

# СВЕТО 4·2007

# ТЕХНИКА

73

модификации  
светильников  
**Ландшафтного  
освещения**



58

модификаций  
светильников  
**Архитектурной  
подсветки**



157

модификаций  
светильников  
**Функционально-  
декоративного  
освещения**



4

модификации  
светильников  
**Подсветки  
фонтанов  
и бассейнов**



*для наружного  
освещения*

Международная  
группа компаний



БЕСПЛАТНО

Закажите каталог  
светильников  
для наружного  
освещения  
по факсу (495) 995 5595 или  
catalogue@msk.ltcompany.com

РФ, 127273, Москва,  
ул. Отрадная, 2-Б  
Т.: +7 (495)995 5595  
Ф.: +7 (495)995 5596  
[www.ltcompany.com](http://www.ltcompany.com)  
[info@msk.ltcompany.com](mailto:info@msk.ltcompany.com)





# ДИСКУССИЯ О ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ МОСКВЫ

## От редакции

Правительство Москвы издало 27 декабря 2006 г. Постановление «О ходе выполнения Городской целевой программы развития наружного освещения города Москвы на 2005–2009 годы». Выход Постановления отражает постоянный интерес к этой проблеме и большое внимание к состоянию наружного освещения столицы. Первое Постановление Правительства «Об улучшении светового оформления города» вышло 30 марта 1993 г. В следующем году (2 августа 1994 г.) были утверждены «Генеральная схема цветоцветового оформления города» и мероприятия по её реализации. В 2005 г. (23 ноября) был принят Закон города Москвы «О Городской целевой программе развития наружного освещения

города Москвы на 2005–2009 годы».

Благодаря принятым мерам за прошедшие годы состояние наружного освещения столицы кардинально изменилось. Москва стала одним из наилучшим образом освещенных городов мира.

Журнал «Светотехника» на протяжении этих лет не только систематически отражал комплекс проводимых работ по функциональному, архитектурному и декоративному освещению Москвы, но и организовал в 1996 г. масштабную дискуссию (в № 3/4) «О состоянии и направлении развития архитектурного освещения Москвы», в которой приняли участие ведущие специалисты-светотехники и архитекторы, в частности такие авторитеты, как А.Б. Матвеев,

Н.В. Оболенский, В.С. Кубасов, Г.Б. Бухман, В.М. Царьков, И.А. Азизян, Г.Н. Черкасов и другие. В связи с выходом последнего Постановления Правительства редакция журнала приняла решение вернуться к обсуждению на страницах «Светотехники» путей дальнейшего развития архитектурного освещения столицы с учётом накопленного за прошедшее десятилетие опыта и достигнутых результатов.

К дискуссии по этой проблеме, начатой статьей В.М. Пятигорского и А.Ш. Черняка, приглашаются все специалисты-светотехники и архитекторы, заинтересованные в дальнейшем совершенствовании архитектурного освещения столицы, как важнейшего фактора создания благоприятной цветоцветовой среды, наилучших условий функционирования огромного города и его жителей.

## Проблемы архитектурного освещения Москвы

В.М. ПЯТИГОРСКИЙ, А.Ш. ЧЕРНЯК<sup>1</sup>  
ООО «ВНИСИ»

В 1996 г. редакцией журнала «Светотехника» была организована дискуссия «О состоянии и направлениях развития архитектурного освещения Москвы» [1], в которой приняли участие известные архитекторы и светотехники – специалисты в этой области освещения. После экскурсионного осмотра освещения наиболее значимых архитектурных объектов в городе участники дискуссии высказались о достоинствах и недостатках архитектурного освещения рассмотренных объектов, отметили основные ошибки в световом дизайне и технике освещения и сформулировали ряд предложений по дальнейшему повышению качества архитектурного освещения. В числе недостатков архитектурного освещения отмечались, прежде всего, завышенные значения яркости подавляющего большинства объектов и неумелое, неоправданное использование цвета и цветовых сочетаний. В особенности,

это касалось храмов, монастырей и некоторых памятников архитектуры. Отмечался также неправильный выбор освещения отдельных зданий общего ансамбля площадей, улиц. Высказывалось мнение о необходимости широкого обсуждения проектов архитектурного освещения специалистами в области светового дизайна и светотехники на этапе принятия концептуальных решений и светодизайнерской разработки, а не только после реализации проектов.

В редакционной статье, подводившей итоги дискуссии, были сформулированы важнейшие принципы архитектурного освещения и рекомендованы Правительству Москвы ряд организационных мероприятий, в том числе создание экспертного совета по архитектурно-художественному освещению.

По прошествии одиннадцати лет после дискуссии и более тринадцати лет после принятия в 1994 г. столичным Правительством Постановления и программы по улучшению светового оформления Москвы создано

достаточно много интересных установок архитектурного освещения.

Расширился спектр приемов освещения и используемых световых приборов, что привело к повышению качества архитектурного освещения. Важным шагом в архитектурном освещении в последние годы является применение перспективных световых приборов со светодиодными источниками света, позволяющими обеспечить широкое варьирование светораспределения и цвета не только в постоянном режиме, но и в динамике с применением программируемой смены цветоцветографических картин.

Совместными усилиями НПСП «Светосервис», Моспроект-2 и Моспроект-3 реализовано более 700 проектов освещения зданий и сооружений, архитектурных ансамблей и комплексов, расположенных в центральной части города в пределах Садового кольца, архитектурных и исторических памятников на периферии, на бережных рек Москвы и Яузы.

Удалось создать целые световые ансамбли, такие как на Театральной, Манежной, Триумфальной площадях, Тверской улице, Камергерском переулке и др.

В отдельных пешеходных зонах проспектов и площадей (Новый Арбат, Кутузовский и Калининский проспекты и др.) достигнуты более

<sup>1</sup> E-mail: ludmila@vnisi.ru

высокие количественные и качественные показатели освещения, чем на проезжей части, что обеспечило приоритет пешехода перед водителем.

В ночной светопанораме благодаря архитектурно освещенным высоткам, телебашням, колокольням храмов, Кремлевским башням отчетливо просматривается «колючий» силуэт города (рис. 1, а). Картину дополняют золотистые огни освещения автомагистралей и парящие над водной гладью реки мосты (рис. 1, б).

Появились установки с полихромным и динамическим освещением. Свет воскресил церкви и монастыри, ранее затерянные в сумерках ночного города, среди огромных массивов жилых районов и производственных комплексов (рис. 2). Архитектурное освещение стало неотъемлемой составляющей световой среды вечерней Москвы.

Помимо городского бюджета, работы по архитектурному освещению стали достаточно активно заказываться и финансироваться частными владельцами зданий, в том числе и на конкурсной основе. Их доля в общем количестве осветительных установок заметна.

Несмотря на очевидные положительные сдвиги в этой еще молодой для нас области наружного освещения, стал ощущаться некоторый творческий и технический застой. Многие из того, что было подвергнуто критике 11 лет назад, осталось и в настоящее время [2].

Частая повторяемость одних и тех же приемов и средств освещения, связанная, в частности, с большими трудностями в более широком применении динамического и цветного освещения, тем более с использованием лазерной или проекционной техники (из-за их дороговизны), приводит к однообразию архитектурного освещения и снижению интереса к нему.

Результатом чрезмерного увлечения приемом локального освещения является световая пятнистость фасадов, разрушающая цельность архитектуры зданий (рис. 3, 4). В то же время, применение только равномерного заливающего освещения приводит к его монотонности и не позволяет проявить пластику фасадов (рис. 5).

Многие творческие задачи архитекторов и светодизайнеров остаются нерешенными.



Рис. 1. Панорама вечерней Москвы с видами:

а – на Кремль и Манежную площадь; б – на Российскую академию наук и Лужнецкий мост через р. Москва

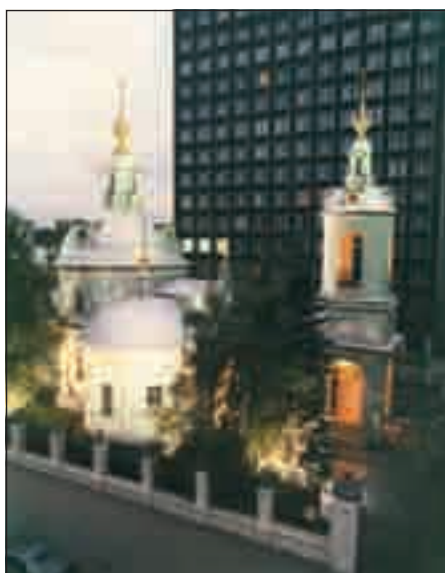


Рис. 2. Церковь Никиты Великомученика на ул. Старая Басманная (благодаря художественному освещению храмы не теряются среди рядовой застройки города)



Рис. 3. Церковь Живоначальной Троицы в Вишняках на ул. Пятницкая (чрезмерное увлечение локальным приемом освещения зачастую разрушает целостность восприятия объекта)





