



WHITE PAPER

Use of Light Emitting Diodes in Dental Operator Lighting
(«Применение светоизлучающих диодов в освещении стоматологических кабинетов», официальный документ)



СОДЕРЖАНИЕ

История	3
Цель настоящей работы.....	3
Основные элементы обеспечения освещения стоматологического кабинета	4
Площадь освещения	4
Качество освещения.....	5
Цвет	5
Коррелированная цветовая температура.....	6
Хроматичность	6
Индекс цветопередачи.....	7
Стабильность и однородность освещения.....	8
Затемнение	8
Совместимость с пломбировочными материалами, подвергающимися полимеризации	9
Другие важные характеристики стоматологического светильника.....	10
Эргономичность стоматологического светильника	10
Оптическая резкость и достаточное освещение	10
Маневренность светильника	11
Простое и интуитивно понятное управление светильником	12
Контроль инфекций	12
Полный порядок во всем	13
Эстетические характеристики	13
Краткая информация о светодиодах, их преимуществах и недостатках	13
Преимущества использования светодиодов в стоматологических светильниках	14
Недостатки использования светодиодов в стоматологических светильниках	15
Библиография.....	16

ИСТОРИЯ

На протяжении последних двух десятилетий традиционные технологии освещения (например, лампа накаливания, флуоресцентные лампы), используемые в различных промышленных и других отраслях, все чаще заменяются светоизлучающими диодами (светодиодами, или LED). Потенциальными преимуществами, характеризующими светодиоды, являются высокий уровень освещения на выходе, разнообразие световых и спектральных характеристик, низкая теплота излучения, более продолжительный срок службы, компактность и низкий уровень энергопотребления. Все это делает светодиодную технологию весьма привлекательной.

За последние пять лет качество и характеристики светодиодов нового поколения были улучшены, и теперь эта технология может быть использована и в стоматологической отрасли. На сегодняшний день разработкой и продажей светодиодных стоматологических светильников занимаются множество производителей стоматологического оборудования.

Критический анализ конкурентной продукции показывает, что производители еще не вполне освоили технологии производства лучших в своем классе светильников на галогеновых лампах. Тем не менее, светодиодная технология становится все более популярной в стоматологической отрасли как среди производителей, так и среди стоматологов. Светодиодная технология будет способствовать модернизации и инновациям на рынке стоматологических светильников, и возможно, уже в ближайшие 5–10 лет заменит собой светильники на галогеновых лампах.

ЦЕЛЬ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ

Во-первых, она предназначена для информирования стоматологического сообщества об основных требованиях к освещению в стоматологических кабинетах. Во-вторых, в ней описывается взаимосвязь этих требований и применения светодиодной технологии с точки зрения преимуществ и согласований. Третья, и самая важная, цель состоит в предоставлении основанных на подтвержденной информации рекомендаций или заключений по выбору качественных стоматологических светильников для клиники.

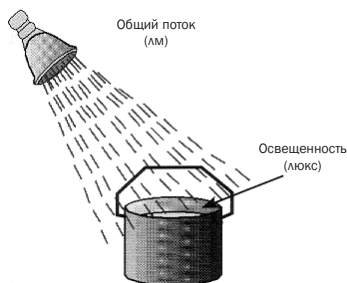


Рисунок 1

**Первое, на что надо
обратить внимание это
качество освещения
ротовой полости**

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО КАБИНЕТА

Прежде всего, любой стоматологический светильник призван служить стоматологу так, чтобы лечение осуществлялось на высочайшем качественном уровне и с максимальной производительностью. Для этого освещение, обеспечиваемое стоматологическим светильником, должно покрывать достаточную площадь, быть качественным и равномерным. Поскольку эти термины носят в известной степени качественную окраску и, следовательно, могут быть субъективными, полезным будет описать показатели светильника с помощью более объективных параметров.

Площадь освещения

Применимо к ротовой полости под площадью освещения следует понимать количество света, падающего на определенную площадь (рис. 1).

Этот показатель описывается термином «освещенность»¹ и обычно измеряется в люксах (люмен/м²), но может быть выражен и в футах-свечах.

