

# Новые уличные линзы LEDiL: борьба за увеличение расстояния между опорами

Человеческая цивилизация энергично развивается путем научно-технического прогресса, и за последние несколько сотен лет люди создали для себя искусственную среду обитания. И вот уже сейчас мы живем в отапливаемых и кондиционированных домах, дышим рекуперированным воздухом, пьем профильтрованную воду. Мы едим соевое мясо, генно-модифицированные фрукты и гидропонические овощи и одеваемся в ткани, синтезированные из нефти и газа. Мы освещаем города и жилища искусственным светом и превратили ночь в день. И вот теперь, вместо здорового сна, по ночам работаем и развлекаемся, все больше предаваясь разным удовольствиям, и стремимся к повышению комфорта искусственного бытия.

Большие города не спят по ночам, и ночные дорожные пробки уже перестают нас удивлять. И городское освещение улиц давно уже стало одним из существенных условий комфорта и безопасности жизни в городах. Это наглядно видно на ночных фотографиях Земли из космоса (рис. 1).

Россия развивается и идет той же дорогой, что и другие страны, а геополитические конфликты последних лет — это проявление конкурентной борьбы за ресурсы и право их делить с большей выгодой для себя. Если внимательно посмотреть на ночное фото Земли из космоса, то можно увидеть, как много нам еще предстоит сделать, чтобы догнать другие страны в развитии и освещении. И это дает понимание огромных перспектив роста светотехнического бизнеса в России на многие годы вперед. Отечественным производителям светильников предстоит осветить многие тысячи улиц и автострад, и важно, чтобы они были освещены лучше, чем улица, показанная на рис. 2.

В последние годы российское правительство выделяет деньги на программы комфортного освещения улиц, дворов и городских зон отдыха, а муниципальные чиновники говорят красивые слова о формировании привлекательного освещения своих территорий, которое, в числе прочих факторов, сможет за-

