

Коэффициент использования для архитектурного освещения¹

К.Д. ГАЛАТАНУ^{1,4}, М. АШРАФ², Д.Д. ЛУКАЧЕ¹, Д. БЮ³, К. ЧИУГУДЕАНУ³

¹ Технический университет им. Г. Асаки, Иаси, Румыния.

² Столичный научно-технический университет, Исламабад, Пакистан.

³ Технический университет г. Клуж Напока, Клуж Напока, Румыния.

⁴ E-mail: catalin.galatanu@tuiasi.ro

Аннотация

Рассмотрена возможность применения оптического коэффициента использования (ОКИ) для минимизации светового загрязнения при проектировании архитектурного освещения. Показано, что ОКИ нельзя применять для оценки светового загрязнения из-за наличия взаимных отражений (*interreflections*). При этом использовались моделирование в *Dialux* и встроенные функции системы *MATLAB*. Были выполнены измерения освещённости и яркости. Показано, что в случае фасада значение ОКИ может быть больше, чем единица. Продемонстрировано увеличение яркости в результате небольших взаимных отражений и, как следствие, возможность уменьшения уровня архитектурного освещения. Основным результатом является изменение подхода к оценке светового загрязнения, в том смысле, что увеличение ОКИ не эквивалентно уменьшению светового загрязнения, а фасад может оказаться более «заметным» при меньших уровнях освещения.

Ключевые слова: увеличение яркости, взаимные отражения внутри полости, измерение яркости, формирование расчётной сетки.

1. Введение

Традиционный подход к оценке светового загрязнения основан на зрительном комфорте и экономии энергии. Световое загрязнение при этом рассматривалось с точки зрения комфорта отдельных людей, а не в глобальном масштабе, как это делается сегодня, когда «проводятся исследования, направленные на ограничение влияния светового загрязнения на здоровье людей, окружающую среду и видимость звёзд, на оценку его влияния на экосистему, на выработку

мер по борьбе со световым загрязнением, и даже рассматривающие игнорируемые обществом потери культурных ценностей, которые были частью искусства, науки и культуры с самого возникновения этих объектов» [1]. Одним из направлений этих исследований было измерение глобального светового загрязнения на основе результатов наблюдения свечения неба [2]. Другой подход заключался в рассмотрении источников светового загрязнения. Очевидно, что основным источником светового загрязнения является освещение улиц, хотя существенный вклад вносит и архитектурное освещение [3–5]. Борьбу за уменьшение светового загрязнения возглавляют астрономы, которые подходят к этому вопросу гораздо шире [6]. Интересным примером может служить проект Евросоюза *STARS4ALL*, финансируемый в рамках программы *European Union H2020 Program*. В основе этого проекта лежит исчерпывающее определение: «Световое загрязнение – это избыточное, плохо направленное или ненужное искусственное освещение в ночное время» [7]. В этом определении термины «избыточное» и «плохо направленное» вполне понятны, тогда как «ненужное» может вызвать разногласия, особенно в случае освещения фасадов. В основу настоящего исследования положена гипотеза, что освещение, не чрезмерное и хорошо направленное, необходимо для увеличения привлекательности фасада, но уровень светового загрязнения при этом может оказаться разным. Этот уровень можно оптимизировать при помощи оптического коэффициента использования (ОКИ). Дополнительный довод в пользу необходимости данного исследования

можно найти в [8], где к световому загрязнению относят только паразитный свет, свечение неба, слепящую блёккость и нарушающее право владения освещение (*trespass lighting*).

Важность ОКИ продемонстрирована и в [9], где можно найти реальное описание проблемы: «основная часть светового потока источников света (70–80 %) не попадает на здание и излучается в небо. И этот свет гораздо важнее для оценки светового загрязнения, чем свет, отражённый даже от слишком ярко освещённого фасада» [9]. Эта формулировка подтверждает важность ОКИ, которая оказывается даже выше, чем при традиционном подходе [10], когда коэффициент использования служил показателем энергоэффективности освещения дорог. [11] позволяет найти больше общего между освещением фасадов и освещением дорог: «оценка энергоэффективности освещения дорог, основанная на приведённой удельной мощности, проводится с учётом применяемого осветительного оборудования, отражательных свойств дорожного покрытия (или фасада!) и коэффициента технического обслуживания. Оценка энергоэффективности освещения дорог, основанная на удельной установленной мощности, допускает дополнительный учёт чрезмерности освещения, связанной со слишком высоким (необоснованным) по сравнению с требуемым уровнем яркости дорожного покрытия (или фасада!)».

2. Важность оптического коэффициента использования (ОКИ)

ОКИ традиционно применяется при проектировании внутреннего искусственного освещения или освещения улиц, и всё ещё встречается в публикациях последних лет [7].

ОКИ представляет собой отношение светового потока, реально поступающего на рассматриваемую поверхность, к полному световому потоку, излучаемому источником света².

Ниже приведена запись этого определения применительно к архитектурному освещению:

² В Международном светотехническом словаре *CIE S017/E:2014* этот параметр называют просто коэффициентом использования (*utilization factor*, термин 1383), однако в переводе сохранён использовавшийся авторами термин *optical utilization factor* (оптический коэффициент использования). – Прим. пер.

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

$$FUF = \frac{\varnothing_u}{\varnothing_t}, \quad (1)$$

где FUF – коэффициент использования для архитектурного освещения, аналогичный ОКИ, \varnothing_u – полезный световой поток, \varnothing_t – нормированный световой поток источника света.

