

Сравнение светильников со светодиодами и натриевыми лампами высокого давления при освещении тоннелей¹

Б. КОКАМАН, С. РУСТЕМЛИ

Университет Битлис Ерен, Битлис, Турция
E-mail: bkocaman@beu.edu.tr, srustemli@beu.edu.tr

Аннотация

Потребность в энергии непрерывно возрастает в связи с ростом населения, повышением жизненного уровня, изменением климата и развитием промышленности и техники в развивающихся странах. Из-за ограниченности ресурсов, эту возрастающую потребность невозможно удовлетворить за счёт увеличения выработки энергии. Поэтому существующие источники энергии следует использовать максимально продуктивно. Одним из важнейших способов достижения этой цели является эффективное использование и экономия энергии. И одной из областей, требующих эффективного и экономного использования энергии, является освещение тоннелей. В данной работе на примере тоннеля *Buzlupınar* (короткий тоннель в провинции Битлис, Турция) проводится сравнение осветительных установок со светильниками с натриевыми лампами высокого давления (НЛВД) и со светодиодами (СД). Установлено, что освещение светильниками с СД более эффективно и экономично по сравнению с освещением светильниками с НЛВД.

Ключевые слова: освещение тоннелей, СД, НЛВД, энергосбережение.

1. Введение

Турция имеет ограниченные энергетические ресурсы. Иными словами, страна не обладает энергетическими ресурсами, способными удовлетворить возрастающую потребность в энергии. Она зависит от внешних поставок, т.к. за счёт собственных ресурсов способна только примерно на четверть удовлетворить свои потребности в энергии, восполняя её нехватку за счёт внешних источников. Основная задача состоит в том, чтобы

адекватно, надёжно и экономно обеспечить потребности в энергии, избавившись в результате от внешней зависимости.

Тоннели сооружаются на пешеходных, железных и автомобильных дорогах, в каналах и в других местах, когда невозможно проложить дорогу на поверхности, а также тогда, когда для организации движения в городах или за их пределами часть пути следует проложить под землёй. Тоннели необходимо освещать искусственными источниками света и днём, и ночью, используя для этого разные приёмы и технические средства. Основной задачей освещения тоннелей является обеспечение комфорта и безопасности водителей при подъезде к тоннелю, внутри тоннеля и при выезде из него.

Эти два момента – комфорт и безопасность – имеют очень большое значение при выборе правильного освещения тоннелей. Сегодня всё более важную роль играет не только само освещение, но и его энергоэффективность. По мере развития техники непрерывно возрастает потребность в информации о том, как, какими методами и в соответствии с какими стандартами испытываются светотехнические изделия. Уровни освещения в тоннелях начали пересматриваться, что требует проведения интенсивных исследований и развития современной техники для выработки решения, обеспечивающего одновременно и видимость, и безопасность [1, 2]. Светильники конструируют с учётом выхлопных и иных газов, загрязняющих воздух внутри тоннелей. Имеются материалы, особенно нержавеющая сталь и закалённое стекло, которые устойчивы к коррозии.

Расстояние между светильниками имеет важное значение, и осветительное оборудование требуется располагать плотнее, чем если исходить из эстетических соображений. Для освещения тоннелей используются све-

тильники разных типов, например, с НЛВД, ртутными лампами и СД.

Вообще говоря, при проектировании освещения можно использовать самые разные долговечные светильники с люминесцентными лампами и с СД. Выбор цветности освещения, подходящей для обеспечения безопасности движения в тоннеле, должен определяться архитектурой этого тоннеля. Поэтому освещение внутри тоннеля должно отличаться от освещения его подъездной и выездной зон [3].

Применительно к освещению, тоннели можно разделить на короткие и длинные. Короткие тоннели похожи на «тёмные рамки» в поле зрения. Если смотреть на препятствие высотой 20 см, находящееся на расстоянии 100 м, то в случае плоского тоннеля область наблюдения составляет 20 м. Учитывая вклад естественного освещения на въезде в тоннель и на выезде из него, длину прямого тоннеля, не нуждающегося в дополнительном освещении в дневное время, можно считать равной 50 м, так что короткие тоннели днём освещать не требуется. Однако если тоннель изгибается или имеет уклон, или если движение имеет высокую интенсивность, то даже тоннели меньшей длины могут нуждаться в дополнительном освещении в дневное время [4].