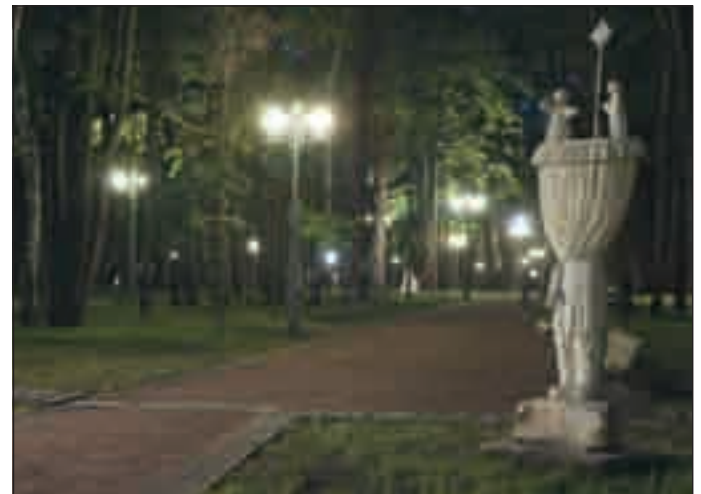
*Рис. 4. Отсутствие на фасаде Большого театра равномерного заливающего освещения приводит к резкому световому контрасту между освещенным внутренним объемом парадного портика и внешней стороной несущих колон, а также между ярким световым поясом антаблемента и недосвеченными боковыми крыльями фасада, при этом совершенно не читается цилиндрическая форма колонн*



*Рис. 5. Церковь Симеона Столпника на ул. Поварская. Наличие только равномерного заливающего освещения нередко приводит к плоскостной картине, не проявляя пластику архитектуры объекта*



*Рис. 6. Локально пересвеченный фасад здания банка снижает эстетическое восприятие вечернего облика церкви Кира и Иоанна на ул. Солянка*



*Рис. 7. Вечернее освещение парка скульптур в Останкино. В парке применены декоративные опоры; в светильниках использованы дуговые ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью ( $R_a = 65$ ); освещение скульптур способствует праздничному настроению*

Задания на проектирование выдаются чаще всего на архитектурное освещение отдельных объектов без концептуальной проработки световой среды района, площади, улицы, где расположен объект. Особенно это важно для центральной части Москвы и районов города, содержащих центральное районообразующее ядро. В заданиях не учитывается освещение проезжей и пешеходной зон, наличие световой рекламы и информационных табло, освещение витрин, установок малых световых архитектурных форм.

Характерным для частных компаний, создающих освещение зданий,

не имеющих исторической или архитектурной ценности, является то, что средняя яркость освещенных фасадов, намного выше, чем рядом стоящих культовых сооружений или памятников истории и культуры (рис. 6).

Немало сделано по созданию комфортной световой среды в парковых зонах столицы. В результате реконструкции освещения в парках и скверах взамен ламп накаливания применяются высокоэффективные разрядные источники света, обеспечивающие нормированные уровни освещенности на пешеходных дорожках

и аллеях. Появилось достаточно много разнообразных по дизайну и светотехнике светильников, так, например, световые столбики возле ландшафтных композиций, имеется возможность выбора парковых опор и венчающих светильников, выпускаемых на российских предприятиях (рис. 7). Тем не менее, мы явно не «дотягиваем» до полноценного и качественного ландшафтного освещения столицы.

Проектные и эксплуатирующие организации внедряют в зонах отдыха экономичные натриевые лампы высокого давления, эффективные для

освещения автодорог, однако желтый монохроматический цвет этих источников с низким индексом цветопередачи ( $R_a \geq 25$ ) резко снижает эмоциональное восприятие зелёных и искажает цвет цветущих растений и лица людей, а в зимнее время – снежного покрова (рис. 8). Имеются случаи, когда при реконструкции освещения в рекреационных зонах применяют взамен физически устаревших парковых опор утилитарные опоры наружного освещения высотой 8–10 м с открытой прокладкой питающих кабелей, натянутых между опорами на высоте 5×6 м и проходящих через деревья и кустарники параллельно пешеходным дорожкам (рис. 9).

Пока что мало примеров хорошего освещения водоёмов, фонтанов, скульптурных композиций в парках.

Совершенно бесцеремонно и практически бесконтрольно внедряются в городскую среду устройства световой рекламы и информационные табло, выполненные со светодиодами или газосветными трубками со среднегабаритной яркостью в сотни и тысячи кд/м<sup>2</sup>. В результате, особенно в центральной исторической части города, практически уничтожаются стоящие рядом художественно освещённые объекты, средняя яркость которых не превышает 8–10 кд/м<sup>2</sup>, в соответствии с нормами, рекомендуемыми в «Руководстве по архитектурному освещению центральной части и исторических зон Москвы» [3] (рис. 10).

Кроме того, яркие устройства световой рекламы, установленные в непосредственной близости от автомагистралей, создают дискомфортные

зрительные условия для водителей автотранспорта и, тем самым, способствуют повышению опасности дорожно-транспортного движения. Недопустима также установка световой рекламы на крышах и фасадах зданий в пределах исторического центра города, возле освещённого памятника или скульптурной композиции.

Такие яркие устройства световой рекламы и информационные табло предпочтительнее устанавливать за пределами Садового кольца в периферийных районах города, где они частично смогут нейтрализовать будничную монотонность световой среды, при условии, естественно, предотвращения попадания света в окна жилых домов.

Необходимо обратить более пристальное внимание на монтаж и эксплуатацию установок архитектурного освещения. Монтажные организации зачастую используют кронштейны, скобы и другие детали и узлы с некачественным защитным покрытием, что приводит к ускоренной коррозии металла и, как следствие, к ржавым подтёкам на зданиях. Не всегда питающие кабели, проложенные по фасаду здания к световым приборам, тонируются под цвет фасада. Достаточно пассивно используется рельеф фасада, в складках которого можно маскировать прокладку кабеля.

Эксплуатирующие организации не имеют в своём штате специалистов или консультантов по световому дизайну или светотехнике, которые могли бы контролировать ведение работ по реализации проектов и не

допускать изменения направления световых пучков прожекторов, обеспечивающих светоцветовой облик объекта (утверждённый на концептуальной стадии проекта), особенно после капитального ремонта, замены перегоревших источников света и пр. (рис. 11).

Отсутствие у монтажных и эксплуатационных организаций автовывешек с «отрицательным» углом наклона, позволяющих устанавливать световые приборы на 3–4 м ниже нулевого уровня, резко снижает возможности проектировщиков в реа-



Рис. 8. Приморский парк в г. Сочи. Светильники с натриевыми лампами высокого давления на уличной опоре резко искажают цветопередачу, делают зелень пожухлой. Светильники с разрядными источниками белого света ( $R_a \geq 65$ ) возвращают зелени и цветочным композициям их первоначальный цвет



Рис. 9. Парк Дружбы народов в северном округе Москвы



Рис. 10. Яркая световая реклама, смонтированная на крыше Театра кукол им. С.В. Образцова, буквально уничтожает архитектурно освещённые музыкальные часы и фасад здания





Рис. 11. Вид высотного здания МИД на Смоленской площади:

*а* — после ее принятия в эксплуатацию в 1996 г.; *б* — после десятилетней эксплуатации установка требует дополнительной юстировки прожекторов, особенно на боковых крыльях здания. Ухудшение вечерней картины усугубляется устройствами световой рекламы, установленными в сквере перед фасадом здания



Рис. 12. Новорбатский мост через р. Москва

лизации художественных замыслов архитекторов и светодизайнеров при освещении труднодоступных нижних ярусов мостов и эстакад (рис. 12).

Накопилось много вопросов и замечаний по архитектурному освещению города, наработан огромный материал для обсуждения.

В средствах массовой информации, на светотехнических конференциях публикуются самые противоречивые мнения, оценки и предложения по развитию архитектурного освещения городских объектов, которые нужно систематизировать, обсудить и выработать общие оценки.

Творческому коллективу авторов проектов архитектурного освещения было бы полезно знать мнение Союза архитекторов и Союза дизайнеров России, архитекторов и специалистов в области светодизайна и проектирования по поднятым в статье проблемам, при этом авторы статьи предлагают для обсуждения на страницах журнала «Светотехника» следующие вопросы.

1. На какие недостатки в реализованных проектах необходимо обратить внимание с целью их дальнейшего исключения? Каковы типичные ошибки в архитектурном освещении?

2. Какие дополнительные меры необходимо предпринять для оптимизации световой среды на пешеходной и проезжей частях улиц, площадей, парков и скверов?

3. Кто должен координировать использование в городской среде разных видов наружного освещения, а именно: утилитарное уличное и архитектурное освещение, световую рекламу и информационные табло, освещение витрин, установку малых световых форм?

4. Каким образом должен быть организован контроль над реализацией проектных решений, принятых и утвержденных на художественном совете при Москомархитектуре?

