

Уличная оптика LEDIL для чайников

Екатерина Ильина,
tech.support.rus@ledil.com
Сакен Юсупов,
saken.jusupov@ledil.com

Светодиодная революция семимильными шагами шагает в массы. Количество светодиодных светильников на вечерних улицах неуклонно растет, а их цена стремительно падает. Возможно, когда-нибудь их станет так же много, как звезд на небе. Наверное, найдется не много романтиков, желающих пересчитывать светильники жаркой летней ночью и составлять по ним гороскопы, но явно растет число прагматиков, которые хотят производить светодиодные светильники и зарабатывать на освещении ночных городов. Технологии отверточной сборки светильников из модульных комплектующих стали доступными для небольших компаний, что привело к росту числа производителей светодиодных светильников в нашей стране. Взрывной рост рынка и большое количество игроков на нем приводят к появлению светильников разного уровня качества, которое не всегда коррелирует с ценой и заявленными характеристиками. Отсутствие механизмов обязательной сертификации дает предпринимателям больше свободы, но свобода всегда порождает ответственность. Вопросы качества и ответственности за него в настоящее время бурно обсуждаются в профессиональной среде производителей светильников. Вопрос качества пытаются решить путем добровольной сертификации (что-то вроде средневекового цехового поручительства) на базе Ассоциации производителей светодиодов и систем на их основе (НП ПСС) и других некоммерческих объединений, таких как «Честная позиция». Профессиональное сообщество намеревается

обязать участников рынка выпускать безопасные для покупателей светильники и с правдивой технической документацией. Обязательные требования к электрической и пожарной безопасности светильников описаны в ГОСТах и других нормативных документах. Они понятны большинству людей с инженерным образованием. Но кроме безопасности и качества исполнения «железа» светильника принципиально важно качество излучаемого света.

Цена и качество освещения – основа нашего бизнеса, ибо, в конце концов, потребитель покупает свет, а не светильники. И если у людей появится возможность освещать жилища и улицы ярче и дешевле генно-модифицированными мхами или мухоморами, то все нынешние светильники быстро окажутся на музейных полках рядом с лучинами, лампадами и канделябрами. Параметры светильника и его энергоэффективность зависят от подбора светодиодов, драйвера, радиатора и грамотного технического исполнения, а качество освещения – от оптической системы, которая применяется в светильнике. Светодиодные линзы и рефлекторы занимают «долю малую» в структуре себестоимости светильника – около 12%, но определяют его основные потребительские свойства. Следовательно, задумываясь о качестве светильника в целом, необходимо особое внимание уделять качеству его оптической части.

Если параметры светодиодов или драйверов можно грубо оценить, исходя из их технических описаний, а грамотное применение этих компонентов однозначно описано в технологических рекомендациях, то с оптикой все далеко не так просто. Даже лучшие линзы от самых именитых производителей можно использовать неправильно, а свет

направить не туда, куда нужно. Для освещения зданий, цехов и улиц существует множество обязательных нормативных требований. В то же время, ассортимент предлагаемых на рынке линз составляют десятки тысяч разных моделей. Как разобраться в этом многообразии «Ш-образных и глубокомысленных кривых сил света»? Конечно, в этом помогут профессионалы – мастера светотехнических расчетов, но любому непрофильному специалисту всегда хочется понять, хотя бы в самых общих чертах, как правильно освещать объекты. Чтобы дать общее представление о параметрах и качестве освещения, мы рассмотрим несколько типовых примеров освещения автодорог.

Почему именно автодорог? Потому что уличное освещение – самая ответственная и регламентированная область светотехники. От того, как освещены дороги и пешеходные переходы, зависит безопасность дорожного движения и жизни многих людей. Классификация автодорог и параметры их освещения недвусмысленно указаны в следующих нормативных документах.

ГОСТ Р 55706–2013, распространяющийся на утилитарное наружное освещение, устанавливает классификацию и нормы освещения объектов улично-дорожной сети в пределах территорий городских и сельских населенных пунктов. Его применяют при проектировании и эксплуатации стационарных установок утилитарного наружного освещения.

СП 52.13330.2011 (актуализированный СНиП) частично гармонизирован с европейскими нормативными документами для применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки. Этот документ распространяется на **про-**

ектирование наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов, а также на контроль над их состоянием в процессе эксплуатации.

ГОСТ Р 54305–2011 распространяется на горизонтальную освещенность от вновь устраиваемого искусственного освещения автомобильных дорог общего пользования и устанавливает технические требования к ней.