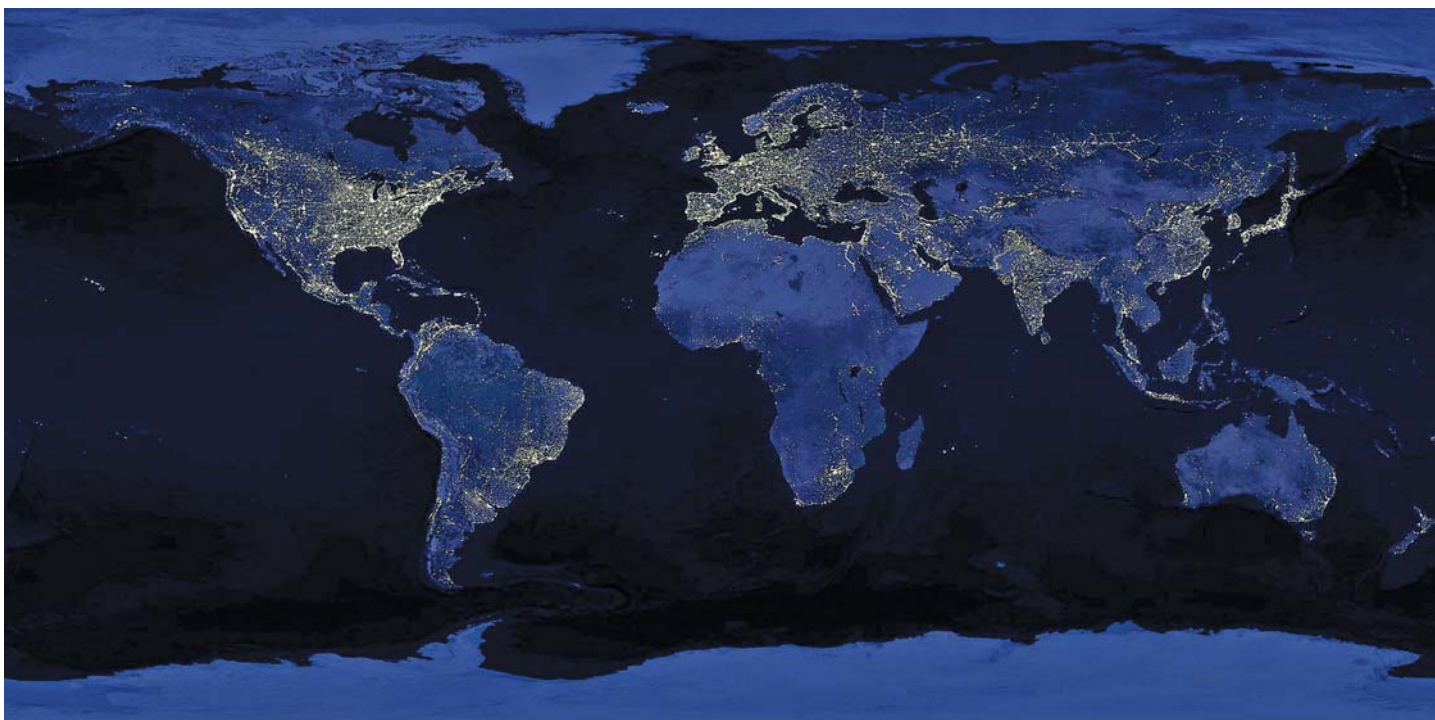


Рис. 1. Фото Земли из космоса

интересовать экономически активное население, способное заниматься бизнесом и пополнять местную казну налоговыми отчислениями.

Так как же нужно правильно освещать улицы и дороги ночью? Параметры освещения дорог в России законодательно прописаны в нормативных документах СП 52.13330.2016 и ГОСТ Р 54305-2011, ГОСТ 33175-2014 и др.

Согласно СП52.13330.2016, дорожное освещение нормируется по яркости и по освещенности. По критерию нормирования светотехнических параметров территорию России делят на две большие области: где главенствует яркость и где только освещенность (рис. 3).

- Яркость — поток, посылаемый в данном направлении единицей видимой поверхности в единичном телесном угле; отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ).
- Освещенность — отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого элемента (лк).

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 нормах освещения дорог определяется всего два основных типа: мелкозернистое и шероховатое. Иногда специалистами упоминаются их аналоги в международной классификации (ТАС 2-37 2006 Table — Pavement Classification) дорожных покрытий — это типы покрытий R2 и R3.

Очевидно, что лучше всего свет отражается от дороги при углах падения близких к  $70-80^\circ$ . Этот эффект хорошо знаком водителям, когда солнце встает или садится, дорожное полотно слепит сильнее, чем в полдень, когда солнце стоит высоко.

Освещенность не отражает то, как свет взаимодействует с окружающим пространством. Чаще всего этот параметр используют в таких случаях, как:



Рис. 2. Фото плохо освещенной улицы

1. Нестандартное покрытие — например, грунтовая или снежная дорога, то есть такая дорога, характер отражения которой неизвестен.
2. Нестандартная геометрия — например, перекресток. Линии зрения водителя меняются. Здесь надо крутить головой, чтобы избежать неприятностей.
3. Наличие пешеходов, линия зрения которых не фиксирована, как у водителя.

Если внимательно посмотреть на рис. 3, можно увидеть, что большинство дорог расположено в центральной части России и ближе к южной границе, и попадают они

в зону нормирования яркости. Поэтому освещение большинства дорог в данной зоне проектируется по приоритету параметра яркости, причем требования по освещенности также контролируются. При нормировании по яркости должны выполняться требования по общей ( $U_0$ ) и продольной ( $U_l$ ) равномерности яркости, а также по приращению пороговой яркости ( $T_l$ ). При нормировании освещенности — общая равномерность освещенности ( $U$ ) и ограничение предельной силы света в меридианальной плоскости под углами  $80$  и  $90^\circ$  к оптической оси светильника в зоне слепимости