5. Требуется ли доработка «Руководства по архитектурному освещению» и распространение его действия на весь город и если да, то в какой части?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии и направлениях развития архитектурного освещения Москвы (Дискуссия). Светотехника. 1996. № 3/4. С. 24-45.

2. Щепетков Н.И. «Второе дыхание» в архитектурном освещении г. Москвы. Тезисы докладов на V Международной светотехнической конференции. Санкт-Петербург, 2003 г. С. 80-81.

3. Руководство по проектированию архитектурного освещения в центральной части и исторических зонах г. Москвы и зданиях, имеющих важное градостроительное значение. Москва, 1997.



**Пятигорский Владимир Михайлович**, кандидат технических наук, окончил МЭИ. Главный конструктор ООО «ВНИСИ», лауреат Государственной премии РФ



**Черняк Анатолий Шахнович**, инженер, окончил МЭИ в 1962 г. Заведующий лабораторий ООО «ВНИСИ»



## ИСПОВЕДИМЫ ЛИ ПУТИ ОСВЕЩЕНИЯ МОСКВЫ?

**Николай Иванович Щепетков**  
профессор, доктор архитектуры, МАРХИ

Вопрос это полуриторический, как и аналогичный ему — «исповедимы ли пути развития архитектуры Москвы» или какого-либо еще важного для города вида искусства. Многие должностные лица от архитектуры регулярно о ней отвечают, что да, исповедимы. А об освещении — неясно, кто должен отвечать. Ибо три основных вида или группы осветительных установок (ОУ) — утилитарного, архитектурного и рекламно-информационного освещения — имеют разных хозяев, разные эксплуатирующие и надзорные организации, разные источники финансирования, приносят городу разный доход (или убыток), хотя сосуществуют в едином городском пространстве и, увы, очень редко «дружат» между собой.

Есть ли надежда, что они подружатся на основе Закона «О городской целевой программе развития наружного освещения города Москвы на 2005–2009 годы», принятого Мосгордумой 23.11.05 г., и правительственных постановлений от 24.08.04 г. и 27.12.06 г., подготовленных «Моссветом»? Теоретически частичная надежда на это есть, хотя традиционно «закон что дышло...». Да и срок его действия подозрительно мал — 5 лет,

половина почти прошла, а задачи, связанные с реконструкцией устаревших энергетических сетей и ОУ, с комплексным благоустройством городских территорий, органической частью которого они являются, весьма непросты и капиталоемки. Пока организационная машина развернется и будут получены убедительные практические результаты, проверить их на законной основе уже не успеют. Правда, нужно принципиально уточнить, что иметь в виду под ощутимыми результатами — количество новых уличных световых точек или новое качество комплексного светового решения [1]. Наладить гармоничное содружество утилитарного (уличного) и архитектурного (фасадного и декоративно-ландшафтного) освещения при соответствующей воле городских властей хотя бы в пределах важных градостроительных ансамблей можно. Но обуздание безудержной стихии световой рекламы (при дефиците функциональной световой информации), к сожалению, выглядит пока утопией. Несмотря на некоторые принятые административные меры, реклама, особенно в центре столицы, не исчезает днем и не становится незаметной или хотя бы ло-

яльной к уважаемой исторической среде, в которую она «влезла», вечером. Напротив, она становится ещё агрессивнее из-за всё чаще применяемого яркого, цветного и динамического освещения (газосветные и светодиодные установки). Глас вопиющих против нее эстетов тонет в океане рекламного рынка. Возможно, поэтому инициатива московского Комитета по рекламе в 2006 г. выступить «локомотивом» объединения трёх жанров городского освещения не имела успеха. А ведь светорекламные установки, будь они с умом спроектированы, расположены и выполнены, при их-то финансовом обеспечении могли бы стать (и в цивилизованном мире уже становятся) экспериментальным трамплином, переходным элементом к медиаархитектуре XXI века.

Здесь бы с инициативой комплексного и художественного решения городской среды дружно выступить цеху архитекторов, принять все виды освещения в арсенал эффективных выразительных средств зодчества, но у них интерес лишь к одной из трех составляющих — архитектурному освещению — только начинает прорезаться под давлением того же рынка (в лице заказчиков) и моды. От рекламы же, как и от систем утилитарного освещения, мои коллеги традиционно отмахиваются.

Между тем, спрос на художественное освещение в каждом из жанров растёт, а подготовленных специалистов практически нет. Наиболее оголена в этом смысле самая массовая по количеству и энергоёмкая группа



Рис. 1. Однообразно-стерильное заливающее освещение, не реагирующее на архитектурную форму, тоже не идеальную, вызывает ноль эмоций. Пример, когда свет мог бы играть решающую роль в формировании образа, достойного содержания



Рис. 2. Несмотря на неоднократные коррективы первоначального проекта (1993 г.), достичь целостного образа Триумфальной арки не удалось





*Рис. 3. «Экзотическое», неуместное в данной ситуации стационарное освещение, репродуцирующее технически и эстетически архаичные ОУ конца XIX – начала XX вв. Отражает эзотерический вкус и пробивные способности владельца*



*Рис. 4. Грамотно освещенный храм – памятник архитектуры окружен разностильным и агрессивным по отношению к нему «штучным» освещением соседних современных зданий*



*Рис. 5. Изящный белый храм не в силах конкурировать с яркой, цветной и громадной рекламой. Типичный фрагмент ночной исторической среды Москвы в различных вариациях*



*Рис. 6. Короткие кронштейны не позволили прорисовать светом пластическую «изюминку» фасада – барельефный фриз в этом, в целом удачном световом решении. Часто встречающаяся конструктивно-светотехническая ошибка – недостаточный вынос ОП*

ОУ – уличных. Дизайн и технологическое качество их как в транспортных, так и в пешеходных зонах оставляет желать лучшего. Судя по реализованным каталожным образцам отечественных фирм-производителей, создается впечатление, что то ли погоня за дешевой изделкой – светильников, опор, кронштейнов, то ли отсутствие талантливых дизайнеров в данной области делают этот вид малых форм неумело репродуктивными по стилю или примитивными по форме и технологии изготовления, что превращает их в неконкурентоспособные на фоне высокока-

чественных изделий ряда «продвинутых» зарубежных фирм. Недаром на столичных коммерческих объектах предпочитают использовать импортные изделия.

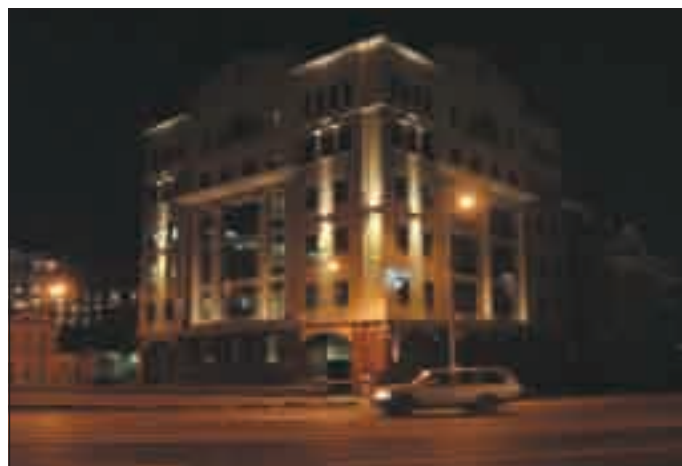
В архитектурном освещении (АО) пустующую рыночную нишу заполняют энтузиасты с любым, как правило, техническим образованием, которые легко овладевают светодизайнерскими компьютерными программами. Судя по результатам, многим из них неведомы муки и сложности многовариантного творческого поиска композиционных тонкостей и отбора решения, наилучшего в конкретной ситуации. Не посещают их и сомнения по выбору расчётных светотехнических величин. Нередко главной целью проектной деятельности является как можно более срочный и объёмный сбыт светотехнического оборудования своей торговой фирмы. В этом нет ничего плохого при условии, что проект, с которого всё начинается, выполнен талантливо,

грамотно и добросовестно. Вот здесь и начинаются проблемы. Бывая на некоторых заседаниях Художественного совета Москомархитектуры, рассматривающего представляемые заказчиками проекты АО (эта процедура согласования административно обязательна), я вижу, как низок уровень многих светодизайнерских проектов, которые отклоняются членами совета на доработку и раз, и два, а в итоге «не моем, так катаньем» получают искомые согласования без внесения в проект принципиальных изменений (нередко потому, что светотехническое оборудование по проекту уже куплено и установлено). Неоднократно высказывались художественным советом пожелания представителям светодизайнерских групп представить ретроспективу реализованных проектов, т.е. снимков с натуры освещённых объектов рядом с ранее утверждённым проектом. Не уверен, что эти пожелания кем-то были выполнены.





