

Новые линзы LEDIL для освещения российских автодорог

Екатерина Ильина,
 ekaterina.ilyina@ledil.com
Сакен Юсупов,
 saken.jusupov@ledil.com

Когда-то, давным-давно, Карамзин сказал: «В России две беды – дураки и дороги». Многие годы эта фраза точно описывала наше бытие, но за последние пять лет качество дорог в российских мегаполисах стало заметно улучшаться. Это вселяет надежду на то, что постепенно дорожные беды уйдут из нашей жизни, и то, о чем говорил Карамзин, хотя бы наполовину исчезнет из нашей жизни.

В настоящее время в нашей стране строится много новых дорог, и ремонтируются старые. Ремонтируется не только дорожное покрытие, но и происходит обновление освещения и замена светильников. Качественное освещение на дорогах – вопрос безопасности пешеходов и водителей. От качества света на дорогах зависят жизни многих тысяч людей. Все, что связано с безопасностью, жестко нормируется государством. В нашей стране требования к освещению на дорогах определены в документах СП 52.13330.2011 и ГОСТ Р 54350–2011. Несколько десятиков лет источником света в уличных светильниках служили натриевые лампы, но в последние несколько лет светодиоды активно вытесняют старые технологии. Светодиодные светильники уже можно встретить

на улицах южных деревень и заполярных поселков. В рамках этой статьи мы поговорим о линзах для светодиодов, которые распределяют свет в соответствии с нормативными требованиями. Для начала следует понять, что требует закон и как эти требования необходимо понимать. Закон регламентирует многие параметры распределения света на дороге: освещенность и яркость, их продольные и поперечные равномерности, слепящее воздействие света на глаза водителя. Рассмотрим эти параметры внимательнее.

НЕМНОГО ТЕОРИИ

Согласно СП52.13330.2011, в условиях наружного освещения (УНО) наряду с освещенностью используется

яркость. УНО нормируются и по яркости, и по освещенности.

- Яркость – это величина светового потока, отраженного от единицы площади поверхности и излучаемого ею в сторону наблюдателя.
- Освещенность – это величина светового потока, падающего на единицу площади поверхности.

Яркость дорожного покрытия зависит от того, под каким углом падает свет от группы светильников на участок дорожного покрытия, попадающий в поле зрения водителя. То, как свет отражается от покрытия, зависит от его состава, времени его эксплуатации и даже от погодных условий. Несмотря на довольно большой разброс в характеристиках дорожных покрытий, в наших нор-



Рис. 1. Отражение света от асфальтового покрытия

мах освещения дорог определяются всего два основных типа: мелкозернистое и шероховатое. Кроме того, имеется несколько международных классификаций дорожных покрытий. Одним из самых распространенных из них является R-классификация. Наиболее часто в светотехнических расчетах используются типы покрытий R2 и R3.

Согласно классификации ТАС 2–37 2006 Table – Pavement Classification:

- асфальт типа R2 характеризуется наличием в составе покрытия минимум 60% гравия размером более 10 мм и осветляющего искусственного наполнителя с коэффициентом отражения 10–60%. Диффузно-направленный характер отражения света считается наиболее близким к отечественному шероховатому типу;
- асфальт типа R3 – плотное покрытие с темными включениями, например из гранита или доменного шлака. Характер отражения света – слегка направленный. Покрытие имеет грубую текстуру после нескольких месяцев использования и низкий уровень шероховатости. Считается типовым покрытием большинства автомобильных дорог. По направленности отражения оно близко к отечественному мелкозернистому покрытию и является более капризным с точки зрения обеспечения равномерности яркости, чем тип R2. Таким образом, при разработке оптики и в светотехнических расчетах дорожного освещения в большей степени ориентируются на тип R3, исходя из наиболее сложного случая. По идее, при проектировании улиц принято использовать расчет на оба типа покрытий.

Известно, что лучше всего свет отражается при углах падения близких к 70–80°. Этот эффект хорошо знаком водителям при восходе или закате, – дорожное полотно слепит сильнее, чем в полдень, когда солнце находится высоко (см. рис. 1). Сила света в направлении более 70° формирует не только высокий уровень яркости дорожного полотна

и ее равномерность, но и увеличивает слепящее воздействие на водителя.

Освещенность не отражает то, как свет взаимодействует с окружающим пространством. Но почему ее все же нормируют при освещении улиц? Существуют как минимум три случая, когда яркость рассчитать нельзя:

- 1) нестандартное покрытие, например грунтовая или снежная дорога, т.е. такая дорога, характер отражения которой неизвестен;
- 2) нестандартная геометрия, например перекресток. Поскольку линия зрения водителя меняется, необходимо все время смотреть по сторонам, чтобы избежать неприятностей;
- 3) наличие пешеходов, линия зрения которых не фиксирована, как у водителя.

