

Ключевые слова: светодиодные осветительные приборы, световое загрязнение, благополучие человека, пространственное распределение светового потока, BUG-рейтинг.

Дмитрий Аникин¹ | Андрей Данилко² | Александр Карев², к. т. н. | Станислав Ляпунов²

Возможно ли освещение современного города без светового загрязнения?

▶ Парадоксальным следствием трансформации технологии освещения и перехода к энергоэффективным светодиодным источникам света становится возрастающее количество светоточек наружного освещения. Искусственного света появляется все больше, и все на больших территориях нашей планеты явление «световое загрязнение» ощущают не только романтики. Ночи реально перестают быть темными, а звезды яркими. Вместе с этим существуют четкие требования, как именно следует конструировать осветительные приборы, проектировать осветительные установки, оценивать их характеристики, чтобы минимизировать данный эффект. Примером дизайна осветительного прибора, параметры которого гармонизированы с требованиями «нулевого светового загрязнения», служит FREGAT LED 2G компании МГК «Световые Технологии».

Окончательная победа светодиодов в качестве источников света осветительных приборов (ОП) для утилитарного освещения не вызывает сомнения. Также очевидно, что замена разрядных источников светодиодами приносит существенную экономию электроэнергии. До последнего времени казалось, что и со стороны экологии данная трансформация вполне позитивна: исчезают ртутные источники света, снижается материалоемкость, появляется возможность замкнутых циклов переработки осветительных приборов и т. д.

Но не все так просто! Чем доступней становится освещение, тем с большим размахом его применяют. И тут начинает работать известный в экономике эффект отскока (rebound effect)! Эффект заключается в увеличении потребления энергоресурса при повышении эффективности приборов вследствие роста их количества и изменения отношения потребителей к их использованию. То есть освещается то, что раньше не освещалось, да и освещение часто не выключается и не диммируется тогда, когда оно уже не нужно!

Но и это еще не все. В качестве побочного эффекта данной технологической революции растет световое загрязнение окружающей среды. Световое загрязнение — засвечивание ночного неба источниками освещения, чей свет рассеивается в нижних слоях атмосферы. Иногда это явление также называют световым смогом. Как это ни парадоксально, насыщенное синим цветом холодно-белое светодиодное освещение является наиболее бюджетным и энергоэффективным, но остается при этом самым неблагоприятным для окружающей среды. Такой неконтролируемый свет, рассеянный в воздушном пространстве атмосферы нашей планеты, лишает людей возможности видеть ночное небо, фактически крадет у нас ночь. Сегодня 99% людей в Европе и США живут под небосводом, загрязненным искусственным светом.

Однако невозможность видеть ночное небо, усыпанное звездами, не единственная цена светового загрязнения — и даже не самая большая! До 30% энергии, затрачиваемой на наружное освещение, приходится на освещение пространства, которое освещать не требуется! Только в США при производстве такого «паразитного света» генерируется 15 млн т углекислого газа

¹ООО «РусИД», г. Армавир

²ООО «МГК «Световые технологии»», г. Москва-Рязань



ежегодно, что эквивалентно выбросам примерно 3 млн автомобилей.

Биологи, врачи и экологи предупреждают, что насыщенный синим свет светодиода, бесконтрольно разлитый в окружающем ночном пространстве, нарушает суточный циркадный ритм людей и других живых организмов. Это приводит к негативным последствиям для здоровья и благополучия человека, грозит существованию целых видов живых организмов и экосистемам.

Можно ли разрешить парадокс? Как конструировать осветительный прибор и проектировать наружное освещение, чтобы минимизировать световое загрязнение?