Важным параметром является также и КПД светильника (LOR), так как он позволяет учесть полные потери светового потока, включая имеющие место при походе света внутри светильника. Этот параметр рассчитывают по формуле:

$$LOR = \frac{\text{Световой поток светильника}}{\text{Световой поток источника света}}. \quad (2)$$

Допущение, что FUF эквивалентно ОКИ, можно принять, однако другое, содержащееся в [11], утверждение

$$FUF \leq LOR \quad (3)$$

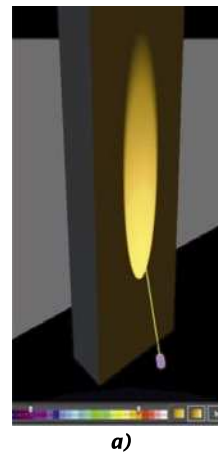
нуждается в тщательном анализе.

Любые попытки отрицать уравнение (3) выглядят, как попытки усомниться в законе сохранения энергии. Тем не менее, невыполнение уравнения (3) можно продемонстрировать. В основе аргументации лежат взаимные отражения (*interreflections*) (освещение объекта светом, отражённым от других объектов, не являющихся источниками света), которые приводят к «умножению» светового потока. После демонстрации этого, полученные результаты можно использовать для обеспечения максимального зрительного эффекта при минимальном значении светового потока, что эквивалентно уменьшению светового загрязнения.

Обсуждение необходимо, так как полезный световой поток \varnothing_u не является теоретическим параметром. Кроме того, в [11] он определяется на основе измерений яркости фасада, которая, в конечном итоге, включает в себя и отражённый свет!

В другой статье того же автора [12] приводятся подробности измерения полезного светового потока, основанного на проводившихся в полевых условиях измерениях яркости: «Если известны средняя яркость фасада, площадь его поверхности S и коэффициент отражения её материала ρ , то можно рассчитать полезный световой поток ... (считая, что взаимные отра-

Рис. 1:
а – смоделированный в *DIALux* плоский фасад;
б – распределение силы света светильника в полярных координатах (кд/1000 лм)



жения отсутствуют)». Но эта последняя гипотеза в [11] вообще не исследовалась, тогда как для многих фасадов (отличных от плоских поверхностей) нельзя говорить об отсутствии взаимных отражений.

3. Коэффициент усиления светового потока в случае взаимных отражений от вогнутых поверхностей

Идея введения коэффициента усиления светового потока основана на хорошо известном выражении для расчёта освещённости на внутренней поверхности интегрирующей сферы [13]:

$$E_{fin} = E_1 \frac{\rho}{1-\rho}, \quad (4)$$

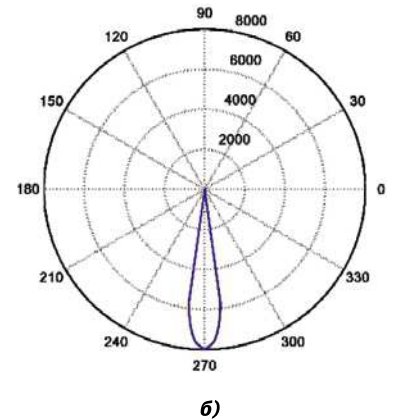
где E_{fin} – конечная (после взаимных отражений) освещённость на внутренней поверхности сферы, лк; E_1 – начальная (прямая) освещённость на внутренней поверхности сферы, лк; ρ – коэффициент отражения внутренней поверхности сферы³.

Очевидно, что умножив обе части уравнения (4) на площадь внутренней поверхности сферы S получаем выражение для расчёта полезного светового потока:

$$\varnothing_u = \varnothing_t \frac{\rho}{1-\rho}, \quad (5)$$

откуда следует, что

³ Уравнение (4) предполагает, что исходный световой поток распределён по внутренней поверхности сферы равномерно, но даже в этом случае уравнение (4) должно записываться, как $E_{fin} = E_1/(1-\rho)$. – Прим. пер.



$$\begin{aligned} OKI &= \frac{\varnothing_u}{\varnothing_t} \cdot 100\% = \\ &= \frac{\rho}{1-\rho} \cdot 100\% > 100\%. \quad (6) \end{aligned}$$

Конечно, то, что в случае интегрирующей сферы ОКИ оказался большим, чем 1, связано с максимальным использованием взаимных отражений. Можно сделать вывод, что для других форм фасада значения ОКИ окажутся другими. Для демонстрации этого следует двигаться от простых вариантов к более сложным.

3.1. Идеально плоский фасад

Это наиболее распространённый случай, который можно использовать как точку отсчёта при рассмотрении других конфигураций.

Модель в программе *DIALux* сформирована для вертикального фасада размером 1,2 x 4 м (размер поверхности), реализованного в виде прямоугольного параллелепипеда толщиной 0,5 м, расположенного при (0, 4, 0) с поворотом на (0°, 0°, 180°) (рис. 1). Эти размеры позволили сформировать модель в программе *DIALux*. Проектор заливающего света расположен на расстоянии 0,3 м от фасада в точке (0; 3,4; 0,1) в координатах программы *DIALux* и светит под углом 165° относительно горизонтали, т.е. (0°, 165°, -90°). В прожекторе установлен источник света со световым потоком 2700 лм, а КПД прожектора равен 46,7 %. Это чрезвычайно низкое значение КПД было получено в результате расчётов, проведённых в *LDT Editor Software* (компания *DIAL*) после модификации исходных файлов светильника, произведённой для исключения силы света в направлениях, выходя-

Распределение силы света осветительного прибора, использовавшегося при моделировании в *DIALux*

Угол, град.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сила света, кд/1000 лм	8000	7900	7800	7700	7500	7200	6800	6300	5700	0