*Рис. 7. Слишком примитивное, неграмотное освещение для такого класса объекта*



*Рис. 8. Чудовищное искажение архитектуры фасадов, в которых есть симметрия, главные и второстепенные элементы, ордер, аркады и т.д. Это случай, когда лучше бы освещения не было*

Между тем, журнал «Светотехника» мог бы посвятить этой наиважнейшей проблеме, четко обозначенной В.Г. Макаревичем в предисловии к книге [2] ещё 35 лет назад и не решённой до сих пор, целый номер с профессиональным анализом причин несоответствия проекта и натуры. Что это: сознательный обман заказчика или профессиональная неграмотность? Проект освещения, подаваемый в условной графике, даже формально эффектный (это несложно сделать), но не подкреплённый достоверным светотехническим решением, является фикцией, не более чем схемой, ибо исполнителем-светодизайнером продаётся заказчику придуманный световой образ объекта, создаваемый системой электрического освещения, и ничего более. Это обязывает автора с возможной для него документальной точностью натурой цветной фотографии представить ночной вид освещённого объекта, что принципиально отличает светодизайнерский проект от архитектурного. Последний может быть выполнен в любой графике — условной или правдоподобной («документальная» сегодня и здесь преобладает благодаря возможностям компьютерных технологий), поскольку он имеет другие задачи, и это все знают.

Снисходительное отношение к визуализированному светотехническому решению (обычно проект осуществляется по такой компьютерной технологии) имеет несколько оправданий. Если речь идет о торговой фирме, имеющей проектное подраз-

деление, он выполняется в кратчайшие сроки, как правило, безальтернативно и практически бесплатно, чтобы получить данный заказ. Труд светодизайнера будет оплачен отчислениями от последующей торговой сделки на светотехническое оборудование и подряда на реализацию проекта. В этом отношении светодизайнеры проектных фирм, не связанных с торговыми поставщиками, явно проигрывают в рыночной ситуации. Их может спасти лишь высокий профессионализм и завоеванный авторитет.

Лукавые проекты отчасти спасает в глазах публики сам феномен красоты света: почти всегда наличие его лучше, чем отсутствие, реализация слабого проекта освещения нередко превосходит его общим эффектом. Но на этом нельзя постоянно спекулировать — нужно учиться на своих и чужих ошибках. Андеграунд, если он



*Рис. 9. Освещенный верх колокольни и храма зрительно отрывается от темного неба. Это проблема многих объектов*

*Рис. 10. Тектоника массивной стены палат XVII века визуально разрушена световыми пятнами. Монументальная арка парадного входа спряталась в тени. Явное непонимание и неуважение к исторической значимости объекта*





Рис. 11. Дробный и беспорядочный световой рисунок особенно неприемлем в панорамных композициях, требующих объединяющего освещения с ритмическим соподчинением главных и второстепенных элементов по яркости, цветности, величине световых пятен

Рис. 12. Случайное, фрагментарное и немотивированное использование цветного света аналогично установке световых реклам, отвлекающих внимание водителя в зоне скоростного транспортного движения

хочет войти в круг профессионалов, должен критически анализировать свои работы. Ему и обществу нужна неангажированная, а грамотная и сегодня отсутствующая экспертиза, ибо оценки «красиво – некрасиво», даваемые в частности на Художественном совете, недостаточны, по крайней мере, для крупных объектов, поскольку не учитывают техническую составляющую проекта и связанную с ней степень его изобразительной и светотехнической правдоподобности (светлотно-яркостные, цветовые соотношения и т.п.).

Актуальной необходимостью, на мой взгляд, является и публичная критика, в первую очередь – на стра-



Рис. 13. Надуманная декоративность и примитивность схемы многоцветного освещения не идет на пользу довольно ясной архитектуре. Цветной свет – мощное эмоциональное средство, требующее композиционного мастерства

ницах уважаемой «Светотехники». Статьи в виде пояснительных записок к проектам должны быть тактично дозированы.

Феномен красоты света все чаще эксплуатируется традиционной архитектурой<sup>1</sup>, точнее, профессиональными фотографами, отображающими её в различных отечественных и зарубежных изданиях и включающими ночные, в особенности предзакатные, снимки панорамной застройки, а также отдельных зданий, даже не имеющих специального архитектурного освещения, но излучающими удачно решённый функциональный, в первую очередь, интерьерный свет в окружающую среду.

Светоизлучающая, светонесущая ночная архитектура стала глобальным зримым символом технического прогресса современной цивилизации. Это, вместе с техногенным загрязнением атмосферы, привело к нежелательному световому загрязнению неба [3]. Эволюционный процесс увеличения масштабов освещения постепенно осмысливается в эстетическом отношении. В результате развивается художественная составляющая ночной среды города в виде архитектурного и ландшафтно-декоративного освещения, обычно начинавшегося со «штучного» выбора наиболее значимых, достопримечательных объектов. Так было и есть в Москве, за некоторыми исключениями (световой ансамбль Тверской улицы и ее пло-

щадей, Олимпийской деревни – 98 и др.), хотя современный этап развития архитектурного освещения в столице начался в 1993 г. с разработки генеральной схемы всего города, предусматривавшей в числе основных задач формирование иерархизированной системы световых ансамблей. Задача эта реализуется медленно, с трудом и непоследовательно – там и сям освещаемые объекты редко связываются в эту систему.

Очевидно, не хватает координирующей роли городских властей. Очередной шанс исправить положение даёт вышеупомянутое декабрьское постановление столичного правительства и данное в нем поручение Москомархитектуре разработать общую концепцию единой светоцветовой среды, за которой должны последовать организационные мероприятия.

Работа эта не проста, поскольку связана с реальным объединением всех стационарных систем освещения в слаженно действующий, функционально и художественно полноценный «организм» и ещё более – с комплексным благоустройством городских территорий (освещать неблагоустроенные участки – сомнительное и неэффективное дело), с обновлением архитектурного «лица» города, что требует времени и громадных финансовых вложений. Между тем, в [1] указаны лишь суммы, планируемые для вложения только в одну группу установок – утилитарное уличное освещение. На какую комплексность в таком случае можно рассчитывать в предусмотренные законом сроки?

<sup>1</sup> Подразумевается архитектура, спроектированная в расчете на восприятие лишь при дневном свете.





Рис. 3. Конькобежный центр в Крылатском



Рис. 4. Шуховская телебашня

Шуховской телебашни на Шаболовке (рис. 4).

Следует отметить, что практика проектирования, монтажа и эксплуатации ОУ одной и той же организацией в ряде случаев даёт отрицательный результат, так как порождает бесконтрольность. Созданная в своё время в Мосгорсвете специализированная бригада по наладке и эксплуатации установок наружного архитектурного освещения прекратила своё существование. Может быть, следовало бы её возродить к жизни.

В настоящее время контроль за художественным решением ОУ осуществляется специальным советом при Москомархитектуре. Но этот контроль осуществляется лишь на стадии проекта. Как после утверждения советом на самом деле выполняется ОУ и особенно — как она эксплуатируется, никто не контролирует.

На рис. 5 показано существующее освещение восстановленного после пожара здания Манежа. Несистематично разноцветные колонны, получившиеся в результате небрежной установки разноспектральных ИС в ОУ, производит странное впечатление, не имеющее ничего общего с архитектурным освещением.



Рис. 5. Освещение восстановленного после пожара здания Манежа

Необходимо организовать систему контроля за качеством наладки и эксплуатации ОУ архитектурного освещения. Особенно это необходимо для ОУ с применением прожекторов.

Так известны примеры измерения светотехнических параметров ОУ Красной площади, прожекторы которой, установленные на здании ГУМа, вместо объектов Кремля направлены на трибуны и на по-

верхность площади (каток), и на этом основании делается «глубокомысленный» вывод, что ОУ необходимо реконструировать, так как и она устарела.

Для улучшения состояния архитектурного освещения Москвы целесообразно более полноценно использовать многолетний опыт создания ОУ, накопленный в лаборатории архитектурного освещения ВНИСИ.



## ОГНИ БОЛЬШОГО ГОРОДА... С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭСТЕТИКИ

**Мария Александровна Черняк**  
дизайнер, ООО «Эдлайн»

Мы все стали много путешествовать, много летать на другие континенты, в другие страны и города. И первым делом, подлетая вечером к новому месту, через окно иллюминатора мы вглядываемся в световой ореол города, пытаюсь понять не только его размеры, но и очертания. Свет стал для нас индикатором уровня жизни в стране: чем он выше, тем ярче и светлее выглядят города вечером, тем интереснее и качественнее используемое оборудование и приемы в освещении.

За последние 15–20 лет архитектурное освещение превратилось на Западе в неотъемлемую сферу градостроительства. Эта тенденция не могла не затронуть нас. Особенно это заметно на примере Москвы. Город расцвел на глазах, зажил полноцветной жизнью современного мегаполиса, где наряду с функциональным освещением, появилось архитектурное, ландшафтное и праздничное освещение, где свет витрин, неоновой рекламы и струй фонтанов (рис. 1, 2), составляют вечерний городской пейзаж. Наш город ночью сияет всеми красками, пульсирует разноцветными огнями, где-то организуя пространство, а где-то создавая впечатление дробности и хаоса. И мне, как непосредственному участнику этих

«световых» событий, хотелось бы остановиться, на мой взгляд, на важных аспектах развития и путях совершенствования светового оформления города.