Такие правила есть! Международная ассоциация Dark Sky [1] предлагает пять принципов ответственного отношения к наружному освещению:

- Всегда проводите предварительную оценку целесообразности применения выбранного ОП или осветительной установки в конкретных условиях, анализируйте воздействие света на людей, территорию, окружающую среду, дикую природу. Рассмотрите все альтернативные возможности обеспечения безопасности и комфорта на открытом пространстве в темное время суток, например использование светоотражающих красок или самосветящихся маркеров для знаков, бордюров и ступеней, чтобы уменьшить потребность в постоянном наружном освещении.
- Строго контролируйте распространение света ОП в заданные освещаемые зоны и не допускайте паразитные утечки за их пределы. Абсолютно недопустимо распространение света в зону над

светильником выше горизонтального уровня.

- Используйте минимально необходимый уровень освещенности. Принимайте во внимание состояние освещаемой поверхности, например снег, могут отражать в ночное небо больше света, чем предполагалось.
- Контролируйте режим работы ОП, применяя датчики, таймеры, контроллеры управления. Свет должен быть доступен, когда он необходим, приглушен, когда это возможно, и выключен, когда он не нужен.
- Используйте светодиоды теплых оттенков, ограничивая долю коротковолнового (сине-фиолетового) света до минимально необходимого количества. Рекомендуемая коррелированная цветовая температура CRI не выше 3000 К (фактическое значение с учетом максимально допустимого отклонения 3220 К).

Для того чтобы характеризовать эффективность работы осветительного прибора с позиций минимизации светового загрязнения, стандарт [2] предлагает систему оценки, основанную на определении BUG-рейтинга. BUG-рейтинг — средство оценки всех форм светового загрязнения, обусловленных экранированием и перераспределением света источника в ОП.

Для реализации данного подхода пространство вокруг светильника разделено на зоны, определенные в соответствии с ожидаемым воздействием на окружающую среду (рис. 1):

- задняя подсветка (BACKLIGHT) — определяет величину светового потока в зоны пространства BL, BM, BH,

которые расположены в направлении, противоположенном области, предназначенной для освещения. Оценивается рейтингом В;

- верхний свет (UPLIGHT) — определяет величину светового потока в зоны верхней полусферы UH и UL, вызывает искусственное свечение неба, определяет прямые потери энергии. Более низкие зоны верхнего света (зона UL) вызывают наибольшее свечение неба и отрицательно влияют на профессиональную и академическую астрономию. Оценивается рейтингом U;
- блеск (GLARE) — определяет величину светового потока в передних зонах FH и FVH, а также в задних зонах BH и BVH, может вызывать дискомфорт или существенно затруднять работу зрительного аппарата. Оценивается рейтингом G.

Зональные пороговые значения светового потока, перечисленные в следующих трех таблицах, основаны на данных IES LM-35-20 Approved Method: Photometric Testing of Floodlights Using High Intensity Discharge or Incandescent Lamps. Рейтинги задней подсветки, верхнего света и блеска получают значение в пределах 0–5 (предпочтительно меньшее значение) в зависимости от максимального количества света в этих зонах на основе пороговых значений. В таблицах 1–3 приведены пороговые значения светового потока в угловых зонах для трех сегментов пространства, окружающего ОП, и, соответственно, трех значений рейтинга BUG.

Итоговое значение каждого рейтинга определяется наихудшим показателем по зонам, входящим в соответствующий сегмент окружающего пространства.