Таблица 2

Результаты, полученные при моделировании в *DIALux* (S_{facade} – рассматриваемая поверхность, M_f – коэффициент технического обслуживания, E_{med} – средняя освещённость)

	Входные параметры				Результаты		
	\varnothing_i , лм	S_{facade} , м ²	M_f	LOR, %	E_{med} , лк	\varnothing_u , лм	ОКИ, %
Значение	2700	1,2 x 4	0,85	46,7	223	2699	99,8

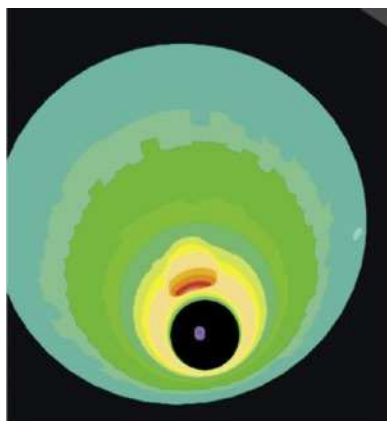


Рис. 2. Взаимные отражения внутри цилиндра

щих за пределы 9° относительно оптической оси. Это ограничение было введено для того, чтобы при полном использовании света ОКИ оказался равным 100 %. Распределение силы

света рассматривавшегося осесимметричного осветительного прибора представлено в табл. 1.

Результаты расчётов, приведённые в табл. 2, оказались предсказуемыми, но будут полезны в дальнейшем. При этом следует отметить, что ОКИ практически равен 100 %, однако его расчётное значение оказалось равным 99,8 %. Эта погрешность обусловлена недостаточным количеством десятичных знаков при расчётах в *DIALux*.

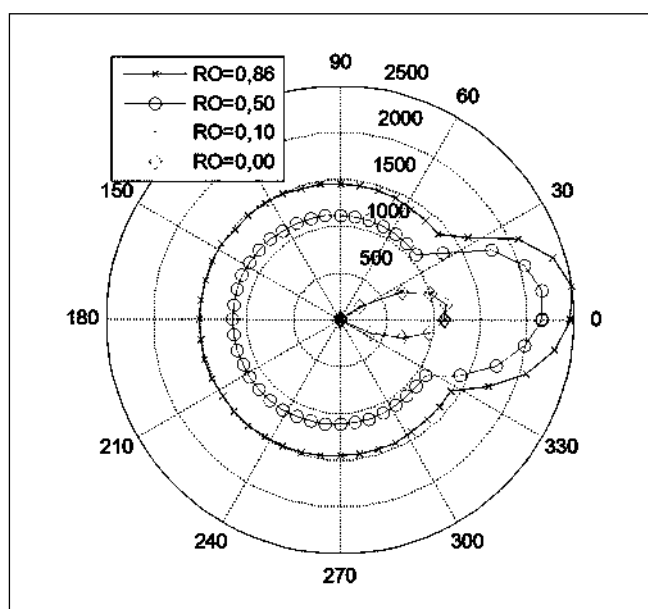
Мы ожидаем, что ОКИ, равный 100 %, не будет идеальным, хотя при этом светильник не излучает посторонний свет (*spilling light*). Простые оценки, проведённые с использованием уравнения (5) применительно к окрашенной белой краской поверхности ($\rho = 0,86$), показали, что в этом случае коэффициент усиления светового потока окажется большим, чем 6!

3.2. Усиление полезного потока в случае цилиндра

Взаимные отражения на обычном фасаде формируются цилиндрическими элементами, как мелкомасштабными (оконные рамы), так и крупномасштабными (своды или арки). Для оценки возможных значений коэффициента усиления полезного потока, по аналогии с интегрирующей сферой будут получены его предельные значения, соответствующие случаю цилиндра (рис. 2).

Для облегчения понимания, рис. 2 соответствует тому же, что и на рис. 1, положению источника света. Стена была заменена цилиндром радиусом 0,3 м. Высота цилиндра, опять же, была равна 4 м, а количество элементарных поверхностей, использовавшихся для аппроксимации цилиндра, было равно 44 (размеры 42,84 мм \times 4 м, что эквивалентно площади поверхности 0,17136 м²). Для каждой отдельной поверхности была рассчитана средняя освещённость (рис. 3), что обеспечило возможность сравнения прямой освещённости (соответствующей коэффициенту отражения, равному $\rho = 0,0$) с другими вариантами, получаемыми при наличии взаимных отражений и равных 0,10; 0,59 и 0,86 значениям коэффициента отражения. Из полученных результатов следует, что вариант с $\rho = 0,10$ очень близок к случаю прямого освещения, а при $\rho = 0,86$ взаимные отражения максимальны.

Необходимо сделать методическое замечание: из-за особенностей экспорта результатов из *DIALux*, все данные следует извлекать по-отдельно-

Рис. 3. Средняя освещённость на внутренней поверхности цилиндра (лк) при разных значениях коэффициента отражения ρ

Значения ОКИ для цилиндра, использовавшегося при моделировании в *DIALux*

Коэффициент отражения стенок, ρ	0,0	0,10	0,50	0,86
Полезный световой поток, Φ_u , лм	2715	3110	23885	30340
Полный световой поток, Φ_t , лм	2700	2700	2700	2700
ОКИ	1	1,152	8,846	11,237

сти, особенно потому, что в *DIALux* цилиндр рассматривается как совокупность не связанных друг с другом элементов с конкретными характеристиками (*particular values*), а не как определённый вектор (*specific vector*). Но даже при наличии подобных затруднений, в результате получается соотношение между полным световым потоком лампы Φ_t и падающим на стенку цилиндра полезным световым потоком Φ_u (табл. 3).