Качественный светильник обычно покрывает область, равную 90–100 мм в высоту и в 150–160 мм в ширину, что позволяет полностью осветить ротовую полость без необходимости перемещения светильника, а также осветить периферийные участки, для снижения нагрузки на глаза. Уровни освещенности для большинства стоматологических манипуляций могут варьировать от менее чем 8 000 люкс (например, для световой полимеризации композитных материалов) до 30 000 люкс для процедур, проводимых в боковых отделах ротовой полости, которые подразумевают использование технологий, требующих непрямого зрения, и препарирования с водяным охлаждением (например, подготовка второго моляра в верхнечелюстной зубной дуге).

Несмотря на то что данный уровень освещенности достаточно высок по сравнению с большинством других стоматологических процедур, он подходит для более сложных процедур, подобных описанной выше. При этом важно отметить, что не все процедуры требуют такого объема освещенности, и стоматологи должны чтобы использовать только тот объем, который необходим для сохранения здоровья их глаз. [\(Дополнительную информацию о выборе уровня освещенности см. в разделе об эргономических характеристиках стоматологических светильников, стр. 10.\)](#)

¹ В соответствии со стандартом ISO 9680, площадь в размере 50 x 25 мм должна быть освещена как минимум на 75%. Однако большинство стоматологических светильников способны покрыть и более обширные площади, чтобы обеспечить качественное освещение полости рта и щек пациента.

Отражаемый полостью рта пациента свет (т.е. воспринимаемый) напрямую зависит от источника света



Рисунок 2

Качество освещения

Учитывая растущее понимание людьми всей важности диагностики и лечения заболеваний зубов, а также высокий спрос на косметические пломбировочные материалы, которые выглядели бы естественно и производили прекрасный эстетический эффект, качественные стоматологические светильники пользуются все большей популярностью.

На протяжении десятилетий в стоматологической профессии и индустрии существовала договоренность о том, что освещение ротовой полости должно иметь нейтральный белый цвет, чтобы врач смог диагностировать заболевание и отличить здоровые ткани от больных или поврежденных.

Поэтому производители стоматологических светильников стремились наладить производство приборов, которые бы максимально точно имитировали естественный солнечный свет. Поскольку естественный солнечный свет обеспечивает широкий и сбалансированный цветовой спектр (распределение спектральной интенсивности света), человеческий глаз воспринимает такой свет как идеальный для распознавания истинного цвета объекта. Чем больше источник освещения похож по своему качеству на солнечный свет, тем выше вероятность того, что стоматолог правильно оценит состояние ротовой полости пациента. Проще говоря, качество света, отражаемого от ротовой полости пациента и воспринимаемого стоматологом, аналогично качеству света, поступающего из источника.

Цвет

Если говорить субъективно, то одной из основных задач стоматологического светильника является передача естественного цвета ткани, что лучше всего достигается в случае использования белого света. Важно отметить, что цвет, воспринимаемый человеческим глазом как белый, фактически содержит в себе все цвета (т. е. длины волн) видимого света. Это сочетание цветов выражается распределением спектральной интенсивности света, излучаемого источником.

Для цветовых характеристик источника света распределение спектральной интенсивности (рис. 2) является своего рода отпечатком пальца. Оно содержит всю информацию о цветах, испускаемых источником света, однако с его помощью нельзя легко и просто описать цветовые характеристики источника в целом, равно как и его способность обеспечить распознавание цветов. Для описания характеристик качества цвета, испускаемого источником, в производстве приборов для освещения стандартно используются следующие показатели: коррелированная цветовая температура, хроматичность и индекс цветопередачи.

Коррелированная цветовая температура



Рисунок 3

Цветовая температура нейтрального белого света составляет 5 000 К, поэтому большинство производителей стоматологического оборудования выбирают для своих светильников это значение или примерно равное ему.

Воспринимаемый цвет, который испускается источником света, часто характеризуется с помощью коррелированной цветовой температуры (КЦТ). Понятие цветовой температуры основано на явлении разогрева массы до такой температуры, при которой она испускает свет. Его цвет зависит от температуры, измеряемой по шкале Кельвина (К). Таким образом выводится соотношение между температурой и цветом. Это соотношение показано на рис. 3. Оно называется идеальным излучателем абсолютно черного тела. Большинство источников света не способны безупречно воспроизвести цвета идеального излучателя абсолютно черного тела, однако можно определить максимальное приближение к этому: коррелированную цветовую температуру. Этот термин подчеркивает, что точный цвет идеального черного тела необязательно может быть достигнут при указанной температуре.