Начну с архитектурного освещения. В процессе выполнения «Генеральной схемы светового оформления города» (1994 г.) был выполнен большой и заметный объем работ, освещены целые архитектурные ансамбли, как улиц, так и площадей. Выделяются в ночном городе освещенные сталинские высотки и культовые строения: храмы, монастыри, а также мостовые сооружения и памятники. Отработаны отдельные приемы и средства освещения для различных по своей значимости архитектурных зданий. **Проделанная работа является бесценной, с точки зрения опыта и осмысления перспектив развития организованного освещения.** Но сегодняшние реалии архитектурно-художественной деятельности ставят перед нами новые творческие задачи в определении эстетических ориентиров и целей в развитии архитектурного освещения г. Москвы. **Важно создать единую световую среду с учетом всех особенностей градостроения и в строгом соответствии с утверждёнными допустимыми нормами освещенности.**

Исторически сложившаяся планировочно-пространственная структура центра города является его основой. Особенно существенной для световой композиции города является его радиальная структура с центральным ядром – Кремлем, представляющая собой развитую систему, включающую, помимо Кремля, ряд регулярных колец (Бульварное, Садовое), пространств, площадей и улиц, как исторических, так и современного строительства, запроектированных в жёсткой взаимосвязи со старыми сооружениями и особенностями структуры. В этом плане роль архитектурного освещения особенно значима, объединение разновременных ансамблевых систем с целью создания органичного целостного пространства в вечернее и ночное время суток. И в то же время важно учитывать композиционно-художественные аспекты формирования архитектуры. На одних зданиях свет должен звучать яркими аккордами, а все остальные лишь аккомпанировать ему, или, другими словами, служить фоном.

Известный творческий постулат гласит «В искусстве нет законов, а есть закономерность, найденная художником». Корректировка художественных образных световых характеристик и эстетических акцентов стала острой необходимостью. Социально-историческая динамика развития общества, предполагает внедрение корректировки в практику архитектурно-художественного освещения, для чего нужна единая образная концепция, которая должна предусматривать возможность циклических изменений художествен-



Рис. 1. Фонтан «Похищение Европы». Площадь Киевского вокзала





Рис. 2. Фонтан у памятника П.П. Мельникову. Комсомольская площадь

но-образных решений с развитием эстетических вкусов и ценностных ориентиров в обществе.

Необходимо произвести анализ, который, во-первых, способен выявить широкую палитру средств, что могут и будут использоваться в процессе формирования концепции светового оформления города, а во-вторых установить диапазон свето-цвето-информационных систем для эффективного выражения художественно-архитектурного образа в контексте градостроительной ситуации. К этому следует добавить, что органичное использование традиционных принципов освещения при добавлении световых оттенков и цвета может обогатить художественный язык архитектуры в вечернее и ночное время, придать ей композиционно-образную индивидуальность в богатом спектре стилей и направлений светового оформления города.

Нас всегда будут манить огни большого города. Иной немаловажный аспект — комфорт горожан. Жить и работать в мегаполисе, подобному Москве, должно быть не только престижно, но и удобно, привлекательно с точки зрения функций и безопасности. Городское пространство — многофункциональная среда, где помимо архитектур-



а)



б)

Рис. 3. Оформление ул. Новый Арбат:  
а — к Новому 2000 году; б — к Новому 2003 году

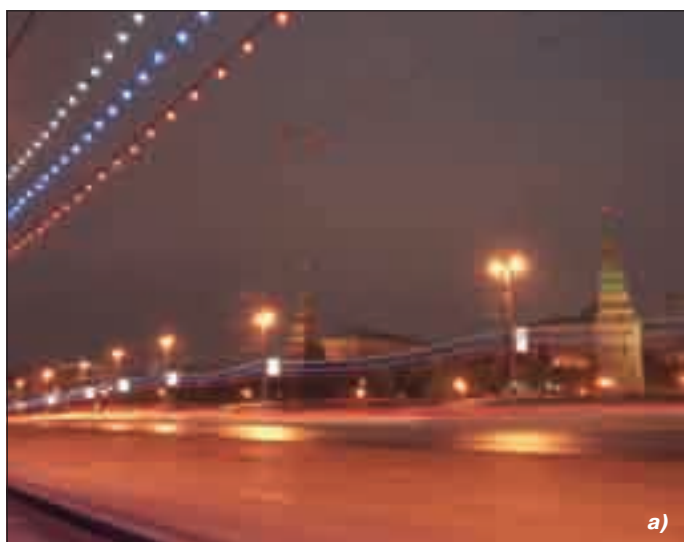


Рис. 4. Освещение мостов: а – Большой Каменный; б – Новоарбатский



Рис. 5. Тверская ул. Звёздное небо Тверской

ных объектов существует жизненно необходимое, соразмерное человеку пространство, которое включает проезжую часть для машин, пешеходные связи, скверы, бульвары, парковые зоны, общественные территории и зоны рекреации. Именно функциональное значение территории определяет требования к светотехническому проекту, выявляет систему подходов в решении поставленных задачи во многом определяет эстетическую концепцию.

Какие планировочные принципы не были бы заложены в основу одной или другой функции территории, четких границ между ними и средой не существует. Одно пространство

плавно перетекает в другое и часто возникает наложение различных функциональных особенностей в одном проектируемом городском пространстве, откуда и появляется эффект световой перенасыщенности.

Понятие «хороший свет» не подразумевает только правильно работающие приборы и технически грамотно выбранные «люксы», для этого мало обладать только техническими навыками, надо владеть приемами творчества. Примером может служить освещение объектов ландшафтной архитектуры: парков и скверов. Созданная архитекторами красота и неповторимость парковых зон в вечернее время во многом зависит от

хорошей освещенности территорий. Световое решение диктуется не только функциональной целесообразностью и нормами освещенности, но и предполагает прием постановочного освещения в зависимости от художественно-образных идей автора, в котором важно не только выделить входную группу и планировочно-тропиночную сеть, но и сделать нужные акценты на малые архитектурные формы и в зонах рекреации или, наоборот, приглушить свет, придавая пейзажу таинственный характер. Достичь общей гармонии среды по силам только специалистам, а точнее – творческому коллективу архитекторов, дизайнеров и светотехников. Их фантазия и практический опыт позволяют создать реально комфортную среду обитания для человека.

Освещение парковых и зон рекреации – конкретный случай. В рамках целевой программы развития наружного освещения, задача ставится намного шире и сложнее. Для этого необходимо сделать анализ существующего положения, прогнозирование развития планировочной и пространственной структуры города с целью разработки Единой концепции. Концепция должна не просто классифицировать различные по своим функциям зоны, но и определить приоритетные направления в организации пространства урбанистической среды для Москвы в целом. Выработать типовые решения с учётом функциональных значений и общественно-социальных





Рис. 6. Гостиный двор

нужд, а также эстетического и психологического факторов восприятия освещения.

И, наконец, перейду к третьей, на мой взгляд, важнейшей составляющей ночного пейзажа Москвы — праздничной иллюминации, чем наша компания занимается вплотную последние 11 лет.

В Москве уже не первый год разрабатывается и параллельно реализуется программа концептуального подхода к праздничному оформлению города. Пока она захватила только основные зоны массовых гуляний, улицы и площади центра города, вылетные трассы. Но уже в ней читается попытка выделить своим стилем, предать некий образ и характер каждому направлению. Выполненный анализ архитектурно-градостроительных решений и структурных особенностей каждой трассы, улицы, площади с учётом современных материалов и новейших технологий в области освещения, позволят вести нескончаемую игру с пространством, скрывать или, наоборот, подчёркивать, резко менять облик, создавая различные образы, а главное — праздничное настроение и не повторяться.

Оформление развивается в пространстве города по своим законам и со своей философией праздника. Основная задача — вызывать радость и будоражить чувства. Поэтому подчас используются нетрадиционные для архитектурного освещения приемы. Такой пример — световые гирлянды на фасаде не просто создают узор,

прием умышленно «ломает» архитектуру, придавая новый образ привычному объёму (рис. 3, 4). И совсем по-другому смотрятся электрогирлянды на опорах городского освещения мостовых сооружений (рис. 4). Этот приём праздничного оформления не только подчеркивает архитектурные особенности моста, но и придает торжественный вид.

Изначально праздничное оформление базируется на многослойном подходе к дизайну света. Здесь целый набор выразительных средств: это и яркие абстрактные световые панели-кронштейны на опорах городского освещения, крупномасштабные световые панно и перетяжки с различными праздничными сюжетами, объёмно-пространственные конструкции, флагштоки с подсветкой драпировок, световые гирлянды на мостах и улицах (рис. 5). Создавая праздничное настроение, мы стремимся использовать всю возможную палитру световых материалов для достижения необходимого эффекта. Это и дюралайт, клип-лайт, и прожекторы, стробоскопы, светодиоды, и обычные лампы. Все заложенные эффекты органично вписываются в единую композицию и создают необыкновенно-иллюзорное пространство (рис. 6). Главная задача светового оформления — дать людям возможность ночью увидеть город таким, каким он не бывает днём.

