

# Зачем нужны светотехнические расчеты при освещении улиц

➔ В статье речь идет о том, зачем нужны предварительные светотехнические расчеты при освещении улиц и как на практике сделать эти расчеты.

Россия начала просыпаться и отходить после беспробудного зноя 1990-х и тяжелого похмелья 2000-х годов. За считанные годы страна начала превращаться из бензоколонки с ракетами в политического тяжеловеса и сейчас активно восстанавливает промышленность и развивает сельское хозяйство. В результате растет потребление электроэнергии, и для повышения энергоэффективности его использования был даже принят специальный закон № 261-ФЗ. А в повседневной жизни активно применяются энергосервисные контракты и появились компании, которые профессионально занимаются их внедрением. Энергосервисный контракт — сделка, при которой богатый инвестор на свои деньги приобретает и устанавливает заказчику новое экономичное оборудование, а потом много лет возвращает инвестиции и получает прибыль за счет разницы между старым и новым уровнем потребления электричества. Через 5–10 лет инвестор возвращает свои вложения с прибылью и передает все оборудование заказчику, который продолжает экономить электричество уже для своей выгоды.

Энергосервисные компании экономят электричество по всем возможным направлениям и меняют разные типы электроустановок, которые используют их заказчики, в том числе модернизируют системы освещения. При замене светильников на улицах городов и сел инвесторы сталкиваются с жесткими нормативными требованиями по освещению, которые мешают и вносят сумятицу в простые и понятные бизнес-процессы. У людей, далеких от светотехники, возникает естественный вопрос: зачем столько возни с «заменой лампочек на дороге»? Ну хорошо, есть закон (ГОСТ), в котором прописано девять классов дорог (три категории дорог по три типа в каждой). В рекомендациях ОДМ 218.8.007–2016 приведены семь типовых схем установки опор (рис. 1). Но почему нельзя сделать 63 типовых светотехнических расчета и применять их повсеместно? Зачем, выполняя светотехнический расчет, заниматься «научным шаманством» и подбирать дорогостоящее светотехническое оборудование по сложным и непонятным критериям?! Собственно, что же может быть типовым в светотехническом проекте? В рамках статьи мы постараемся ответить на эти вопросы.

Что же такое светотехнический расчет? Это основополагающий этап в проекте наружного освещения. В результате такого расчета определяются типы светильников, их световые диаграммы, световой поток, мощность, количество и оптимальная схема расположения. Дороги бывают разные, поэтому схема расположения опор со светильниками должна определяться геометрическими параметрами дороги и нормами ее освещения, а не наоборот.

К геометрическим параметрам дороги относятся:

- ширина проезжей части;
- ширина обочины;
- число полос движения;
- наличие и ширина разделительной полосы.

В зависимости от интенсивности движения и количества полос нормами определены основные параметры их освещения: уровни яркости и освещенности, продольные и поперечные равномерности распределения света, слепящее воздействие. Яркость нормируется на прямых участках дорог, а освещенность — на улицах с нестандартной геометрией, то есть на извилистых и неровных участках дорог или на дорогах с не типовым покрытием. Освещенность измеряется люксметром и показывает, сколько света упало на дорогу. Значительная часть света, падающего на дорогу, переотражается в небо и по сторонам, и не доходит до глаз водителей, поэтому для оценки качества освещения дороги с точки зрения водителя применяют параметр «яркость». Яркость измеряется яркометром и показывает, как видит дорогу водитель. Нормы освещения проезжей части участков дорог принимают по ГОСТ 33176, улиц — по ГОСТ Р 55706.

Согласно [1] опоры устанавливают за бровкой земляного полотна на расстоянии не менее 0,5 м от нее. В населенных пунктах, где дорога имеет профиль городского типа, опоры устанавливают на газоне за бортовым камнем на расстоянии от него до цокольной части опоры не менее 1 м. В редких случаях допускается устанавливать опоры на обочине или разделительной полосе.

На опоры устанавливают кронштейны длиной 1–2,5 м и высотой 1–2 м соответственно. Высота опор в среднем варьируется в пределах 8–11 м. Таким образом, итоговая высота установки варьируется в пределах 9–13 м. Исторически самый популярный угол наклона кронштейнов был около

