b>Жилая комната</b>				
Общее освещение	150	50-100-150	100-150-200	50
Эпизодическое чтение		200-300-500	200-300-500	150
Шитье		500-750-1000	500-750-1000	300
<b>Кабинет</b>				
Работа за письменным столом (чтение, письмо)	300	300-500-750	300-500-750	300
<b>Спальни</b>				
Общее освещение	150	50-100-150	100-150-200	50
Чтение лежа (у изголовья)		100-150-200	200-300-500	200
<b>Кухни</b>				
Общее освещение	150	50-100-150	-	-
Работа у плиты, мойки, готовка		200-300-500	300-500-750	300
<b>Ванная</b>	50	50-100-150	100-150-200	100
<b>Холлы</b>	50	50-100-150	100-150-200	150
<b>Лестницы</b>	20	20-30-50	20-30-50	30

Таким образом, излучение более высокой частоты (в видимой части спектра это синие и фиолетовые составляющие) значительно более подвержено рассеянию, чем желтые и красные составляющие спектра. При закате и восходе положение Солнца к наблюдателю определяет гораздо большую для прохождения света толщину атмосферы, чем при нахождении его в зените. Поэтому, соотношение различных цветовых составляющих (различная частота излучения) при восходе и закате смещается в сторону более «теплых» тонов, то есть в желтую и красную. На этом же физическом явлении основан и эффект «голубого неба», наблюдаемого нами со дна воздушного океана нашей планеты.

Цветовая температура измеряется в кельвинах (К) и основана на зависимости спектра излучения абсолютно черного тела от его температуры нагрева. При восходе и закате Солнца мы наблюдаем световое излучение аналогичное, например, куску металла при относительно малом нагреве. Повышая температуру нагрева, можно добиться цвета близкого к ослепительно белому, как Солнце в зените.

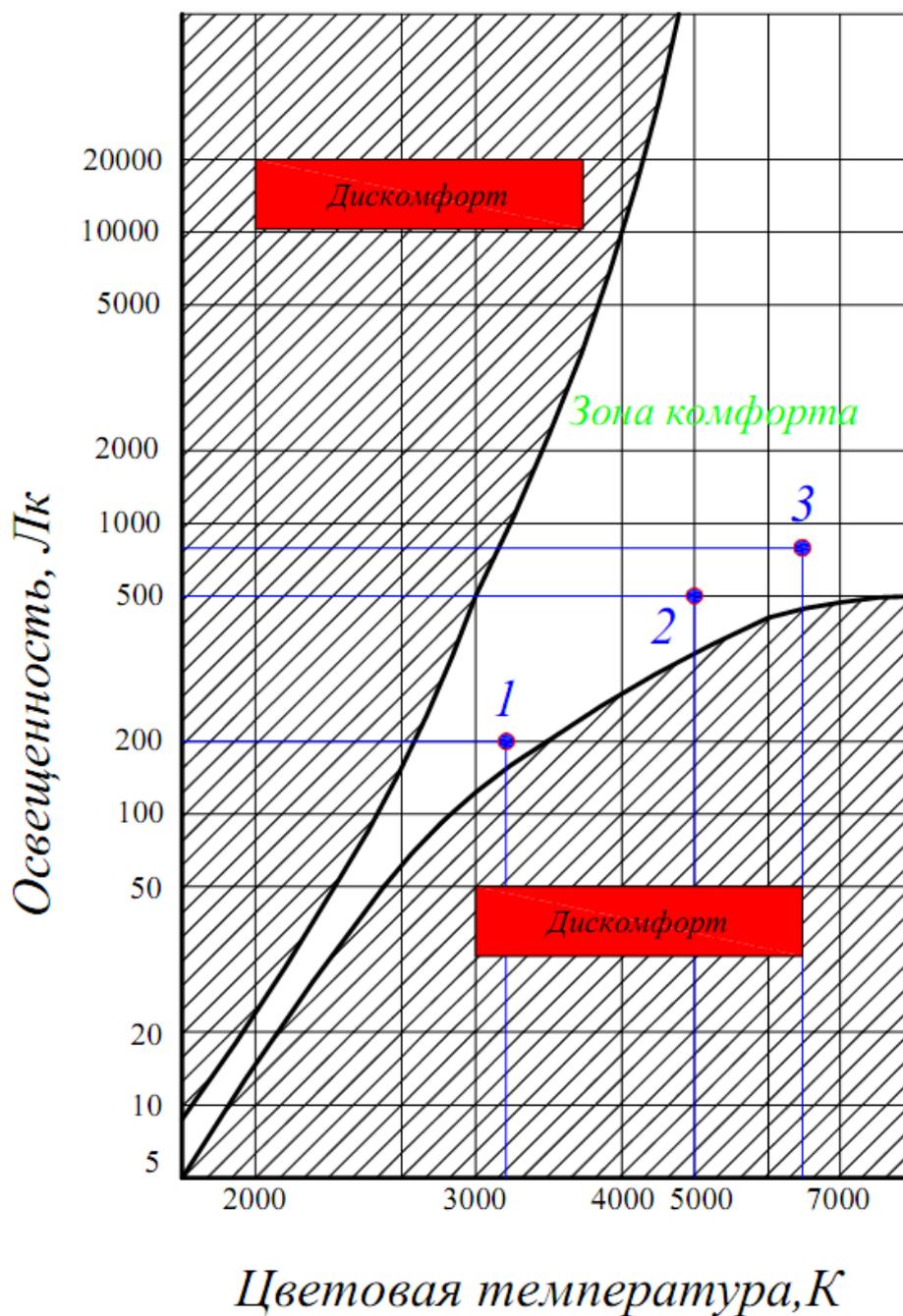
Источники белого света согласно стандарту МКО по цветности излучения делятся на 3 группы:

