

# Обновление уличного освещения с помощью светодиодных технологий<sup>1</sup>

Р.М. МАРИЛЛАС, Х.Р. ДЕ АНДРЕС

Малагский университет, Малага, Испания  
E-mail: rmmorillas@uma.es, deandres@ctima.uma.es

## Аннотация

В 2015 году экологическая, экономическая и социальная необходимость повышения энергоэффективности способствовала обновлению уличного освещения в испанском муниципалитете Касарабонела. Учитывая фиксированные операционные и эксплуатационные расходы, это были значительные долгосрочные инвестиции, оказывающие большое влияние на общество. Технические специалисты выбрали светодиодные источники света после изучения представленных технико-экономических предложений. До и после реновации проводились измерения уровней освещения, энергопотребления и затрат. После того, как выбранное предложение было реализовано, были проведены соответствующие опросы технических специалистов, обслуживающего персонала и конечных пользователей. Целью данного тематического исследования является описание шагов, предпринятых в процессе замены светильников. Была оценена экономия, ожидаемая и фактическая вместе с периодом возврата инвестиций. Этот случай вполне может послужить «прототипом» для последующих множественных исследований, целью которых является проверка ряда показателей, полученных в предыдущем исследовании.

**Ключевые слова:** светодиодное освещение, энергоэффективность, показатель, дорожное освещение, устойчивое развитие.

## 1. Введение

С начала экономического кризиса в Испании в 2007 году бюджеты государственных администраций в целом и муниципалитетов в частности значительно сократились. Более того, прогрессивное увеличение стоимости энергии и выброс углеродного газа,

связанный с потреблением энергии, заставили местные органы власти изучать и оптимизировать свои источники потребления в соответствии с экологическими задачами, поставленными Европейским союзом [1].

В период с 2007 по 2010 годы местное правительство разработало Планы Оптимизации Энергопотребления (ПОЭ) с целью составления перечня всех источников энергопотребления в муниципалитете (общественное освещение, муниципальные здания и т.д.) в качестве показателя жилой активности, социального экономического фактора и даже для оценки ВВП и выбросов  $CO_2$  [2]. В этих планах также предлагались конкретные меры по повышению эффективности.

Выводы этих планов чаще всего указывали на необходимость оптимизации и сокращения потребления в общественных осветительных установках. В 2009 году процент потребления электроэнергии в Касарабонеле уличным освещением по сравнению с общим потреблением электроэнергии составил 47 %, что составляет почти половину муниципальных расходов на электроэнергию [3].

Более того, недавнее развитие новых альтернатив традиционным источникам света светодиодам – светодиодам, изготовленные по технологии *MicroLED* (светодиоды, намного более эффективные в теории), – также побудило муниципальных техников изучать множество вариантов, которые иногда не содержат достаточно информации или недостаточно де-

тализованы, что не позволяет их оценить должным образом. Эта новая ситуация может привести к расхождению в предложениях, представленных им, в отношении того, будут ли они соответствовать законодательству или конкретным потребностям муниципалитета.

В 2015 году авторами данной работы было проведено исследование [4], направленное на выявление набора показателей, оценка которых могла бы помочь техническим специалистам в принятии решений. Как отметил Пользин и др.: «Представители муниципалитетов часто не могут оценить рынок светодиодного освещения» [5]. В ходе исследования был выявлен ряд показателей, позволяющих прогнозировать пригодность системы уличного освещения. Для проверки своих результатов авторы будут использовать это тематическое исследование для начала проверки на практике своих показателей.

Для достижения этой цели в муниципалитете Касарабонела было проведено одно тематическое исследование. Оно подразумевало проверку, учитывающую собранную информацию: совпадают ли принятые решения с результатами оценки показателя.

## 2. Исходная информация

Касарабонела расположена на западном краю долины реки Гуадалхорс, к югу от региона Ронда, провинция Малага. Он был объявлен биосферным заповедником ЮНЕСКО и классифицирован как зона *E1* согласно СIE126–1997 [6]. 70 % населения муниципалитета проживает в центре города, и общая численность населения немного сократилась с 2009 по 2015 год [7].

Правительство провинции Малага разработало ПОЭ муниципалитета Касарабонела в 2009 году (рис. 1).

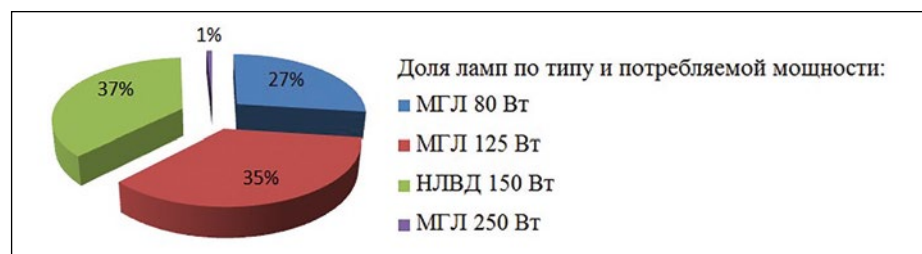


Рис. 1. Инвентаризационная опись городского освещения муниципалитета Касарабонела. Источник: ПОЭ муниципалитета Касарабонела

<sup>1</sup> Перевод с англ. А.Ю. Басова

**Инвентаризационная опись в муниципалитете Касарабонела.  
Источник: ПОЭ муниципалитета Касарабонела**

Таблица 1 действующим нормам электробезопасности [15].