По ряду причин метод цветовой температуры может вызвать затруднения, поэтому следует учитывать следующие важные моменты. Во-первых, существует мнение, что именно при этой температуре должен работать светильник. Это необязательно так (из всех металлов самая высокая температура плавления у вольфрама — 3 695 К). Во-вторых, цвета красного оттенка часто называют «теплыми», а синего — «холодными». Однако как ни парадоксально, синему цвету соответствует более высокая КЦТ, чем красному.

КЦТ является удобным способом определения температуры света, однако сама по себе КЦТ не дает полной информации о качестве испускаемого цвета. Это в значительной степени применимо к таким источникам освещения, как светодиоды, принцип работы которых не зависит от нагревания нити накаливания до появления цвета, так как цвет может существенно отличаться от цветов, производимых излучателем абсолютно черного тела.

Хроматичность

Поскольку принцип работы светодиодных светильников отличается от принципа работы ламп накаливания, подробного описания белого цвета только с точки зрения КЦТ будет недостаточно. Поэтому будет целесообразно воспользоваться характеристиками хроматичности.

В отличие от КЦТ, которая ограничена только цветами, испускаемыми источником абсолютно черного тела, хроматичность охватывает все цвета. Существует множество систем отображения двухразмерности хроматичности, где каждая пара обозначает один цвет. Наиболее распространенный пример — система координат хроматичности (x , y) — показан на рис. 4. Указав значения для x и y , можно получить точную характеристику цвета.

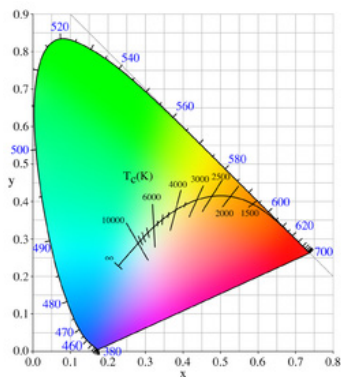


Рисунок 4

Примечательно, что на рисунке также показана кривая цветов, излучаемых абсолютно черным телом. Короткие прямые линии обозначают участки, вдоль которых КЦТ сохраняет постоянное значение. Данная модель также демонстрирует недостаточность КЦТ для описания качества цвета. Рассмотрим контурную линию на 6 000 К. В области ее пересечения с кривой абсолютно черного тела цвет становится практически белым. По мере движения вверх вдоль линии на 6 000 К свет становится зеленым, приобретая далее розоватый оттенок.

С помощью координат хроматичности можно описать испускаемый источником цвет более подробно, чем с помощью КЦТ. Недостатком координат хроматичности является то, что без графика большинству людей не всегда понятно, какой именно цвет представляет данная пара координат хроматичности; см., например, рис. 4.

Индекс цветопередачи

Если КЦТ и хроматичность необходимы для составления характеристики цвета, испускаемого источником, индекс цветопередачи (ИЦП) позволяет сравнить отображение источником цветов различных объектов с идеальным или естественным источником света. Как было отмечено ранее, в солнечном свете содержатся все цвета излучения (т. е. с любой длиной волны) на уровнях, достаточных для точной передачи всех цветов, отражаемых объектом. Таким образом, красный компонент солнечного света позволяет нам различать все оттенки красной ткани десны, так же как и весь спектр оттенков улыбки человека (рис. 5).

Считается, что солнечный свет имеет идеальную цветопередачу, и его ИЦП равен 100. Следовательно, ИЦП стоматологического светильника должен быть максимально высоким (а также правильно передавать оттенки цвета и обеспечивать должный уровень освещенности), чтобы врач смог наиболее точно оценить состояние ротовой полости.

Стандартные модели светильников, например, светильник A-dec 6300 с кварцево-галогеновой лампой и дихроичным отражателем, способен поддерживать постоянный уровень ИЦП, превышающий 95. Однако светодиодные стоматологические светильники, как правило, не могут достичь эквивалентного ИЦП. Если приводить конкретные цифры, на рынке появляется все больше изделий с индексом, равным 90 или выше, однако предлагаются и светильники ниже 80 ИЦП при 5 000 К.