Рекомендуемые схемы расположения опор типовых осветительных установок

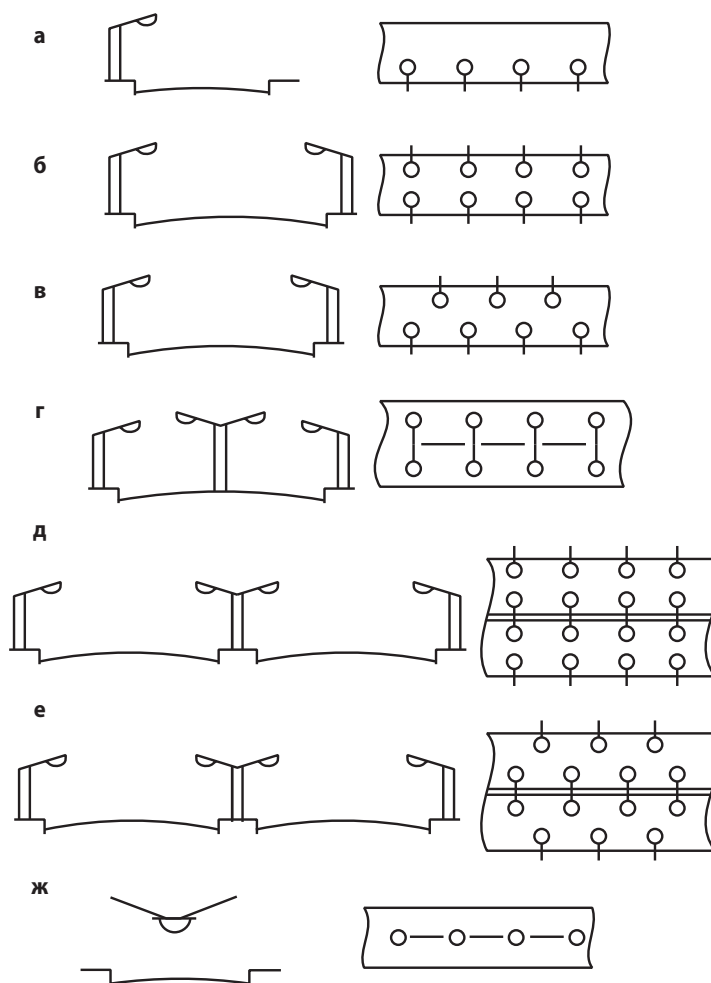


Рис. 1. Типовые схемы установки опор из [1]. Опоры: а) однорядная, односторонняя; б) двухрядная, прямоугольная; в) двухрядная, шахматная; г) однорядная на оси дороги; д) трехрядная, прямоугольная; е) трехрядная, шахматная; ж) осевая.

15°, а сейчас популярны кронштейны с углами наклонов от 0–30°. Эти изменения произошли благодаря появлению крепления светильников с регулируемым углом наклона.

Угол наклона и длина/высота кронштейна могут определяться светотехническим проектом. Высоту опоры обычно выбирают до начала расчета, и это является одним из жестких условий в техническом задании (ТЗ), поскольку стоимость опоры и ее монтажа намного больше, чем цена светильника.

При постройке новых дорог шаг опор должен определяться расчетом, но чаще всего энергосервисные компании работают со старыми дорогами и меняют устаревшие и неэкономичные светильники на новые на опорах, которые были установлены давным-давно.

В любом городе есть множество улиц, которые строились и освещались в разное время, в разных условиях и разными подрядчиками. Каждая из этих улиц требует отдельного подхода при ее освещении «по ГОСТу». Чтобы понять, как правильно осветить тот или иной участок дороги, приходится приглашать «шамана светотехника», который непонятным для неспециалиста способом проводит магический обряд светотехнического расчета и оглашает, какие нужно подобрать световые диаграммы светильников, чтобы инвестиционные жертвоприношения были угодны духам именно этой конкретной дороги.

Цель светотехнического расчета — подобрать светодиодные светильники с оптимальной КСС (кривой силы света) так, чтобы осветить улицу по ГОСТу при минимальных затратах электроэнергии.