Краткое изложение необходимых действий	Количество, шт.
Новый светильник <i>Villa</i> расположен на центральных улицах города и площадях	365
Новый светодиодный модуль <i>Fernandino</i> (СД лампа + драйвер) для установки в существующие светильники	40
Потолочный светильник для установки в проходе	1
Кронштейн из литого алюминия, длина 0,6–0,7 м	170
Литая опора, высота 3,95 м	71

Это исследование, пересмотренное в 2012 году, показало, что энергопотребление из-за общественного освещения увеличилось почти на 30 % в 2012 году по сравнению с 2009 годом. Это энергопотребление составляло 42 % от общего потребления энергии и 36 % от общих затрат на электроэнергию в муниципалитете.

Выводы ПОЭ отражают «возможность экономии» [8]. Более того, новые законодательные требования Комиссии по регулированию ЕС № 245/2009 [9] запрещали использование ртутных ламп с 2015 года. Эти два события вынудили муниципалитет найти альтернативу традиционным источникам освещения, создав «более экологичный и устойчивый образ общественных наружных пространств» [10].

### 3. Методы

Для иллюстрации всего процесса реновации было проведено наглядное тематическое исследование [11]. Данные были собраны в три этапа:

1. Перед выполнением работ по капитальному ремонту:

- Обновление инвентаризационной описи городского освещения муниципалитета Касарабонела;
- Разработка проекта реновации и начало процедуры заключения контрактов на запланированные в проекте действия;
- Изучение предложений по реализации проекта;
- Измерение уровней освещения на выборке улиц.

2. После выполнения работ по капитальному ремонту:

- Повтор измерений уровней освещения;

- Интервью с мэром муниципалитета, техническими специалистами и политиками;

- Интервью с обслуживающим персоналом муниципалитета;

- Интервью с жителями;

- Разработка сравнительного анализа затрат на электроэнергию;

- Расчёт экономических инвестиций и периода окупаемости инвестиций (ПОИ).

3. Оценка представленных предложений с использованием показателей.

### 4. Собранные данные и результаты

#### 4.1. Обновление инвентаризационной описи городского освещения муниципалитета Касарабонела

В ноябре 2013 года была обновлена инвентаризационная опись городского освещения по улице и по типу светильников для количественной оценки необходимых технико-экономических мероприятий (табл. 1).

Технические специалисты также включили вопрос о перемещении или установке новых световых точек в районах, где в ходе инвентаризации было выявлено недостаточное качество параметров освещения. Они увеличили количество световых точек в некоторых районах, чтобы повысить ощущение безопасности и облегчить пользование общественными пространствами для граждан [12]. Вследствие этого в некоторых районах возросло потребление энергии на душу населения [13, 14].

Диагностика завершилась обновлением трёх изношенных электрических панелей, которые не соответствовали

#### 4.2. Разработка проекта реновации и начало процедуры заключения контрактов на запланированные в проекте действия

Технические специалисты разработали проект для выполнения рекомендаций по инвентаризации, стоимость которого составила 169100 €. Процедура заключения контракта осуществлялась самим городским советом в соответствии с действующим государственным административным законодательством [16]. Несколько компаний представили предложения, из которых только две заполнили техническую и экономическую документацию, требуемую в спецификациях заявок.

Технические требования для оценки предложений, включённых в спецификации заявок, были следующими (табл. 2):

Два финальных участника были приглашены для установки своих светильников в качестве теста на нескольких улицах центра города, как это было рекомендовано Пользиным [5], с тремя целями: проверить предлагаемые светильники, измерить уровни освещения, обеспечиваемые установленными светильниками, и проследить за степенью удовлетворённости конечных пользователей/жителей.

#### 4.3. Изучение предложений по реализации проекта

Первоначальная оценка представленной участниками документации была проведена в соответствии с документом «Технические требования к светильникам со светодиодной технологией» по программам в области энергетики, туризма и цифровизации [17]. Впоследствии были изучены технические файлы и предоставленные сертификаты. В табл. 3 описаны параметры, по которым различались участники тендера.

Если сравнить технические параметры претендентов с техническими требованиями (табл. 2), то можно сделать вывод, что Участник 1 не соответствовал ни по параметру «Степень защиты светильника», ни по параметру «Срок службы светодиодного модуля». Оба претендента не выполнили

параметр «Коррелированная цветовая температура», но технические специалисты муниципалитета приняли значение 4000° К.

#### 4.4. Измерение уровней освещения на выборке улиц

Была проведена серия измерений на выборке из 5 дорог с улиц, где должна была проходить реконструкция (табл. 4). Выбранные дороги были классифицированы в соответствии с МКО, [18] и [19]; в соответствии с [6] все дороги были классифицированы как защитная зона ЕЗ, потому что они были расположены в жилом районе в пределах городской зоны, которая считается зоной средней яркости или средней светимости.

