

Особенности зимнего освещения автодорог

→ В статье речь идет о равномерности распределения оттенков белого светодиодного освещения на заснеженных дорогах.



Холодная и снежная зима будто смеется над борцами против потепления климата. Международная конференция по Киотскому протоколу тихо «застыла» в аномально холодную зиму 2009-го. Тогда морозы в Европе стояли такие, что перемерзли и встали поезда в ж/д туннеле под Ламаншем. Спустя несколько лет борцы с глобальным потеплением «отогрелись» и замутили новый международный клуб борьбы с выбросами углекислых газов — «Парижский протокол». В этом году шумная активизация деятельности его сторонников снова совпала с аномальными холодаами в Европе и США. В Германии даже запустили резервные угольные электростанции, невзирая на их «неэкологичность», а в Техасе случился «снежный апокалипсис» и перегрузка энергетических сетей, поэтому власти ограничили раздачу электричества (то есть тепла в замерзающие дома) миллионам семей. В последние годы европейские политики агрессивно пугают всех глобальным изменением климата. Наверное, им очень хочется отсрочить кризис и перезапустить экономику путем переделки всей энергетики и производственной базы на «зеленые» технологии. Но эти новые технологии объективно дороже старых, а потому перейти на них можно только всем миром сразу, так как любой отдельно взятый союз стран, который внедрил дорогие «экологически чистые» технологии, будет проигрывать в конкуренции соседям с дешевой энергетикой и традиционной промышленностью. Европа пока не смогла обязать своих партнеров «выбросить свою старую экономику и купить у них новую» и потому сейчас хочет ввести таможенные «углеродные» сборы с тех, кто «не с ними». Сама идея защиты среды обитания человечества от отходов его жизнедеятельности, безусловно, хороша, вот только жадность организаторов ее губит. Многие люди понимают разницу между изменением климата и шкурными интересами элиты богатых стран и обоснованно сомневаются в способности человечества заметно влиять на изменения климата на планете. За последние 400 тыс. лет на Земле было четыре ледниковых периода, последний из которых завершился около 12 тыс. лет назад, а концентрация углекислого газа в атмосфере в прошлые эпохи бывала и повыше, чем у нас сейчас (рис. 1).

Судя по графику периодических колебаний температуры, можно ожидать скорое наступление нового глобального похолодания климата, и в этом случае человечеству пора утепляться и готовиться к выживанию в новый