Модель тоннеля с двумя трубами приведена на рис. 1, на котором показано, что тоннель делится на четыре зоны: подъездную, въездную (*entrance zone*)², внутреннюю и выездную.

Подъездная зона – это часть дороги, непосредственно примыкающая к тоннелю снаружи, в которой подъезжающий водитель должен иметь возможность заметить препятствие. Длина этой зоны равна расстоянию безопасного торможения. Во въездной зоне яркость постепенно уменьшается, чтобы обеспечить адаптацию глаз водителя к более низким уровням освещения, характерным для внутренней зоны. Внутренняя зона – это часть тоннеля, расположенная между въездной и выездной зонами. Уровни яркости в этой зоне должны гарантировать безопасность движения. Выездная зона представляет собой окончание тоннеля, где видимость зависит от уровня освещения вне тоннеля.

² Въездной зоной авторы называют совокупность пороговой и переходной зон. – При. пер.

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского.

В ряде случаев может потребоваться адаптационное освещение.

2. Важность освещения тоннелей

Хорошее освещение тоннелей имеет большое значение для безопасности и комфорта пассажиров. Кроме того, правильные проектные решения и использование подходящих для тоннелей светильников обеспечивают экономию энергии. Хорошее освещение обеспечивает не только зрительную адаптацию при въезде в тоннель, но и уверенность водителя при движении по тоннелю.

Тоннель с недостаточным освещением выглядит для подъезжающего водителя, как «чёрная дыра», и при этом водитель страдает от потери зрения [5]. Для того, чтобы водители не испытывали проблем с видимостью, уровень освещения в тоннеле должен изменяться постепенно. Тоннель является относительно замкнутым пространством, где освещение внезапно изменяется от яркого к тусклому («чёрная дыра») на въезде в тоннель и от тусклого к яркому («яркая дыра») на выезде из тоннеля (рис. 2).

Источники света, используемые для освещения тоннелей, должны иметь определённые характеристики. К ним относятся высокая световая отдача, большая долговечность и возможность использования в составе светильников.

Для создания требуемого освещения источники света должны устанавливаться в подходящие светильники. Светильники для тоннелей должны [4]:

- Быть экономичными.
- Легко устанавливаться и обслуживаться.
- Исключать возникновение блёскости.
- Быть защищёнными от попадания воды под давлением и стойкими по отношению к моющим средствам и коррозии.
- Преобразовывать пространственное распределение силы света «голой» лампы и обеспечивать требуемое пространственное распределение силы света.
- Быть совместимыми с системами дистанционного управления и сбора данных (SCADA), которые используются в современных осветительных установках тоннелей.

Рис. 1. Модель тоннеля с двумя трубами

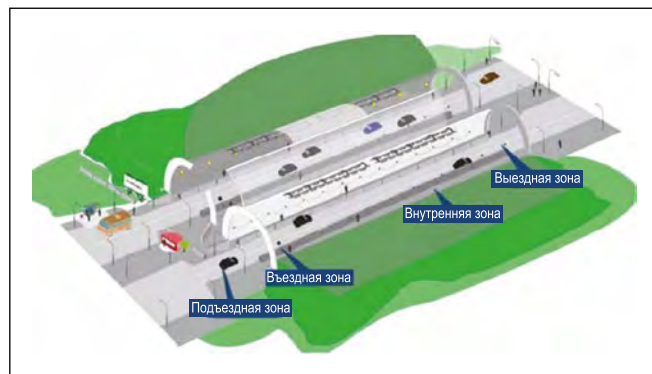


Рис. 2. Тоннель с «чёрной и яркой дырами»

- Обеспечивать визуальное ориентирование.

Если говорить об экономической эффективности, то большое значение имеет световая отдача светильников, выбранных для освещения тоннеля. Световая отдача представляет собой меру эффективности преобразования получаемой от сети электроэнергии в свет.