Измерения всегда проводились на одних и тех же улицах и между одними и теми же светильниками. Одинаковые расстояния между светильниками и условия измерения были обеспечены в три разных периода времени:

1. Первая серия измерений с существующими светильниками, прежде чем какие-либо действия имели место в установке (март 2014 года);

2. Вторая серия измерений с тестовыми светильниками, установленными на выбранных улицах двумя финансистами (март 2014 года – январь 2015 года);

3. Третья серия измерений на улицах с использованием светильников Участника 1, заменённых на светильники Участника 2, которые в конечном итоге были выбраны муниципалитетом (в течение первого полугодия 2015 года).

Измерения были проведены в безветренные ночи без каких-либо других неблагоприятных погодных условий. Светильники не имели поблизости никаких других источников света (локальных, светящихся знаков и т.д.), которые могли бы помешать измерениям. Дорожное движение не перекрывалось, техники просто ждали, пока исчезнут световые помехи автомобилей. Цифровой люксметр *Mavolux 50328 USB* компании *Grossen* обеспечивал непосредственное считывание для каждого измерения.

На следующих рисунках (рис. 2–3) представлены схемы выбранных сеток с точками измерений по улицам, а также значения средней и минимальной освещённости и общей равномерно-

Таблица 2

Технические требования к заявке. Источник: правительство провинции Малага

Требование	Значение
Материал светильника	Литой алюминий
Степень защиты светильника	IP65
Источник света	светодиоды
Срок службы (источника света)	≥ 90000 ч
Теплоотводящие элементы в источнике света	Да
Световой поток источника света	≥ 3800 лм
Мощность системы (драйвер + источник света)	≤ 38 Вт
Коррелированная цветовая температура	3000°К (тёплый белый)
Доля светового потока в верхнюю полусферу	≤ 1 %
Оптика	Асимметричное распределение
Защита оптического блока	IP54
Защита от перегрузки	Да
Защита от высокого напряжения	≥ 10 кВ
Драйвер	Электронный/ Индивидуальный
Регулировка	Программируемый драйвер (5 шагов)
Цена	420 € (светильник)/ 289 € (СД модуль)

Таблица 3

#### Сравнение предложенных светильников

Несоответствующие параметры	Участник 1	Участник 2
Мощность системы (драйвер + источник света)	38 Вт	30 Вт
Световой поток светильника	3328 лм	3000 лм
Доля светового потока в верхнюю полусферу (%)	< 1 %	0,74 %
Эффективность светильника	79 %	НП*
Степень защиты светильника	IP44	IP65
Цена светильника	420 €	386 €
Мощность источника света	35 Вт	28 Вт
Световой поток светодиодного модуля	4350 лм	4000 лм
Индекс цветопередачи	НП*	>75
Рабочий ток светодиодного модуля	500 мА	350 мА
Срок службы светодиодного модуля	68000 ч	90000 ч
Цена светодиодного модуля	289 €	266 €

\* Не была представлена информация, значение, сертификат или требуемый документ

Классификация дорог [20]

Классификация дорог	Тип	Проектная ситуация	Класс освещения	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк
{1} Проспект Хуана XXIII	D	D3-D4	S1	15,0–22,5	5
{2} Ул. Кантаррайяна	E	E1	S2	10–15	3
{3} Ул. Салданья	E	E1	S2	10–15	3
{4} Ул. Реал	D	D3-D4	S1	15,0–22,5	5
{5} Ул. Франциско Эррера	D	D3-D4	S1	15,0–22,5	5

Таблица 5

Результаты измерений на улице {1}

Высота подвеса – 4 м, ширина дороги – 5 м, расстояние между светильниками – 24 м								
№ улицы	№ измерения (кол-во точек)	Источник света	Мощность, Вт	Участник	Дата	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк	$U_o$
{1}	1° (39)	МГЛ	80	2	03.14	6,6	2,9	0,4
	2° (66)	СД	30		01.15	14,5	5,0 ↑	0,3 ↓

сти, полученные для каждого выполненного измерения (табл. 5–6).

Поскольку светодиоды являются источником света, применяемым в выбранных светильниках, для расчёта эффективности можно принять значение коэффициента эксплуатации равное 0,85 [21]. Это значение соответствует интервалу очистки 3 года и средней степени загрязнения. Полученные результаты расчётов класса энергоэффективности дорог согласно [20] показали, что все улицы соответствуют классу «А».

#### 4.5. Интервью с мэром муниципалитета, техническими специалистами и политиками

Чтобы получить мнения обо всём процессе, был проведён опрос муниципального техника, который был свидетелем всего процесса отбора и обновления. Что касается выбора предложения, установки и последующего периода запуска, он указал, что он не обнаружил никаких аномалий, трудностей или жалоб. Однако он отметил, что выбранные светильники были не

самого высокого качества, хотя, по его мнению, они были адекватными с технической точки зрения. Кроме того, был опрошен мэр, который обратил внимание на мнение своих техников, а также непосредственных соседей.

#### 4.6. Интервью с обслуживающим персоналом муниципалитета

Один из двух муниципальных электриков также был опрошен. Он проработал в городском совете 20 лет и отвечал за устранение неполадок, возникающих в повседневной эксплуатации установок уличного освещения. Собеседник предложил свой опыт и впечатления об этом конкретном случае. На этапе выбора электрик не указал ничего достойного упоминания.