Рис. 3. Разграничение территории России по нормированию яркости/освещенности



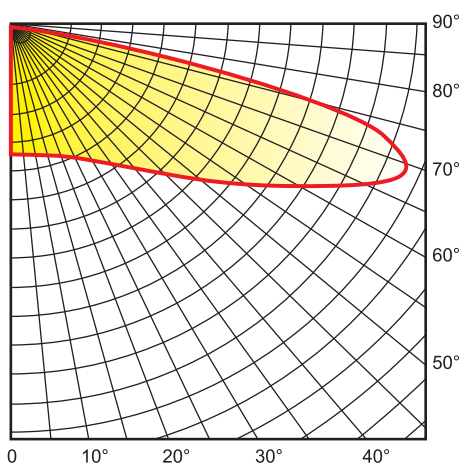


Рис. 4. КСС тип Ш

(согласно СП 52.13330.2016 и ГОСТ Р 54350-2015).

Для освещения дорог в соответствии с нормами в светильниках используется вторичная оптика, создающая широкое светораспределение (всем известный тип Ш). По сути, КСС типа Ш — это очень общее, исторически сложившееся описание светораспределения (рис. 4), которое характеризуется максимальной силой света в направлении 55–85° в меридианальной плоскости светильника.

Сейчас в России строится множество новых высокоскоростных магистралей. И для новых дорог проектировщики ищут наиболее экономные варианты освещения и стремятся увеличить шаг расстановки дорожных опор и снизить их высоту. Это, прежде всего, связано с высокой стоимостью как самих опор наружного освещения, так и работ по их монтажу. Экономически выгоднее устанавливать опоры как можно реже. При этом нужно выполнить все требования ГОСТ-а и СНиП-а не только

по равномерности, но и по слепящему действию.

Это очень непростая задача: если увеличивается шаг между опорами, то силу света в широких углах нужно увеличивать, чтобы выполнить нормы по равномерности. При этом, чтобы снизить слепящее действие, нужно обеспечить очень резкий перепад сил света от 90 до 70–75° с 10 кд/кЛм до максимального значения, что не всегда возможно сделать оптикой по физическим законам. А если срезать часть света в углах от 90 до 74° корпусом светильника, то это заметно ухудшит энергоэффективность светильника. Решение такой задачи сводится к поиску некоторого компромисса между слепящим действием и равномерностью освещения. Для реализации подобной задачи необходима специальная оптика с особенной световой диаграммой, которая позволит расставить столбы как можно шире, при обязательном соблюдении нормативных требований к распределению света на дороге. В последние годы стало модным трендом освещать улицы светодиодными светильниками — они надежнее, долговечней, энергоэффективнее, экологичнее и инновационнее, чем традиционные лампы со стеклянным корпусом. Очевидно, что светодиодные технологии обречены на успех, так как мы хорошо помним, что для замены всех холодильников на бесфреоновые или же для всемирного перехода на бессвинцовый припой потребовалось гораздо меньше хвалебных эпитетов... Для того чтобы управлять светом от светодиодного источника, используются линзы, которые формируют необходимые световые диаграммы. Сейчас на рынке представлено великое множество светодиодных линз для уличных светильников, но почти все

они были разработаны в других странах, и их световые характеристики оптимизированы для освещения дорог по зарубежным нормативным стандартам. В России требования к качеству освещения улиц и дорог строже, чем в Европе и США, поэтому задача создания оптики, которая позволит увеличить расстояния между дорожными опорами, оказывается сложнее и предусматривает знание российских реалий и опыта (который «сын ошибок трудных»).

Финская компания LEDiL, специализирующаяся на разработке и производстве вторичной оптики для светодиодов, с большим вниманием относится к российскому рынку и многие линзы создает в соответствии с требованиями российских стандартов. Самые первые оптические решения для освещения наших автодорог появились в далеком 2011 году. Эти линзы были в большей мере предназначены для замены устаревшего освещения с традиционными светильниками без обновления опор и кронштейнов.

