

# Усовершенствование освещения майолики на станции «Комсомольская-радиальная»

А.Э. ГУЛИЕВ

МСК «БЛ ГРУПП», Москва  
E-mail: gul.ae@yandex.ru

## Аннотация

Статья посвящена решению одной из важных проблем восприятия декоративной составляющей архитектурного оформления станций метрополитена – борьбе с бликами от осветительных приборов на глянцевых мозаиках и майоликах.

Проанализирован ряд приёмов освещения, снижающих яркость бликов. Их эффективность показана на примере освещения майолики «Прокладка шахты» (по эскизам Е. Лансере) на станции «Комсомольская-радиальная» Московского метрополитена.

Изложенное в статье касается не только станций метрополитена, но и любых помещений, содержащих зеркальные или глянцевые поверхности.

**Ключевые слова:** Московский метрополитен, станция «Комсомольская-радиальная», осветительные приборы, светодиоды, майолика, глянцевая поверхность, блик, яркость, контраст.

Для Московского метрополитена проявление бликов весьма характерно из-за богатства украшения станций разными панно, мозаиками и фресками, выполненными из полированного мрамора, майоликовых, смальтовых изразцов и т.д. Блик – световое пятно на сильно освещённой выпуклой или плоской глянцевой поверхности. Он возникает вследствие зеркального или зеркально-диффузного отражения излучения яркого ОП на предмете.

Известно, что избавиться от бликов при больших зеркально отражающих поверхностях и обилии ОП, зачастую также являющихся элементами декора, практически невозможно. Тем не менее уровень яркости бликов в первичном исполнении станций был существенно ниже. Во всяком случае в литературных источниках проблема наличия бликов не обозначена [1, 2], что, скорее всего, связано с низким общим уровнем освещения первых станций метро. Проявилась же она после первой модернизации освещения,

проведённой в 60-х гг., для повышения энергоэффективности и уровня освещения, бесспорно тёмных станций путём замены ЛН на ЛЛ. При этом яркость ОП возросла в разы, и на глянцевых поверхностях появились блики, которые стали мешать аутентичному восприятию станции и сводить на нет усилия архитекторов, художников, светотехников, работавших над её созданием. Учитывая, что сегодняшний уровень освещения подавляющего большинства станций не соответствует современным нормам [3], негативность влияния бликов на комфортность восприятия декора лишь растёт.

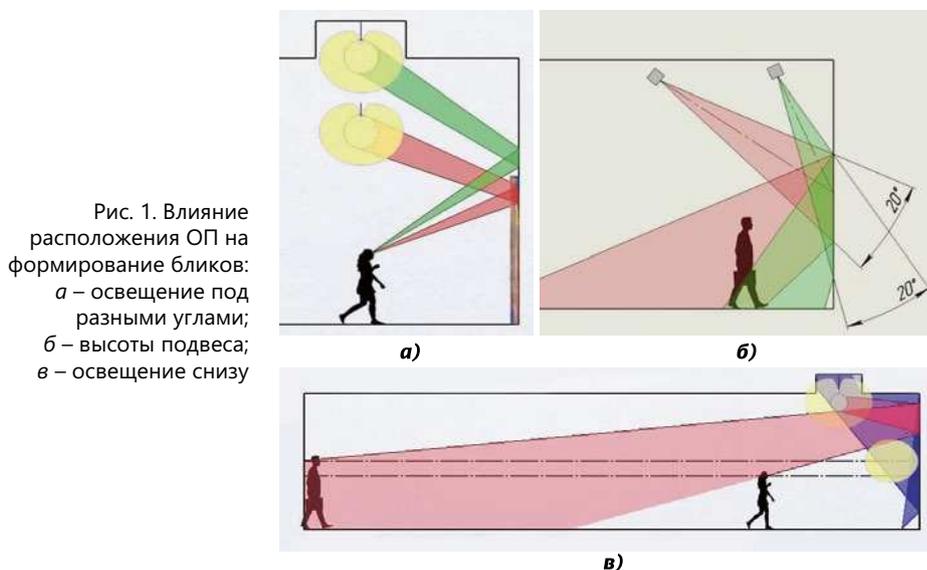
Работа зрительного аппарата человека носит адаптивный характер. При этом на восприятие зрительной обстановки влияет распределение яркости в поле зрения [4], а блики, в разы превосходя по яркости своё окружение, мешают этому восприятию.