На этапе реализации он вспомнил, что сначала соседи протестовали, ощущая отсутствие достаточного освещения, что делало их прогулки менее приятными [22]. Одной из причин жалоб было то, что фасад зданий не был освещён, однако ни одна из этих первоначальных жалоб не продолжалась с течением времени. Была также другая проблема – депрограммирование драйвера всех светильников, принадлежащих одной цепи, – которую производитель успешно решил. Электрик также указал, что в настоящее время на этапе технического об-

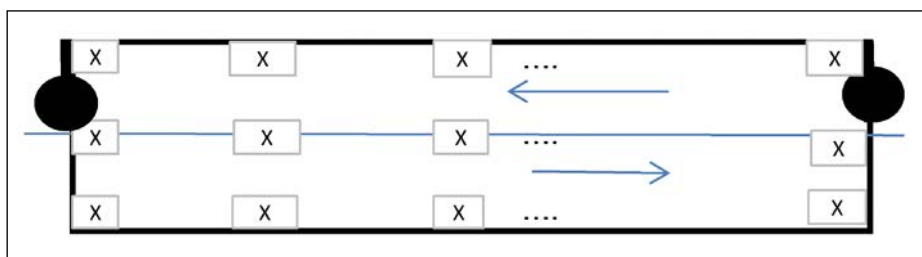


Рис. 2. Схема улицы и сетки с точками для измерений для улицы {1}

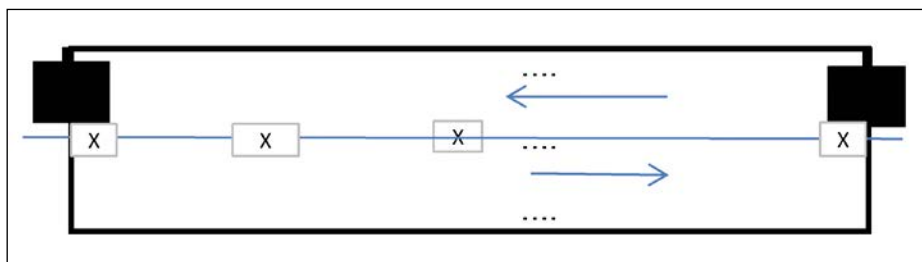


Рис. 3. Схема улицы и сетки с точками для измерений для улиц {2} – {6}



## Результаты измерений на улицах {2} – {6}

Высота подвеса – 3 м, ширина дороги – 2 м, расстояние между светильниками – 17 м								
№ улицы	№ измерения (кол-во точек)	Источник света	Мощность, Вт	Участник	Дата	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк	$U_o$
{2}	1° (12)	МГЛ	80	2	03.14	8,8	5,3	0,6
	2° (11)	СД	30		01.15	<b>60,8</b>	<b>35,0</b> ↑	<b>0,5</b> ↓
Высота подвеса – 3 м, ширина дороги – 3 м, расстояние между светильниками – 19 м								
№ улицы	№ измерения (кол-во точек)	Источник света	Мощность, Вт	Участник	Дата	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк	$U_o$
{3}	1° (15)	МГЛ	125	2	03.14	3,9	1,8	0,5
	2° (15)	СД	30		01.15	<b>45,2</b>	<b>20,0</b> ↑	<b>0,4</b> ↓
Высота подвеса – 3 м, ширина дороги – 3 м, расстояние между светильниками – 19 м								
№ улицы	№ измерения (кол-во точек)	Источник света	Мощность, Вт	Участник	Дата	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк	$U_o$
{4}	1° (12)	МГЛ	80	1	03.14	4,7	1,2	0,3
	2° (12)	СД	38		01.15	25,5	8,3	0,3
	3° (17)	СД	30		01.15	<b>30,4</b>	<b>3,9</b> ↑	<b>0,1</b> ↓
Высота подвеса – 3 м, ширина дороги – 3 м, расстояние между светильниками – 21 м								
№ улицы	№ измерения (кол-во точек)	Источник света	Мощность, Вт	Участник	Дата	$E_m$ , лк	$E_{мин}$ , лк	$U_o$
{5}	1° (11)	МГЛ	80	2	03.14	4,2	0,9	0,2
	2° (11)	СД	38		01.15	27,4	12,0	0,4
	3° (17)	СД	30		01.15	<b>31,6</b>	<b>8,0</b> ↑	<b>0,3</b> ↓

служивания и гарантийного обслуживания он не проводил никаких профилактических или ремонтных работ; он только присутствовал на случайных происшествиях.

В течение последних месяцев тестового периода осветительная установка столкнулась с несколькими проблемами: некоторые драйверы в одной из цепей вышли из строя из-за перебоев напряжения в линии электропередачи, а некоторые винты выпали из светильников, и несколько светильников пришлось отремонтировать.

Участник, представивший заявку, которая в итоге победила, как и договаривались, сотрудничал и собирался проанализировать повреждённое оборудование. Кроме того, компания проверяла возможные изменения или дефекты в линиях электропитания. Эти небольшие ремонтные работы обошлись муниципалитету примерно в 600 евро.

Городской электрик заявил, что весь процесс замещения от начала до настоящего времени был в целом адекватным, но он считал, что некоторые узкие улицы были менее освещены или имели значительные тени.