Учитывая высокую способность человеческого глаза к адаптации, клинический эффект использования светильника с более низким ИЦП недостаточно очевиден, однако исследования показывают, что светильники с более высоким ИЦП (т. е. ~90 или выше) способны более полно и точно передать цвет ткани ротовой полости.



Высокий индекс
цветопередачи
Источник

Снизить индекс
цветопередачи
Источник

Рисунок 5

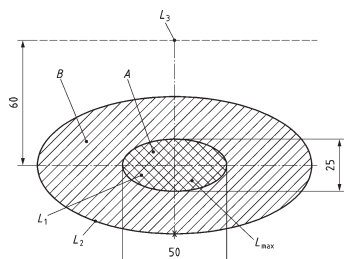


Рисунок 6

Уровень освещения в соответствии с ISO 9680:2007

A Внутренняя площадь освещения

B Внешняя площадь освещения

Источник света должен распространяться как минимум на 150 мм, чтобы при освещении достигался эффект «стадиона»

Стабильность и однородность освещения

Стабильность освещения (рис. 6) является еще одним условием качественной работы светильника. С точки зрения освещенности световое поле должно иметь четко обозначенный однородный центр, непрерывно освещающий необходимый участок.

Уровни освещенности, расположенные по краям светового поля, должны постепенно снижаться, создавая скошенные края. Благодаря тому, что глаз перефокусируется между участками с резкими границами, нагрузка на зрение снижается. ([См. также раздел об эргономических характеристиках стоматологических светильников, стр. 10.](#))

Кроме того, поле освещения, создаваемое светом, позволяет следить за тем, чтобы свет не слепил пациента. Согласно стандарту ISO 9680, свет, направляемый или рассеиваемый на расстояние в 60 мм от центра поля освещения (т. е. примерно равному расстоянию от ротовой полости до горизонтальной оси глаз), не должен превышать значения в 1 200 люкс. Характеристики качественного стоматологического светильника должны быть значительно ниже этого порога; однако важно учитывать, что этому требованию отвечают не все светильники, включая и светодиодные.

Затемнение

Стоматологический светильник должен демонстрировать отличные показатели затемнения, чтобы обеспечить удобное расположение для стоматологов и повысить производительность их работы. Корпус светильника должен частично ограничивать поле освещения, не создавая при этом лишних затемнений и не угнетая интенсивность освещения, так как в противном случае стоматологи будут вынуждены замедлять работу, перемещать светильник или же занимать неудачное с точки зрения эргономики положение.

Для достижения оптимальных характеристик затемнения корпус стоматологического светильника должен быть достаточно широк как по горизонтали, так и по вертикали, с тем чтобы препятствия на пути освещения (инструмент или рука) не отбрасывали слишком густые тени. Для стандартного расстояния в 700 мм от корпуса светильника до ротовой полости свет должен распространяться на расстояние как минимум в 150 мм, чтобы поле освещения создавало эффект «стадиона». Этого можно достичь либо с помощью отражателя достаточно больших размеров, либо за счет широкого распространения фотоэлементов.

Совместимость с композитными материалами, подвергающимися полимеризации

В последнее время в современной стоматологии наблюдается рост использования фотоиницируемых материалов. Особого внимания заслуживает тот факт, что полимеризуемая композиционная пластмасса приобрела широчайшую популярность по причине производимого ею естественного косметического эффекта, возросшей простоты применения и долговечности, не зависящей от проблем, связанных со ртутной амальгамой.

Камфорохинон — самый распространенный фото-инициатор, используемый в полимеризованных стоматологических материалах (композиционных восстанавливающих и пломбирочных материалах, веществах для крепления ортодонтических скоб и т. п.). Так как лечебный спектр камфорохинона находится в синем диапазоне (длина волны амфорохинон видимого света менее 500 нм), ярко-белый свет стоматологического светильника может вызвать неполное отверждение. Это происходит потому, что белый свет находится в синем спектре. Неполное отверждение может привести к неудачному результату восстановительной процедуры (просветам или дефектам) или даже вызвать необходимость удаления материала и повторной установки нового.