Опять же, ОКИ говорит о том, что взаимные отражения усиливают полный световой поток. Из-за специфического метода расчётов, используемого в *DIALux* (метод переноса фотонов), и трудности указания расчётных точек для цилиндрических элементов, результатам, представленным в табл. 3, присуща некоторая неопределённость, которую следует устранить. Основным признаком неопределённости служит результат сравнения с интегрирующей сферой, в случае которой ОКИ имеет хорошо известное значение, получаемое в результате сложения $\rho/(1 - \rho)$ с 1 (прямое освещение источником света) (табл. 4).

Эту коррекцию можно осуществить, воспользовавшись точными расчётами взаимных отражений, алгоритм выполнения которых в *MATLAB* разработан авторами.

3.3. Расчёты ОКИ, выполняемые в *MATLAB* для цилиндра

Внутренняя поверхность цилиндра, аналогичного изображённому на рис. 2 и имеющего диаметр 0,6 м и длину 4 м, была сформирована в *MATLAB*. Прямое освещение обеспечивалось в центральной зоне цилиндра при постоянном уровне освещённости 100 лк. Это допущение облегчало расчёт вклада отражённого светового потока в конечное значение ОКИ. Преимущества расчётов в *MATLAB* состоят в последователь-

Таблица 4
Значения ОКИ для интегрирующей сферы

Коэффициент отражения стенок, ρ	0,0	0,10	0,50	0,86
ОКИ = $\rho/(1 - \rho) + 1$	1	1,11	2,0	7,14

Рис. 4. Смоделированное в *MATLAB* взаимное отражение света в закрытом цилиндре (начальная освещённость 100 лк)

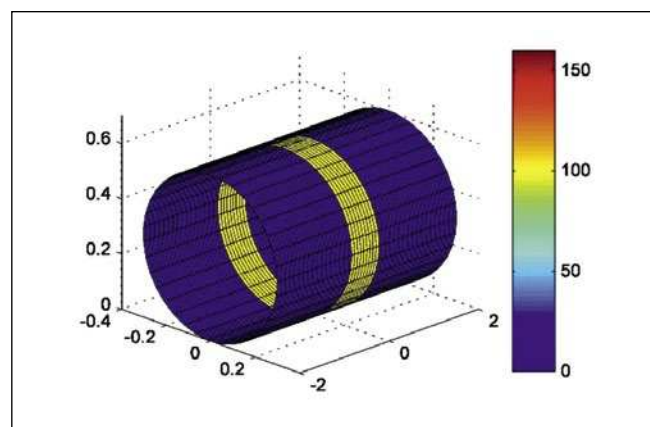
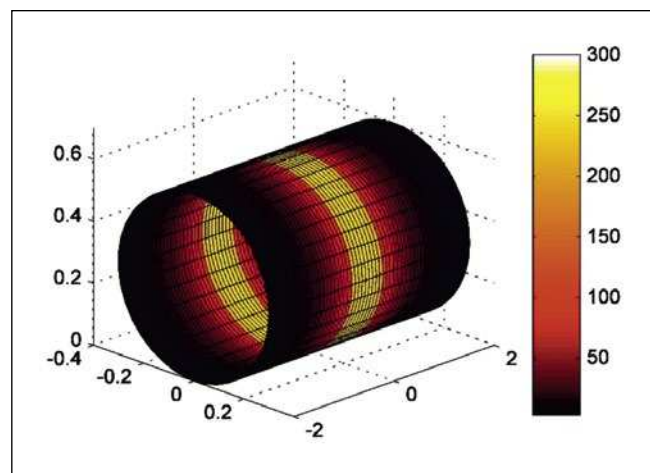


Рис. 5. Освещённость на внутренней поверхности цилиндра (лк) после 6-ти взаимных отражений



ной оценке светового потока после каждого отражения.

Формирование сетки для этого цилиндра отражено ниже:

$R=0,3\text{ м}$ – радиус цилиндра, использовавшегося при оценке взаимных отражений

$j=1-59$ – номер элемента продольной образующей цилиндра (4 м),

$i=1-36$ – номер элемента окружности цилиндра

$XCIL(j, i)=R*\cos((i-1)*2*\pi/35)$ – для области $(-0,5; 0,4)$ на рис. 4

$YCIL(j, i)=2-(j-1)*4/58$ – для области $(-2; 2)$ на рис. 4

$ZCIL(j, i)=.30-R*\sin((i-1)*2*\pi/35)$ – для области $(-0; 0,6)$ на рис. 4

конец

конец

Задав равный 100 лк уровень прямой (начальной) освещённости (жёлтый цвет на рис. 4), мы получили ис-

Рис. 6. Начальная прямая освещённость на внутренней поверхности цилиндра (лк)

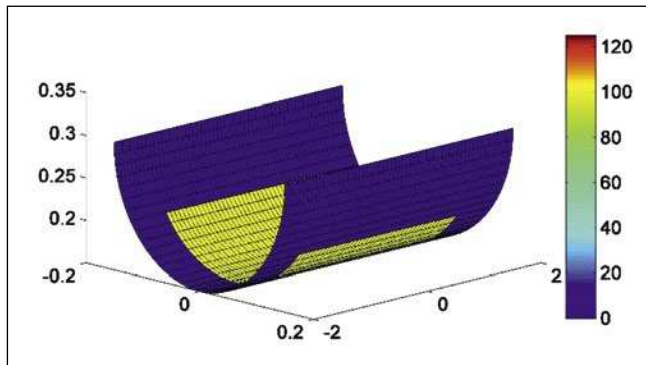


Рис. 7. Конечная (после 6-ти шагов) освещённость на внутренней поверхности цилиндра (лк)