#### 4.7. Интервью с жителями

Судя по небольшой выборке, жители, проживающие в муниципалитете, не были чрезмерно позитивными в отношении ремонта. Они заметили изменение цветности, но не могли быть уверены, что воспринимаемое освещение привело к более высокому качеству. Хотя особых претензий в историческом центре не было, некоторые непосредственные соседи чувствовали недостаток освещения в жилых районах при ходьбе. Они описали абсолютно тёмные области между опорами освещения. Во время собеседования, когда было указано, что процесс обновления светильников позволил сэкономить на счетах за электричество, опрошенные соседи поняли, что мероприятие оправдано, но предпочли бы, чтобы в некоторых районах условия освещения не ухудшились.

#### 4.8. Разработка сравнительного анализа затрат на электроэнергию

Было проведено сравнительное исследование муниципального потребления электроэнергии в систе-

мах общественного освещения, чтобы проверить, была ли какая-либо экономия в течение последних 12 месяцев (с июля 2015 года по июнь 2016 года) после реконструкции, в отношении исследования потребления электроэнергии, проведённого в 2012 году (табл. 7).

Согласно полученным значениям, годовая экономия энергии (154709 кВт·ч) составила 50 %, что эквивалентно 62 т  $CO_2$ -эквивалента, а экономия в денежном эквиваленте составила 48 % годовых затрат.

#### 4.9. Расчёт экономических инвестиций и периода окупаемости инвестиций (ПОИ)

Сумма, предназначенная исключительно на замену светильников в общем бюджете на ремонт, составила 110460 евро.

С учётом цен и технических характеристик светильников-победителей была проведена предварительная оценка периода окупаемости инвестиций, и результаты показали, что период окупаемости инвестиций составляет от 6 до 7 лет. Принимая во внимание, что гарантия обычно покрывает

**Сравнение электропотребления за 2012–2015 годы**

Электропотребление и разница в стоимости	Значение
Количество исследуемых электрических панелей	4
Стоимость в 2012, €	46027
Стоимость в 2015, €	23817
Разница, €	-22210
Электропотребление в 2012, кВт·ч	310931
Электропотребление в 2015, кВт·ч	156222
Разница, кВт·ч	-154709

Таблица 7

использованы для выбора списка показателей светильника [23], которые могут помочь муниципальным техническим специалистам в принятии решений об обновлении уличного освещения.

Всего было выявлено 5 показателей светильника (табл. 9). Однако после сопоставления на практике был обнаружен дополнительный показатель, такой как стоимость источника света. Этот новый показатель позволил разработать расчёты стоимости и ПОИ.

Обзор этих результатов был проведён двумя способами. Во-первых, связав некоторые параметры с каждым показателем светильника, авторы смогли количественно оценить такие показатели, как «Конструкция светильника». Этот показатель также учитывает такие параметры, как эффективность, степень защиты от внешних воздействий (IP или IK). Во-вторых, авторы исключили любые показатели, которые были бы общими для всех предложений, поскольку они не повлияли бы на результаты, например «Классификация дорог», «Часы работы» и «Уровни освещения». В то же время показатели, значения которых можно было получить только после установки, также не учитывались [24].

Таблица 8

**Расчёт ПОИ и затрат на электропотребление**

Расчёт стоимости	Значение
Начальные инвестиции, €	110460
Эксплуатационные расходы, €/2015	600
Снижение затрат на электропотребление, €/2015	22210
Суммарное снижение, €/г	21610
Окупаемость инвестиций, г	5

Таблица 9

**Показатели для оценки светильника и связанные с ними параметры**

Показатель	Связанные параметры
Конструкция светильника	Светораспределение IP IK Эффективность Защита от высокого напряжения Защита от перегрузки
Мощность источника света	Мощность СД модуля Рабочий ток СД модуля Световой поток СД модуля Срок службы
Спектральное распределение источника света	Минимальная длина волны [6] Коррелированная цветовая температура $T_{це}$ CRI
Возможность регулировки	
Стоимость светильника	

первые 5 лет установки [1], этот теоретический возврат инвестиций слишком велик.

При дальнейшем исследовании тарифов было замечено, что реновация принесла реальную значительную экономию (около 50 %) в энергопотреблении и расходах на общественное освещение за первый год. Причина была в том, что эффективность светильников до реновации была очень мала по сравнению с установленными светильниками. При реальных данных

о потреблении срок окупаемости инвестиций сократился как минимум на 1–2 года (табл. 8). Если бы сохранялась реальная экономия, полученная в первый год, это значительно увеличило бы доходность инвестиций.

#### 4.10. Оценка представленных предложений с использованием показателей

Выводы из исследования, проведённого авторами в 2015 году [4], были

Оценка проводилась после того, как показатели были связаны с количественными параметрами, поскольку качественный характер некоторых из них мог исказить их оценку. Качественная оценка преобразует количественные данные в результаты [25].

Использовались значения параметров светильников, предоставленных только двумя финальными участниками. Чтобы присвоить каждому балл, соответствующий показателю, параметры, по которым один превосходил другой, были отражены как «Преимущество» (П). В случае ничьей никто не получил П. Полученные значения приведены в табл. 10.

## 5. Обсуждение

Без сомнения, сбор данных был комплексным с учётом различных областей, которые были учтены для получения полной картины действий, осуществляемых в муниципалитете: экономическая, техническая, а также социальная причастность.