Учитывая популярность полимеризируемых стоматологических материалов, необходимо выбирать стоматологический светильник, способный обеспечить высшую степень совместимости с этими типами веществ. Производители галогеновых стоматологических светильников традиционно предусматривают возможность регулировки интенсивности освещения. Несмотря на то что такой подход экономит время для наложения и полимеризации пластмассы, он не способен полностью устранить вероятность неполного отверждения. В связи с этим многие стоматологи предпочитают не рисковать и просто поворачивают светильник в сторону или выключают его и работают без освещения.

В этом случае лучше всего поможет светодиодная технология. В то время как синий свет, необходимый для полимеризации, может испускать любой светильник, в том числе и светодиодный, тот факт, что в одном корпусе светильника может быть установлено несколько светодиодов, позволяет предусмотреть такой режим работы, при котором вся синяя часть поля освещения либо уменьшается в объеме (за счет смешанного воздействия светодиодов разных цветов) или полностью устраняется (за счет использования фильтров или светодиодов не белого цвета). Разумеется, в этом случае поле освещения не будет иметь белый цвет, однако оно позволит стоматологу проводить важнейшие этапы восстановительных процедур в условиях полноценного освещения ротовой полости.

ДРУГИЕ ВАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СВЕТИЛЬНИКА

Важнейшей характеристикой любого стоматологического светильника является качество создаваемого им освещения ротовой полости, однако идеальный светильник должен также соответствовать множеству других требований стоматологов и стоматологических кабинетов. Качественный стоматологический светильник также быть компактным, обеспечивать инфекционный контроль, иметь высокую эргономичность и эстетический внешний вид.

ЭРГОНОМИЧНОСТЬ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СВЕТИЛЬНИКА

Современная стоматология признает важнейшее значение характеристик эргономичности для работы стоматолога. Стремясь достичь превосходных показателей в лечении и уходе, стоматологи жертвуют личным комфортом для обеспечения лучшего обзора ротовой полости. Последствиями такой неудачной эргономики становятся хронические боли, низкая производительность работы и снижение продолжительности стоматологической практики. Стоматологический светильник играет в этом отношении важную роль, поэтому его конструкция должна обеспечивать максимально полный обзор и удобное положение для врача.

Оптическая резкость и достаточность освещения

Как было отмечено ранее, поле освещения должно прежде всего быть направлено на полноценное освещение ротовой полости. Благодаря этому обеспечивается удобное положение врача и минимизируется необходимость изменения положения светильника. Если эти условия соблюдены, стоматологический светильник обеспечивает надлежащий уровень освещенности и удовлетворяет потребности конкретного пользователя и проводимой процедуры.

Надлежащие уровни освещенности, которые должны обеспечиваться стоматологическими светильниками, являются предметом проведения множества научных исследований и споров. Многие стоматологи сходятся во мнении, что чем сильнее освещенность, тем лучше оптическая резкость (т. е. способность дать точную оценку состоянию различных тканей ротовой полости). Однако повышение интенсивности освещения необязательно влечет за собой улучшение оптической резкости, так как человеческий глаз сам адаптируется к уровню освещенности (Calleja & Hernandez, 1998).

Представления о «надлежащей» освещенности могут варьировать в зависимости от возраста, пола и национального происхождения пользователя. Кроме того, желаемый уровень освещенности зависит и

от характера стоматологической процедуры. Так, кареглазому мужчине-стоматологу в возрасте 60 лет, работающему в боковом отделе ротовой полости, может потребоваться более интенсивное освещение, чем голубоглазой женщине-стоматологу в возрасте 35 лет, проводящей восстановительную процедуру в переднем отделе и использующей прямое освещение. Разумеется, наличие подсветки в увеличительных стеклах, наконечниках и (или) отсасывателях также влияет на свет, отражаемый или направляемый в глаза пользователя.

Следовательно, стоматологический светильник должен обеспечивать возможность регулирования уровня освещенности в зависимости от потребностей пользователя и процедуры.

Также важно учитывать, что в плане регулирования освещенности светодиодные стоматологические светильники имеют явное преимущество по сравнению с традиционными ламповыми светильниками. Так как они требуют разных методов контроля и регулирования мощности, уровень освещенности можно варьировать, не меняя цвет поля освещенности. В отличие от них, ламповые светильники меняют цвет освещенности в зависимости от изменения уровня освещенности. Преимущество для пользователя состоит в том, что при необходимости использования более низкого уровня освещенности отсутствует необходимость жертвовать цветом.

