

Сакен Юсупов | [saken.jusupov@ledil.com](mailto:saken.jusupov@ledil.com) |  
Илья Лебедев | [lis@rtcs.ru](mailto:lis@rtcs.ru) | Михаил Червинский | [Mikhail\\_Chervinsky@cree.com](mailto:Mikhail_Chervinsky@cree.com)

# Оптика для светодиодных уличных светильников в России:

## проблемы и их решение

«Умом Россию не понять, аршином общим не измерить» — так написал Федор Тютчев в еще 1866 г. С тех пор прошло полтора века, а «общий аршин» в России так и не прижился. Самобытная российская цивилизация имеет особенные технические (и не только) стандарты. Железнодорожная колея у нас шире, уличные светильники должны работать при  $-60^{\circ}\text{C}$ , а столбы для них имеют консоли с углом наклона  $15^{\circ}$  (иногда и более). Этим наши столбы принципиально отличаются от своих

европейских и американских «горизонтальных» собратьев (рис. 1–4).

В Европе дорожные осветительные столбы имеют горизонтальные консоли и работают со светильниками с асимметричной оптикой.

В России дорожные осветительные столбы имеют консоли с наклоном около  $15^{\circ}$  и предназначены для установки светильников с симметричной оптикой. Отсюда возникает ряд сложностей.



Рис. 1. Уличные столбы в Европе



Рис. 3. Уличные столбы в России



Рис. 2. Распределение света под «евростолбом»

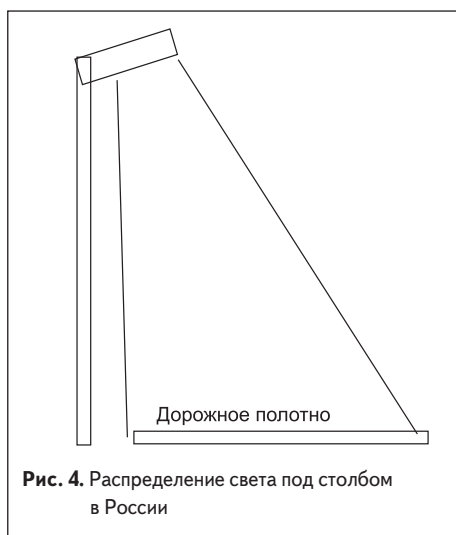


Рис. 4. Распределение света под столбом в России

### Сложность первая

Светодиодный светильник с асимметричной оптикой, установленный на дорожный столб с наклонной консолью, будет освещать обочину на противоположной стороне... Техническое решение этой проблемы очевидно: можно добавить поворотный механизм в крепежный кронштейн светильника. Многие российские производители уже это делают.

Но инженерное остроумие разработчиков светильников губит неграмотность и халатность тех, кто устанавливает светильники на столбы. К примеру, в Саранске светодиодные светильники были установлены на  $45^{\circ}$ -градусные консоли, и никто не пытался регулировать углы их наклона. Результаты такого эксперимента могли радовать только лоббистов традиционных светильников с натриевыми лампами.

Сложность первая, дополнительная, — архитекторы и дизайнеры. Их тонкий художественный вкус зачастую не приемлет излом линии сопряжения светильника и консоли столба, и они могут «зарезать» чудесный светодиодный светильник ради сохранения «устремленного ввысь» образа новой дороги в городской аэропорт.

Решение существующих проблем — использование симметричной оптики в светодиодных светильниках для освещения дорог класса B1.

### Сложность вторая

Имеет место строгость российских стандартов для освещения автодорог (табл. 1). Необходимость выполнения этих стандартов напрямую связана с безопасностью движения.

Для решения этой задачи нужно применять оптику, которая правильно распределяет свет на дороге, обеспечивает необходимые защитные углы, равномерность яркости и не ослепляет водителей.

Основная проблема при создании такой оптической системы состоит в том, что неравномерность яркости и слепящее действие



Рис. 5. Внешний вид линзы «Татьяна»

находятся в противофазе. Сила света в направлении более 70° от оптической оси светильника формирует высокую эффективность линзы в области средней яркости дорожного полотна, а также повышает равномерность яркости на дороге. Но именно с этих углов начинается существенное воздействие на водителей, влекущее за собой спящий эффект.