Очевидно, один из важнейших факторов восприятия изображений фрески, мозаики или майолики, особенно при их искусственном освещении, – взаимное расположение наблюдателя относительно объекта и освещающего объект ОП. При идеальном освещении положение наблюдателя, как правило, определяется только компо-

зицией изображения, однако чаще всего ОП «вмешиваются» в этот процесс, создавая на рассматриваемой поверхности бликующие участки, и чем их больше, тем ниже качество освещения. В результате наблюдатель, перемещаясь относительно арт-объекта, определяет положение, при котором влияние ОП на его восприятие минимально. Поэтому – особенно это касается больших арт-объектов, при освещении которых полностью избавиться от бликов в условиях метро практически невозможно – очень важно минимизировать их влияние при наблюдении. Таким образом, наряду с пространственным светораспределением ОП, важнейшими характеристиками ОП, «ответственными» за блики, являются геометрические соотношения, определяющие взаимное расположение ОП и объекта, а также характеристики поверхности объекта, отражающего излучение ОП. При этом следует помнить, что яркость не зависит от расстояния; и поэтому, например, если перенести ОП дальше от панно, которое он освещает, то площадь блика уменьшится, но его яркость останется неизменной [5].

## Способы борьбы с бликами

У диффузно-глянцевых поверхностей, таких как мозаики и майолики, индикатриса отражения состоит из диффузной и зеркальной составляющих. При освещении этих поверхностей следует стремиться к тому, чтобы наблюдатель видел только диффузную составляющую. Для этого нужно определять возможные положения на-



блюдателя и условия его восприятия картины или мозаики, т.е. угол наблюдения, при котором наблюдатель видит блики той или иной площади и уровень их яркости.

Если у формирующего блик ОП светораспределение узкое, характерное для ОП прожекторного типа с зеркальными отражающими поверхностями, то угол падения излучения должен быть максимально большим; при таком приёме освещения зеркальная составляющая отражённого излучения попадает в пол, а не в глаза наблюдателя (рис. 1, а). Если же светораспределение ОП широкое, свойственное диффузно рассеивающим оптическим элементам (например, матовым рассеивателям), по возможности, нужно повышать высоту подвеса ОП так, чтобы свет его не отражался в мозаике (рис. 1, б).

Анализ ситуаций с формированием бликов выявляет несколько основных подходов к борьбе с бликом: 1) наиболее радикальный, полностью исключаящий его визирование, – изменением хода лучей путём освещения объекта снизу; 2) снижение яркости блика; 3) повышение яркости адаптации; 4) изменение положения блика относительно основного изображения; 5) уменьшение размеров блика.

Первый подход, реализуемый с помощью дополнительных светильников, расположенных снизу [6] (рис. 1, в), обеспечивает падение зеркальной составляющей отражаемого пучка на потолок, при том, что диффузная составляющая, отражаемая панно, повышает его яркость и, соответственно, яркость адаптации, делая этим блик менее заметным или вообще его устраняя. Естественно, этот подход предполагает использование ОП с высоким уровнем защиты от механических повреждений. Кроме того, такое расположение ОП значительно сокращает полезную площадь станционного пространства. К сожалению, перечисленные факторы не позволяют использовать этот подход (один из самых эффективных по устранению бликов) в метрополитене.

Второй подход реализуем, когда ОП, освещающий, например, панно, имеет асимметричное светораспределение, являясь «кососветом» [7], или обладает пониженной яркостью со стороны панно.

Третий подход осуществим путём переноса акцента освещения, напри-

мер расположением ОП внутри колонны, как это сделано при освещении мозаики на станции «Проспект Мира» Кольцевой линии (рис. 2)

Четвёртый подход, как правило, требует изменения расположения ОП относительно объекта освещения, что в ряде случаев оказывается вполне приемлемым.