С экономической точки зрения может показаться, что цена на светиль-

## Результаты участников

Оценка	Технические требования по заявке	Участник 1		Участник 2	
		Значение	Результат	Значение	Результат
1. Конструкция светильника					
Светораспределение	Асимметричное	Асимметричное		Асимметричное	
IP	IP65	IP44		IP65	П
IK	–	–		–	
Эффективность светильника, %	–	79	П	–	
Защита от высокого напряжения/перегрузки, KV	10	имеется		имеется	
2. Мощность источника света					
Мощность СД модуля, Вт	38	38		30	П
Рабочий ток СД модуля, mA	–	500		350	П
Световой поток СД модуля, лм	3800	4350	П	4000	
Срок службы, ч	90000	68000		90000	П
3. Спектральное распределение источника света					
Минимальная длина волны, мкм	–	–		–	
$T_{цв}$ , °K	3000	4000		4000	
CRI	–	–		>75	П
4. Возможность регулировки	5 шагов	Имеется		имеется	
5. Стоимость светильника / СД модуля, €	420/289 €	420/289 €		386/266 €	П

Примечание: –: информация не была представлена; П: преимущество перед другими участниками

ник была основным показателем, который в конечном итоге технические специалисты городского совета использовали для принятия решения, хотя следует отметить, что только те участники, которые удовлетворили технические требования, были признаны технической экспертизой конкурентоспособными. Что касается экономических результатов, предложение, представленное Участником 2, было наиболее выгодным для городского совета. В результате этого предложения реальная окупаемость инвестиций составила 5 лет, столько же или даже меньше, чем гарантийный срок, учитывая первый год установки.

Очевидно, что цена светильника и соответствие техническим требованиям были решающими факторами в окончательном решении муниципальных техников. Можно сделать вывод, что муниципальные техники основывали своё решение на близких показателях в 15 технических спецификациях заявки (8 из них совпали с вычисленными показателями).

С технической точки зрения оба участника предоставили практически всю необходимую документацию, за исключением документа, подтверждающего степень защиты от внешних механических воздействий IK, и некоторых сертификатов на соответствие национальным стандартам Испании. Кроме того, для соблюдения технических требований тендера Участник 2 предоставил наиболее полную и подробную техническую информацию. Некоторые параметры светильника, представленные Участником 2, также были лучше (например, значение «Рабочий ток СД модуля», «IP» и «Срок службы»).

Оба участника выполнили требования по энергоэффективности, получив класс А. Однако средние уровни освещённости, измеренные для выбранных дорог, превысили требуемые уровни освещённости (S1 или S2) более чем на 50 %. Результаты Участника 2 показали одно исключение (проспект Хуана XXIII). Кроме того, есть выборка, в которой средний уровень освещённости дороги в пять раз пре-

вышает ранее существовавшие уровни (улица Кантаррайяна), измеренные на этой улице.

Полученные результаты, касающиеся минимальных уровней освещённости, несколько лучше у Участника 1 по сравнению с Участником 2 и оба соответствуют установленным уровням, за исключением одной улицы у Участника 2. Что касается общей равномерности, оба предложения показали худшие или равные результаты на всех улицах, кроме одной, где у обоих участников результаты улучшились (улица Франциско Эррера). Измерения уровней освещённости должны проводиться систематически в соответствии с UNE-13201-3 [26]. Однако в настоящем случае это не учитывалось.

Опрошенный обслуживающий персонал указал, что они были удовлетворены, поскольку они не обязаны выполнять периодическое техническое обслуживание. Но установка уличного освещения пострадала от механических поломок и отказов в светильниках, которые не должны были

произойти в течение первого года эксплуатации. Городской электрик был также удовлетворён реакцией Участника на эти проблемы, хотя муниципалитет должен был произвести платежи в течение первого года гарантии.

В социальном плане анализ мнений непосредственных соседей показал, что первоначально их жалобы были вызваны отсутствием единообразия в некоторых жилых районах вблизи исторического центра. Несмотря на повышение уровня освещённости, измерения также подтвердили существование новых теневых зон, таких как «яркие и тёмные пятна» [27]. Эта оценка контрастировала с тем фактом, что некоторые новые светильники были установлены для устранения плохо освещённых участков. Новые светораспределения светильников, установленных в тех же местах, что и предыдущая установка, в большинстве случаев создавали новые зоны теней, что подтверждается исследованиями *Valentová* и *Quicheron* [28].

Хотя результаты измерений показали увеличение уровней освещённости на всех изученных дорогах и улучшение минимальных уровней освещённости в большинстве из них, эти изменения не были единообразными, и опрошенные люди не выявили каких-либо существенных улучшений при повседневном использовании установки уличного освещения. Кроме того, цветовые температуры источников света не измерялись, хотя спектральные характеристики света могут повлиять на дизайн и внешний вид освещения [29], а разница в цвете может изменить мнение людей [30]. Технические требования заявки включали только один параметр, относящийся к спектральному распределению источника света, – коррелированную цветовую температуру. В результате участники не предоставили достаточно информации, поэтому этот показатель, вероятно, не был оценён удовлетворительно.