2.1. Светильники, используемые для освещения тоннелей

Для освещения тоннелей используются светильники разных типов, например, с люминесцентными лампами, с нагревными лампами низкого и высокого давления, с ртутными лампами высокого давления и с СД. В последние годы в тоннелях предпочтение начали отдавать светильникам с СД, что обусловлено их преимуществами перед другими светильниками в части световой отдачи, долговечности и простоты технического обслуживания. Поэтому важно заменять светильники с НЛВД на светильники с СД, которые обеспечат уменьшение энергопотребления в тоннелях.

2.2. Светильники с НЛВД

Светильники с НЛВД, входящими в семейство разрядных ламп высокой

интенсивности, являются наиболее эффективными из имеющихся сегодня в продаже источников белого света. Светильники с НЛВД имеют гораздо большие световые отдачи и сроки службы, чем с прочие традиционные светильники. Светильники с НЛВД входят в группу светильников, которые используются для освещения тоннелей. В этих светильниках разрядная трубка помещена в колбу из тугоплавкого стекла, представляющую собой вакуумированную трубку.

Характерными особенностями светильников с НЛВД являются большая долговечность, высокая световая отдача, низкая стоимость технического обслуживания, возможность использования как для внутреннего, так и для наружного освещения, произвольное рабочее положение, устойчивость к изменениям напряжения и возможность использования с вспомогательными устройствами.

2.3. Светильники с СД

В СД свет генерируется электронами, движущимися в полупроводниковом материале. Приступая к разработке светильника с СД, следует, во-первых, определить требуемые значения его светотехнических характеристик, воспользовавшись для этого стандартами и требованиями со сто-

Рис. 3. Вид на две трубы тоннеля *Buzlupınar*



роны осветительной установки, для которой светильник предназначен. Затем следует определить конструктивные параметры светильника, обеспечивающие выполнение этих требований. Светильники с СД нуждаются в не такой, как у традиционных светильников, оптической системе, что обусловлено малыми размерами СД источников света. В настоящее время имеются светильники с СД и для тоннелей. Области применения и технические характеристики светильников с СД непрерывно совершенствуются [6]. К преимуществам светильников с СД можно отнести следующее:

- Твердотельный источник света.
- Отсутствие загрязнения окружающей среды и ультрафиолетового излучения.
- Высокий индекс цветопередачи.
- Возможность непрерывного управления уровнем освещения посредством изменения электрического тока, быстрое, почти мгновенное, изменение характеристик.

• При использовании специального связанного контроллера можно получать информацию о состоянии каждого из светильников и их неисправностях, а также осуществлять непрерывную регулировку уровня освещения [7].

Наблюдавшиеся в последние годы технический прогресс, совершенствование систем управления и всё большее применение светильников с СД привели к значительным успехам в области освещения тоннелей. В то же время, большинство тоннелей сегодня освещены светильниками с НЛВД или ртутными лампами, которые потребляют много энергии [8]. Поэтому следует использовать светильники с СД, которые обеспечат существенную экономию энергии и эффективное решение задачи освещения тоннелей.

Светильники с СД являются предпочтительными для освещения тоннелей по следующим причинам:

- Они очень энергоэффективны.

- При 25 °С их световая отдача составляет, как минимум, 130 лм/Вт.

- Благодаря малым размерам СД кристаллов можно с лёгкостью разнообразить конструкцию светильников.

- Они быстро входят в режим.

- Их легко устанавливать и обслуживать, так как они не содержат хрупких деталей, таких как стекло или нити накала.

- Они не создают воспринимаемые ухом человека звуковые колебания, так как работают на постоянном токе.

- Они экологически безопасны, так как не содержат тяжёлые металлы и ртуть.

- Их свет не пульсирует.

- Они безопасны, так как относятся к источникам света, работа которых не сопровождается очень сильными нагревом, как это имеет место в случае светильников с разрядными лампами.

- Если один из входящих в состав светильника СД источников света выходит из строя, то он закорачивается, а сам светильник продолжает работать. Это не сопровождается большим ухудшением равномерности освещения до тех пор, пока количество отказавших СД не достигнет определённого значения.