В нашей стране на уровне нормативных документов разделены городские и автомобильные дороги. Освещение первых регламентируются **ГОСТ Р 55706–2013** и **СП 52.13330.2011 (актуализированный СНиП)**, вторых – **ГОСТ Р 54305–2011**. При этом в «городских» нормах основные нормируемые показатели – средняя яркость и ее равномерность, которые имеют больший приоритет над освещенностью. В «автомобильных» нормах пока еще действует приоритет освещенности.

Яркость дорожного покрытия (L) – величина светового потока, отраженного от элемента поверхности дороги и посылаемая в направлении водителя в единичном телесном угле. Измеряется яркомером, единица измерения L – кд/м².

Освещенность дороги (E) – отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, который содержит рассматриваемую точку,

к площади этого элемента. Измеряется люксметром, единица измерения E – лк.

Освещенность не зависит от направления наблюдения и не несет информацию о том, как свет взаимодействует с окружающим пространством. Яркость, в отличие от освещенности, зависит не только от линии наблюдения, но и отражающих свойств поверхности в этом направлении. В этом их основное различие.

Основной источник опасности на дороге – автомобиль, и его водитель должен хорошо видеть ситуацию на дороге, чтобы вовремя заметить препятствие или пешехода. Поскольку угол зрения водителя задан конструкцией автомобиля, тип покрытия в направлении линии его зрения стандартизован и водитель видит отраженный от дороги свет, яркость дорожного полотна – основная нормируемая характеристика в дорожном освещении. Освещенность используют на участках с нестандартной геометрией (где линия зрения меняется) или на дорогах с нестандартным покрытием (например, на щебеночных дорогах).

Качественные показатели дорожного освещения (к которым относятся общая и продольная равномерности яркости и значения приращения пороговой разности яркостей, а также слепящее воздействие) напрямую

зависят от светового распределения светильников и от схемы их расстановки. Светораспределение дорожного светильника формируется оптикой.

Достаточно долгое время было принято, что при норме освещенности требуется одна кривая силы света (КСС), а при норме яркости – другая. Конечно, результат освещения дороги всегда зависит от того, какой фотометрический показатель положен в основу расчета осветительной установки. Современная тенденция при разработке оптики – универсальность и сбалансированность КСС как по яркости, так и по освещенности. Компания Ledil при разработке новой оптики уделяет большое внимание универсальности дорожных линз.

У начинающих производителей светодиодных светильников часто возникает вопрос о том, почему визуально под столбом дорога освещена заметно ярче, чем между столбами. Нет ли в этом нарушения требований по равномерности освещенности? Ответ прост: световые характеристики необходимо измерять – их нельзя оценивать «на глаз». Равномерность освещенности всегда можно рассчитать с помощью Dialux и проверить люксметром. При соблюдении требований по равномерности освещенности дороги под осветительный столб следует направить больше

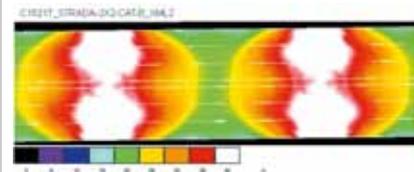
Таблица 1. Классификация дорог и нормы по СП 52.13330.2011

Характеристика дороги	Расчетная скорость, км/ч	Число полос движения в обоих направлениях	Пропускная способность, тыс. ед./ч	L _{ср} , кд/м ² , не менее	L _{мин} /L _{ср} , не менее	L _{мин} /L _{макс} , не менее	T ₀ , % не более	E _{ср} , лк, не менее	E _{мин} /E _{ср} , не менее
A1. Основные магистрали города	100	6–8	свыше 10	2,0	0,4	0,7	10	30	0,35
A2. Прочие федеральные дороги и основные улицы (за пределами центра города)	80–100	6–8	7–9	1,6	0,4	0,7	10	20	0,35
A3. Центральные магистрали, связующие улицы с выходом на магистрали A1 (в центре города)	90	6–8	4–7	1,4	0,4	0,7	10	20	0,35
A4. Основные исторические проезды центра, внутренние связи центра (в центре города)	80	4–6	3–5	1,2	0,4	0,7	10	20	0,35
B1. Основные дороги и улицы города районного значения (за пределами центра города)	60–70	4–6	3–5	1,2	0,4	0,6	10	20	0,35
B2. Основные дороги и улицы города районного значения (в центре города)	60	3–6	2–5	1,0	0,4	0,6	10	15	0,35
B1. Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов и выход на магистрали, кроме улиц с непрерывным движением (жилая застройка за пределами центра города)	60	2–4	1,5–3	0,8	0,4	0,5	15	15	0,25
B2. Транспортные и пешеходные связи в жилых микрорайонах и выход на магистрали (жилая застройка в центре города)	60	2–4	1,5–3	0,6	0,4	0,5	15	10	0,25
B3. Транспортные связи в пределах производственных и коммунально-складских зон (в городских промышленных, коммунальных и складских зонах)	60	2–4	0,5–2	0,4	0,35	0,4	15	6	0,25