Используя список показателей, предварительно выбранных в предыдущем исследовании, была проведена оценка двух претендентов прямым способом. Одна заявка имеет преимущество перед другой по одному параметру без учёта улучшения, которое эта разница в стоимости внесла в светильник. В результате каждый параметр, определяемый показателем, имел одинаковый вес. Поскольку было

только два участника с одним светильником каждый, эта разница в стоимости была несущественной.

Результат оценки показателей совпал с решением муниципальных техников и подтвердил 53 % показателей. Список показателей даёт оценку техническим и экономическим аспектам, но он не даёт оценку мнения жителей об установке после её обновления. Мнения жителей, без сомнения, успешно выявили отсутствие единообразия, и это необходимо учитывать перед окончательной реализацией проекта. Очевидно, что небольшая типовая установка позволяет получить более полный анализ проекта реновации перед его полной реализацией.

## 8. Выводы и политические последствия

Целью данного тематического исследования была оценка мероприятий, проведённых в 2015 году для замены установки уличного освещения в муниципалитете Касарабонела. В то же время авторы пересмотрели выводы более раннего исследования для использования показателей, выбранных в этом исследовании. Цель состояла в том, чтобы проверить, выбрали бы муниципальные техники тот же самый предлагаемый светильник, если бы они использовали эти новые показатели.

Результаты показали, что лучшим претендентом по техническим характеристикам, низкой цене светильника и более низкой мощности светодиодного модуля является тот, кто получил лучший результат при оценке показателей. Этот выбор совпал с вариантом технических специалистов. С другой стороны, участник торгов, который получил лучшие результаты при измерении уровней освещённости, не смог получить контракт, в основном из-за цены светильника и некоторых технических параметров, по которым его преодолел оппонент. Очевидно, что при оценке предложения все параметры играют роль, и не может быть одного участника, который является лучшим во всех сферах.

Проект уличного освещения соответствует техническим требованиям. Уровни освещённости увеличились, но общая равномерность освещённости ухудшилась. Годовая экономия в 48 % (22210 евро/год) и сокращение выбросов  $CO_2$  в год на 50 % (в экви-

валенте 62 т  $CO_2$ ) в конечном итоге были достигнуты при сроке окупаемости инвестиций в 5 лет.

Это тематическое исследование также использовалось для обоснования добавления и исключения некоторых показателей из предыдущего исследования. Присвоение параметров показателям позволило улучшить процедуру количественной оценки качественных показателей. В качестве важного параметра при оценке контракта, подписанного Государственной администрацией, был добавлен показатель «Стоимость светильника».

Хотя результаты показывают, что предлагаемые показатели являются корректными, показатель равномерности также будет включён в дальнейшем. Последующие случаи, в которых содержится большее количество участников и типов светильников, подтвердят или опровергнут полученные выводы и продемонстрируют удобство использования весовых коэффициентов параметров или показателей для оценки.

## Благодарности

Авторы хотели бы поблагодарить жителей муниципалитета Касарабонела, мэра, техников и обслуживающий персонал. Мы благодарим правительство провинции Малага и Рауля Кремадеса из Университета Малаги. Это исследование не получало какого-либо конкретного гранта от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Papagiannis G., Dagoumas A., Lettas N., Dokopoulos P.* Economic and environmental impacts from the implementation of an intelligent demand side management system at the European level // *Energy Policy*.– 2008. – Т. 36. – С. 163–180.
2. *Lu H., Liu G.* Spatial effects of carbon dioxide emissions from residential energy consumption: A county-level study using enhanced nocturnal lighting // *Applied Energy*.– 2014. – Т.131. – С. 297–306.
3. *Fiaschi D., Bandinelli R., Conti S.* A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables // *Applied Energy*.– 2012. – Т. 97. – С. 101–114.
4. *Morillas R.M., de Andrés J.M.* Identificación de Indicadores para la toma de decisiones en las instalaciones de Alumbrado Exterior de un municipio. 6ª Forum of Urban



Intelligence and Sustainability Greencities, Málaga.– 2015.– 24 с.

5. Polzin F., von Floton P., Nolden C. Modes of governance for municipal energy efficiency services- The case of LED street lighting in Germany // Journal of Cleaner Production.– 2016.– Т. 139.– С. 133–145.

6. International Commission on Illumination. CIE126–1997 Guidelines for minimizing sky glow.– 1997.

7. Spanish Statistical National Institute, INE. Demography and Population.– 2017. [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254734710990](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254734710990)

8. Jollands N., Waide P., Ellis M., et al. The 25 IEA energy efficiency policy recommendations to the G8 Gleneagles Plan of Action // Energy Policy.– 2010.– Т. 38.– С. 6409–6418.

9. COMMISSION REGULATION (EC) No 245/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

10. Radulovic D., Skok S., Kirincic V. Energy efficiency public lighting management in the cities // Energy.– 2011.– Т. 36.– С. 1908–1915.

11. Yin R.K. Case Study Research. Design and Methods. 4th ed. SAGE Publications Inc.– 2009.

12. Heath G.W., Parra D.C., Sarmiento O.L., et al. Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world // The Lancet.– 2012.– Т. 380.– #9838.– С. 272–281.

13. Rutter P., Keirstead J. A brief history and the possible future of urban energy systems // Energy Policy.– 2012.– Т. 50.– С. 72–80.