В 2011 году была выпущена всем известная линза **Strada-2x2-A-T** с асимметричной КСС. Вслед за ней, в 2013-м, появилась **TATIANA-1X4-B** с симметричной КСС, рассчитанная на светильники, устанавливаемые на наклонных консолях дорожных опор. При помощи этой линзы было освещено множество четырехполосных дорог класса А4/В2. В 2016 году появилась линза **Strada-2x2-CAT-B** — световой аналог линзы **TATIANA-1X4-B**, выполненный в популярном форм-факторе 2x2.

Совсем недавно, осенью 2017 года, компания LEDiL выпустила новую линзу для российских дорог **Strada-2x2-ME-N**. Эта линза, созданная для освещения новых и строящихся трасс, позволила значительно увеличить шаг расстановки дорожных опор, что дает огромную экономию при строительстве автомагистралей. А недавно, весной 2018-го, инженеры компании LEDiL создали еще одну новую линзу для российских автомагистралей **Stradella-8-HV-ME-N** с близкими характеристиками. И в этой статье мы подробно рассмотрим параметры новых линз C16181\_STRADA-2X2-ME-N и C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N.

Внешний вид линз представлен на рис. 5. Габаритный размер обеих мультилинз 50x50 мм, высота 6 и 5 мм соответственно. Линза C16181\_STRADA-2X2-ME-N оптимизирована для работы с четырьмя светодиодами Cree XPG3, а линза



Рис. 5. Внешний вид линз C16181\_STRADA-2X2-ME-N (слева) и C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N (справа)

C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N работает с восемью светодиодами типа XPG3, 3030 или CSP.

Обе линзы C16181\_STRADA-2X2-ME-N и C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N имеют КСС типа III (рис. 6), но все же несколько различаются.

Рассмотрим пример освещения одной и той же дороги класса А1 линзами C16181\_STRADA-2X2-ME-N и C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N со светодиодом Cree XPG3 со следующими параметрами (табл. 1).

Strada 2X2-ME-N с XPG3 — это стандартная комбинация. В среднем световой поток с одного такого модуля составит около 1200 лм. Используя линзу Stradella-8-HV-ME-N с тем же светодиодом, получаем более мощное решение со световым потоком 2400 лм в пределах той же площади 50×50 мм

Результаты расчета приведены на рис. 7. Из них видно, что обе линзы выполняют требования дорог класса А1. Заметим, что обе линзы дают сбалансированный результат по яркости (2 кд/м<sup>2</sup>) и по освещенности (31–32 лк).

При этом от C16181\_STRADA-2X2-ME-N требуется меньше светового потока, но решение будет более громоздким, и ему понадобится не менее 26 линз. А вот с C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N нужно затратить чуть больше светового потока, но при этом количество линз сокращается до 15, что приводит в существенному уменьшению габаритов светильника.

Мы рассмотрели линзы с одним типом светодиодов Cree XPG3. При этом хотелось бы отметить, что C16181\_STRADA-2X2-ME-N оптимизирована под светодиоды в корпусе 3535. C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N неплохо работает со светодиодами 3535, но все же она оптимизирована под светодиоды в корпусе 3030 и хорошо работает с некоторыми CSP-светодиодами.

Теперь возьмем пример освещения дороги класса Б2 (табл. 1) со Stradella-8-HV-ME-N и светодиодами Cree XPG3 и CSP Seoul Z8Y22P и светодиодом в корпусе 3030.

По результатам светотехнического расчета можно сделать вывод, что **Stradella-8-HV-ME-N** прекрасно подходит для освещения на дорогах класса Б2 как в сочетании со светодиодами в корпусе 3535 типа Cree XPG3, так и CSP Seoul Z8Y22P и с большинством светодиодов в корпусе 3030 различных производителей, что показано на рис. 8 и в таблице 2.