Наконец, пятый подход реализуется заменой применяемого ОП на новый другой конструкции или существенным изменением расстояния до освещаемого объекта, что при реконструкции ОП на объектах культурного наследия не допускается.

### Борьба с бликами на «Комсомольской-радиальной»

«Комсомольская-радиальная» была первой станцией, где для архитектурного декора использовано композиционно законченное художественное произведение – панно, выполненное по эскизам Е.Е. Лансере [8] на тему «участие комсомола в строительстве метро» (задумывалось четыре, выполнено только одно). Несущим основанием панно послужила полуцилиндрическая стена северного аванзала. В качестве материала выбрана цветная майоликовая плитка, выполненная подглазурованными красками и покрытая слоем прозрачной глазури, которая после обжига придаёт блеск и яркость цветовому решению.

А поскольку поверхность майолики глянцевая (средний коэффициент



Рис. 2. Освещение мозаики в вестибюле станции «Проспект Мира» Кольцевой линии

отражения 0,2, коэффициент зеркального отражения 0,05), в ней отражается свет находящихся рядом ОП, образующих достаточно яркие блики на фрагментах фигур, делающие невозможным общее восприятие композиции. Устранение этих бликов или по меньшей мере снижение их влияния на восприятие майолики (рис. 3), по сути, и послужило основной задачей этой работы.

Из рис. 4 видно как выглядит майолика с бликами и без.

При этом надо отметить, что нынешний облик станции весьма отличен от первоначального по уровню освещения пола: освещённость была ~ 50 лк, а сегодня стала ~ 150 лк, что всё равно не дотягивает до современных требований (200 лк) [1], как и качество цветопередачи ( $R_a < 80$ ), из-за исполь-



Рис. 3. Северный аванзал станции метро «Комсомольская-радиальная»

Технические характеристики яркомера

Наименование	LMK Mobile Advanced
Внешний вид	
Разрешение (эффективные пиксели)	2136×1424
Диапазон измерений яркости, кд/м <sup>2</sup>	0,1–10000
Допускаемая относительная погрешность измерений, %	± 5
Номер в государственном реестре средств измерений	55241–13



Рис. 4. Внешний вид майолики: а – левая часть с бликами; б – левая часть без бликов; в – правая часть с бликами; г – правая часть без бликов

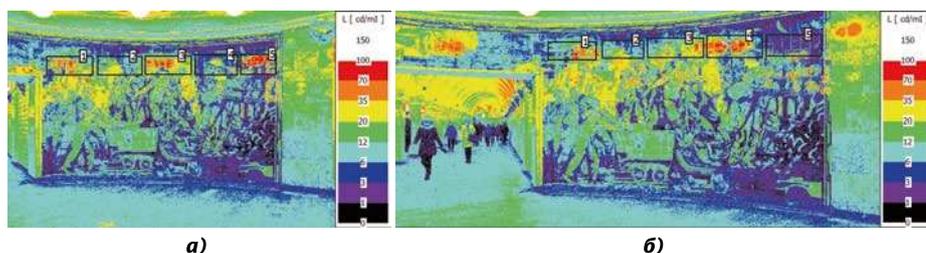


Рис. 6. Распределение яркостей по правой части майолики, наблюдаемой из точек «Б» (а) и «В» (б)

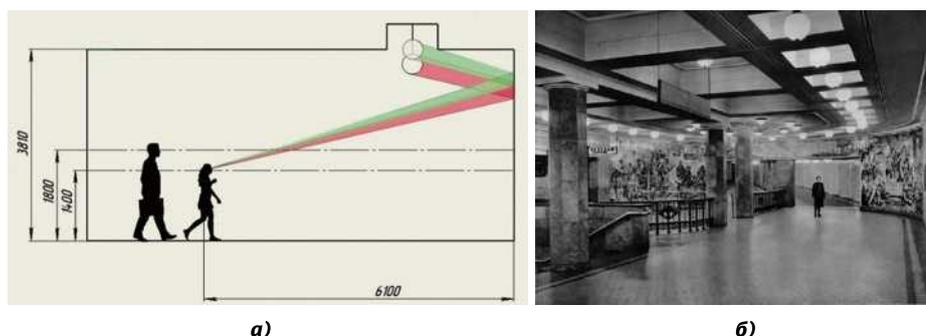


Рис. 7. Схема изменения положения и размера блика: а – геометрические размеры; б – фото аванзала станции «Комсомольская-радиальная» (1935 г.)