В заключение можно отметить, что стоматологический светильник должен предусматривать возможность простого выбора самого низкого уровня освещенности для удовлетворения потребностей пользователя и конкретной процедуры. В результате чего снизится нагрузка на глаза и повысится производительность.

Маневренность светильника

Грубое позиционирование светильника Светильник должен предусматривать возможность легкого перемещения в нерабочее положение и обратно. Стоматологический светильник должен быть устроен таким образом, чтобы его можно было перемещать во всех необходимых направлениях для освещения верхнего или нижнего ряда зубов для любых возможных процедур. Разумеется, эти процедуры требуют размещения пациента в положении на спине или сидя, однако должны учитываться и особые случаи, такие как лечение пациента в инвалидной коляске, который не может пересечь в кресло.

В заключение на тему грубого позиционирования светильника можно сказать следующее. Диапазон движения и позиционирования должен обеспечивать пользователю возможность располагать светильник на

**Для снижения усталости
глаз и повышения
эффективности работы
стоматологический
светильник должен
предусматривать
возможность легкого
выбора самой низкой
освещенности без
ущерба для предпочтений
пользователя,
обеспечивая
оптимальные показатели
при выполнении
конкретной процедуры.**

расстоянии от 15 градусов по вертикали (т. е. в районе видимости оператора), чтобы улучшить эргономичность позиционирования при использовании увеличительных стекол, непрямого освещения и периферического зрения.

Точное позиционирование светильника с функцией трехосевого позиционирования Несмотря на то что стоматологи зачастую используют светильники всего с двумя осями вращения, светильник с тремя осями позиционирования является более предпочтительным с точки зрения эргономичности. Третья ось обеспечивает возможность наклонной установки светильника относительно средней линии расположения пациента. Это необходимо для получения бестеневого освещения ротовой полости, а также для того, чтобы во время лечения стоматолог мог поворачивать голову без образования тени. В результате улучшается положение пациента и обзор и не образуется тень.

В конечном счете стоматологический светильник должен работать настолько эффективно, чтобы его возможности позиционирования не имели столь большого значения и движения осуществлялись интуитивно и практически без усилий. Несмотря на то что светодиодная технология позволяет создать стоматологический светильник с действительно превосходными характеристиками позиционирования, эта возможность учитывается далеко не во всех конструкциях светильников.

Простое и интуитивно понятное управление светильником

Как уже отмечалось, светодиодная технология позволяет использовать режимы, более подходящие для стоматологических процедур (например, режимы выбора уровня освещенности и защиты от полимеризации). Однако стоматологи, стараются не тратить время на изменение режима освещенности при работе с ротовой полостью.

Основной пользователь должен иметь возможность включать светильник, не касаясь его и не отводя глаз от ротовой полости пациента.

Инфекционный контроль

Светодиодная технология способна совершить революцию в сфере стоматологических светильников; при этом, однако, следует помнить, что любая новая конструкция должна соответствовать строгим правилам очистки и дезинфекции, предъявляемым современной стоматологией.

Основной пользователь должен иметь возможность включать светильник, не касаясь его и не отводя глаз от ротовой полости пациента.

Количество поверхностей касания (по возможности) должно быть минимизировано без ущерба для операций активации и позиционирования, которые должны быть интуитивно понятны. В идеале должна существовать возможность простого сглаживания или защиты форм и контуров света с помощью простых препятствий. Это обеспечит быструю и качественную работу стоматологического кабинета.

Полный порядок во всем

Конструкция изделия должна быть прочной и надежной, а требования к его ремонту должны быть минимальными. Качественный светодиодный светильник не должен требовать замены осветительных элементов. Если светильник имеет достаточно надежную конструкцию, он будет работать и без таких компонентов как вентиляторы, регуляторы теплового предела и лампы, которые могут привести к преждевременному возникновению неисправностей.

Процедуры ремонта и регулировки должны быть простыми, легкими и недорогими.