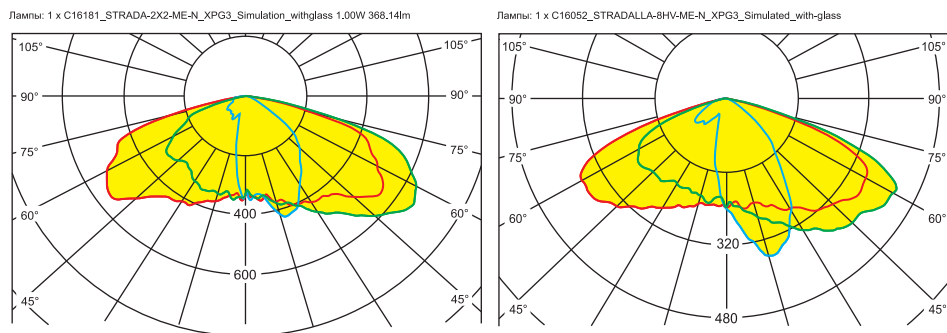
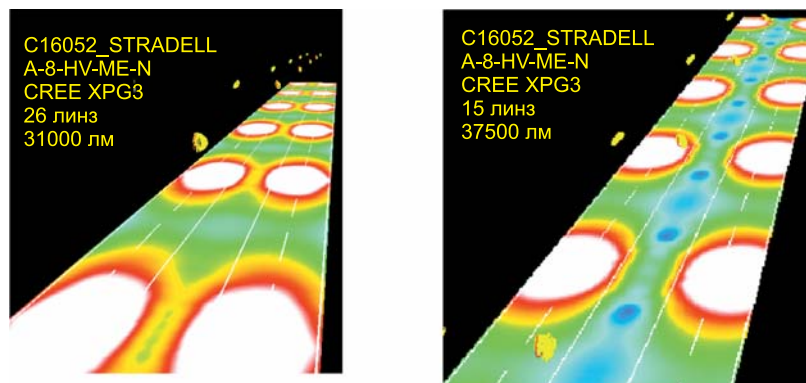


Рис. 6. КСС C16181\_STRADA-2X2-ME-N (слева) и C16052\_STRADELLA-8-HV-ME-N (справа)



$L_{cp}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI[%]	SR	$L_{cp}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI[%]	SR
2,01 ≥2	0,56 ≥0,4	0,71 ≥0,7	9 ≥10	0,67 ≥0,5	2,01 ≥2	0,74 ≥0,4	0,7 ≥0,7	7 ≥10	0,68 ≥0,5
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$E_{cp}$ [лк]	$E_{min}$ [лк]	$E_{max}$ [лк]	$E_{min}/E_{cp}$	$E_{cp}$ [лк]	$E_{min}$ [лк]	$E_{max}$ [лк]	$E_{min}/E_{cp}$		
32	16	54	0,523	31	15	60	0,488		

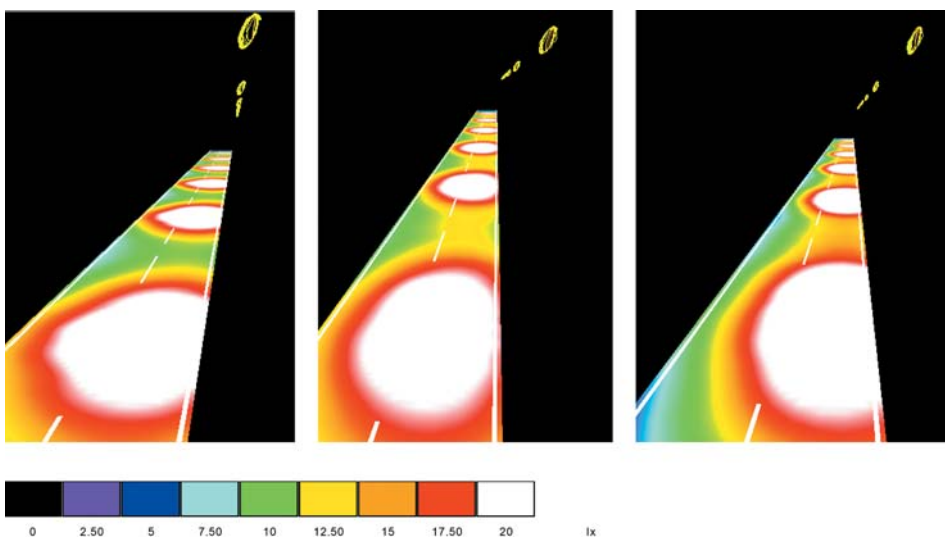
Рис. 7. Распределение освещенности на дороге класса А1 в псевдоцветах в Dialux