- Оптическую схему светильника с СД можно легко сделать как симметричной, так и асимметричной.

- Светильники с СД позволяют видеть объекты в их истинном свете, так как имеют индексы цветопередачи, превышающие 70 [9].

3. Пример освещения тоннелей

Тоннель *Buzlupınar* находится на магистрали Битлис-Дьярбакыр в точке с координатами 38°17'48 с.ш. и 41°59'52» в.д. Этот тоннель был построен в провинции Битлис Генеральным управлением автомобильных дорог Турции. Он состоит из двух труб, обеспечивающих движение в двух направлениях (рис. 3).

Объектом данного исследования послужила правая труба, полная длина которой составляет 233 м. Этот тоннель был одним из первых в Турции автомобильных тоннелей, которые освещены светильниками с СД. Нами было проведено сравнение работы осветительных установок со светильниками с НЛВД и с СД, характеристики которых приведены в табл. 1.

В данной работе на основе капитальных затрат и энергопотребле-

Таблица 1

Сравнение светильников с СД и НЛВД

Характеристика	Светильник с НЛВД	Светильник с СД
Мощность, Вт	100–500	43–170
Регулирование светового потока	Нужен специальный ПРА	Да
Предел регулирования, %	50	10
Световая отдача, лм/Вт	80–140	114–160
Ресурс, 1000 ч	10–24	100+
Содержание ртути	~ 6 мг/100 Вт	0
Время разгорания, мин.	2–15	Мгновенное
Время перезажигания, мин.	4–5	Мгновенное
Рабочая температура, °С	-30–65	-55–70

Использовавшиеся светильники с НЛВД

Мощность НЛВД, Вт	Количество использовавшихся светильников, шт.	Потери мощности в ПРА, Вт	Полная мощность, Вт
70	168	13	13944
150	28	26	4928
250	20	35	5700
400	120	50	54000
Всего:			78572

ния проведён анализ экономии энергии и расходов при замене светильников с НЛВД на светильники с СД. Более того, сравнение светильников с НЛВД и светильников с СД проведено применительно к суточному расходу энергии на освещение тоннеля. Количество светильников с НЛВД, которые были установлены в тоннеле *Buzlupınar*, мощности ламп, потери мощности в пускорегулирующих аппаратах (ПРА) и полные значения потребляемой мощности приведены в табл. 2.

В зависимости от количества света, необходимого для обеспечения въезда в тоннель, светильники с НЛВД включают по-разному. Всего имеются шесть режимов, соответствующих включению всех светильников, 75 % светильников, 50 % светильников, 25 % светильников³, ночному режиму и аварийному режиму. Аварийный режим используется только при отключении питания, и при этом светильники работают от бесперебойного источника питания. Для светильников с НЛВД, потребляемые мощности, продолжительности работы и суточное потребление энергии в разных режимах приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, светильники с НЛВД работают в режимах 1, 2, 3, 4 и 5 на протяжении 2,75, 1,33, 1,50, 1, 25 и 17,17 ч в сутки соответственно. В сутки светильники с НЛВД потребляют 637012,08 Вт·ч (637,01 кВт·ч) электроэнергии.

Тоннель *Buzlupınar*, освещённый светильниками с СД, показан на рис. 4.

Количество светильников с СД, которые установлены в тоннеле

³ Это описание не соответствует данным о количестве включённых светильников, приведённым в табл. 3. – Прим. пер.

Рис. 4. Освещение тоннеля *Buzlupınar* светильниками с НЛВД



Рис. 5. Освещение тоннеля *Buzlupınar* светильниками с СД



Buzlupınar, мощности светильников и полные значения потребляемой мощности приведены в табл. 4.

Как и светильники с НЛВД, светильники с СД тоже включают по-разному. Однако при использовании светильников с СД аварийный режим недоступен. Поэтому светильники с СД работают только в 5-ти режимах, а режим 6 в проведении сравнения не участвует.

Для светильников с СД, потребляемые мощности, продолжительности работы и суточное потребление энергии в разных режимах приведены в табл. 5.