### Сложность третья

Поговорим об энергоэффективности. Сейчас на рынке уличного освещения светодиодным светильникам успешно противостоят светильники с лампами ДНаТ. По данным московской компании REFLUX, натриевые лампы высокого давления имеют среднюю световую отдачу 120 лм/Вт и средний срок службы 30 000 ч. Это можно преодолеть, только применяя высокоэффективные линзы и светодиоды. Осознавая все сложности, компания LEDiL создала новую линзу для освещения автодорог C14128\_TATIANA-1X4-B (рис. 5).

Специально для российских условий компания LEDiL отступила от привычных технологий дизайна асимметричной оптики для уличных линз и создала симметричную оптику, которая успешно работает на самых распространенных и повсеместно установленных опорах освещения с отклоненной на 15° от горизонта консолью.

При создании линзы были учтены жесткие требования СП 52.13330.2011 и ГОСТ Р 54350-2011 по значениям предельной силы света в меридиональной плоскости под углами 80 и 90° к оптической оси светильника в зоне слепимости (рис. 6).

При разработке этой оптики был учтен консерватизм многих российских производителей дорожных светильников, которые предпочитают закрывать оптику плоским защитным стеклом. Плоское стекло искажает распределение света от линзы, «подворачивая» лучи к центру

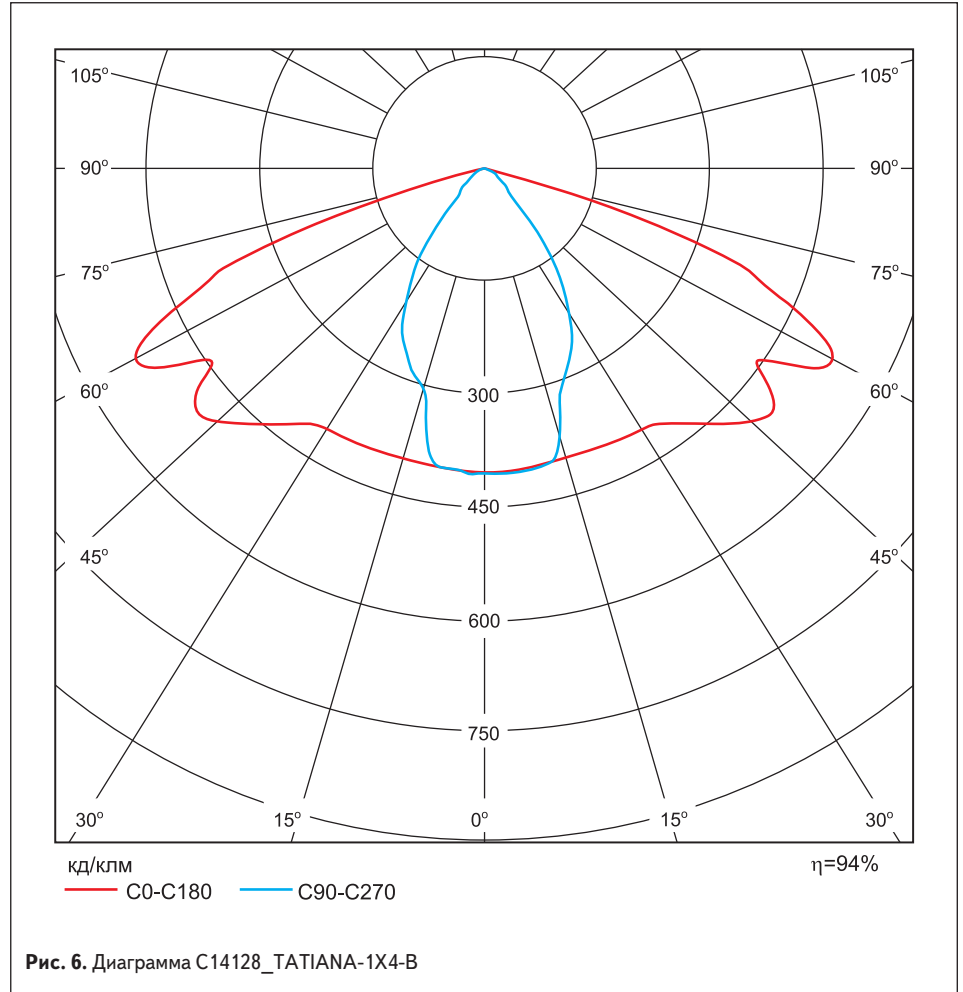


Рис. 6. Диаграмма C14128\_TATIANA-1X4-B

на больших углах от оптической оси линз в светильнике. Линза TATIANA-B формирует очень хорошую диаграмму пространственного распределения света для освещения автодорог с учетом искажений, вносимых плоским защитным стеклом.