Таблица 1. Параметры дорог и ОУ из примеров

Параметр	Для примера дороги класса А1	Для примера дороги класса Б2
Количество полос	4	2
Ширина полосы, м	3,75	3
Ширина средней полосы, м	5	нет
Схема установки	на средней полосе	односторонняя
Дорожное покрытие	R2	тип R3 и R2
Высота подвеса светильников, м	12,5	12
Шаг установки, м	46	39
Угол наклона, °	5–15	5–15
Длина консоли, м	0	-2

Таблица 2. Результаты расчета для дороги класса Б2

Светодиод	Покрытие	Фсв, клм	$L_{cp}$ , кд/м <sup>2</sup>	$L_{мин}/L_{cp}$	$L_{мин}/L_{макс}$	T <sub>l</sub> , %	$E_{ср}$ лк	$E_{мин}/E_{ср}$
3535 (Cree XPG3)	R2	15	1,0	0,54	0,78	7	16	0,51
	R3	16,5	1,0	0,57	0,87	8		
CSP в корпусе 3535 (Seoul Z8Y22P)	R2	14,3	1,0	0,59	0,78	6	16	0,59
	R3	15,8	1,0	0,51	0,69	6		
3030	R2	13,5	1,0	0,4	0,71	5	18	0,56
	R3	14,7	1,0	0,45	0,65	6		
Норма для дороги класса Б2	-	-	≥ 1,0	≥ 0,4	≥ 0,6	< 15	≥ 15	≥ 0,35



**Рис. 8.** Распределение освещенности на дороге класса Б2 в псевдоцветах Dialux при использовании Stradella-8-HV-ME-N: слева — с CREE XPG3; посередине — Seoul Z8Y22P; справа — светодиод в корпусе 3030

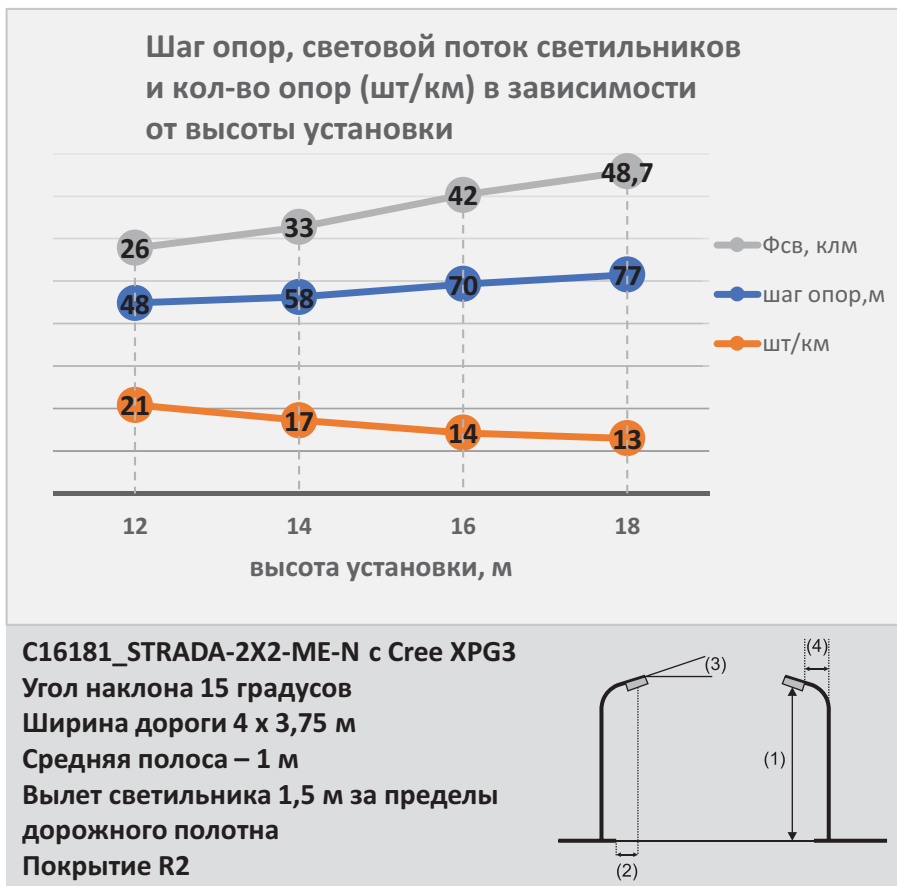
Как видно из таблицы, 2 **Stradella-8-HV-ME-N** в сочетании с этими светодиодами позволяет удовлетворить всем светотехническим требованиям на улицах класса Б2 с большим