О РАВНОМЕРНОСТИ И СЛЕПЯЩЕМ ДЕЙСТВИИ

В процессе движения автомобиля поле зрения водителя принято делить на центральную и периферическую зоны. В первую попадает участок дороги, во вторую – светильники, опоры, пешеходы, экстерьер улицы и другие объекты. Чем выше равномерность яркости дорожного покрытия, тем больше вероятность того, что водитель вовремя обнаружит препятствие на дороге и меньше утомится от вождения. Чем меньше слепящее действие светильников, тем быстрее во-

дитель увидит пешехода на тротуаре, собирающегося переходить дорогу. Таким образом, чем лучше условия работы водителя (высокая равномерность яркости и низкое слепящее действие), тем ниже вероятность ДТП. А чем выше класс дороги, тем строже требования по всем нормируемым параметрам.

При нормировании по яркости должны выполняться требования к общей (U_0) и продольной (U_l) равномерности яркости, а также к приращению пороговой яркости (T_l), а при нормировании по освещенности – требования к ее общей равномерности (U). Аналогом T_l для контроля слепящего действия в УНО при нормировании по освещенности является ограничение предельной силы света в меридиональной плоскости под углами 80 и 90° к оптической оси светильника в зоне слепимости (согласно СП 52.13330.2011 и ГОСТ Р 54350–2011).

ОТКУДА БЕРЕТСЯ «ЗЕБРА»?

В одних технических заданиях встречается проектирование УНО в соответствии с **ГОСТ Р 54305–2011** (только по освещенности), в других – **СП 52.13330.2011 (по яркости и освещенности)**. При учете только требований к освещенности часто получают «зебру» на дороге. Дело в том, что равномерность освещенности никак не характеризует равномерность яркости. По-



Рис. 2. «Зебра» на дороге из-за низкой равномерности яркости

сколькo глаза видят «зебру» именно из-за низкой равномерности яркости, необходимо как минимум выполнить расчет и проверить этот параметр (см. рис. 2).

СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКА

Почему нельзя сделать один универсальный светильник для освещения всех дорог? По аналогии со стихотворной строкой «Мамы разные нужны, Мамы разные важны» советского поэта Михалкова С. В., можно утверждать, что необходимы разные светильники. Дороги бывают разными – с разным количеством полос, с установкой дорожных опор по центру, сбоку, в шахматном порядке и с другими параметрами.

Одним из наиболее важных параметров светильника для наружного освещения является его светораспределение, т. е. способность направить свет так, чтобы нормы соблюдались на дороге определенной конфигурации.

Но вернемся от теоретических рассуждений к линзам для светодиодов. Требования к качеству распределения света высоки. Чтобы их выполнить, необходима сложная оптика. Финская компания LEDIL, мировой лидер в разработке и производстве вторичной оптики для светодиодов, хорошо известна в России высоким качеством своих линз. Для российских дорог фирма LEDIL выпускает специализированную оптику, а также разрабатывает новую оптику, которая оптимизирована под национальные стандарты освещения улиц.

ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ДОРОЖНОЙ ОПТИКИ ДЛЯ РОССИИ

Самая первая линза **Strada-2×2-A-T** (см. табл. 1) была разработана в 2011 г. Линза с асимметричной КСС применяется для освещения широких городских улиц до класса А4 при односторонней установке опор с шагом до 30 м,

Strada-2×2-A-T	TATIANA-1X4-B	Strada-2×2-CAT-B	Strada-2×2-ME-N
<ul style="list-style-type: none"> Класс дороги – А4, Б2 4 полосы Односторонняя установка опор Шаг установки – до 30..35 м Высота установки – от 10,5 м Угол наклона –15° ассимметричное светораспределение 	<ul style="list-style-type: none"> Класс дороги – А4 4 полосы Двусторонняя установка опор Шаг установки – до 40 м Высота установки – 11,5 м Угол наклона –15° симметричное светораспределение оптимизированная под светодиод типа XM-L2 	<ul style="list-style-type: none"> световой аналог TATIANA-1X4-B универсальный форм-фактор Strada-2×2 оптимизированная под светодиод в корпусе 3535 типа XPG3 	<ul style="list-style-type: none"> Класс дороги – А1 4 полосы с широкой разделительной полосой до 6 м Осевая установка опор Шаг установки – до 45 м Высота установки – 12..14 м Угол наклона – 0..15° Обеспечить норму яркости $L = 2,0 \text{ кд/м}^2$ при $\Phi = 31,5 \text{ клм}$, а также $E = 30 \text{ лк}$; $U \geq 0,35$; $U0 \geq 0,4$; $U1 \geq 0,7$ и $T1 < 10\%$ ассимметричное светораспределение $I_{90} < 30 \text{ кд/клм}$; $I_{10} < 10 \text{ кд/клм}$