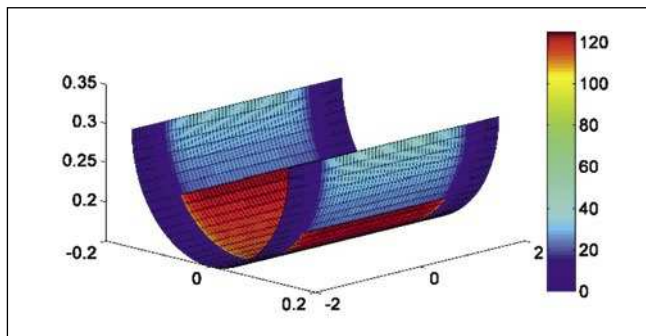


Рис. 8. Изображения, иллюстрирующие измерение яркости в случаях плоской поверхности (а) и вогнутой призматической поверхности (б)

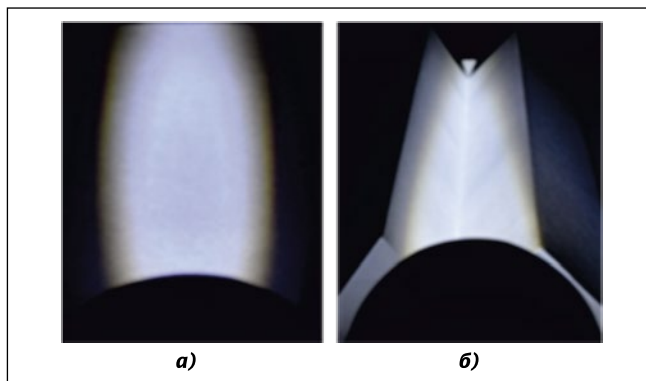
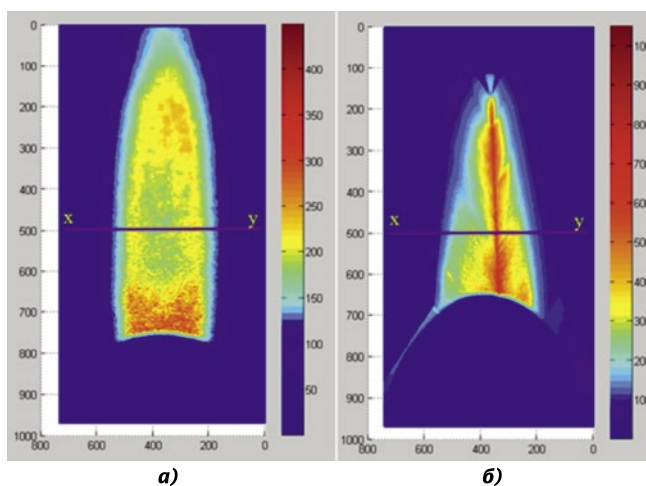


Рис. 9. Распределение яркости по плоской поверхности (а) и вогнутой призматической поверхности (б)



ходную модель для расчёта взаимных отражений в *MATLAB*.

Взаимные отражения в глубинных зонах цилиндра *рассматриваются так же, как и в модели для интегрирующей сферы* (см. табл. 4). Это свя-

зано с тем обстоятельством, что световым потоком, выходящим через торцы цилиндра, можно пренебречь (т.к. длина цилиндра равна 4 м). Это позволило получить быстрое подтверждение точности наших расчётов.

Визуальный анализ показал, что и после шести диффузных отражений световой поток всё ещё сосредоточен в центральной зоне цилиндра (рис. 5).

3.4. ОКИ для вогнутой цилиндрической поверхности фасада

После подтверждения правильности сформированной в *MATLAB* модели был рассмотрен общий случай вогнутой цилиндрической поверхности (*cylindrical concavity*) с освещённой центральной зоной. В основу этого представления легли имеющие небольшие или средние размеры вогнутые части фасадов, и при этом не преследуется цель расчёта ОКИ, который зависит от случайных факторов. То, что ОКИ превышает 100 %, является всего лишь иллюстрацией того факта, что он не может служить хорошим показателем для оценки светового загрязнения.

На рис. 6 представлена начальная конфигурация с 36x56 цилиндрическими элементами с уровнем освещённости 100 лк (для элементов 9–28 на окружности и для элементов 9–49 на продольной образующей цилиндра), а на рис. 7 приведён результат визуализации отражённого потока после шести шагов расчётов.

В дополнение к качественной оценке, в табл. 5 приведены значения отражённого светового потока, полученные на каждом шаге проведения расчётов.

Следует отметить, что после шести взаимных отражений световой поток существенно уменьшается, и им можно пренебречь. Даже в этом конкретном случае значение ОКИ изменяется очень быстро и становится больше, чем 1 (или 100 %), а это говорит о том, что ОКИ не может служить показателем уровня светового загрязнения.