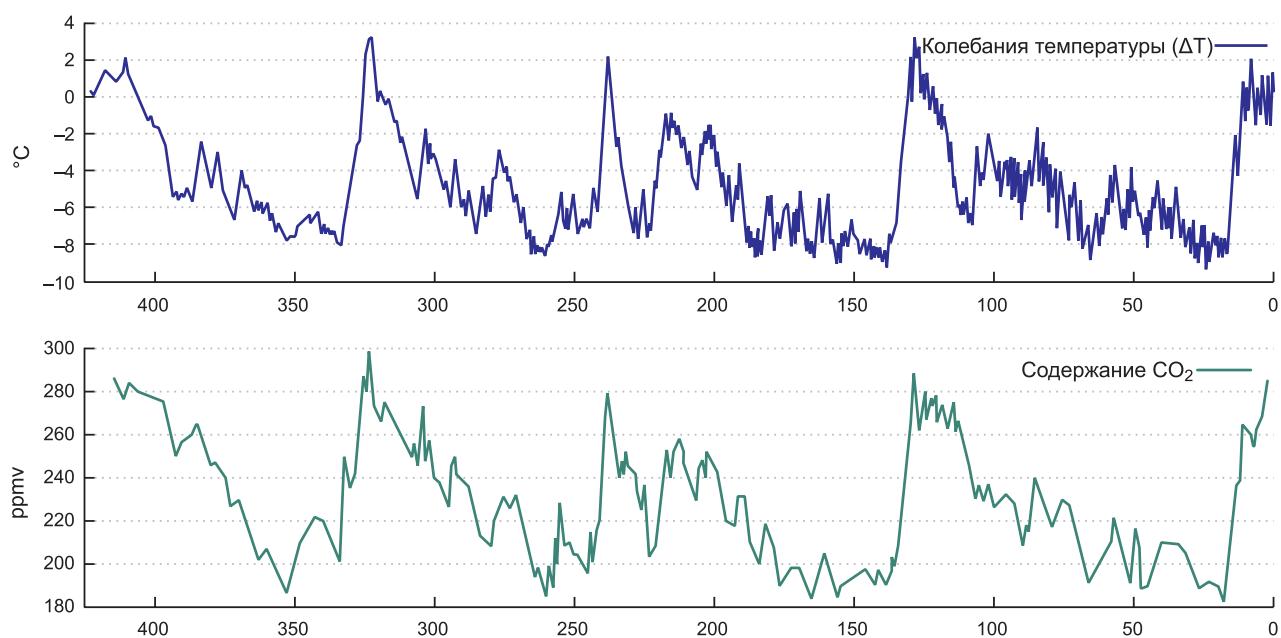


Рис. 1. Колебания температуры (синий), содержание CO₂ (зеленый) за последние 400 000 лет по данным анализа керна льда со станции «Восток» в Антарктиде

ледниковый период. Похолодание может заметно сказаться на жителях теплых стран, потому как у них нет теплых домов, одежды и опыта жизни в холода. Жителей России перспектива похолодания пугает меньше, они привыкли жить в холодной стране, где снег покрывает землю больше шести месяцев в году. Белый снег зимой в России лежит повсюду, он также покрывает автодороги, которые по ночам освещены электрическими светильниками. Двадцать лет назад на всех дорогах были установлены натриевые лампы, которые заливали улицы равномерным желто-оранжевым светом, а сейчас на многих трассах их сменили светодиодные белого свечения. Но, как показывает практика, уличные светодиодные светильники могут излучать разные оттенки белого света в различных направлениях, и цветные пятна можно увидеть на белых, заснеженных дорогах. В нормативных документах не нормируются цветовые aberrации при освещении улиц, но многие люди обращают внимание на сине-желтые пятна на дорогах и оценивают их негативно. В этой статье мы рассмотрим причины данного явления и способы борьбы с ними.

Основной причиной неравномерного углового распределения цветовых оттенков в свечении белых светодиодов становятся их конструктивные особенности. Типичные белые светодиоды состоят из полупроводникового кристалла синего свечения, на который нанесен слой желтого люминофора — он частично поглощает поток синего света и переизлучает поглощенную световую энергию в желтом диапазоне оптического спектра. Человеческий глаз и мозг воспринимает смесь синих и желтых лучей как белый свет. Современные технологии замещения натурального суррогатным столь широко распространены, что, зайдя в любой продуктовый магазин, можно увидеть там суррогатное мясо (сделанное из сои) под суррогатным белым светодиодным светом (сделанным из синего и желтого лучей).

Угловая равномерность распределения синего и желтого цвета светодиода зависит от нескольких факторов. Самые значимые из них — равномерность толщины слоя люминофора, нанесенного

на кристалл [1], и то, как конструкция светодиода обеспечивает совпадение и подобие световой диаграммы синего света от кристалла и световой диаграммы от слоя желтого люминофора [2]. Дело в том, что синий свет кристалла излучается изотропно и вверх, и вниз. А слой люминофора — это диффузный материал с косинусным (шарообразным) светораспределением. И для того чтобы выровнять первичные неравномерности светораспределения кристалла и люминофора, в конструкцию светодиода приходится добавлять специальные элементы. Такая доработка конструкции не только уменьшает цветовые разводы в световом пучке, но и увеличивает себестоимость самого светодиода. К сожалению, многие современные массовые светодиоды были экономно спроектированы без учета качества светораспределения и не могут обеспечить одинаковое распределение желтых и синих лучей света во всех направлениях. Наглядно этот эффект можно увидеть на рис. 2.

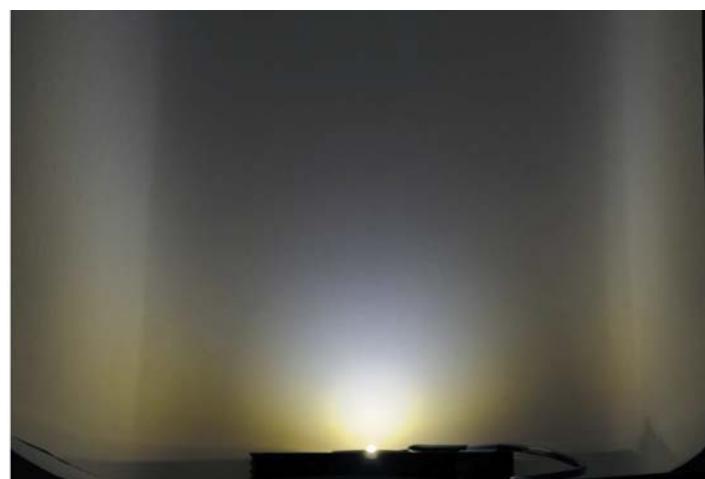


Рис. 2. Пример светового пятна светодиода Noname с угловой неравномерностью распределения цветов