14. Herring H. Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences // Applied Energy.– 1999.– Т. 63.– С. 209–226.

15. Ministry of Science and Innovation. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.– 2002.

16. Ministry of Finance and Civil Service. Real Decreto legislativo 3/2011 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.– 2011.

17. Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda, Instituto para la Diversificación y la Energía, Comité Español de Iluminación. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología Led.– 2011.

18. European Committee for Standardization. CEN/TR13201–1 «Road Lighting Part 1: Selection of lighting classes».– 2004.

19. European Committee for Standardization. UNE-EN13201–2 «Road lighting – Part 2: Performance requirements».– 2004.

20. Ministry of Energy, Tourism and the Digital Agenda. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.– 2008.

21. European Committee for Standardization. UNE-EN13201–5:2015. «Road Lighting – Part 5: Energy performance Indicators».– 2015.

22. Clark M.I., Berry T.R., Spence J.C., et al. Key stakeholder perspectives on the development of walkable neighborhoods // Health & Place.– 2010.– Т. 16.– #1. С. 43–50.

23. Jägerbrand A.K. New Framework of Sustainable Indicators for Outdoor LED (Light Emitting Diodes) Lighting and SSL (Solid State Lighting) // Sustainability.– 2015.– Т. 7.– С. 1028–1063.

24. Будак В.П., Ильина Е.И. Выбор показателей эффективности светильников утилитарного наружного освещения на этапе разработки // Светотехника.– 2012.– № 5.– С. 45–50; Будак В.П., Ильина Е.И. Choosing luminaire efficiency parameters during development for external illumination // Light & Engineering.– 2013.– Т. 21.– #2.– С. 13–20.

25. Patton M.Q. Two Decades of Developments in Quality Inquiry // Qualitative Social Work.– 2009.– Т. 1.– С. 261–283.

26. European Committee for Standardization. UNE-EN13201–3:2016. «Road Lighting – Part 3: Calculation of performance».– 2016.

27. Kostic M., Djokic L. Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting // Energy.– 2009.– Т. 34.– #10.– С. 1565–1572.

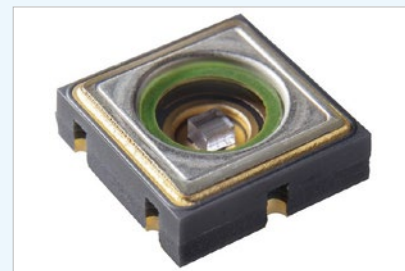
28. Valentová M., Quicheron M. LED projects and economic test cases in Europe // International Journal of Green Energy.– 2015.– Т. 12.– #8.– С. 843–851.

29. Habel J., Zak P. The future of public lighting // Przegląd Elektrotechniczny.– 2011.– Т. 87.– #4.– С. 50–52.

30. Knight C. Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night // Lighting Research & Technology.– 2010.– Т. 42.– Т. 3.– С. 313–329.

## Nichia запускает в производство УФ диод, излучающий на $\lambda = 280$ нм

Новый УФ диод NCSU334A компании Nichia, который излучает на  $\lambda = 280$  нм, сможет удовлетворить потребности рынка товаров широкого потребления в облучательных установках (ОУ) с УФ диодами для очистки воды и обеззараживания воздуха. Благодаря своим малым размерам (6,8 × 6,8 мм) и хорошим характеристикам (типовой поток излучения составляет 55 мВт при тока 350 мА) NCSU334A позволяет уменьшать размеры и обеспечивать большую долговечность установок, что было невозможно при использовании технических решений с УФ диодами предыдущего поколения.



У обычных УФ диодов, которые излучают в области УФ-С (на  $\lambda = 200–280$  нм), имеются проблемы, связанные с большей, чем у УФ диодов, излучающих в области УФ-А (на  $\lambda = 365–405$  нм), сложностью выращивания кристаллов и меньшим, чем у них, сроком службы. Благодаря уникальной технологии выращивания кристаллов, которую Nichia много лет применяет при изготовлении УФ-А диодов, компания успешно разработала УФ-С диод NCSU334A, имеющий гораздо больший, чем обычные УФ источники света, срок службы. Кроме того, специально разработанный герметичный корпус этого диода делает его чрезвычайно надёжным изделием, на которое не влияют условия окружающей среды и которое, тем самым, может использоваться в самых неблагоприятных условиях.

Nichia надеется, что этот УФ диод будет способствовать полному вытеснению ртутных ламп, которые создают угрозу для окружающей среды. Nichia продолжит улучшение характеристик своих УФ-С диодов и преследует цель формирования нового, основанного на них рынка «дальнего УФ излучения».

[led-professional.com/](http://led-professional.com/)  
26.04.2019



**Роза М. Мариллас**, Магистр Промышленной инженерии, Магистр Электротехники, Магистр Охраны труда на производстве. В течение последних семи лет она работала инженером-электриком в Министерстве общественных работ в Малаге, Испания.

Научные интересы: управление проектами и освещение



**Хосе Р. де Андрес**, Кандидат наук в области Промышленной инженерии. В настоящее время является доцентом кафедры Графического оформления, дизайна и проектирования в Университете Малаги.

Его научные интересы включают дизайн продукта, LCA, управление проектом и освещение