Как следует из табл. 5, светильники с СД работают в режимах 1, 2, 3, 4 и 5 на протяжении 2,75, 1,33, 1,50, 1,

25 и 17,17 ч в сутки соответственно. В сутки светильники с СД потребляют 380230,50 Вт·ч (380,23 кВт·ч) электроэнергии.

5. Сравнение светильников с НЛВД и СД применительно к освещению тоннелей

При использовании светильников с НЛВД среднесуточное потребление энергии составляет 637,01 кВт·ч, тогда как при использовании светильников с СД оно равно 380,23 кВт·ч.

При замене светильников с НЛВД на светильники с СД:

– среднесуточная экономия энергии составит $(637,01 - 380,23) \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 256,78 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$;

Энергия, потребляемая светильниками с НЛВД в день

Режим	Мощность НЛВД, Вт	Количество использованных светильников, шт.	Потери мощности в ПРА, Вт	Полная мощность, Вт	Продолжительность работы в сутки, ч	Суточное потребление энергии, Вт·ч
1	70	168	13	13944	2,75	38346,00
	150	28	26	4928	2,75	13552,00
	250	20	35	5700	2,75	15675,00
	400	120	50	54000	2,75	148500,00
2	70	168	13	13944	1,33	18545,52
	150	16	26	2816	1,33	3745,28
	250	16	35	4560	1,33	6064,80
	400	88	50	39600	1,33	52668,00
3	70	168	13	13944	1,50	20916,00
	150	4	26	704	1,50	1056,00
	250	8	35	2280	1,50	3420,00
	400	60	50	27000	1,50	40500,00
4	70	168	13	13944	1,25	17430,00
	150	0	26	0	1,25	0,00
	250	4	35	1140	1,25	1425,00
	400	28	50	12600	1,25	15750,00
5	70	168	13	13944	17,17	239418,48
	150	0	26	0	17,17	0,00
	250	0	35	0	17,17	0,00
	400	0	50	0	17,17	0,00
6	Применяется только в аварийных ситуациях (например, при отключении питания)					
Общее суточное потребление энергии, Вт·ч						637012,08

Таблица 4

Использовавшиеся светильники с СД

Источник света/устройство управления	Количество использованных светильников, шт.	Мощность, потребляемая светильником, Вт	Полная мощность, Вт
96 СД, 500 мА	30	153	4590
96 СД, 700 мА	166	213	35358
Всего			39948

– среднемесячная экономия энергии составит 256,78 кВт·ч/сутки x 30 суток = 7703,4 кВт·ч;

– среднегодовая экономия энергии составит 7703,4 кВт·ч/месяц x 12 месяцев = 92440,8 кВт·ч.

В соответствии с установленными в Турции тарифами на электроэнергию, с 01.04.2018 стоимость электроэнергии, расходуемой на общее

освещение, составляет 0,346747 турецких лир (ТЛ) за 1 кВт·ч⁴. Так что при переводе освещения тоннеля на светильники с СД годовая экономия затрат на электроэнергию составит 92440,8 кВт·ч x 0,346747 ТЛ/кВт·ч = 32053,57 ТЛ.

⁴ Курс ЦБ на 06.12.2018: 1 ТЛ = 12,40 руб. – Прим. пер.

Стоимости предназначенных для освещения тоннелей светильников и ПРА зависят от марки изделия, а стоимость трудозатрат – от подрядчика. Поэтому оценка затрат, результаты которой представлены в табл. 6 и 7, производилась с использованием средних данных, взятых из Интернета.