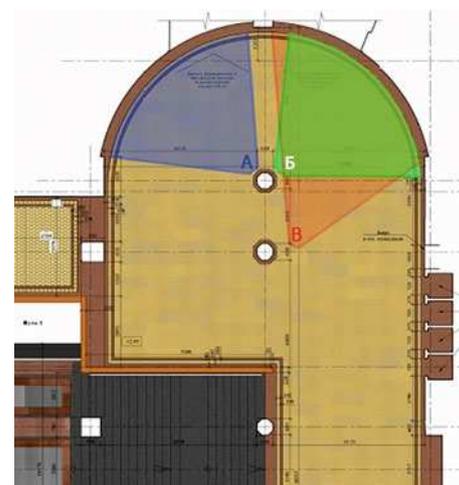


Рис. 5. Характерные точки наблюдения майолики

зования ЛЛ<sup>1</sup>. Вот здесь то и возникнет главное противоречие – современные санитарные нормы требуют большего освещения пола аванзала, но это даст повышение яркости бликов. Более того, проведение реконструкции по требованию метрополитена должно осуществляться в рамках сохранения объектов культурного наследия, а это означает, что освещать станцию можно исключительно ОП, идентичными оригинальным ОП 1935 г. [10], вследствие чего заменять можно только ИС, а рассеиватель (плафон) ОП должен оставаться неизменным.

Очевидно, что разрешение названных противоречий требует разработки принципиально новой ОУ, создание которой потребовало проведения экспериментальных исследований, необходимых для расчётов соотношений яркостей бликов на майолике и яркости самой майолики, на которой они визируются.

**Экспериментальные исследования**

Определение соотношений яркостей бликов на майолике и самой майолики осуществлялось посредством яркомера LMK Mobile Advance [9], построенного на базе фотокамеры фирмы Canon (табл. 1). Этот прибор также позволяет получать наглядную картину распределения яркостей в поле зрения, а его программное обеспечение – обрабатывать результаты измерения (определять яркость в точке или среднюю яркость определённой области,

<sup>1</sup> Да и состояние ОУ требует её новой реконструкции на современном уровне.

выводить изображение в псевдоцветах и др.). Таким образом, с помощью всего нескольких снимков можно получать всю нужную нам информацию.

Измерения проводились из характерных видовых точек «А», «Б» и «В», расположенных рядом с колоннами (рис. 5). Результаты измерений (рис. 6 и табл. 2) показывают, что яркость блика в 3–10 раз выше яркости соседней области.

### Устранение блика

Геометрические расчёты показывают, что положительные результаты даёт увеличение высоты подвеса ОП (рис. 7, а). Это возможно, т.к. изначально ОП висели выше, чем сейчас (в 1935 г. [6, 8] ОП наполовину находились в кессонах (рис. 7, б)), и их верхняя часть заслонялась кессоном. В результате блик уменьшится на 4 см и сдвинется вверх на 20 см, а кессон приобретёт чёткие очертания. Перемещение области блика положительно скажется на восприятии майолики, так как блик переместится из сюжетной области, с изображёнными метростроевцами, в менее важную область фона (рис. 7, а и 8).

### Выбор точек обзора

Как уже отмечалось, убрать полностью блик для всех точек обзора практически невозможно, поскольку в зависимости от положения наблюдателя блик меняет своё положение, но можно существенно снизить яркость блика при просмотре из части вестибюля (рис. 5).

Геометрические расчёты (рис. 9) показывают, что при просмотре майолики из изображённых точек видно отражение излучения сегмента ОП шириной 180–190°. Если снижать яркость этой части ОП, яркость блика будет ощутимо падать.