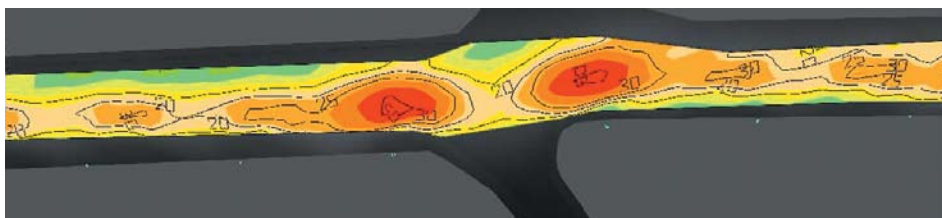


Рис. 2. Дорога из трех полос после перекрестка переходит в две полосы

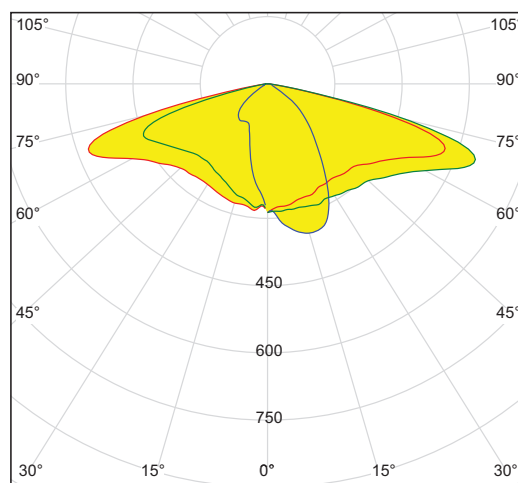


Рис. 3. Внешний вид и КСС линзы CS17757\_Strada-IP-24-T2-M-PC

КСС светильника задается линзами, которые в нем установлены. Финская компания LEDiL производит самый большой в мире ассортимент линз для дорожных светильников, и к каждой линзе доступны фотометрические файлы (IES-файлы). Поэтому для расчета света на дороге удобнее использовать эту библиотеку IES-файлов светодиодных линз. Если корпус светильника не искажает КСС линзы, можно говорить о том, что КСС светильника такой же как КСС линзы, что упрощает расчеты. Специалист-светотехник создает компьютерную модель конкретной дороги в программе «Диалюкс» и примеряет к этой модели фотометрические файлы разных линз, внося поправки в мощность светового потока исходя из заданных параметров светильника. Перебрав какое-то количество вариантов (в зависимости от опыта, оно может быть разным), светотехник добивается выполнения всех требований ГОСТа по распределению света на дороге и подбирает оптимальную оптику для освещения конкретной улицы.

Рассмотрим примеры светотехнических расчетов для двух разных улиц класса Б2 (двухполосная дорога). Большинство дорог имеют съезды, развязки, остановки. На рис. 2 показан пример такой дороги, освещенной одинаковыми универсальными светильниками. На этом примере видно, что на расширенном участке дороги явно недостаточно света на дальней полосе.

Найдем решение для первой части дороги шириной 7,5 м (две полосы). В ТЗ указан шаг опор 40 м, опоры установлены на расстоянии 1 м от края проезжей части, схема установки — односторонняя (согласно классификации на рис. 1а), высота установки светильников 9 м, длина кронштейна 1,5 м, угол наклона 0° (рис. 3а). Для освещения этого участка рассмотрим линзу CS17757\_Strada-IP-24-T2-M-PC, КСС и фото которой представлены на рис. 3. Световой поток модуля без учета потерь на линзе составит 13 000 лм.

Вторая часть дороги имеет такое же расположение опор, но ширина дороги 11,25 м (три полосы). Результаты расчета представлены в таблице и на рис. 4. В этом расчете мы оставили тот же самый светильник с линзами Strada-IP-24-T2-M-PC, но изменили угол наклона консоли с 0 до 15°. Тем самым переместили световое пятно на середину расширяющегося участка дороги. Отметим, что при этом равномерность освещения не пострадала. Но для достижения

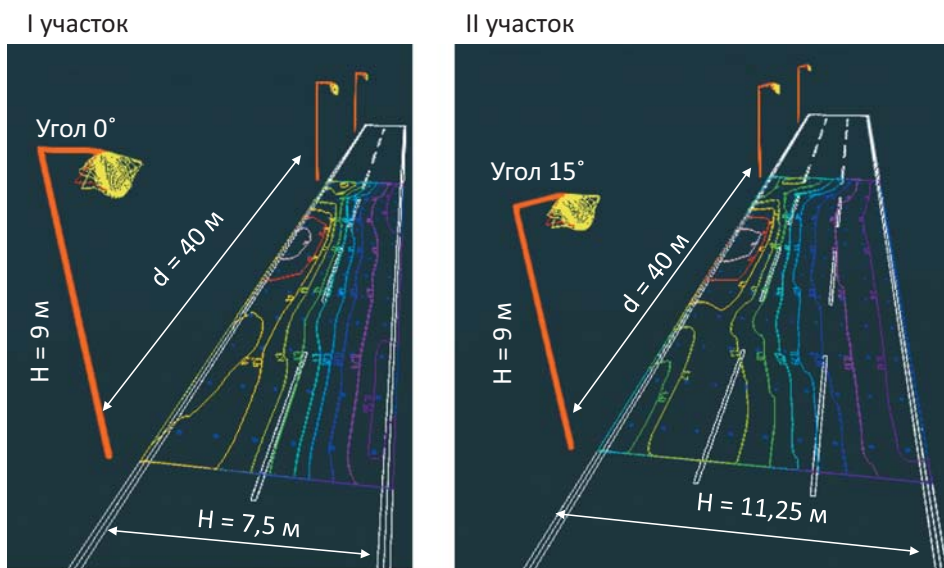


Рис. 4. Результаты расчета для двух участков дорог

Т а б л и ц а . Результаты светотехнического расчета для обоих участков дорог

Параметр	Норма для дороги класса Б2	Первая часть дороги — Strada-IP-24-T2-M-PC	Вторая часть дороги — Strada-IP-24-T2-M-PC	Вторая часть дороги — Strada-2x2-LM1
$L_{ср}$ , кд/м <sup>2</sup>	≥ 1,00	1,07	0,79 (-27%)	1,02
$U_0$	≥ 0,4	0,43	0,4	0,43
$U_1$	≥ 0,6	0,76	0,69	0,63
$T_1$ , %	≥ 15	15	17	12
$E_{ср}$ , лк	≥ 15	15,47	12,32	17,78
$U$	≥ 0,35	0,44	0,42	0,35
Световой поток светодиодов			13 000	18500 (+30%)