Таблица 2. Примеры освещения дороги класса A1 светодиодными светильниками с оптикой C15217_STRADA-2X2-CAT-B и C14128_Tatiana-1x4-B

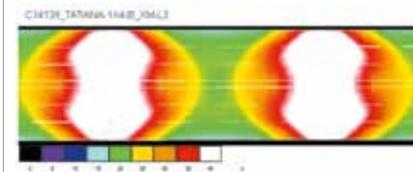
Дорога класса A1, 6 полос. Схема установки опор двусторонняя, напротив друг друга

Оптика: **C15217_STRADA-2X2-CAT-B**
Светодиод: **XM-L2**
Покрытие: **R2**
31650 лм @ D = 45 м, H = 12 м, α = 30°



$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
2,01	0,65	0,79	10
≥2,00	≥0,40	≥0,70	≤10
✓	✓	✓	✓

Оптика: **C14128_Tatiana-1x4-B**
Светодиод: **XM-L2**
Покрытие: **R2**
32900 лм @ D = 45 м, H = 12 м, α = 30°



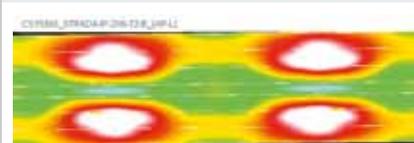
$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
2,01	0,55	0,70	9
≥2,00	≥0,40	≥0,70	≤10
✓	✓	✓	✓

Таблица 3. Примеры с оптикой CS15363_STRADA-2X6-T2-B на дорогах класса A1 с осевой расстановкой опор

Дорога класса A1, 6 полос. Схема установки опор двусторонняя, напротив друг друга

с разделительной полосой 2 м

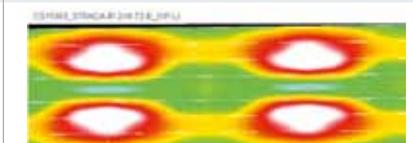
Оптика: **CS15363_STRADA-2X6-T2-B**
Светодиод: **XP-L**
Покрытие: **R2**
34240 лм @ D = 45 м, H = 14 м, α = 0°



$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
2,07	0,65	0,80	10
≥2,00	≥0,40	≥0,70	≤10
✓	✓	✓	✓

с разделительной полосой 5 м

Оптика: **CS15363_STRADA-2X6-T2-B**
Светодиод: **XP-L**
Покрытие: **R2**
34240 лм @ D = 45 м, H = 14 м, α = 0°



$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
2,01	0,55	0,70	9
≥2,00	≥0,40	≥0,70	≤10
✓	✓	✓	✓

Таблица 4. Примеры с оптикой C15034_STRADELLA-8-T2 и C12861_STRADA-IP-2X6-DWC

Дорога класса A4, 4 полосы. Схема установки опор двусторонняя, напротив друг друга

Оптика: **C12861_STRADA-IP-2X6-DWC**
Светодиод: **XT-E**
Покрытие: **R2**
15800 лм @ D = 50 м, H = 12 м, α = 0°



$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
1,20	0,62	0,70	10
≥1,00	≥0,40	≥0,70	≤15
✓	✓	✓	✓

Оптика: **C15034_STRADELLA-8-T2**
Светодиод: **XQ-E**
Покрытие: **R2**
14000 лм @ D = 48 м, H = 12 м, α = 0°



$L_{ср}$, кд/м ²	U0	UI	TI, %
1,20	0,67	0,72	10
≥1,20	≥0,40	≥0,70	≤10
✓	✓	✓	✓

света для того, чтобы обеспечить равномерность яркости дороги с точки зрения водителя. Закон оптики гласит: угол падения света равен углу отражения. Следовательно, свет, падающий почти вертикально под столб, в большей степени отразится в небо. Чтобы для водите-

ля дорога под столбом имела ту же яркость, что и у остальных участков дороги, под осветительную опору требуется направить гораздо больше света, чем по краям светового пятна.