Постоянный поиск в средствах выражения идей позволяет нам нестандартно подходить к световому дизайну. Важно создать разнообраз-

ную комбинацию света и его интенсивность с учетом характера праздника и времени суток. Эта задача осложняется, когда на местах оформления уже существует стационарное световое решение.

Невозможность управления или частичного отключения архитектурного освещения часто не позволяет добиться желательного результата. Световая перенасыщенность, неправильное использование динамических эффектов и цвета может стать дополнительным фактором стресса, нагружая и без этого перегруженную впечатлениями психику жителя современного мегаполиса. В этой связи есть необходимость разработки общего регламента работы осветительного оборудования в целом по городу. Заложить режимы работы осветительного оборудования по рабочим, выходным и праздничным дням. Предусмотреть возможность переключения в зависимости от дня и времени суток, а также выбрать временные интервалы для динамических и других специальных эффектов.

Закончить свою статью я бы хотела, вернувшись к идее **Единой Концепции светового оформления Москвы. Основным смыслом которой являлась бы идея достижения светового баланса.** Эту задачу возможно решить путём ограничения разрастания световых эффектов и формирования единой фоновой картины архитектурного освещения по перспективным осям и направлениям.



## ГЛАВНОЕ – ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЗАНИМАТЬСЯ СВОИМ ДЕЛОМ

**Виталий Николаевич Степанов**  
кандидат технических наук, ООО «Филипс»

В переходный период от социализма к капитализму всё перемешалось в нашем обществе. Прежде всего, это выразилось в том, что люди, сначала для того, чтобы выжить, а затем, чтобы жить, стали заниматься не тем, чему они учились, а тем, на что есть спрос, что можно с выгодой продать, что, на первый взгляд, не требует глубоких профессиональных знаний. К сожалению, к такой области деятельности попала «светотехника» в целом, в том числе и «архитектурное освещение». В связи с этим нельзя не вспомнить незабвенный роман И.Ильфа и Е. Петрова.

В каюте первого класса Остап, лежа на кожаном диване и задумчиво глядя на пробочный пояс, обтянутый зеленой парусиной, допрашивал Ипполита Матвеевича:

– Вы умеете рисовать? Очень жаль. Я, к сожалению, тоже не умею. Он подумал и продолжал:

– А буквы вы умеете? Тоже не умеете? Совсем нехорошо! **Ведь мы-то художники!**

Сам факт того, что дискуссия по проблеме «Архитектурного освещения» проходит на страницах журнала «Светотехника», а не, например, «Архитектура и строительство Москвы», подтверждает сказанное выше. Еще больше примеров того, что архитектурным освещением занимаются все, кому не лень, мы найдем в городах России, Белоруссии, Казахстана. Но, конечно, столицы: Москва, Минск, Астана – наиболее показательны!

Когда художественные концепции освещения разрабатываются архитекторами, тогда, как правило, полу-

чаются достойные примеры архитектурного освещения, которыми можно гордиться и показывать как достопримечательности. К таким объектам в Москве можно отнести: некоторые «сталинские» высотки, прежде всего, дом на Котельнической набережной и московский Университет; храм Христа Спасителя (за исключением окружающей его территории); мосты через р. Москва. Архитекторы – тоже не боги, и не всё у них получается. По мнению многих, в том числе и по моему, световые ансамбли Манежной площади и Тверской улицы нельзя признать удачными.

Есть, конечно, удачные проекты, выполненные и светотехниками, но они скорее исключение, чем правило. Наконец, когда архитектурным освещением занимаются коммерсанты, то получаются города, находясь в которых можно и нужно учиться, как не надо освещать. Такими городами, на мой взгляд, являются Санкт-Петербург в России и Астана в Казахстане, которые являются архитектурными достопримечательностями днем и «учебником ошибок» ночью.

На мой взгляд, объектов, которые следует дополнительно художественно освещать, не так много. Это: здания-вехи, ориентиры, опорные точки города (как правило, это высотные здания, телебашни, водонапорные башни, храмы, т.п.); исторические монументы и памятники, памятники архитектуры, театры. Совершенно нет необходимости дополнительно освещать все фасады, выходящие на центральные улицы города. Намного лучше, экономиче-

ски эффективнее и художественно целесообразнее, сделать хорошее функциональное освещение улицы (проезжей части и пешеходных тротуаров), используя современные светильники, совмещающие в себе функциональность и декоративность, работающие с новыми металлогалогенными лампами с керамическими горелками, дающими тепло-белое, излучение с высокими цветопередающими свойствами, а не «надоедливое» жёлтое, с эффективной, неслепящей и не засвечивающей окна жилых домов и гостиниц оптикой.

Возьмите Невский проспект в Санкт-Петербурге. Если грамотно выполнить функциональное освещение, используя красивые и эффективные светильники, то отпадет надобность в освещении отдельных зданий и по проспекту можно будет пройти с удовольствием. Сейчас же и ездить, и ходить по Невскому проспекту при искусственном освещении – просто мука: фонари слепят и водителей, и пешеходов.

Дело светотехников, во-первых, **грамотно реализовывать художественные замыслы архитекторов, а во-вторых, следовать национальным и международным рекомендациям по устройству городского освещения.** В этой части небесполезно было бы популяризировать содержание технического отчета МКО CIE 136 «Руководство по освещению городских зон», выпущенного в 2000 г.

Координировать использование в городской среде разные виды наружного освещения должны городские власти, в структуре которых есть организации, способные выполнять эту функцию, например, ГлавАПУ. Контролировать правильность реализации проектных решений должен тот же орган, который утвердил это проектное решение, создав в своей структуре измерительную лабораторию.





## РАЗМЫШЛЕНИЯ НЕЗАВИСИМОГО ЭКСПЕРТА НА ЗАДАННУЮ ТЕМУ

**Юрий Владимирович Назаров**

доктор искусствоведения, профессор,  
Президент Союза Дизайнеров России

Основой любого архитектурного произведения является *ритм*. Именно его и не хватает при реализации проектов светового дизайна в натуре. Монотонность, измельченность, фрагментарность – все эти упущения сказываются на формировании ночного образа здания или сооружения. К типичным ошибкам можно отнести отсутствие контраста между большими освещёнными поверхностями и выделением определенных архитектурных деталей, «размывание» абриса здания. Авторы вынесенной для обсуждения публикации много говорят о светодинамике и цветовой палитре архитектурного освещения. Здесь вопрос скорее экономический, но город вечером должен быть таким же полноцветным, как и днём! Иначе всё окружение начинает восприниматься

как сюрреалистический монохромный сон. Кстати, с рекламой бороться бессмысленно. Скорее необходимо выработать алгоритм сотрудничества, поскольку цвет в городе в основном получается с помощью рекламы.

Световое решение пешеходных зон уже отработано в мировой практике. Недостаток освещённости нельзя трактовать как проблему чисто светодизайнерскую, она, скорее, светотехническая. Что касается разнообразия светящихся форм и объектов, то здесь дело за разработчиками и изготовителями. В идеале, каждый парк и сквер в Москве должен иметь свой неповторимый дизайн светильников разного назначения: газонных, партерных, размещённых в городской мебели, консольных, расположенных на опорах, подвесных и т. д.

Координацией вопросов светодизайна в Москве должна заниматься служба главного художника города.

В Главмосархитектуре существует Управление комплексного благоустройства. Надзорные функции должны быть переданы ему.

С документом под названием «Руководство» не знаком. Но из аналогичных документов можно извлечь определенный опыт. При разработке фирменных стилей используются так называемые «бренд-буки». То есть, определенные нормативные руководства по использованию дизайнерских проектов на практике. Подобные светодизайнерские «бренд-буки» надо создавать по префектурам. На центральные магистрали и площади должен существовать особый «бренд-бук», созданный на конкурсной основе. Каждые три года эти нормативы должны пересматриваться с целью модернизации и совершенствования. Средства на реализацию данной программы нужно взять из регионального и местного бюджета, опираясь на «Концепцию развития отечественного дизайна», принятую Правительством РФ 12 октября 2006 г.

	 <b>Белый свет</b> ™ С нами Вы всегда найдете <u>выход</u>	<b>9 лет на рынке аварийного освещения.</b>  <b>Свыше 100 наименований светильников</b>
<b>Производство светильников аварийного освещения, аккумуляторных батарей и блоков аварийного питания</b>	ООО «Белый свет 2000» 125080, г. Москва, Факультетский пер., Д.12 Тел./факс:(495) 785-17-67 <a href="http://www.belysvet.ru">www.belysvet.ru</a>	



## О ДАЛЬНЕЙШЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ МОСКВЫ

**Ирина Геннадьевна Цветкова**  
инженер, мастерская № 9 ГУП «Моспроект-3»

Характерным отличительным признаком архитектурного освещения в последнее время стал концептуальный подход к освещению городов. Концепции освещения городов Астана, Сочи, Липецк были разработаны в Мастерской № 9 ГУП «Моспроект-3» и ООО НПСР «Светосервис».