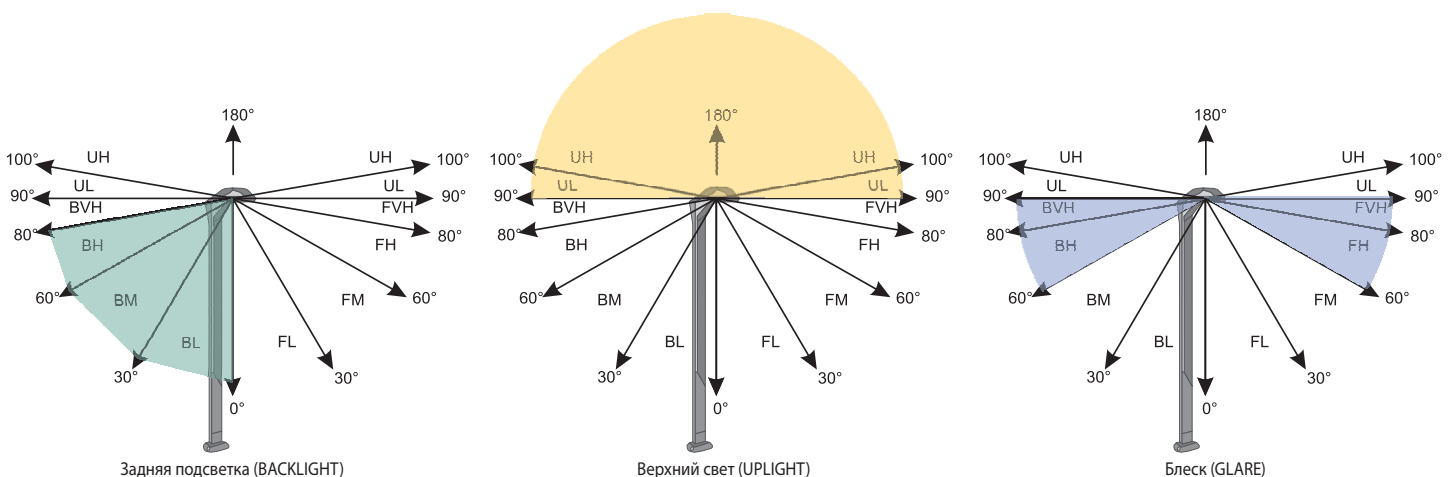


Рис. 1. Система измерения распределения светового потока ОП наружного освещения согласно TM-15-07

Таблица 1. Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга В

Задняя подсветка	Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга В, лм					
	В0, менее	В1, менее	В2, менее	В3, менее	В4, менее	В5, более
ВН	110	500	1000	2500	5000	5000
ВМ	220	1000	2500	5000	8500	8500
ВЛ	110	500	1000	2500	5000	5000

Таблица 2. Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга U

Верхний свет	Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга U, лм					
	U0, менее	U1, менее	U2, менее	U3, менее	U4, менее	U5, более
УН	0	10	50	500	1000	1000
УЛ	0	10	50	500	1000	1000

Таблица 3. Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга G

Блеск	Пороговые значения светового потока в угловых зонах для рейтинга G, лм					
	G0, менее	G1, менее	G2, менее	G3, менее	G4, менее	G5, более
FVN	10	250	375	500	750	750
BVN	10	250	375	500	750	750
FH	660	1800	5000	7500	12000	12000
BH	110	500	1000	2500	5000	5000

Таблица 4. Основные технические характеристики светильника серии FREGAT LED 55 G2

Параметр	Значение
Потребляемая мощность, Вт	62
Кэффициент мощности	0,95
Световой поток, лм	7700
Световая отдача, лм/Вт	125
Кэффициент пульсаций, %	0,2
Коррелированная цветовая температура, К	2850
Общий индекс цветопередачи	80
Возможность диммирования	10–100%

Таблица 5. Распределение светового потока ОП FREGAT LED G2 по зонам и значения частных рейтингов

Обозначение зоны	Световой поток, лм	Частный рейтинг	Обозначение зоны	Световой поток, лм	Частный рейтинг
УН	0	U0	BVN	11	G1
УЛ	0	U0	FVN	18	G1
ВМ	957	B1	BH	265	G1
ВН	2283	B1	FH	770	G1
ВЛ	1325	B3			