Эстетические характеристики

Для пациента не менее важна и эстетическая составляющая стоматологического кабинета. Вот почему на передний план выходит дизайн светильника, который должен выглядеть профессионально. Простые и изящные формы создают ощущение технологичности и современности, положительно влияя на общее восприятие стоматологического кабинета. А поскольку качественный светильник служит на протяжении 10–20 лет, его дизайн должен не терять своей актуальности со временем.

Кроме того, его видимые поверхности, в особенности такие компоненты, как экран линзы и отражатель, должны быть простыми в очистке или иметь барьерную защиту, не должны иметь заметных царапин или пятен, которые могут негативно повлиять на восприятие пациента.

КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СВЕТОДИОДАХ, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВАХ И НЕДОСТАТКАХ

Любая новая разработка, призванная заменить привычную технологию, имеет свои преимущества и недостатки. Не является исключением и переход от традиционных светильников на кварцево-галогеновых лампах к светодиодным стоматологическим светильникам.

Преимущества использования светодиодов в стоматологических светильниках

Больше света, меньше энергозатрат. Светодиоды гораздо эффективнее других источников в части генерации освещения. Данная технология продвинулась настолько, что позволяет получать гораздо больше света при гораздо меньших энергозатратах. Обычный ламповый стоматологический светильник, работая ориентировочно при 100 Вт, производит света в объеме ~24 000 люкс. Светодиодный светильник же способен производить на 25 % больше света, потребляя всего одну пятую часть необходимой для этого электроэнергии. Кроме того, в обозримом будущем тенденция к применению светодиодов, которые показали себя более эффективными, будет продолжаться. И хотя стоматологи вряд ли пожертвуют эффективной работой светильника просто для снижения уровня энергопотребления, они обязательно оценят меньшие затраты на электроэнергию, наряду с другими существенными преимуществами.

Долговечность без замены лампы. Даже самые лучшие лампы имеют ограниченный срок службы и в конечном счете гаснут — нередко прямо во время процедуры. В результате приходится вновь и вновь сталкиваться с потерей производительности и лишними затратами. Светодиодные светильники же способны безукоризненно работать на протяжении всего срока эксплуатации самого изделия: примерно 40 000 часов, свыше 20 лет, особенно если светильник разработан с использованием принципов тщательного терморегулирования и сбалансированной регуляции мощности ([См. “Терморегулирование”, недостатки, стр. 15](#)). Кроме того, светоизлучающие диоды сами по себе более надежны, чем лампы накаливания.

Отсутствие теплоты излучения. Светодиодные светильники не производят теплоту излучения, т. е. не создают эффекта «горячей лампы». В результате стоматолог не потеет, работая в средствах индивидуальной защиты, например, в перчатках, очках, маске и халате. Это повышает уровень комфорта и производительности работы.

Это приобретает особенное значение в крупных клиниках или учреждениях, где установлено множество светильников в непосредственной близости от людей. Количество БТЕ энергии, производимых галогеновыми лампами, способно существенно повысить температуру в помещении.

Преимущества для других стоматологических процедур. Как было отмечено в предыдущих разделах, светодиоды способны производить больше света при меньших затратах, улучшить эргономичность и обеспечить более эффективное сопровождение таких процедур, как восстановительные процедуры с использованием композиционных материалов.

В отсутствие функции рассеивания тепла, исходящего из места крепления светодиода, срок службы этого светодиода может существенно сократиться.

Недостатки использования светодиодов в стоматологических светильниках

Терморегулирование. Несмотря на то что светодиоды не производят дополнительного тепла (равно как и инфракрасного излучения) вне видимого спектра, нагрев места крепления светодиода все равно имеет место. Если не создавать условий для рассеивания этого тепла, то срок службы светодиода может существенно сократиться, так как перегрев места крепления вызывает отказ диода.

Сочетание нескольких светодиодов (метод, используемый некоторыми производителями) лишь усугубляет проблему терморегулирования и может потребовать активного охлаждения — например, с помощью вентилятора, — и установки датчиков перегрева, что, в свою очередь, накладывает ограничения на прочность конструкции и надежность работы.

Светодиодные светильники, способные поддерживать низкий уровень температур в месте крепления за счет избегания близкого расположения светодиодов друг к другу и использования активного охлаждения, более надежны с точки зрения терморегулирования.