**Теплые (менее или равны 3300 К)**

**Средние (от 3300 К до 5300 К)**

**Холодные (более или равны 5300 К)**

Пример солнечного излучения при различных положениях Солнца на небе важен для понимания психофизиологического воздействия излучения искусственных источников света при различных соотношениях цветовой температуры и уровня освещенности. На



*Рис.1 Зависимость комфортного уровня освещенности от цветовой температуры источника света.*

основании параметров естественного излучения Солнца и научных исследований по психофизиологическому и зрительному восприятию излучения, выработаны рекомендации по соотношению цветовой температуры и уровня освещенности. **На рисунке 1** приведена известная **номограмма Крюитгофа**. В полном соответствии с восприятием солнечного излучения зона комфорта при высоких цветовых температурах гораздо шире, чем при низких. Выход из этой зоны по одному или обоим параметрам ведет к ощущению дискомфорта и снижению работоспособности. Поэтому, при разработке и производстве светильников специалисты компании внимательно подходят к выбору цветовой температуры источников света в зависимости от уровня освещенности на рабочем месте. Например, точка 1 на рисунке соответствует светильнику **СК-600С**

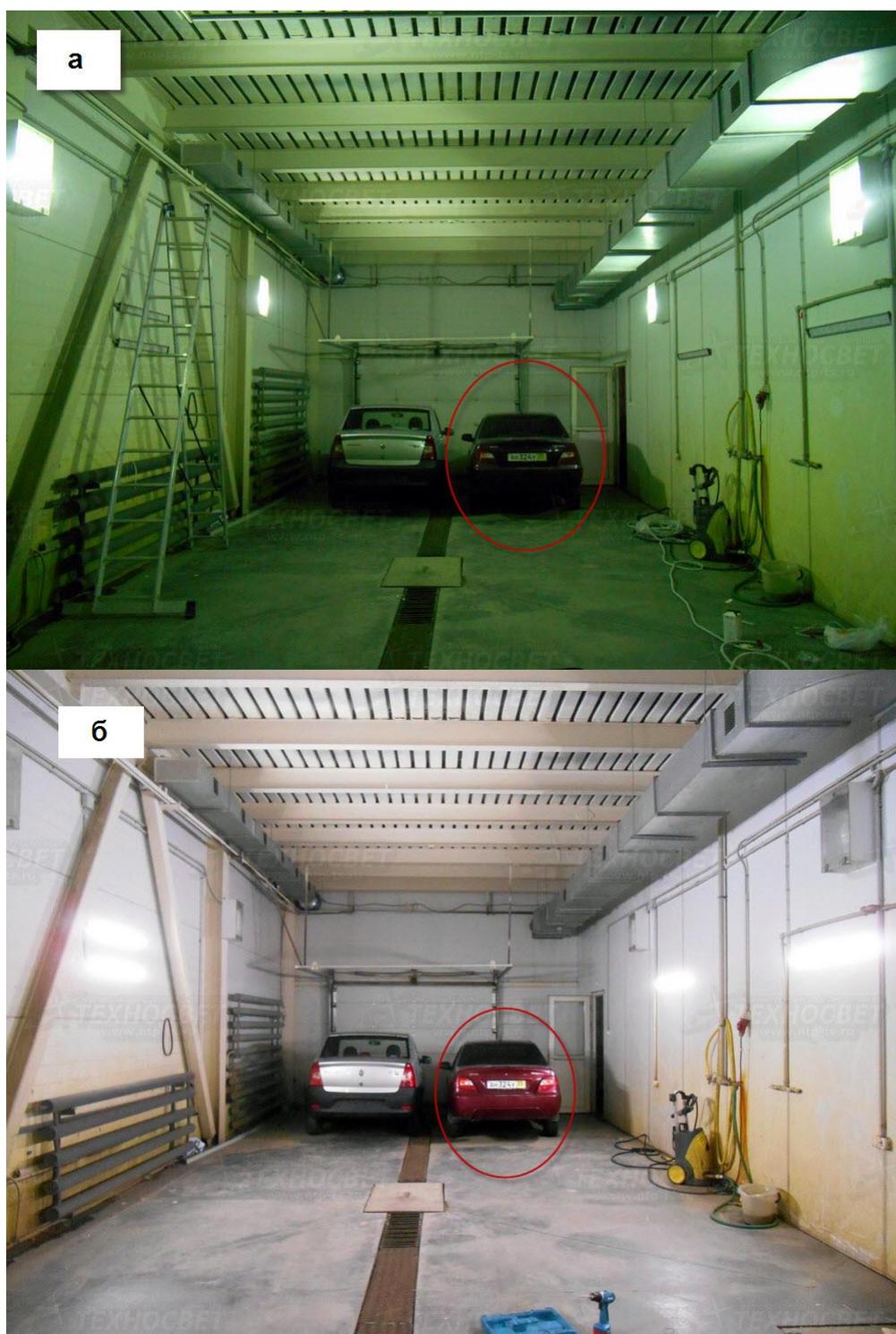
(уровень освещенности на рабочем месте 130-200 Лк при высоте установки до 3 метров, цветовая температура 3000-3200 К). Точка 2 – светильник **СК-600Т** (цветовая температура 4500-5000 К, уровень освещенности рабочего места – 400 - 500 Лк). Точка 3 – светильник **СК-600К** (6000-7000К, 600-750 Лк соответственно).

**Индекс цветопередачи источников света (CRI)** является другой важной характеристикой источников света. Он характеризует способность источников света передавать реальные цвета физических объектов, ими освещаемых. За эталонный источник света, обладающий максимальным показателем цветопередачи (100) принимают источник естественного дневного света (Солнца) с учетом изменения его спектра при прохождении атмосферы Земли. Из источников света, используемых в настоящее время, индексом цветопередачи практически равным 100 обладают лампы накаливания. Они по праву считаются лучшими из всех источников искусственного освещения с точки зрения цветопередачи. Максимальное искажение реальных цветов окружающих предметов создают источники света с излучением одной длины волны (или очень узкого диапазона) в пределах видимой части спектра, и они, соответственно, обладают минимальным индексом цветопередачи. **На рисунке 2** изображена одна и та же картина при освещении ее источником света с высоким индексом цветопередачи (а) и низким (б).