Фирма LEDiL стремилась сделать новую оптику недорогой. Для снижения цены линзы C14128\_TATIANA-1X4-B была разработана принципиально новая конструкция модульной оптики — «ломкий» модуль. Он представляет собой линейку из четырех сегментов, которую можно целиком использовать как единую мультилинзу, а можно легко ломать руками на сегменты, каждый из которых используется как одиночная линза (рис. 7).

Для решения оптической задачи с российской спецификой новая линза создавалась в сотрудничестве с московскими светотехниками компании Rainbow Electronics. Они помогли финским инженерам прочувствовать всю строгость российских стандартов, проверяли предварительные оптические модели линз и указывали на текущие недочеты. В результате многих итераций конструктивной критики и переделки была создана отвечающая всем требованиям оптика для российских авто-

дорог. Оптический КПД новой линзы 94%, что позволяет создавать энергоэффективные светильники.

Для демонстрации высоких качеств линзы C14128\_TATIANA-1X4-B в программе Dialux 4.11 была смоделирована дорога класса Б1. Параметры дороги и осветительной установки (ОУ) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры дороги и ОУ

Параметр	Значение
Количество полос	4
Ширина полосы, м	3,5
Ширина средней полосы, м	0,1
Дорожное покрытие	тип R3, q0 = 0,065
Высота подвеса светильников, м	11,5
Угол наклона, град.	15
Расстояние между опорами, м	40



Рис. 7. Внешний вид сломанной линзы «Татьяна»

Таблица 1. Требования к осветительной установке

Класс объекта	L <sub>ср.</sub> , кд/м	L <sub>мин.</sub> /L <sub>ср.</sub>	L <sub>мин.</sub> /L <sub>макс.</sub>	E <sub>ср.</sub> , лк	E <sub>мин.</sub> /E <sub>ср.</sub>	T <sub>l</sub> , %
Б1	1,2	0,4	0,6	20	0,35	<10

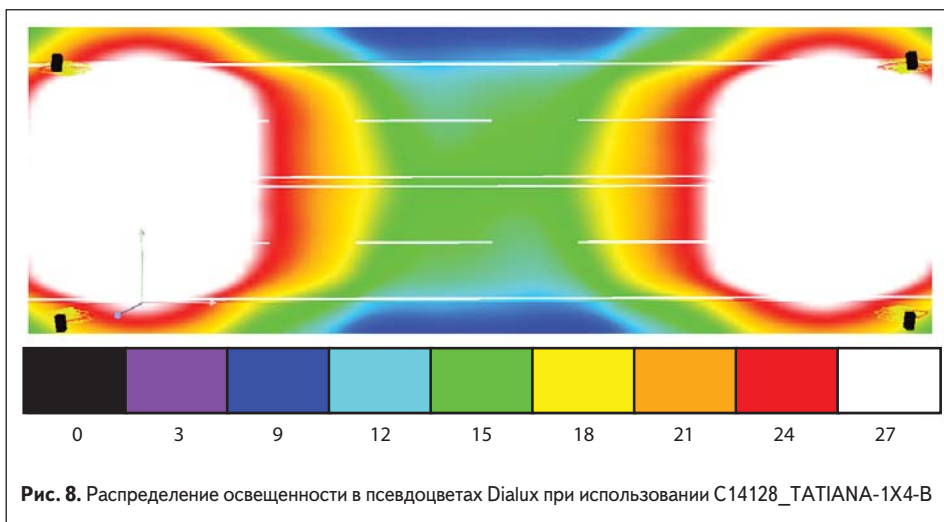


Рис. 8. Распределение освещенности в псевдоцветах Dialux при использовании C14128\_TATIANA-1X4-B