Стоимость трудозатрат не зависит от того, какими светильниками –

Энергия, потребляемая светильниками с СД в день

Режим	Мощность светильника с СД, Вт	Количество использованных светильников, шт.	Полная мощность, Вт	Продолжительность работы в сутки, ч	Суточное потребление энергии, Вт·ч
1	153	30	4590	2,75	12622,50
	213	166	35358	2,75	97234,50
2	153	8	1224	1,33	1627,92
	213	166	35358	1,33	47026,14
3	153	8	1224	1,50	1836,00
	213	126	26838	1,50	40257,00
4	153	8	1224	1,25	1530,00
	213	80	17040	1,25	21300,00
5	153	4	612	17,17	10508,04
	213	40	8520	17,17	146288,40
Общее суточное потребление энергии, Вт·ч					380230,50

Таблица 6

Калькуляция затрат в случае светильников с НЛВД

Мощность НЛВД, Вт	Стоимость светильника, ТЛ	Стоимость ПРА, ТЛ	Количество светильников/ПРА, шт.	Полная стоимость, ТЛ
70	930	80	168	169680
150	1200	65	28	35420
250	1250	75	20	26500
400	1400	130	120	183600
Всего				415200

Таблица 7

Калькуляция затрат в случае светильников с СД

Тип светильника с СД	Стоимость светильника, ТЛ	Количество светильников, шт.	Полная стоимость, ТЛ
96 СД, 500 мА	3650	30	109500
96 СД, 700 мА	3650	166	605900
Всего			715400

с НЛВД или с СД – освещаются тоннели. Поэтому стоимость монтажа светильников при оценке затрат не учитывалась. Проведённые расчёты показали, что стоимости светильников с НЛВД и с СД составили, соответственно, 415200 и 715400 ТЛ. Так что при использовании светильников с СД капитальные затраты возросли на $(715400 \text{ ТЛ} - 415200 \text{ ТЛ}) = 300200 \text{ ТЛ}$. И всё равно, светильники с СД экономят 32053,57 ТЛ в год.

В результате, использование светильников с СД вместо светильников с НЛВД окупится через 9,37 лет $(300200/32053,57)$, и в последующие годы их эксплуатация обойдётся дешевле. Это исследование проводилось применительно к тоннелю длиной 233 м. В случае более длинных тоннелей срок окупаемости уменьшится.

6. Заключение

Для создания эффективных осветительных установок для тоннелей требуется наличие хороших светильников и использование систем управления. Следует разработать светильники, которыми можно управлять централизованно и которые имеют малое энергопотребление. Кроме того, чтобы не допустить отсутствие света в тоннеле, следует предусмотреть возможность

работы освещения в аварийной ситуации. Так что помимо сети, освещение должно быть подключено к трёхфазному генератору, который будет включаться по мере необходимости.

СД освещение выгоднее, так как не требует частого технического обслуживания и более энергоэффективно по сравнению с освещением традиционными светильниками. Светильники с СД следует использовать в тоннелях для обеспечения значительной экономии энергии и повышения экономической эффективности освещения. Поэтому большое значение имеет замена светильников с НЛВД на светильники с СД, которые сведут к минимуму количество потребляемой в тоннелях энергии.

Было проведено сравнение суточных затрат электроэнергии в тоннеле *Buzluçınar* (провинция Битлис) при использовании светильников с НЛВД и с СД. При замене светильников с НЛВД на светильники с СД экономия электроэнергии составила 256,78 кВт·ч в сутки или 92440,8 кВт·ч в год. Поэтому такая замена очень полезна с точки зрения энергосбережения. Согласно результатам проведённых расчётов, осветительная установка с СД окупится за 9,37 лет, несмотря на то, что в случае светильников с СД капитальные затраты оказались выше, чем в случае светильников с НЛВД. Данное исследование было проведено применительно к тоннелю длиной 233 м, для которого срок окупаемости оказался довольно большим. Но в случае более длинных тоннелей этот срок уменьшится. Отдельной статьёй расходов является техническое обслуживание установленных в тоннеле светильников. А так как стоимость технического обслуживания светильников с СД намного ниже стоимости технического обслуживания светильников с НЛВД, то и в этом отношении светильники с СД имеют значительные преимущества. Кроме того, светильники с СД гораздо долговечнее прочих светильников. Поэтому следует озаботиться переводом тоннелей на освещение потребляющими меньше энергии светильниками с СД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cengiz, M. S., Rustemli S.* The Relationship Between Height And Efficiency And Solution Offerings in Tunnel And Sub-Sea Tun-

nels // *Light & Engineering*. – 2014. – Vol. 22, No. 2. – P. 76–83.