**Рис.2 Картина, освещаемая источником света с высоким (а) и низким (б) индексом цветопередачи**

В декабре 2013 года, делая снимки помещения автомойки, где проводилась замена люминесцентного освещения на светодиодное, выявилась ситуация, при которой наглядно видно различие в цветопередаче различных источников света. На рисунке 3 представлены снимки с одинакового ракурса при люминесцентном освещении (лампы ДРЛ250) и при светодиодном освещении.



**Рис.3** Снимки одного и того же помещения при люминесцентном (а) и светодиодном освещении (б)

При освещении люминесцентными лампами (а) цвет автомобиля справа (выделен красным контуром) по сравнению с освещением светодиодными светильниками выглядит неестественно, гораздо темнее натурального. Понятно, что в данном случае необходимо учитывать цветопередачу матрицы фотоаппарата, но его настройки были одинаковыми во время обоих снимков. Объяснить это, в данном случае, достаточно легко. Как видно на снимке с люминесцентным освещением, по характеру отражения от светлых стен и

предметов, в спектре источников света присутствует гораздо больше излучения с длиной волны в области зеленого цвета видимого спектра. Автомобиль покрашен краской, которая отражает излучение с длиной волны в области красного цвета видимого спектра, все остальное излучение, по крайней мере, видимого спектра, она поглощает. Относительно малая мощность излучения с длиной волны в области красного цвета и определяет при отражении от поверхности автомобиля, его цвет как гораздо более темный (и искаженный) для восприятия человеческим глазом. В спектре излучения светодиодных светильников белого света составляющие различного цвета (например, некоторые предметы на снимке имеют естественный желтый и голубой цвет), в том числе и красного, находятся в соотношении, достаточно близком к соотношению в спектре дневного солнечного света или излучения абсолютно черного тела, имеющими, как принято считать, индекс цветопередачи равным 100.

Таким образом, используя, например, источник света со светодиодами желтого свечения (или как иногда говорят янтарного) можно зеленый банан для зрительного восприятия превратить в желтый. К сожалению, в некоторых случаях такие особенности используют недобросовестные производители. Например, можно эффективно увеличить привлекательность даже несвежего мяса, используя для подсветки витрины источники света со светодиодами красного цвета.

**В таблице 3** приведены значения суммарных индексов цветопередачи наиболее распространенных источников света.

**Таблица 3**

**Значения суммарных индексов цветопередачи наиболее распространенных источников света.**

Источник света	Индекс цветопередачи
Солнечный свет	100
Кварцевые галогенные лампы с вольфрамовой нитью накаливания	100
Лампы с вольфрамовой нитью накаливания	100
Флуоресцентные лампы	60-95
Трехцветные светодиоды белого свечения	60-95
Светодиоды белого свечения на основе люминофоров	55-85
Двухцветные светодиоды белого свечения	10-60
Ртутные лампы, покрытые люминофором	50
Ртутные лампы	33
Натриевые лампы высокого и низкого давления	10 и 22
Зеленый монохроматический свет	-50

Из таблицы можно сделать вывод, что вне конкуренции по индексу цветопередачи – лампы накаливания с вольфрамовой нитью накаливания и кварцевые галогенные лампы. Основной и существенный их недостаток – крайне низкая световая эффективность (световая отдача 10-30 Лм/Вт). Натриевые лампы высокого и низкого давления, наоборот, при световой отдаче до 150 Лм/Вт, обладают очень низким индексом цветопередачи (10 и 22). Сбалансированными по этим показателям выглядят источники света на светодиодах. Например, наиболее распространенные в настоящее время источники белого света на основе светодиодов с использованием люминофоров при индексе цветопередачи до 85 и выше, обладают световой отдачей до 120-130 Лм/Вт.