Таблица 3. Результат сравнения ОУ

ОУ	$L_{ср.}, \text{кД/м}$	$L_{мин.}/L_{ср.}$	$L_{мин.}/L_{макс.}$	$E_{ср.}, \text{лк}$	$E_{мин.}/E_{ср.}$	$T_l, \%$
C14128_TATIANA-1X4-B	1,22	0,7	0,73	22	0,53	9
ЖКУ	1,21	0,48	0,54	20	0,53	9

Полученный результат был сравнен с осветительной установкой на базе одного из самых распространенных светильников ЖКУ с НЛВД в качестве источника света (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, даже при расстоянии в 40 м между опорами использование линзы C14128\_TATIANA-1X4-B позволяет удовлетворить жестким светотехническим требованиям для дорог не только класса Б1, но и класса А4. Чего нельзя сказать о светильнике с НЛВД, частота установки которого должна быть существенно выше, вследствие чего итоговая стоимость такой ОУ будет больше, ведь именно опора и ее установка — самая дорогостоящая статья расходов в уличном освещении.

Выполнение столь жестких требований российских стандартов потребовало сузить диапазон совместимых светодиодов с этой оптикой. Первая доступная линза из новой серии, C14128\_TATIANA-1X4-B, оптимизирована для работы со светодиодами серии XM-L2 компании Cree. Так как линза разрабатывалась для создания конкретных решений, эксплуатаци-

онные и технические характеристики которых превосходят традиционные магистральные светильники типа ЖКУ с лампами ДНаТ, то к светодиоду как к источнику света, предъявляются достаточно высокие требования по эффективности и надежности.

Рассматриваемая в данной статье серия светодиодов XM-L2 является развитием светодиода XM-L, который уже несколько лет известен рынку как один из самых эффективных и мощных однокристалльных светодиодов. Помимо высокой надежности и возможности реализовать кристалл большего размера, новая карбид-кремниевая платформа SC<sup>3</sup> обеспечивает XM-L2 высокими характеристиками по эффективности (до 186 лм/Вт в номинальном режиме) и световому потоку (до 1100 лм).

Среди преимуществ применения XM-L2 в уличных светильниках можно отметить следующие:

- Высокая светоотдача позволяет сократить количество как светодиодов, так и оптики для конкретного решения, что уменьшает

стоимость люмена всего светильника и повышает его надежность.

- Существует возможность достижения эффективности более 120 лм/Вт для всего светильника в установившемся режиме с учетом всех потерь (на токе 700 мА и при температуре кристалла +85 °С).
- Равномерная светоизлучающая поверхность (один кристалл в конструкции светодиода) обеспечивает лучшую фокусировку для формирования сложной КСС.
- Максимальная температура кристалла +150 °С позволяет разработчикам закладывать более широкий диапазон рабочих температур изделия.
- Доступные данные о надежности и прогнозируемом времени работы по критерию  $L_{xx}$  подтверждены стандартом LM80.

В качестве альтернативы магистральным светильникам с лампами ДНаТ мощностью 250 Вт можно рассмотреть решение на 64 светодиодах XMLBWT-00-0000-0000U2050 (300 лм), при использовании на токе 700 мА и при нагреве кристалла до +85 °С. Такой светильник при применении вторичной оптики TATIANA и драйвера с КПД 90% будет иметь световой поток свыше 17 200 лм при потребляемой мощности менее 142 Вт с учетом всех потерь.

Сделать более точный расчет конфигурации можно в онлайн-калькуляторе Product Characterization Tool (pct.cree.com).

## Выводы

Существующие сложности и проблемы в создании светодиодных светильников для уличного освещения успешно разрешаются с использованием линзы C14128\_TATIANA-1X4-B в паре со светодиодом Cree XML2. Такой комплект позволит создать светильник:

- с симметричной КСС, совместимый с большинством дорожных столбов с наклонной консолью;
- соответствующий всем российским нормативам и стандартам освещения автодорог;
- энергоэффективный, с лучшими параметрами, чем традиционные светильники типа ЖКУ с лампами ДНаТ.