4. Измерение увеличения ОКИ

Возможность увеличения ОКИ может оказаться полезной для проектировщиков с точки зрения уменьшения светового загрязнения, даже если ОКИ не является объективным критерием его оценки. Наличие взаимных отражений позволяет увеличить яркость фасада при неизменном значении излучаемого светильниками светового потока. Экспериментальное подтверждение этого позволяет оценить

Расчёт ОКИ после отражения от вогнутой цилиндрической поверхности

Кол-во отражений	1	2	3	4	5	6
Прошедший световой поток, лм	5679	1587	512	159	50,2	15,7
Ослабление	-	0,279	0,323	0,312	0,314	0,313
Полный световой поток, лм	5679	7267	7779	7939	7990	8005
ОКИ	1,000	1,279	1,370	1,398	1,407	1,409

выгоду от наличия на фасаде взаимных отражений. Нами использовался простой испытательный стенд, состоящий из прожектора заливающего света, освещающего по касательной плоскую поверхность. Начальная конфигурация служит чем-то вроде точки отсчёта для случая, когда плоская поверхность заменяется на декоративные призматические поверхности, имеющие ширину 3 см и равный 80° угол между плоскостями. Яркость измерялась при одной и той же экспозиции при помощи фотокамеры с возможностью перехода от RGB к яркости [14, 15]. На рис. 8 и 9 приведены, соответственно, визуальное представление стенда и результаты измерения яркости.

Соответствующие рис. 9а начальные результаты представлены на рис. 10, на котором можно заметить, что яркость в центральной освещённой зоне является квазипостоянной при близком к 180-ти уровне RGB.

Добавление светового поля, обусловленного наличием небольшой вогнутой призматической поверхности (*prismatic concavity*) (без каких бы то ни было других изменений), приводит к другим результатам (рис. 11).

На рис. 11, полученном на основе приведённых на рис. 9 данных, видно, что яркость в центральной зоне явно возрастает (значения RGB близки к 230). Во внутреннем двугранном угле яркость выше, что полезно с точки зрения выделения фасада. Следует отметить, что этот эффект достигнут при той же, что и на рис. 8, конфигурации осветительной установки.

Несмотря на то, что сравнение рис. 10 и 11 позволило сделать качественные выводы, необходимо провести ещё и количественную оценку яркости. Последнее обусловлено тем обстоятельством, что датчик на основе прибора с зарядовой связью (в данной работе использовался фотоаппа-

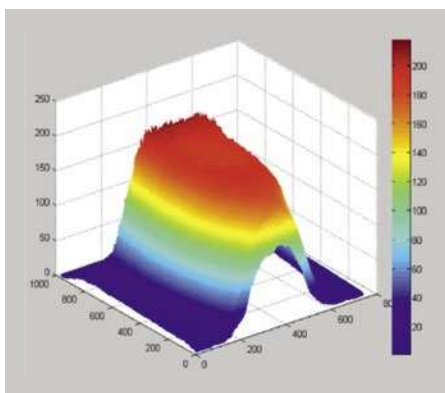


Рис. 10. Значения RGB для освещённой плоской поверхности фасада (соответствует рис. 9а)

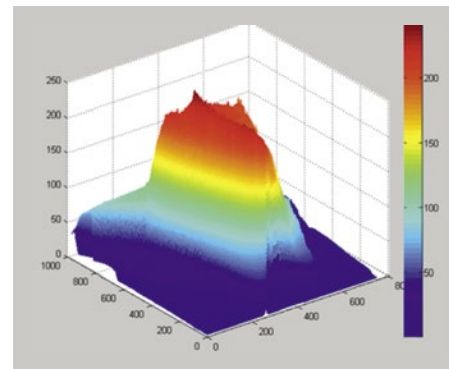
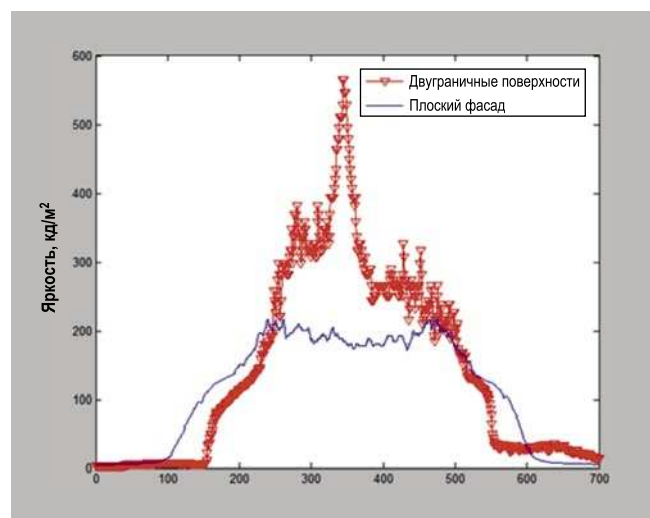


Рис. 11. Значения RGB для вогнутой призматической поверхности, условия освещения которой совпадают с соответствующими рис. 10

Рис. 12. Сравнение яркостей (кд/м^2) центральных участков изображений, приведённых на рис. 8 (направление x-y показано на рис. 9)



рат *NIKON D5300*) имеет нелинейную характеристику [14, рис. 1], которая насыщается при высоких значениях яркости. При помощи полученной экспериментально для нашего фотоаппарата функции оптоэлектронного преобразования, с учётом использованных настроек (время экспонирования $1/20$ с, диафрагма *F8* и *ISO100*) были получены значения яркости для обоих рассмотренных вариантов.

Цвета, которыми отображены поля яркости на рис. 11 и 10, не совпадают,

но, тем не менее, можно заметить, что различия между этими полями очень велики. Для демонстрации увеличения яркости были использованы значения яркости для направления x-y (горизонтальная линия на рис. 9), которые для облегчения сравнения совмещены на рис. 12.