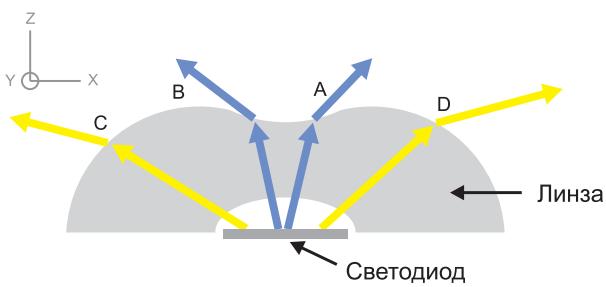


Рис. 3. Пути прохождения синих и желтых лучей в линзе с уличной КСС



Рис. 4. Линза Strada-IP-2x6-DWC и китайский аналог с одним светодиодом



Рис. 5. Линза с различными светодиодами

Вторичная оптика (линзы и рефлекторы)

Для того чтобы осветить автодорогу согласно ГОСТам и для этого сформировать сложную световую диаграмму в уличных светильниках, применяют светодиоды с линзами. Световые лучи светодиода желтого и синего цвета проходят внутри оптики разными путями (рис. 3), и это усиливает цветовые аберрации в итоговом световом пятне на дороге.

В летнее время на сером асфальте желто-синие цветовые разводы в световом пятне мало заметны, а вот зимой, на бело-снежном фоне дороги, они бросаются в глаза. Неравномерность яркости и цветности на дороге отвлекают внимание водителей и утомляют их, что ухудшает общую безопасность на дорогах. Параметр «равномерность» характеризует зрительное восприятие того, насколько плавно осуществляется переход от одного уровня яркости к другому или от одного оттенка к другому.

В зависимости от оптического дизайна исходная цветовая неравномерность светодиода может усиливаться или сглаживаться линзой. Рассмотрим примеры цветовой неравномерности для разных случаев.

1. Возьмем один светодиод и посмотрим на его световое пятно с различными линзами (рис. 4). На этих фотографиях видно, что популярная линза LEDiL CS12862_STRADA-IP-2x6-DWC формирует световое пятно, близкое по форме к прямоугольнику, при этом оттенки белого цвета достаточно хорошо перемешаны и плавно перетекают друг в друга. Во втором случае китайская реплика той же линзы создает световое пятно в форме летучей мыши, причем хорошо заметны перепады от теплого к холодному. Разные линзы создают световые пятна на дороге с разной неравномерностью света и цвета. Поэтому для освещения дорог важно выбирать правильную линзу.
2. Одна и та же линза с различными светодиодами может работать по-разному. Это хорошо видно на рис. 5. Один светодиод с линзой STRADA-2x2-T3 формирует световое пятно с плавным переходом цветов от холодного оттенка в центре к более теплому оттенку на краю светового пятна (на фотографии слева). Другой светодиод с той же линзой формирует пятно с резко выраженными полосами холодного оттенка на теплом фоне, а по краю проявляется желто-лимонный оттенок (на фотографии справа). В первом случае плавный переход цветов не раздражает, а во втором контрастные цветовые аберрации сформируют яркие пятна «желтого снега» на синеватом снегу и создадут впечатление остатков «полкового сортира» на дороге.

Инженеры компании LEDiL хорошо знают об этой проблеме и при разработке новых линз для освещения автодорог закладывают оптические решения, способные уменьшить цветовые аберрации. Как пример можно рассмотреть новые линзы C17446_STRADA-2x2-LN1, C16926_STRADA-2x2-LM1, C16927_STRADA-2x2-LW1 (рис. 6).

Созданные для освещения автодорог, эти уникальные линзы сегодня считаются лучшими в своем классе, а с учетом возросшей популярности светодиодов в корпусах 5050 их сделали совместимыми с такими светодиодами. Размеры данных линзовых модулей такие же, как у всех других линз семейства Strada-2x2: длина и ширина 50×50 мм, расстояние между центрами светодиодов 1 дюйм.