### Конструкция ОП

Полученные данные позволяют сформулировать принцип построения конструкции ОП (рис. 10): в рассеиватель из молочного стекла устанавливается радиатор в виде треугольной призмы, и на две стороны радиатора устанавливаются СД модули с удалённым люминофором. Такие модули обладают хорошими количественными и качественными показателями (световая отдача 111,5 лм/Вт,  $R_a > 80$ , косинусное светораспределение, отсутствие (рис. 11) характерного для люминофорных СД ярко выра-



Рис. 8. Требования к расположению бликов на майолике. Выделенное зелёным и красным – области, где допустимо и недопустимо наличие бликов соответственно

Рис. 9. Геометрические построения для определения сегмента светильника, создающего блик: а – точка наблюдения 1; б – точка наблюдения 2

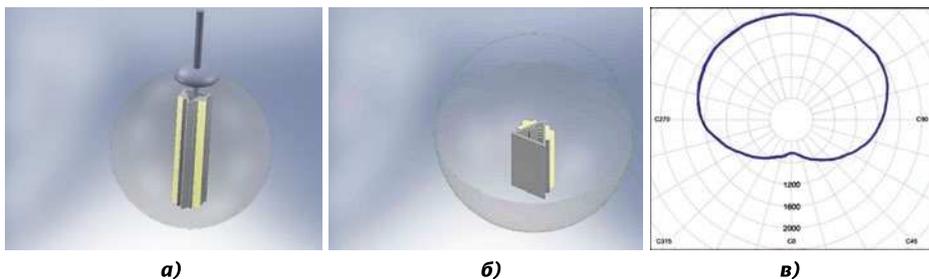
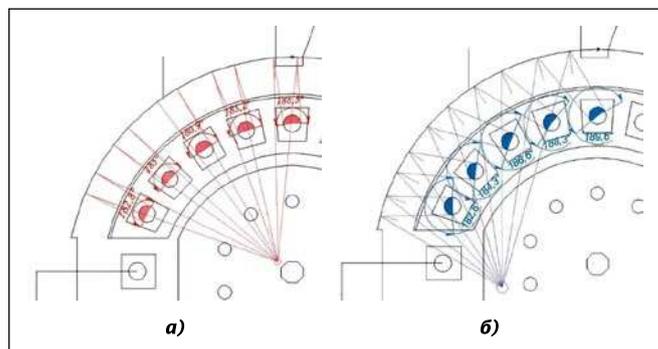


Рис. 10. Модернизированный ОП: а – конструктивная схема; б – схематичное горизонтальное сечение; в – горизонтальное сечение относительного фотометрического тела

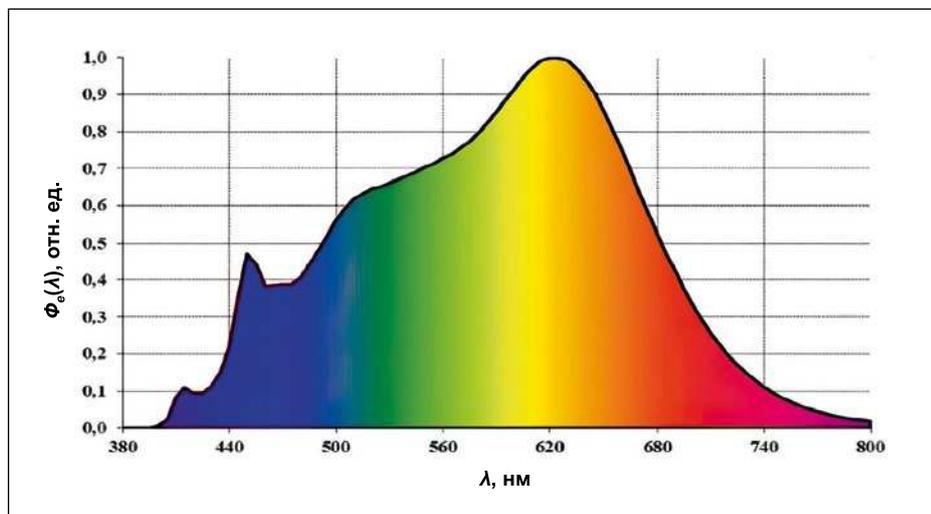


Рис. 11. Относительный спектр излучения используемых СД модулей с удалённым люминофором