Класс объекта	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	Еср, лк	Емин/Еср	Т1, %
А1	2,0	0,4	0,7	30	0,35	<10

высотой 10,5 м и с популярным в России углом наклона консоли 15°. Примечательна линза тем, что в сочетании с другими линзами – **Strada-2×2-T2**, **Strada-2×2-T3** или **Strada-2×2-ME** – она может применяться для улиц до класса А1 с количеством полос до шести и с шагом установки до 50 м.

Следующая, **TATIANA-1X4-B** (см. табл. 1), с симметричной КСС, выпущенная в 2013 г., применяется в большом количестве проектов по освещению четырехполосных улиц класса А4/Б2 с двусторонней установкой опор с шагом до 40 м и высотой 11,5 м в рамках замещения устаревших традиционных светильников без замены опор и кронштейнов.

В 2016 г. появилась линза **Strada-2×2-CAT-B** (см. табл. 1) – све-

Параметр	Значение
Кол-во полос	4
Ширина полосы, м	3,5
Ширина средней полосы, м	6
Схема установки	Осевая по центру разделительной полосы
Дорожное покрытие	тип R3 и R2
Высота подвеса светильников, м	14
Угол наклона, град.	0
Длина консоли, м	2,5
Расстояние между опорами, м	45

товой аналог линзы TATIANA-1X4-B – в популярном форм-факторе 2×2.

Эти оптические решения были в большей мере предназначены для замены освещения существующих дорог – тех, где дорожные опоры были вкопаны «при царе Горохе», и высота опор была задана традиционно.

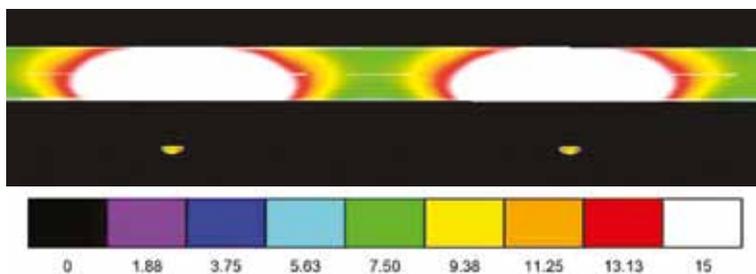


Рис. 3. Распределение освещенности дороги класса А1 в псевдоцветах Dialux при использовании C16181_STRADA-2X2-ME-N

C16181_STRADA-2X2-ME-N с XPG3 31500 лм	Покрывтие R2				Покрывтие R3				Еср, лк	Емин/Еср
	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	Т1, %	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	Т1, %		
со стеклом	2,1	0,58	0,8	8	2,0	0,53	0,8	9	30	0,55
без стекла	2,13	0,57	0,8	9	2,04	0,52	0,83	10	30	0,55

Таблица 5. Параметры дороги класса Б2

Параметр	Значение
Кол-во полос	2
Ширина полосы, м	3
Ширина средней полосы, м	нет
Схема установки	односторонняя
Дорожное покрытие	тип R3 и R2
Высота подвеса светильников, м	10
Угол наклона, град.	15
Вылет относительно дороги, м	-2
Расстояние между опорами, м	46

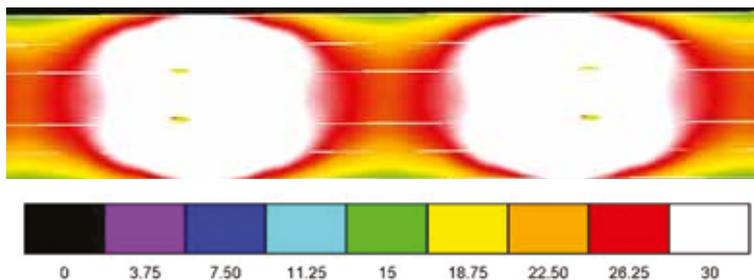


Рис. 4. Распределение освещенности на дороге класса Б2 в псевдоцветах Dialux при использовании C16181_STRADA-2X2-ME-N

Таблица 6. Результаты расчета для дороги класса Б2

C16181_STRADA-2X2-ME-N_XPG3 17100 лм	Покрывтие R2				Покрывтие R3				Есп, лк	Емин/Есп
	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	ТI, %	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	ТI, %		
без стекла	1,1	0,55	0,64	13	1,0	0,48	0,63	13	15	0,38

В настоящее время в России строится множество новых высокоскоростных магистралей. И для новых дорог проектировщики ищут наиболее экономные варианты освещения, и стремятся увеличить шаг расстановки дорожных опор, снизить их высоту. Новые задачи требуют новой оптики. Этой осенью компания LEDIL анонсирует новинку – линзу **Strada-2×2-ME-N** (см. табл. 1).