Рис. 6. Внешний вид новых линз 2×2

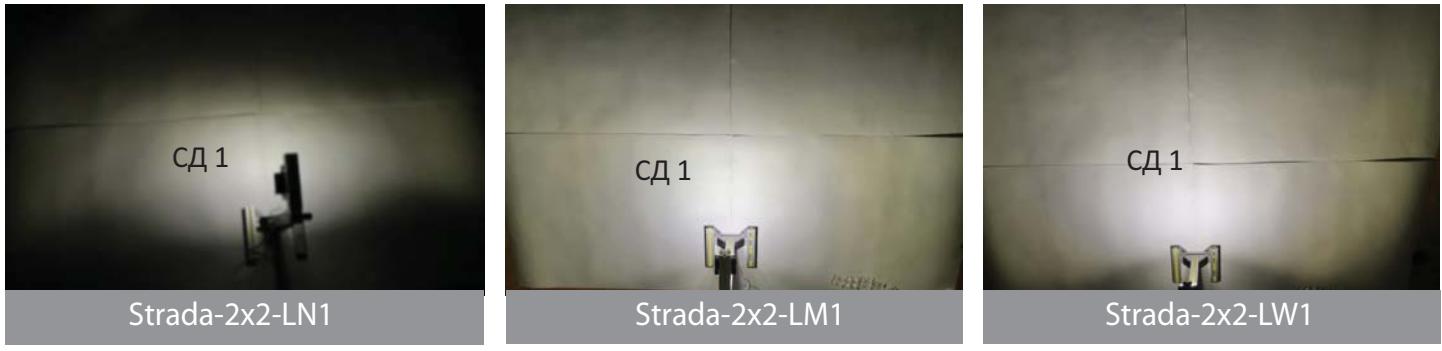


Рис. 7. Фотографии световых пятен новых линз 2×2

Линза STRADA-2×2-LN1 предназначена для освещения дорог, у которых ширина меньше высоты опоры. Применение этой оптики со светодиодами 5050 позволяет расставлять опоры на расстоянии 60 м, при высоте подвеса светильника 16 м.

Линза STRADA-2×2-LM1 создана для освещения дорог с низкими и средними опорами и оптимальна для тех случаев, когда ширина дороги меньше или равна высоте опоры. Светильники с такой оптикой можно устанавливать на высоте 8 м с максимальным шагом 37 м между опорами. При высоте подвеса 9 м расстояние между опорами может достигать 40 м.

Линза STRADA-2×2-LW1 создана для освещения тех дорог, у которых ширина больше, чем высота установки светильника, — они, например, подходят для четырехполосных магистралей класса B2 и класса II с односторонней установкой опор.

Посмотрим, как эти линзы распределяют сине-желтые оттенки свечения белого светодиода. Фотографии световых пятен представлены на рис. 7.

На рис. 7 видно, что для всех вариантов линз Strada-2×2-LN1, Strada-2×2-LM1, Strada-2×2-LW1 цветовая равномерность довольно высокая. Несмотря на то, что краю заметен более теплый оттенок, а в центре более холодный, переход очень плавный и отсутствуют пятна, что говорит о хорошем качестве цветосмещения.

Заключение

«Резкое снижение температуры в ряде американских штатов является результатом глобального потепления», — заявил генсек ООН Антониу Гуттерриш на пресс-конференции, состоявшейся 18 февраля 2021 года. Наверное, по аналогии можно говорить о том, что аномальная жара прошлым летом в Калифорнии стала предвестником скорого глобального оледенения... Но в реальности мы видим, что зимний снег заменяет автодороги даже в жарком Техасе. И цветовые aberrации светодиодного освещения автомобильных трасс утомляют глаза водителей и неблагоприятно влияют на безопасность дорожного движения не только в России или в Финляндии, но даже и в южных штатах США. И сейчас в ассортименте компании LEDiL есть такая оптика, применение которой позволяет решить эти проблемы. ●

Литература

1. Sommer C., Wenzl F. P., Hartmann P., Pachler P., Schweighart M., Leising G. Tailoring of the color conversion elements in phosphor-converted high-power LEDs by optical simulations // IEEE Photon. Technol. Lett. 2008. Vol. 20. No. 5.
2. Liu Z., Liu S., Wang K., Luo X. Optical Analysis of Color Distribution in White LEDs With Various Packaging Methods // IEEE Photon. Technol. Lett. 2008. Vol. 20. NO. 24.