женными (световая отдача 111,5 лм/Вт,  $R_a > 80$ , косинусное светораспределение, отсутствие (рис. 11) характерного для люминофорных СД ярко выра-

женного пика в сине-голубой части спектра [11]). При этом одна половина шарового рассеивателя освещается СД модулями, а другая – только за

**Значения яркости в разных областях майолики при измерениях из точек «Б» и «В»**

Таблица 2

Область / рисунок		Яркость, кд/м <sup>2</sup>		
		минимальная	максимальная	средняя
1	рис. 6, а	0,1	131,6	22,6
2		1,1	67,3	13
3		1,1	94,5	26,2
4		0,2	93,6	8,7
5		0	112,8	29,8
1	рис. 6, б	0,2	108,3	19,2
2		0,8	86,5	10,5
3		0,5	93,0	17,7
4		0,2	129,5	28,9
5		0,1	66,8	5,6

счёт многократных отражений внутри рассеивателя. Принцип работы такого светильника понятен из рис. 10, а.

Расчёты в программе «*Photopia*» [12] показывают, что ОП предлагаемой конструкции будет обладать асимметричным светораспределением. Для проверки этой гипотезы были смоделированы, в программе «*Dialux Evo 7*», действующая и модернизированная ОУ. Для каждой модели методом трассировки лучей было рассчитано распределение яркости по майолике, показавшее, что за счёт использования ОП с асимметричным светораспределением можно вдвое снижать яркость бликов и «сдвигать» блики вверх (путём увеличения высоты подвеса ОП) в зону, где они не мешают прочтению композиционного решения.

Результаты моделирования и сравнение их с результатами измерений яркости из точки «А» приведены на рис. 12 и в табл. 3.

### Заключение

В результате исследования распределения яркости по майолике установлено, что:

- источниками бликов являются рассеиватели ОП, которые отражаются от глянцевой поверхности панно в технике майолики;
- яркость бликов достигает 142 кд/м<sup>2</sup> при средней яркости майолики 10–15 кд/м<sup>2</sup>;
- в зависимости от положения наблюдателя блики находятся на высоте от 2 до 3,5 м, чем закрывают сюжетную часть композиции.

По результатам анализа причин, вызывающих блики:

- сформулированы требования к расположению ОУ и конструкции ОП;
- разработана модель и проведено моделирование распределения яркости по поверхности майолики путём трассировки лучей в программе «*Dialux Evo 7*».

Несмотря на то, что полностью устранить блики не удалось, разработанная ОУ позволит уменьшать яркость (вдвое) и размер бликов и перемещать их из сюжетной зоны в зону фона, что благоприятно сказывается на прочтении композиционного замысла майолики.

Изложенный в статье подход применим не только к станциям метрополитена, но и к другим помещениям,

**Значения яркости в разных областях майолики при измерениях из точки «А»**

Таблица 3

Область	Яркость, кд/м <sup>2</sup>		
	минимальная	максимальная	средняя
1	8,4	92,4	33,2
2	4,2	65	18,6
3	1,5	84,7	23,3
4	1,8	49,6	9,8
5	1,5	80	25