2. *Рустемли С., Сенгиз М.С.* Оптимизация освещения тоннелей // *Светотехника*. – 2014. – № 4. – С. 64–69.

3. *Yazıcıoğlu D.A.* Tünel Ve Alt Geçitlerde Aydınlatma Tasarımı // *Lightworld Aydınlatma Dünyası Dergisi*. sayı 38, sayfa 52–56, 14 Mart 2016.

4. *Akbulut, A.* Tünel Aydınlatması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

5. *Qin, L., Dong, L-L., Xu, W-H., Zhang, L-D., Leon, A.S.* An Intelligent Luminance Control Method for Tunnel Lighting Based on Traffic Volume // *Sustainability*. – 2017. – No. 9. – P. 2208.

6. *Yi, H., Zheyang, L., Aiogu, W., Changbin, L., Shouzhong, F.* Research on Intelligent Control of Tunnel Lighting System Based on LED // *Int. Conf. on Optoelectronics and Image Processing*, 2010.

7. *Yi, H., Changbin, L., Aiguo, W., Shouzhong, F.* LED Lighting Control System in Tunnel Based on Intelligent Illumination curve // *Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2012. – P. 698–701.

8. <https://www.slideshare.net/FarukATLI-TRK/light-world-led-lighting-technology> (Access date: 15.04.2018).

9. *Peng, F.Z.* Application Issues of Active Power Filters // *IEEE Industry Applications Magazine*. – 1998. – Vol.4, No.5. – P. 21–30.



Behçet Kocaman (Behçet Kocaman), Ph.D.

(2015 г., Университет Кокаели, Турция). Доцент кафедры электротехники и электроники Университета Битлис

Ерен, Турция. Область научных интересов: энергоэффективность, освещения, возобновляемые источники энергии, управление электроэнергией, её передача и распределение



Sabir Rustemli (Sabir Rüstemli), Ph.D.

(1995 г., Азербайджанский научно-исследовательский электротехнический институт). Профессор, зав. кафедрой электро-

техники и электроники и проректор Университета Битлис Ерен, Турция

Лампы направленного света с «биологическим» спектром излучения и высоким качеством цветопередачи

Компания *Lighting Science*, мировой лидер в области «циркадного» освещения, объявила о выпуске специальной серии ламп «Series A+™ Par30 Gimbal», разработанной для взыскательных потребителей и проектировщиков освещения. Для них характерен здоровый «циркадный» спектр излучения с высоким качеством цветопередачи, чётко очерченный световой пучок и возможность изменения направления этого пучка.



Лампы «Series A+» отличаются своим явно выраженным белым светом, свободным от сколь-нибудь заметного присутствия пиков излучения в неблагоприятной для циркадных циклов синей области спектра. А в других случаях люди, находящиеся в помещениях, будут взбадриваться стимулирующим излучением на длине волны 480 нм, которое присутствует в естественном дневном свете. Лампы доступны в модификациях с тремя цветовыми температурами (3000, 4000 и 5000 К) и тремя углами излучения, идеальными для акцентирования (15°), местного (25°) и заливающего (40°) освещения, генерируют высококачественное излучение с $R_a \geq 90$, оживляют все освещаемые сцены и обеспечивают хороший контраст и яркие цвета.

Не бросающаяся в глаза шарнирная конструкция предоставляет дополнительные возможности, обеспечивая точное управление направлением излучения за счёт возможности поворотов в пределах 85° в области цоколя и 56° в области линзы. Снабжённая резьбой крышка линзы позволяет добавлять или менять оптические детали, такие как рассеиватели или плёнки, давая пользователю свободу творчества. Изделия «Series A+», световой поток которых можно снижать до 10 %, совместимы с большинством симисторных светорегуляторов, что облегчает их установку на место установки ЛН или ГЛН.

Изделия «Series A+» продемонстрировали, что здоровое «циркадное» освещение не ограничивает возможности проектирования. Эта регулируемые лампы направленного света найдут применение как в коммерческой сфере, так и в быту, когда требуются точное регулирование оптических характеристик и направленности света и улучшение его биологического действия.

led-professional.com
21.12.2018