Вернемся к классификации дорог. В таблице 1 приведены характе-

ристики дорог, и приведены действующие нормы из СП 52.13330.2011. Как видно из этой таблицы, к самой высокой категории относится дорога класса A1. К осветительной установке на ней предъявляются самые строгие требования.

Посмотрим, как правильно освещать дорогу класса A1. Для освещения таких дорог традиционно используются светильники с натриевыми лампами высокого давления (НЛВД) мощностью 400 Вт со световым потоком около 56 Клм. С учетом КПД (около 80%) световой поток таких светильников находится в пределах 45–48 Клм. Как правило, светильники мощностью 400 Вт дают больше света, чем требуется по нормам, при этом ближайшие их «соседи» мощностью 250 Вт не обеспечивают требуемые параметры осветительных установок.

В светодиодном светильнике световым потоком проще управлять, а с помощью высокотехнологичной и качественной оптики можно сформировать эффективную КСС и существенно уменьшить световой поток с 45–48 до 32–34 Клм. В результате снижаются расходы на электроэнергию примерно на 30%.

Рассмотрим оптику LEDIL, которая позволяет освещать дороги самой высшей категории A1. Для этого воспользуемся бесплатной программой Dialux. Этой программой пользуются профессиональные светотехники во всем мире. Она позволяет создавать модели требуемых объектов – дорог, площадей, перекрестков, зданий и помещений. Расставляя различные источники света, можно рассчитать, как распределится свет по заданному объекту. Цифровыми образцами источников света являются IES-файлы, которые можно скачать с сайтов производителей светильников. IES-файлы для оптики LEDIL в сочетании с разными светодиодами можно скачать на сайте www.ledil.com.

Линза **C15217_STRADA-2X2-CAT-B** – оптимизированная версия симметричной уличной линзы **C14128_Tatiana-1x4-B**, которая выполнена в универсальном форм-факторе 2×2. Она обеспечивает большую равномерность яркости вне зависимости

от типа дорожного покрытия. Примеры освещения показаны в таблице 2. В последней строке каждого примера зелеными галочками показано соответствие расчетного светораспределения нормативным требованиям.

Преимущество линзы **CS15363_STRADA-2X6-T2-B** в том, что она обеспечивает меньшую за­светку фасадов зданий, – она оптимальна для использования в густонаселенных городах. **CS15363_STRADA-2X6-T2-B** применяется в освещении улиц категории А1 с осевой установкой опор по центру узкой или широкой разделительной полосы (см. табл. 3).

При такой расстановке использование оптики **CS15363_STRADA-2X6-T2-B** позволяет существенно экономить на опорах – их требуется почти в два раза меньше по сравнению с двусторонней схемой расстановки. Так, вне зависимости от ширины этой полосы, при достаточно малой высоте установки (14 м) и большом шаге (45 м) обеспечиваются нормы при расположении опор по центру разделительной полосы с двумя светильниками направленными друг от друга.

Самые распространенные дороги в России – дороги классов Б1 и А4. В этой задаче рассмотрим новую очень дешевую линзу **CS15034_STRADELLA-8-T2**. Она освещает дорогу класса А4 почти так же, как популярная линза **CS12861_STRADA-IP-2X6-DWC**. Результат сравнения показан в таблице 4.

Для трехполосных дорог категории Б2 отлично подойдет оптика **CS15363_STRADA-2X6-T2-B** и **CS15362_STRADA-2X6-T3-B**, а также **CS15217_STRADA-2X2-CAT-B** (см. табл. 5).

Если кратко подытожить эти примеры расчетов, то можно сделать следующие выводы.

- Светильники с оптикой **CS15363_STRADA-2X6-T2-B** и **CS15362_STRADA-2X6-T3-B** позволяют экономить на дорожных столбах. Можно применять более низкие опоры (11 м) и устанавливать их с большим шагом (до 50 м).
- Симметричная оптика **CS15217_STRADA-2X2-CAT-B** идеально

Таблица 5. Примеры с оптикой **STRADA-IP-2X6-T3-B**, **STRADA-2X6-T2-B** и **STRADA-2X2-CAT-B**