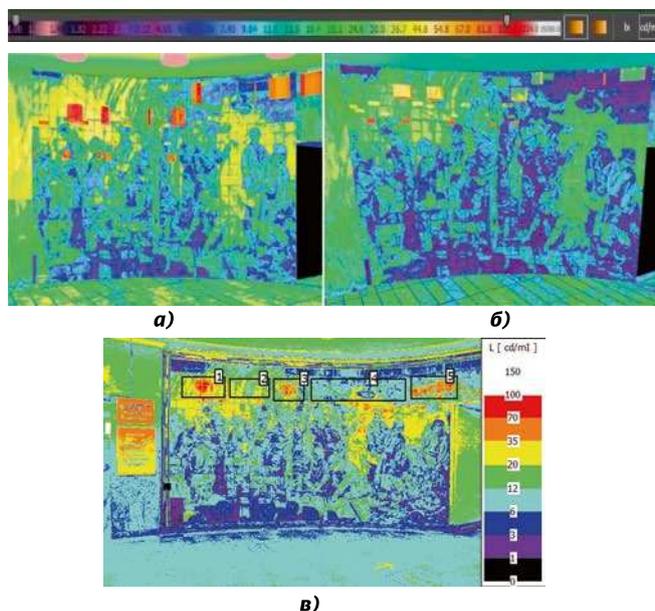


Рис. 12. Моделирование ОУ в программе «*Dialux Evo 7*»: а – действующей; б – новой; в – результаты измерений яркости из точки «А»

содержащим зеркальные или глянцевые поверхности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский Л. Свет в метро // Архитектурная газета. – 1935. – 28 апреля. – С. 3.

2. Бродский Л. Освещение станций метро // Архитектура СССР. – 1938. – № 9. – С. 11–17.

3. СП 2.5.1337–03 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов» (в редакции Изменений и дополнений № 1 от 30.04.2010., № 50).

4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.

5. Мешков В.В. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов. Ч 1.-2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1979. – 368 с.

6. Мирас Ж.-П., Новаковский Л.Г., Фонтанон М. Освещение Моны Лизы – новые световые решения // Светотехника. 2005. – № 5. – С. 28–33.

7. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. – М.: Энергия, 1973. – 360 с.

8. Катцен И. Метро Москвы. – М.: Московский рабочий, 1947. – 178 с.

9. Приложение к свидетельству № 52728 об утверждении типа средств измерений.

10. Горбачёв Н.В., Ратнер Е.С. Освещение московского метро // Светотехника. – 1935. – № 1. – С. 2–13.

11. Вейнерт Дж, Сполдинг Ч. Светодиодное освещение. Справочник. Принципы работы, преимущества и области применения. – Изд. Philips Color Kinetics, 2010. – 156 с.

12. URL: <http://www.ltioptics.com/en/photopia-general-2017.html> (дата обращения: 30.04.2019).

13. Шурыгина Н.В. Освещение новых станций московского метро // Светотехника. – 2015. – № 3. – С. 14–21.



**Гулиев Александр Эльшанович**, магистр по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника» и программе «Теоретическая и прикладная светотехника» (2019, НИУ «МЭИ»). Аспирант НИУ «МЭИ» (направление «Электро- и теплотехника»). Специалист по светотехнике МСК «БЛ ГРУПП»

НИУ «МЭИ»). Аспирант НИУ «МЭИ» (направление «Электро- и теплотехника»). Специалист по светотехнике МСК «БЛ ГРУПП»

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ В 2020 ГОДУ (I квартал)

Дата	Название мероприятия	Место проведения
11–13.02	<b>Strategies in Light</b> Международная конференция с выставкой по светодиодам и освещению светодиодами	Сан-Диего, Калиф., США lightsearch.com
24–26.02	<b>LED China Shenzhen</b> Международная выставка светодиодных технологий	Шеньчжень, КНР lightsearch.com
08–13.03	<b>Light + Building</b> Международная торгово-промышленная выставка с конференцией по осветительным технологиям и интеллектуальным зданиям	Франкфурт-на-Майне, ФРГ lightsearch.com
18–20.03	<b>Энергетика и электротехника - 2020</b> 27-я Международная специализированная выставка	Санкт-Петербург, РФ exponet.ru

## ПАРТНЁРЫ ЖУРНАЛА

Редколлегия и редакция с большим удовлетворением отмечают организацию сообщества «Партнёры журнала «Светотехника» и выражают благодарность нашим партнёрам, поверившим во взаимную эффективность такого сотрудничества



**interlight**  
RUSSIA

**intelligent building**  
RUSSIA