В СНиП 23-05-95 (с изменениями 2003 года) определены требования к спектральному составу источников для освещения жилых и общественных зданий, представленные в таблице 4

Таблица 4

**Требования к спектральному составу источников для освещения жилых и общественных зданий в СНиП 23-05-95**

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, Лк	Минимальный индекс цветопередачи, CRI	Диапазон цветовой температуры, К	Примеры помещений
<b>Обеспечение зрительного комфорта в помещениях при выполнении зрительных работ</b>				
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению и выбор цвета	Выше 300	90	3500-6000	Специализированные магазины «Ткани», «Одежда»
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению	Выше 300 от 150 до 300	85 85	3500-5000 3500-4500	Кабинеты рисования, выставочные залы, химические лаборатории
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	Выше 300 от 150 до 300 менее 150	55 50 50	3500-5000 300-4500 2700-3500	Торговые залы магазинов, обеденные залы, крытые бассейны, спортзалы
Требования к цветоразличению отсутствуют	Выше 300 от 150 до 300 менее 150	55 50 45	3500-5000 3000-4500 2700-3500	Кабинеты, рабочие комнаты, архивы, хранилища и т.д.
<b>Обеспечение психоэмоционального комфорта в помещениях при выполнении зрительных работ</b>				
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	Выше 300 от 150 до 300 менее 150	80 55 50	2700-4500 2700-4200 3000-3500	Концертные залы, зрительные залы, вестибюли и т.д.
Требования к цветоразличению отсутствуют	Менее 150	45	2700-3500	Лифтовые холлы, коридоры, проходы и т.д.
<b>Обеспечение зрительного и психоэмоционального комфорта в помещениях жилых зданий</b>				
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	150 50	80 80	2700-4000 2700-4000	Жилые комнаты, кухни, прихожие, ванные комнаты
Требования к цветоразличению отсутствуют	Менее 100	45	3000-3500	Лестничные клетки, лифтовые холлы, вестибюли

В таблице 5 приведены рекомендуемые характеристики источников света для производственных помещений при системе общего освещения согласно СНиП 23-05-95(с изменениями 2003 года) .

**Таблица 5**

**Рекомендуемые характеристики источников света для производственных помещений при системе общего освещения согласно СНиП 23-05-95**

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, Лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света	Диапазон цветовой температуры источников света, К
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т.д.)	300 и более	90	5000-6000
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (тканство, швейное производство, цветная печать и т.д.)	300 и более	85	3500-6000
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов и т.д.)	500 и более	50	3500-6000
	300,400	50	3500-5500
	150,200	45	3000-4500
	Менее 150	40	2700-3500
Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т.д.)	500 и более	50	3500-6000
	300,400	40	3500-5000
	150,200	29	2600-4500
	Менее 150	25	2400-3500

На основании таблиц 3,4,5, сопоставляя технические характеристики светодиодных светильников и требования к спектральному составу, индексу цветопередачи и световому потоку, можно сделать вывод, что применение источников света на основе светодиодов позволяет выполнить требования нормативных документов. В то же время необходимо учитывать особенности применения светодиодов, связанные, например, с индексом цветопередачи. Для выполнения требований к индексу цветопередачи менее 85 могут использоваться светодиоды на основе светодиодов белого свечения с люминофором, если необходим индекс цветопередачи более 85 целесообразно применять трехцветные светодиоды белого свечения. Кроме того, для использования светодиодных светильников с большим световым потоком для реализации высоких уровней освещенности необходимы специальные технические решения, позволяющие обеспечить эффективный отвод тепла от источников света для максимального продления срока их службы.

Компания «Техносвет групп» при разработке и производстве светодиодных светильников различных применений проводит исследования, направленные на учет максимального количества факторов, влияющих на технические характеристики и эксплуатацию источников света на основе светодиодов в различных условиях.

В заключение хочу отметить, что при написании данной статьи, кроме нормативных документов, активно использовалась специализированная литература. В частности, при составлении таблицы 3 и некоторых материалов по индексу цветопередачи светодиодов использовалась книга Фреда Е. Шуберта «Светодиоды», 2008 год (перевод с английского под редакцией А.Э. Юновича). Значительная часть материала, связанного с требованиями к источникам света и их техническими характеристиками, взята из «Справочной книги по светотехнике/Под редакцией Ю.Б. Айзенберга, 2006 год.