Согласна с авторами статьи в том, что многие творческие задачи архитекторов и светодизайнеров остаются нерешёнными.

Появилось много частных компаний, которые проектируют архитектурное освещение отдельных, чаще всего вновь возводимых, объектов без концептуальной градостроительной проработки. Средняя яркость фасадов освещённых зданий, не имеющих исторической ценности, намного выше яркости фасадов культурных сооружений или памятников истории и культуры, расположенных рядом. Назрела насущная необходимость в разработке единой концеп-

ции формирования светоцветовой среды для Москвы, которая должна стать регламентирующим документом для всех организаций, занимающихся проектированием архитектурного освещения.

Для цветового решения здания существует колористический паспорт, который разрабатывается для всех зданий столицы с учётом исторических особенностей каждого градостроительного ансамбля. Функция освещения – структурировать и организовывать пространство в архитектурное целое. Необходимо разработать и внедрить такой же паспорт на архитектурное освещение зданий, в котором должны прописываться светоконпозиционные ограничения, приёмы освещения объектов и территорий различного функционального назначения и масштаба. Основанием для создания такого паспорта станет единая концепция формирования светоцветовой среды города

Москвы, согласованная с автором (заказчиком) архитектурного проекта, а для памятников архитектуры – с реставраторами и Главным Управлением охраны памятников г. Москвы, и во всех случаях – с УКБГ МКА (Управление комплексного благоустройства города «Москомархитектуры»).

Паспорт архитектурного освещения объектов и территорий должен стать частью утверждаемой проектной документации и основой для формирования в «Москомархитектуре» полной базы данных об архитектурном освещении города.

«Москомархитектура» совместно с Заказчиком может осуществлять выборочный контроль качества реализации проектов архитектурного освещения объектов и территорий.

Процесс освещения – это комплексное решение множества связанных между собой задач. Современное общество требует от освещения не только выполнения функциональных требований, но и соответствия современным представлениям о гармоничном световом окружении. Примеры освещения водоёмов, фонтанов, скульптурных композиций в парках можно увидеть только в центральной части города. Создание осветительных установок зачастую начинается уже после установки памятника, когда благоустройство территории уже завершено. Было бы правильным разрабатывать ландшафтное освещение одновременно с проектированием скульптурных композиций и делать световой паспорт объекта.

Как правильно отмечают авторы статьи, за последние несколько лет в результате реконструкции освещения Москва стала намного ярче, появилось много разнообразных по дизайну и светотехническим характеристикам светильников. Однако такие приборы можно встретить в любом российском или зарубежном городе (рис. 1). Москва имеет свои исторические традиции освещения, начиная с керосиновых и газовых фонарей. Над созданием светильников для освещения памятника А.С. Пушкину, территории около Большого театра трудились известные архитекторы. Но старинные опоры с характерными для Москвы кронштейнами, можно увидеть только в музее «Огни Москвы» (рис. 2), да



Рис. 1

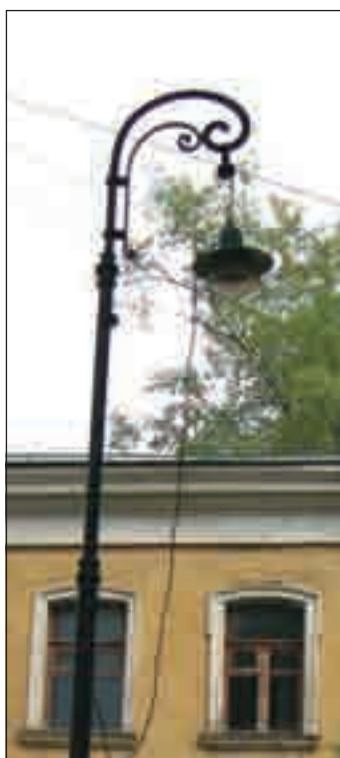


Рис. 2





Рис. 3 ▲▶▶▶

на логотипе официального письма ГУП «Моссвет». Для освещения уникальных архитектурных объектов осветительные приборы покупаются, в основном, у зарубежных производителей.

Если взять в качестве примеров известные города мира, то можно заметить, что для исторических зон сохраняется стилизация неповторимого дизайна светильников, присущая только данной местности (рис. 3). В Нью-Йорке на Манхэттене остаются опоры с кронштейнами, разработанные ещё в 30 годы (рис. 4).



Рис. 4 ▲▶



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7 ▲▶



Рис. 8 ▲▶



Правда, похожий дизайн можно встретить и в других американских городах (рис. 5). Надо отметить, что в некоторых городах для особо популярных пешеходных зон разрабатываются новые нетрадиционные стилевые решения для осветительных установок, не зависящие от их исторического местонахождения (рис. 6), а в некоторых случаях эти зоны становятся полигоном для испытания новых технологических решений. Например, светильники отраженного света (рис. 7, 8) и световой столбик в Шотландии (рис. 9).

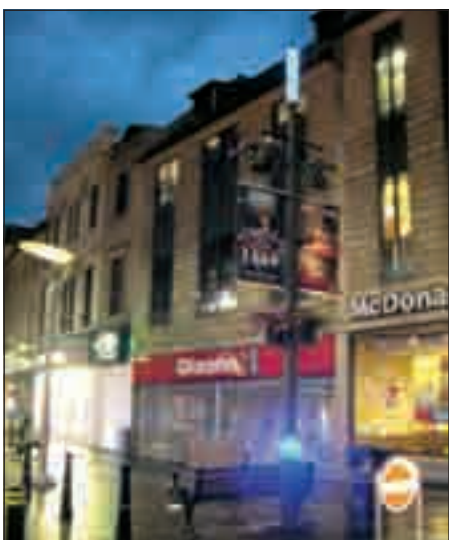


Рис. 9 ▲▶



Для современных же территорий застройки принято разрабатывать единую концепцию благоустройства вместе с освещением. В качестве интересного примера можно привести оригинальный дизайн опор функционального освещения в международном аэропорту в городе Миннеаполисе, штат Миннесота, США. Форма кронштейна дублирует конструктивный изгиб навесов над автобусными остановками, которые, в свою очередь, похожи на форму кровли терминала (рис. 10). В современном же деловом центре Миннеаполиса установлены простые, но характерные для всего района одинаковые опоры (рис. 11). В Эдинбурге на территории морского порта также установлены оригинальные светиль-



ники, не имеющие аналогов в других районах города (рис. 12).

Хочется сказать ещё об одной проблеме Москвы. В исторических городах, имеющих узкие переулки и улицы, не используют воздушные линии для освещения, а также светящиеся вывески магазинов и рекламу, закрывающие перспективное восприятие улицы. Очень бережно к историческому наследию относятся в Зальцбурге (рис. 13) и в Эдинбурге (рис. 14), где светильники, выполняющие функцию наружного освещения, установлены на стенах зданий.

Пришло время разработать уникальную, никогда и нигде ранее не применявшуюся серию новых высокоэффективных осветительных установок специально для Москвы:

- для исторической зоны центра Москвы – в стиле «ретро», на основе исторического опыта проектирования осветительных установок в России;
- для территорий современной градостроительной застройки – с использованием современных конструктивных стилей («арт-дизайн», «хай-тек» и др.);
- для изготовления элементов осветительных установок должны использоваться литой чугун и композитные материалы.

Одновременно может быть разработана серия особых осветительных установок, объединяющих две



Рис. 10 ▲►



Рис. 11 ◀▲



Рис. 12



Рис. 13



Рис. 14

функции: освещения и световой рекламы.

Для применения в других регионах данная серия может быть немного видоизменена, чтобы сохранить Москве уникальный световой облик.

Мы входим в новую фазу развития искусственного освещения, которую можно условно назвать «световой поддержкой». Эта фаза ориентирована не только и не столько на технические достижения, сколько на культурную эволюцию человечества.



## О СОВРЕМЕННОМ АРХИТЕКТУРНОМ ОСВЕЩЕНИИ

**Надежда Семёновна Перова**

кандидат технических наук, ООО «Светосервис»

Архитектурное освещение стало необыкновенно популярно во многих городах России. Много сотрудников различных организаций участвуют в создании осветительных установок (ОУ) архитектурного освещения, поэтому дискуссия по данной проблеме, организованная журналом «Светотехника», представляется своевременной и актуальной. В настоящее время в Москве функционирует огромное количество самых разнообразных ОУ для объектов различного назначения с использованием различных приемов освещения, осветительных приборов и источников света. К сожалению, дизайнерский и светотехнический уровень этих ОУ не всегда отвечает предъявляемым к ним требованиям, не проходят согласований в Москомнаследии и Москомархитектуре.