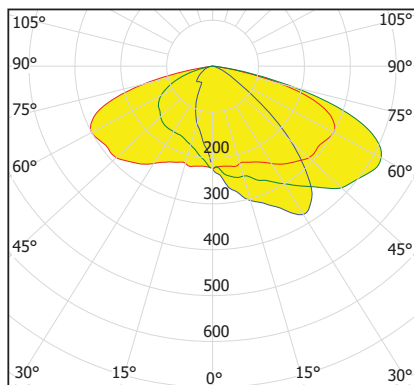


Рис. 5. Внешний вид и КСС линзы C16926\_STRADA-2X2-LM1

нужного уровня освещенности/яркости появившейся полосы нам приходится добавить 27% светового потока, то есть увеличить потребление электрической мощности. При этом параметр слепящего воздействия вырастает до  $TI = 17\%$ , что превышает допустимую норму на два пункта. Словом, такое решение не удовлетворяет требованиям ГОСТа.

Для того чтобы уложиться в нормы на втором участке дороги, например, можно взять светильник с линзой Strada-2x2-LM1, КСС и фото которой представлены на рис. 5. Для выполнения норм по освещенности и яркости потребуется обеспечить световой поток светодиодного модуля со светодиодами без учета оптики в 18 500 лм (прирост 30% на добавленную полосу). Для удобства анализа все результаты расчетов представлены в таблице. Расчет в фиктивных цветах на рис. 6. В результате качество освещения расширенного участка дороги соответствует ГОСТу.

Заметим, что можно подобрать универсальное решение, которое будет выполнять нормы ГОСТа на обеих дорогах. Но это приведет к потере энергоэффективности. На двухполосном участке дороги, при

универсальном решении, будет расходоваться электричества на 30% больше, чем предусматривает оптимальное решение. Поскольку суть энергосервисного бизнеса заключается в экономии электроэнергии, такое универсальное решение не подойдет. Для качественного и экономичного освещения разных улиц, и даже для разных участков одной и той же улицы, приходится подбирать индивидуальное светотехническое решение.

### Заключение

Предложенные примеры расчетов показали, что реальные дороги одного класса требуют разных сценариев освещения. А попытка осветить одной типовой схемой расстановки стандартных светильников сродни попытке обустроить всех учеников 9 «Б» класса в стандартные рабочие башмаки 42-го размера. Несмотря на то что все они одноклассники, среди них есть и мальчики, и девочки, размер ноги у них различается, да и вкусы разные. Поэтому для проектирования освещения дорог приходится привлекать специалистов-светотехников, которые смогут найти оптимальное решение и подобрать под-

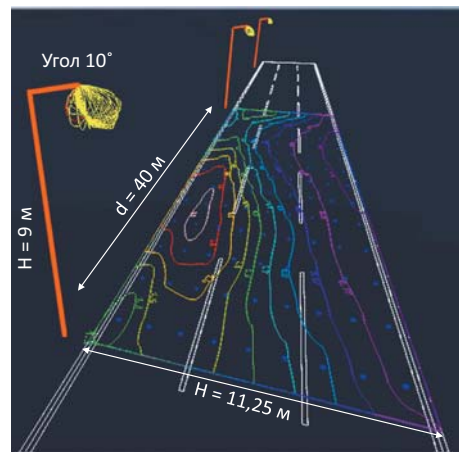


Рис. 6. Результаты расчета второго участка с учетом норм

ходящее оборудование. К сожалению, не у всех производителей светильников или у энергосервисных компаний есть в штате инженеры-светотехники. Для того чтобы помочь решить проблемы, связанные с расчетами систем освещения, компания LEDiL создала бесплатный сервис — светотехнический расчет. Инженеры LEDiL делают расчеты, опираясь на ГОСТы, и подбирают оптимальное решение, которое удовлетворяет пожеланиям заказчика и требованиям нормативных документов. За последние четыре года было сделано более 700 бесплатных расчетов наружного освещения. Мы гордимся тем, что результаты нашей работы воплощены в «железе» и незримо присутствует на ночных улицах многих городов России. ●

### Литература

1. ОДМ 218.8.007–2016. «Методические рекомендации по проектированию искусственного освещения автомобильных дорог общего пользования».
2. [www.svetolego.com/svetotehraschet](http://www.svetolego.com/svetotehraschet)