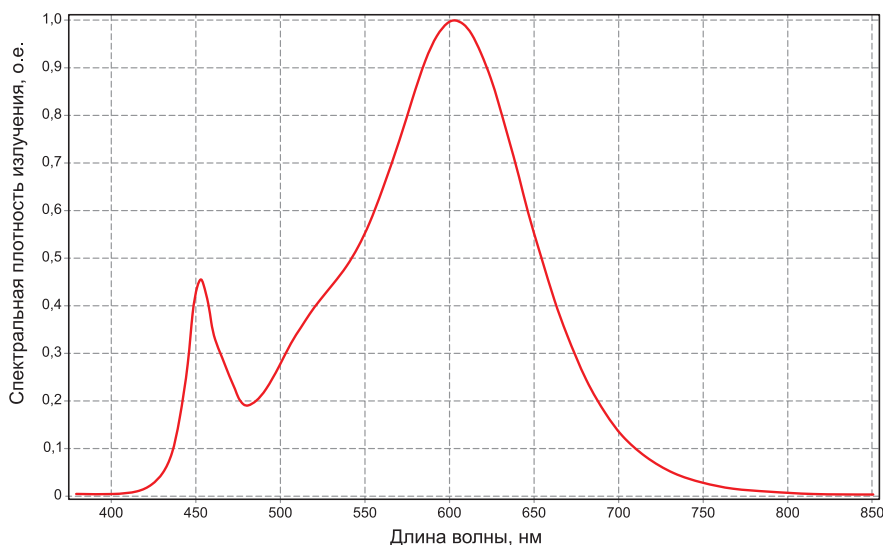


Рис. 2. Распределение спектральной плотности потока излучения ОП FREGAT LED 55

Как на практике работает данная методика оценки ОП по уровню светового загрязнения и «дружелюбия к темному небу»? В качестве примера рассмотрим светильник серии FREGAT LED 55 G2, выпускаемый компанией МГК «Световые Технологии». Данная модификация ОП разработана для реализации проектов утилитарного освещения повышенного комфорта внутри городских жилых кварталов.

Параметры конструкции FREGAT LED 55 G2 оптимизированы таким образом, чтобы обеспечить выполнение основных функциональных требований к светильникам, входящим в состав установок наружного освещения [3]: регламентированные уровни яркости и освещенности на дорожном покрытии, наилучшую равномерность, минимальные показатели слепимости.

В таблице 4 представлены основные технические характеристики данного ОП.

Особое внимание было уделено параметрам, определяющим комфорт и «экологическое дружелюбие» светильника в условиях насыщенной городской инфраструктуры.

Свет, генерируемый данным светильником, имеет низкую коррелированную цветовую температуру — 2850К, драйвер обеспечивает практическое отсутствие пульсаций.

Цветовой комфорт решения обеспечивается светодиодами, произведенными по специальному заказу компанией «РусИД» (г. Армавир). В ходе работы специалистам компании удалось создать российскую технологию и выпустить на рынок новые светодиоды с КЦТ (2850 ± 100) К с уменьшенной долей потока в коротковолновой (голубой) части спектра и световой отдачей на уровне, максимально приближенном к изделиям мировых производителей. Среди особенностей конструкции данного светодиода можно выделить следующие: наличие корпуса из эпоксидной смолы, устойчивого к внешним воздействиям, площадки для СМД-монтажа увеличенного размера для большего отвода тепловой энергии от светящегося кристалла, а также уникальной смеси люминофоров для получения отдачи выше 150 лм/Вт и достаточно высокого индекса цветопередачи.

На рис. 2 показано распределение спектральной плотности потока излучения ОП со светодиодами компании «РусИД».

Пространственное распределение силы света ОП FREGAT LED 55, измеренное на гониофотометре RIGO 801 (рис. 3), позволило рассчитать доли светового потока в соответ-

ствующих зонах. В таблице 5 представлены значения светового потока для каждой зоны и определен его BUG-рейтинг.