При разработке новой линзы **Strada-2×2-ME-N** была поставлена задача выполнить самые жесткие российские нормы при освещении дорог, в т. ч. на новых строящихся дорогах, имеющих четыре полосы и широкую разделительную полосу шириной до 6 м. Требования к качеству освещения таких дорог указаны в таблице 2.

Инженеры LEDIL стремились не только выполнить нормы по уровню освещенности в 30 лк и яркости в 2 кд/м² вне зависимости от типа покрытия, но и сделать это при световом потоке светильника не более 31500 лм с учетом оптических потерь на оптике и стекле, что является достаточно сложной задачей.

Известно, что самое дорогостоящее в дорожном освещении – опоры освещения (дорожные столбы). Осевая или односторонняя установка по праву считаются самыми экономичными. Линзы **Strada-2×2-ME-N** оптимизированы под осевую схему расстановки с шагом до 45 м при высоте 12–14 м. Чтобы добиться такого результата, потребовались три итерации разработки оптики. На каждом этапе решались разные задачи. Была выполнена оптимизация по эффективному распре-

Таблица 7. Требования к параметрам освещения улицы класса Б2						
Класс объекта	Лср, кд/м ²	Лмин/Лср	Лмин/Лмакс	Есп, лк	Емин/Есп	ТI, %
Б2	1,0	0,4	0,6	15	0,35	<15

лению светового потока. Сложной, но решаемой оказалась задача выполнить нормы по уровню яркости $L=2,0$ кд/м², равномерности яркости $U_0>0,4$ и $U_1>0,7$ для обоих типов покрытий R2 и R3 при высоких требованиях по пороговому приращению пороговой яркости $T_I<10\%$. И одна из итераций была выполнена с целью улучшения светораспределения не только под использование линз в светильниках с защитным стеклом, но и без него.

Параметры дороги А1 освещаемой светильниками с линзами **Strada-2×2-ME-N** приведены в таблице 3. Как видно из таблицы 4, использование линзы C16181_STRADA-2X2-ME-N с XPG3 со световым потоком 31500 лм с учетом КПД удовлетворяет всем самым жестким светотехническим требованием для дорог класса А1 (см. табл. 2) независимо от типа дорожного покрытия, наличия/отсутствия плоского защитного стекла. На рисунке 3 представлено распределение освещенности на дороге класса А1 в псевдоцветах Dialux при использовании линз C16181_STRADA-2X2-ME-N.

В таблице 5 приводятся параметры двухполосной дороги класса Б2 с большим вылетом опор относительно дороги, для которой был выполнен расчет с линзами C16181_STRADA-2X2-ME-N. Как видно из таблицы 6, использование линзы C16181_STRADA-2X2-ME-N

с XPG3 со световым потоком 17100 лм с учетом КПД позволяет удовлетворить всем светотехническим требованиям для дорог класса Б2 (см. табл. 7) независимо от типа дорожного покрытия. На рисунке 4 представлено распределение освещенности на дороге класса Б2 в псевдоцветах Dialux при использовании линз C16181_STRADA-2X2-ME-N.

ВЫВОДЫ

Дороги бывают разными – с разным количеством полос, с установкой дорожных опор по центру, сбоку, в шахматном порядке и с другими параметрами. Грамотный расчет освещения улиц требует специальных знаний и опытных светотехников. Не все производители светодиодных светильников обладают достаточным опытом, умением и человеческими ресурсами для качественных световых расчетов. Специалисты компании LEDIL выполняют бесплатные светотехнические расчеты освещения улиц, помогают подбирать оптимальное сочетание оптики под каждый конкретный объект заказчиков.

Чтобы мы помогли рассчитать свет на дорожном полотне, предлагаем сначала скачать файл «Конфигурация дороги» на www.svetolego.com/svtotehraschet, заполнить его и прислать в техническую поддержку фирмы LEDIL по адресу tech.support.rus@ledil.com.