вылетом за пределы дороги вне зависимости от типа дорожного покрытия.

В сочетании со светодиодами меньшего размера (например, 2830) или

светодиодами CREE JK3030 данную линзу можно рекомендовать для освещения только дорог шириной до 6 м или стандартных двухполосных дорог с небольшим вылетом светильника относительно дороги.

Шаг установки опор зависит от высоты установки и выполнения требований стандартов. Рассмотрим на примере линзы C16181\_STRADA-2X2-ME-N с Cree XPG3, как будет меняться шаг установки в зависимости от высоты. Возьмем высокоскоростную магистраль класса А1 шириной 17 м с вылетом светильников за пределы полотна на 1,5 м. На рис. 9 видно, что при увеличении высоты установки с 12 до 18 м шаг между опорами увеличивается с 48 до 77 м соответственно при выполнении норм 2 кд/м<sup>2</sup> и требований по равномерности и слепящему действию. При этом количество опор на 1 км (шт/км) дороги при Н = 12 м сокращается с 48 до 26 шт. при Н = 18 м. А необходимый световой поток для обеспечения нормы в 2 кд/м<sup>2</sup> составит 26–48,7 клм с учетом всех потерь. То есть на каждую опору при высоте 12 м нужно будет установить один светильник со световым потоком 26 000 лм, а при высоте опоры 18 м нужно поставить два светильника со световым потоком около 24 500 лм каждый, но при этом использовано почти в 2 раза меньше опор. Стоимость одной опоры с монтажом в 5–8 раз выше цены одного светодиодного светильника, поэтому применение новых линз типа ME-N на высоких опорах даст колоссальный экономический эффект.



**Рис. 9.** Шаг опор, световой поток светильника и количество опор (шт/км) в зависимости от высоты установки на дороге класса А1 при соблюдении всех норм для линзы C16181\_STRADA-2X2-ME-N с Cree XPG3

**Заключение**

Новые линзы LEDiL с КСС типа ME-N — универсальное оптическое решение, которое удовлетворяет российским нормативным требованиям как по яркости, так и по освещенности на автомагистралях. Эта оптика позволяет располагать опоры освещения с большим шагом 48 м при высоте подвеса 12 м и 77 м при высоте подвеса 18 м — для осевой или двусторонней установки опор и вне зависимости от типа покрытия, при сравнительно малых затратах светового потока светильника. Инженеры компании LEDiL создали для России такую оптику, которая позволяет получить огромную экономию средств не только при строительстве новых автомагистралей, но и в ходе их дальнейшей эксплуатации. ●