В абсолютных величинах яркость возрастает более чем в два раза, и это ещё один интересный факт, указывающий на возможность обеспечения того же зрительного эффекта при меньшем

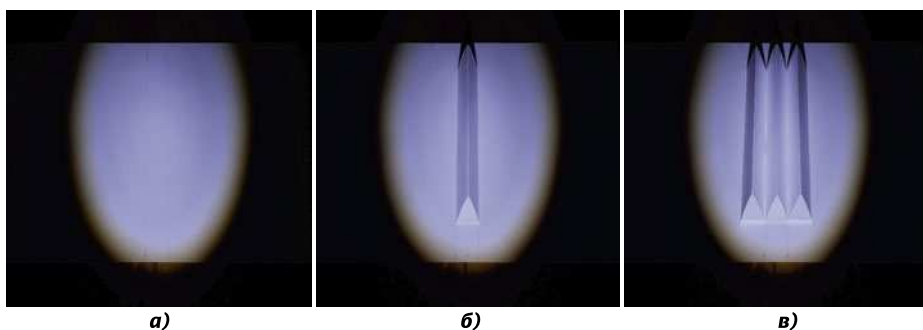


Рис. 13. Увеличение яркости при наличии продольных треугольных профилей: а – плоский фасад; б – фасад с одним профилем; в-фасад с тремя профилями

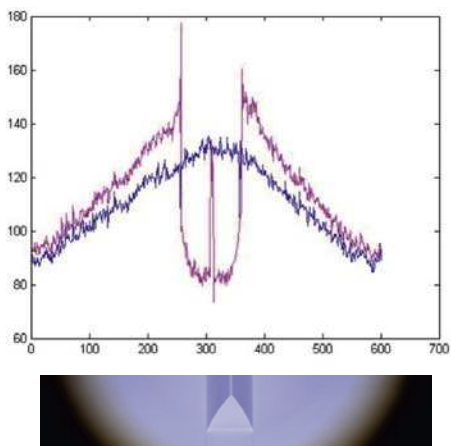


Рис. 14. Увеличение яркости (кд/м²) в случае одного продольного профиля (лиловая линия) по сравнению с плоским фасадом (синяя линия)

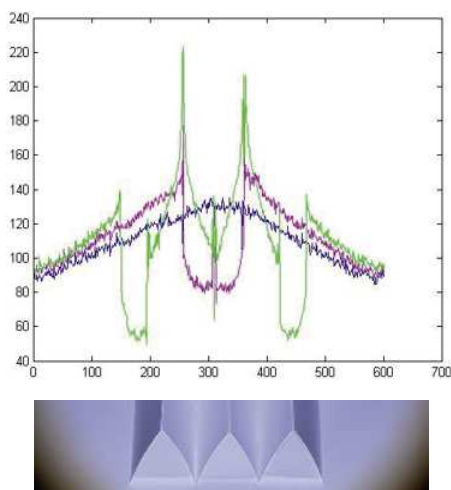


Рис. 15. Увеличение яркости (кд/м²) в случае трёх продольных профилей (зелёная линия) по сравнению со случаем одного продольного профиля (лиловая линия) и с плоским фасадом (синяя линия)

значении светового потока и меньшем световом загрязнении. Дополнительно следует отметить, что приведённые на рис. 12 высокие значения яркости обусловлены малым масштабом модели.

5. Увеличение яркости в случае многочисленных продольных профилей

В случае архитектурных элементов, увеличение яркости, обусловленное наличием продольных профилей, может способствовать уменьшению уровня архитектурного освещения благодаря увеличению яркостного контраста, например, для некоторых оконных рам. Снижение общего уровня архитектурного освещения является одним из способов уменьшения светового загрязнения. Для демонстрации того, как происходит увеличение яркости, следует не рассмотреть вогнутую призматическую поверхность, подобную показанной на рис. 8, а сравнить значения яркости, полученные применительно к плоскому фасаду (рис. 13а), со значениями яркости, полученными применительно к фасадам с одним продольным треугольным профилем (рис. 13б) и тремя продольными профилями (рис. 13в).

Для демонстрации увеличения яркости можно использовать поперечное распределение яркости в середине рассматриваемой области, как это сделано на рис. 14 и 15.

Размеры профилей, окрашенных яркой белой краской, составляли 25 мм в основании и 45 мм в высоту. Геометрия и электрические параметры были одинаковы для всех трёх вариантов.

Единичный профиль не привёл к существенному увеличению яркости (лиловая линия на рис. 15), тогда как увеличение количества профилей привело к заметному увеличению яркости в вогнутой части системы, где имеют место взаимные отражения (зелёная линия на рис. 15). При этом яркость возросла до 160–200 кд/м², тогда как её начальное значение, соответствующее случаю плоского фасада,

было равно 120 кд/м². 50-процентное увеличение яркости имеет очень важное значение, особенно для находящегося на небольшом расстоянии наблюдателя. Знание того, что некоторые элементы фасада будут обеспечивать повышенные уровни яркости, может подвигнуть проектировщика освещения на уменьшение общего (среднего) уровня освещённости.

6. Заключение

Рассмотрение значений ОКИ (как расчётных, так и измеренных) говорит о том, что величина ОКИ не может служить единственным критерием при оценке светового загрязнения. ОКИ является лишь одним из важных критериев, но лишь на первых этапах процесса проектирования, обеспечивая некоторую информацию о свете, излучаемом непосредственно в небо.

Если же учесть взаимные отражения, то ситуация меняется. Используя небольшие профили, имеющиеся на фасадах зданий, можно добиться некоторого важного увеличения яркости. Благодаря этому, при проектировании можно уменьшить уровень общего архитектурного освещения, важным следствием чего будет уменьшение светового загрязнения. Начиная с увеличения яркости на 50 %, это увеличение может рассматриваться как коэффициент ослабления архитектурного освещения, что может оказаться очень интересной перспективой.