Дорога класса Б2, 3 полосы. Схема установки опор односторонняя

Оптика: CS15362_STRADA-IP-2X6-T3-B Светодиод: XP-L Покрытие: R3 22000 лм @ D = 50 м, H = 11 м, α = 0°		Оптика: CS15363_STRADA-2X6-T2-B Светодиод: XP-L Покрытие: R2 18500 лм @ D = 50 м, H = 11 м, α = 0°																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>L_{ср}, кд/м²</th> <th>U0</th> <th>UI</th> <th>TI, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,03</td> <td>0,57</td> <td>0,60</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>≥1,00</td> <td>≥0,40</td> <td>≥0,60</td> <td>≤15</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>	L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %	1,03	0,57	0,60	13	≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15	✓	✓	✓	✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>L_{ср}, кд/м²</th> <th>U0</th> <th>UI</th> <th>TI, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,00</td> <td>0,45</td> <td>0,67</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>≥1,00</td> <td>≥0,40</td> <td>≥0,60</td> <td>≤15</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>	L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %	1,00	0,45	0,67	14	≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15	✓	✓	✓	✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>L_{ср}, кд/м²</th> <th>U0</th> <th>UI</th> <th>TI, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,01</td> <td>0,42</td> <td>0,60</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>≥1,00</td> <td>≥0,40</td> <td>≥0,60</td> <td>≤15</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>	L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %	1,01	0,42	0,60	8	≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15	✓	✓	✓	✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>L_{ср}, кд/м²</th> <th>U0</th> <th>UI</th> <th>TI, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,07</td> <td>0,47</td> <td>0,80</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>≥1,00</td> <td>≥0,40</td> <td>≥0,60</td> <td>≤15</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>	L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %	1,07	0,47	0,80	8	≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15	✓	✓	✓	✓
L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %																																																																
1,03	0,57	0,60	13																																																																
≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15																																																																
✓	✓	✓	✓																																																																
L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %																																																																
1,00	0,45	0,67	14																																																																
≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15																																																																
✓	✓	✓	✓																																																																
L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %																																																																
1,01	0,42	0,60	8																																																																
≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15																																																																
✓	✓	✓	✓																																																																
L _{ср} , кд/м ²	U0	UI	TI, %																																																																
1,07	0,47	0,80	8																																																																
≥1,00	≥0,40	≥0,60	≤15																																																																
✓	✓	✓	✓																																																																
Оптика: CS15217_STRADA-2X2-CAT-B Светодиод: XM-L2 Покрытие: R3 18800 лм @ D = 40 м, H = 12 м, α = 20°		Оптика: CS15217_STRADA-2X2-CAT-B Светодиод: XM-L2 Покрытие: R2 18800 лм @ D = 40 м, H = 12 м, α = 20°																																																																	

работает на дорожных опорах, у которых консоль для крепления светильника имеет угол наклона 15–20°. Такими дорожными опорами уставлено большинство дорог, сделанных в советское время. КСС линзы универсальны и хорошо работают с любым дорожным покрытием.

- Линзы **CS15034_STRADELLA-8-T2** – хорошее и дешевое решение для создания светильников с защитным стеклом.
- Вся оптика, подходящая для освещения дорог высших категорий, пригодна для дорог более низких классов.
- Ассортимент уличной оптики LEDIL много шире рассмотренного в этой статье. Требования ГОСТа весьма лаконичны, а жизнь бесконечно разнообразна: идет бурное строительство новых дорог, существуют тысячи километров старых шоссе с исторически разной высотой дорожных опор, расстоянием между ними, длиной и наклоном консоли для крепления светильника. Столбы могут быть расставлены с одной стороны дороги, по центральной разделительной полосе, с двух

сторон от дороги. Дороги имеют разные покрытия и количество полос. Чтобы грамотно осветить все это многообразие уже существующих и строящихся дорог, компания LEDIL создала более 20 линз с разными кривыми силы света. Понимая недостаточность этого ассортимента, компания продолжает разрабатывать новые варианты уличной оптики. Подробную техническую информацию обо всех линзах LEDIL см. на [1].

Большое разнообразие линз с разными КСС для уличного освещения – вещь хорошая, но порождает проблему выбора. Чтобы помочь заказчикам разобраться и быстро выбрать наилучшее оптическое решение для конкретной задачи, фирма LEDIL предоставляет бесплатный сервис по светотехническому расчету освещения (подробнее см. [2]).

Надеемся, что наша оптика и скорая светотехническая помощь поможет производить и продавать освещение только высшего качества!

ССЫЛКИ

1. www.ledil.com.
2. www.svetolego.com/svtotehraschet.