Наихудшим показателем по зоне «Задняя подсветка» является В3; по зоне «Верхний свет» — U0; по зоне «Блеск» — G1. В итоге FREGAT получил очень хорошие рейтинги по зонам верхней засветки и «Блеск». Свет прибора практически не загрязняет верхнюю полусферу и не засвечивает небосвод, в зоне блескости его негативное воздействие минимально. Относительно высокое значение рейтинга задней засветки В3 объясняется специальной конструкцией вторичной оптики светильника, спроектированной с целью перераспределить часть света на тротуар, расположенный за основанием осветительной опоры в пешеходной зоне.

Таким образом, итоговый BUG-рейтинг ОП FREGAT LED 55 составил В3-U0-G1. В итоге можно констатировать, что данный параметр вполне целесообразно применять при сравнении светильников с позиции экологической эффективности по отношению к окружающей среде и людям.

Руководствуясь принципами минимизации негативного воздействия искусственного света на окружающую среду при разработке ОП, проектировании и сравнении осветительных установок утилитарного освещения, можно обеспечить эффективное использование светодиодных источников света, получать достаточное количество

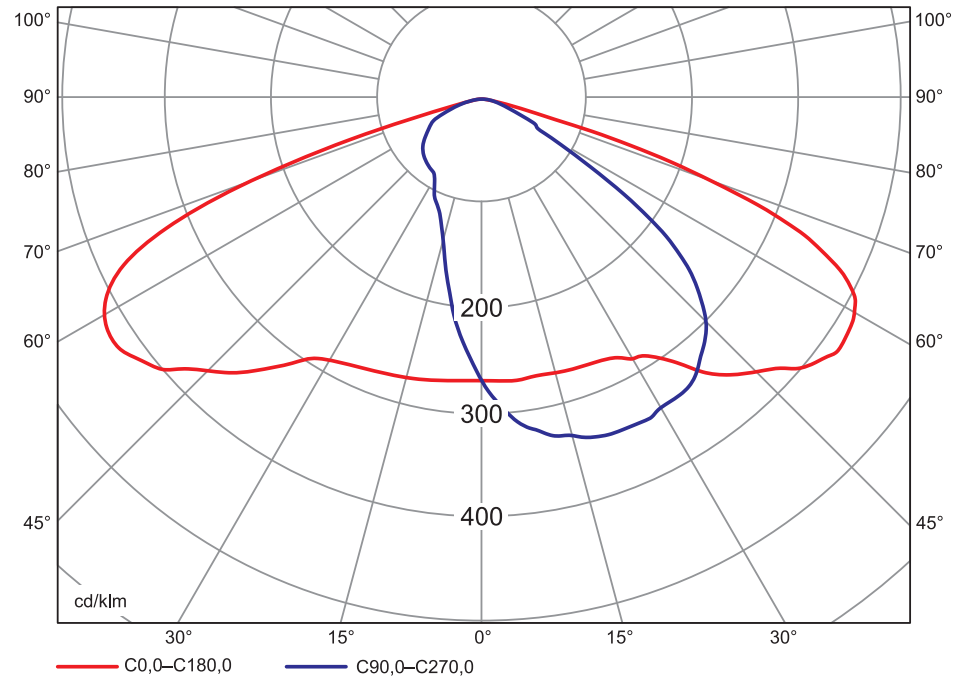


Рис. 3. Пространственное распределение силы света ОП FREGAT LED 55

света там, где нужно, и тогда, когда нужно, экономно расходовать электроэнергию, сохранять здоровье и благополучие населения и не разрушать сложившиеся экосистемы. Можно наилучшим образом осветить города и существенно снизить световое загрязнение! Вероятно, тогда новые поколения городских жителей увидят в небе и Млечный Путь, и звезды новых галактик! ●

Литература

1. www.darksky.org
2. IES TM-15-20 Luminaire Classification System for Outdoor Luminaires STANDARD by Illuminating Engineering Society, 05/21/2020
3. Утилитарное наружное освещение: Учебное пособие для высших учебных заведений/ А.А. Коробко. Москва, 2020.