Световое загрязнение можно уменьшить не во вред привлекательности фасадов. Это возможно, если творчески использовать элементы фасада, изменив подход «стена света» на подход «красота элементов». Элементы фасада будут заметнее благодаря увеличению яркостного контраста, которое продемонстрировано на рис. 15 и получено не посредством использования теней, а благодаря увеличению яркости.

Эта работа финансировалась грантом Евросоюза *COST Action ES1204, Loss of the Night Network*, а также европейским проектом *STARS4ALL.EU*, направленным на привлечение внимания к отрицательному влиянию искусственного света на благополучие населения, разнообразие форм жизни, видимость звёзд, безопасность и непроизводительное расходование энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Muñoz Conte, T., Ferrandis, I.G., Ferrandis, X.G. Light pollution in natural science textbooks in Spanish secondary Education // European Journal of Science and Mathematics Education.– 2016. – Vol. 4, No. 2. – P. 129-139.

2. Haenel, A., Posch, T., Ribas, S. J. et al. Measuring night sky brightness: methods and challenges // Journal Of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer.– 2018. – Vol. 205. – P. 278–290.

3. Falchi, F., et al. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility // Journal of Environmental Management.– 2011, doi:10.1016/j.jenvman.2011.06.029.

4. Garner, C. Tackling unwanted light: an international perspective // Light & Engineering.– 2012. – Vol. 25, No. 1. – P. 24–39.

5. Гарднер К. Борьба с нежелательным светом: международная практика // Светотехника.– 2012.– № 1. – С. 6–18.

6. Saraji, R., Saju Oommen, M. Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting // Leukos.– 2012. – Vol. 9, No. 2. – P. 127–145.

7. <http://stars4all.eu/index.php/lp/>, cited on 15.05.2017.

8. *** – Colchester Borough Council, External Artificial Lighting Guidance 2012, <http://www.colchester.gov.uk/CHttpHandler.ashx?id=17398&p=0>, cited on 12.04.2017.

9. Zagan W. Opinion: Obtrusive light and floodlighting // Lighting Res. Technol.– 2015. – Vol. 47. – P. 640.

10. Pracki, P. A proposal to classify road lighting energy efficiency // Lighting Res. Technol.– 2011. – Vol. 43. – P. 271–280.

11. Skarżyński, K. An attempt at controlling the utilization factor and light pollution within the context of floodlighting // Przegląd Elektro-techniczny, ISSN0033–2097, R. 92 NR9/2016

12. Skarżyński, K. Field Measurement of Floodlighting Utilization Factor // Proc. of 2016 IEEE Lighting Conference Of The Visegrad Countries (LUMEN V4), IEEE, 345 E47TH ST, New York.

13. Gălățanu, C.D. Geometry Influence on the Precision of Light Flux Measurement with Ulbricht Integrating Sphere // 9th Int. Conf. and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), 2016. – P. 604–608,

14. Wüller, D., Gabele, H. Digital Photography III, edited by Russel A. Martin, Jeffrey M. DiCarlo, Nitin Sampat. // Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE, 2007, Vol. 6502, 65020U, © 2007 SPIE-IS&T. 0277–786X/07/\$18.

15. Gutierrez, JA, Ortiz de Lejarazu, D, Real, J.A., Mansilla, A., Vizmanos, J. Dynamic measurement of traffic sign luminance as perceived by a driver // Lighting Res. Technol.– 2012. – Vol. 44. – P. 350–363.



Каталин Даниэль Галатану (Cătălin Daniel Gălățanu). Профессор Технического университета им. Г. Асаки, Иаси, Румыния



Мухаммад Ашраф (Muhammad Ashraf). Доцент Столичного технического университета, Исламабад, Пакистан



Дорин Думитру Лукаче (Dorin Dumitru Lucache). Профессор Технического университета им. Г. Асаки, Иаси, Румыния



Дорин Бю (Dorin Bui). Доцент Технического университета г. Клуж Напока, Клуж Напока, Румыния



Калин Чиугудеану (Călin Ciugudeanu). Лектор Технического университета г. Клуж Напока, Клуж Напока, Румыния

«Лисма» будет строить завод в Нигерии

Состоялась встреча генерального директора завода «Лисма» Игоря Константинова с исполнительным губернатором штата Энугу Лоуренсом Ифеани Угвуани, главной темой которой стало создание светотехнического производства на территории африканского государства. Участниками мероприятия также стали директор по развитию «Лисмы» Сергей Ермаков и генеральный директор инвестиционного управления развития штата Энугу Чибузор Окафор.



Г-н Угвуани подтвердил серьезность намерений бизнеса и государственной власти крупнейшего нигерийского штата относительно сотрудничества с российским предприятием. Власти штата готовы предоставить землю с необходимой инфраструктурой, обеспечить налоговые и другие экономические преференции.

«Сотрудничество с Африкой мы считаем очень перспективным и стратегически важным направлением развития бизнеса, – отметил И. Константинов. – У предприятия уже есть успешно реализованный проект на территории Чёрного континента – в прошлом году запущено совместное производство ламп в Бурунди. Поэтому к работе в Нигерии мы приступаем с ещё более высоким уровнем компетенций и большим опытом.

Накануне приёма у губернатора штата состоялась встреча руководства «Лисмы» с потенциальными инвесторами, представителями бизнес-кругов и банковских структур Энугу. Принимающая сторона показала земельный участок с необходимыми коммуникациями, выделенный под будущее производство. Предварительно обсуждены вопросы производства ламп накаливания, разрядных ламп и светильников на солнечных батареях. В настоящее время идёт подготовка Меморандума, который регламентирует условия сотрудничества, объёмы финансирования и сроки.

lisma.su/
03.07.2019