Индекс цветопередачи. Благодаря техническим разработкам, индекс цветопередачи светодиодных светильников улучшился, однако «пальма первенства» по-прежнему принадлежит кварцево-галогеновым лампам и дихроичным отражателям (способным достигать индекса цветопередачи более 97). Однако некоторые светодиодные светильники имеют настолько близкие к ним показатели, что многие стоматологи не видят между этими видами сколько-нибудь значительной разницы. Тем не менее стоматологи должны в первую очередь оценивать перспективы в отношении стоматологических светильников и принимать решение на основе своих собственных предпочтений.

Изначальная цена. Светодиодные светильники с характеристиками, аналогичными ламповым или превосходящими их, требуют гораздо более высокотехнологичного оборудования. Сами светодиодные компоненты должны устанавливаться на монтажную плату и питаться от пульта. Кроме того, светильник демонстрирует свои лучшие характеристики в совокупности либо с технологичной оптикой, либо с приемами терморегулирования.

Замена процессора светодиодного светильника (при его наличии) гораздо более затратна. Благодаря своей долговечности, светодиодные светильники получили повсеместное и вполне заслуженное признание. Однако следует отметить, что при возникновении неисправности светильника, например в результате перегрева, стоимость и объем работ по устранению такой неисправности будут существенно выше, чем при обычной замене лампы.

**Головной офис компании А-дес**

2601 Crestview Drive
Newberg, Oregon 97132
США
Тел.: 1-800-547-1883
для США и Канады
Тел.: 1-503-538-7478
за пределами США и Канады
Факс: 1.503.538.0276
a-dec.com

Международные центры продаж**A-dec Australia**

Unit 8, 5-9 Ricketty Street
Mascot, NSW 2020
Австралия
Тел.: 1-800-225-010 для Австралии
Тел.: +61-(0)2-8332-4000
за пределами Австралии
Факс: +61.(0)2.9699.4700
a-dec.com.au

A-dec United Kingdom

Austin House, 11 Liberty Way
Nuneaton, Warwickshire CV11 6RZ
Англия
Тел.: 0800-ADEC-UK (2332-85)
для Великобритании
Тел.: +44-(0)24-7635-0901
за пределами Великобритании
Факс: +44.(0)24.7634.5106
a-dec.co.uk

БИБЛИОГРАФИЯ

Calleja, F. R., & Hernandez, A. (1998). Conditions Required for Visual Comfort («Условия достижения визуального комфорта»). In J. M. Stellman, *Encyclopaedia of occupational health and safety («Энциклопедия гигиены труда и техника безопасности»)*, Volume II. Geneva: International Labour Organization.

Chu, S. J., Devigus, A., & Mielezsko, A. (2004). *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry («Основы цветовых характеристик. Подбор оттенков и коммуникация в эстетической стоматологии»)*. Carol Stream, Illinois, USA: Quintessence Publishing Co, Inc.

Technical Committee ISO/TC 106, Dentistry, Subcommittee SC 6, Dental. (2007). ISO 9680: Dentistry - Operating Lights (Применение светильников в стоматологии). Switzerland: ISO Copyright Office.

van Boheeman, J., Albayrak, A., Molenbroek, J., & de Ruijter, R. (2009). Adequate Dental Task Lighting («Выбор стоматологического светильника»). *Tijdschrift voor Ergonomie*, 14-21.

van Boheeman, J., Albayrak, A., Molenbroek, J., & de Ruijter, R. (2008). Design of a Dental Operating Light («Конструкция стоматологического светильника»). Delft, The Netherlands: Delft University of Technology.

Wikipedia. (n.d.). *Color_Temperature*. Информация от 2011 г., http://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature

Wikipedia. (n.d.). *Dichroic_Filter*. Информация от 2011 г, Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic_filter

Wikipedia. (n.d.). *Illuminance («Освещение»)*. Информация от 2011 г, Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Illuminance>

Wikipedia. (n.d.). *Tungsten*. Информация от 2011 г, Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tungsten>

Young, J. M. (1987). Intraoral dental lights: Test and evaluation («Внутриротовые стоматологические светильники. Проверка и оценка»). (L. J. Boucher, Ed.) *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 57 (1).