Традиционно считается, что архитектурное освещение должно с помощью искусственного света переда-

вать облик объекта, идентичный его облику при естественном освещении. Однако, за последние годы появились и строятся здания со стеклянными фасадами большой этажности. Архитектурное освещение подобных объектов создает, зачастую, своеобразный облик объекта в темное время суток, отличный от дневного. Такие здания создают проектировщику архитектурного освещения трудные, порой неразрешимые задачи. Действие традиционных осветительных приборов локального либо заливающего света, установленных вне здания, основано на зрительном восприятии отраженного светового потока. Для стеклянного фасада указанные приемы освещения малоэффективны. Приходится искать либо другие приемы освещения, либо применять принципиально новые средства освещения. Кроме того, для успешного решения поставленных задач необходима совместная работа

архитектора, проектирующего здание, и светотехника, занимающегося его архитектурным освещением, которая должна осуществляться как можно раньше — на начальной стадии архитектурного проектирования. Совместными усилиями должно выработаться видение объекта в темное время суток с учетом возможностей расположения осветительного оборудования для реализации концепции архитектурного освещения.

Одним из целесообразных приемов освещения стеклянных фасадов зданий является освещение интерьера. «Светящийся фасад» обеспечивается путем освещения ограждающих плоскостей интерьера, создающего необходимую яркость остекления фасадов. В данном случае применяются светильники с ЛЛ, установленные внутри здания над световым проёмом (рис. 1). Но и в этом случае возникает ряд сложностей. Данный прием абсолютно непригоден для жилых зданий и гостиниц.

Светодиоды, имеющие массу преимуществ, активно внедряются в архитектурное освещение. Светодиодные устройства разнообразной конфигурации с минимизированными размерами, продолжительным сроком службы, возможностью работы при широком диапазоне температур



Рис. 1. «Москва — СИТИ». Концепция освещения участка 10



Рис. 2. Раушская набережная





Рис. 3. «Москва – СИТИ». Концепция освещения участка 13



Рис. 4. Гостиницы «Золотое кольцо» и «Будапешт»



Рис. 6. Батареи прожекторов на крыше ГУМа



Рис. 5. Гостиница «Саввой»

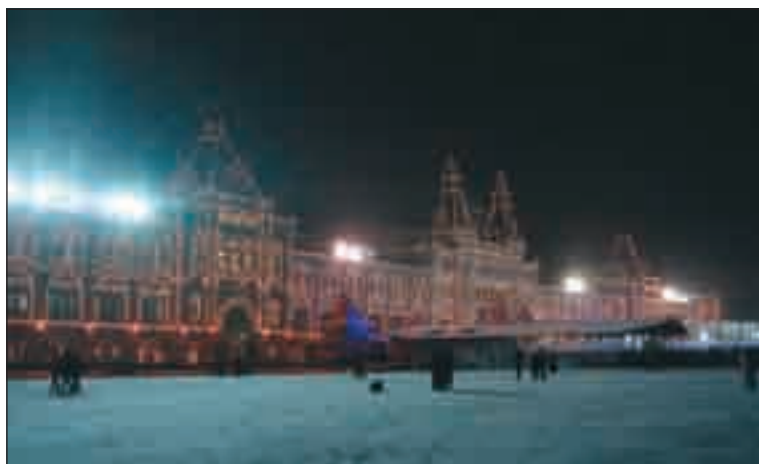


Рис. 7. Здание ГУМа

окружающей среды, разнообразным светораспределением, спектральным составом или цветом излучения, позволяют широко использовать их в труднодоступных местах для других более крупных средств освещения (рис. 2).

Еще один приём, используемый на стеклянном фасаде большой площади, — «Светоцветовая графика» — требует определения реального места установки осветительных устройств, исходя из структурных возможностей строящегося объекта: внутри стеклопакетов или в их импостах (рис. 3), на облицовке межэтажных перекрытий и т.п. На наш взгляд, перенасыщать ежедневную городскую панораму яркими пятнами и светоцветовой динамикой, нарушающими комфортность световой среды, не следует. Такое ос-

вещение уместно только для режима работы в праздничные дни. Действующие ОУ московских гостиниц «Золотое кольцо» и «Будапешт» основаны на «световой графике» — вертикалях из светодиодных труб RGB с процессорами, позволяющими создавать различные картины на условных светящихся экранах (рис. 4). Подобные установки могут иметь место лишь для незначительного числа зрелищных объектов. Массовое решение освещения фасадов подобным приемом в деловом городе недопустимо. В будущем, когда у нас появятся свои «Лас-Вегасы», тогда другое дело...

Говоря об архитектурном освещении традиционных фасадов в Москве или за ее пределами, можно отметить следующие повторяющиеся недостатки:

- установка прожекторов локального освещения практически на фасаде, т.е. без кронштейнов, не обеспечивает условий, необходимых для достаточно равномерного распределения светового потока по фасаду; в результате на нём образуются яркие пятна;
- установка прожекторов локального освещения световым отверстием в нижнюю полусферу без обеспечения защитного угла приводит к повышенному слепящему действию;
- выбор спектрального состава излучения без учета колористических свойств фасада;
- применение неэффективных галогенных ламп накаливания;
- направление части светового потока в окна жилых зданий и гостиниц (рис. 5);

# Эффективность белых светодиодов

А.А. БОГДАНОВ, А.В. ФЕОПЁНТОВ

ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»

Конструктивное исполнение большинства белых светодиодов, выпускаемых в настоящее время, основано на использовании полупроводникового чипа со спектром излучения в синей области, который возбуждает люминофор, имеющий спектр люминесценции в желтой области видимого спектра.

Использование люминофоров для преобразования энергии излучения связано с неизбежными потерями, как минимум, из-за конечной эффективности люминофоров и стоксовского сдвига [1]. Поэтому существует необходимость определения эффективности преобразования энергии в белом светодиоде и ее максимального значения. Эффективность такого СД можно оценить методом, основанным на использовании значений мощности его излучения на различных этапах изготовления.

Мощность излучения белого СД зависит от его цвета излучения, а точнее, от соотношения в спектре желтой и синей составляющих. Для учета цвета излучения, а также для исполь-

зования в производстве при сортировке СД на группы по цветовому оттенку белого излучения предлагается новая система областей белого цвета (рис. 1). В пределах одной области излучение светодиодов воспринимается глазом практически как излучение одного цветового оттенка. Вертикальные линии, разграничивающие новые области, проведены как продолжение аналогичных линий стандарта Cree [2] и обеспечивают разделение по желтому и синему цветовым оттенкам. Горизонтальные линии новых областей проведены параллельно касательным к линии цветности излучения абсолютно черного тела и обеспечивают разделение по красному и зеленому цветовым оттенкам. С двух сторон новые области белого цвета ограничены линиями, соединяющими, если их продолжить, координаты цветности используемых люминофоров и точки, соответствующие доминантным длинам волн (455÷475 нм) используемых чипов.

Наиболее важные для создания систем освещения области выделены в табл. 1. Остальные области введены для применений без жестких требований по цвету.

Эффективность преобразования энергии в белом СД может быть определена как отношение мощности излучения белого СД к мощности излучения синего СД. При этом в идеальном случае, отличие СД состоит только в наличии в белом СД люминофора. Все остальные конструктивные параметры синего и белого СД идентичны, в том числе и тип применяемого чипа.

Мощность излучения белого светодиода  $P_б$  (рис. 2, б) можно представить как сумму двух составляющих – мощности синего излучения  $P_с$ , выходящего из СД без контакта с частицами люминофора, и мощности желтого излучения  $P_ж$ , которое представляет собой результат преобразования оставшейся части синего излучения мощностью  $P_{люм}$ , попадающего на поверхность частиц люминофора. При этом мощность излучения синего светодиода  $P$  (рис. 2, а), в котором люминофор отсутствует, складывается из мощностей излучений  $P_с$  и  $P_{люм}$ .

Данная схема предполагает допущения, заключающиеся в том, что:

- 1) из синего светодиода все излучение выводится без потерь;
- 2) все синее излучение, не попадающее на люминофор ( $P_с$ ), и все излучение люминофора ( $P_ж$ ) выводится из белого светодиода без потерь;
- 3) отраженное люминофором синее излучение теряется при поглощении элементами конструкции светодиода.

Таким образом, эффективность преобразования  $\vartheta$  может быть определена как

$$\vartheta = \frac{P_б}{P} = \frac{P_ж + P_с}{P_{люм} + P_с} = \frac{1 + \frac{P_ж}{P_с}}{1 + \frac{P_{люм}}{P_с}}. \quad (1)$$

Обозначим отношение желтой и синей составляющих в энергетическом спектре излучения белого светодиода как  $C$ . Это отношение однозначно соответствует цвету излучения светодиода:

$$C = \frac{P_ж}{P_с}. \quad (2)$$

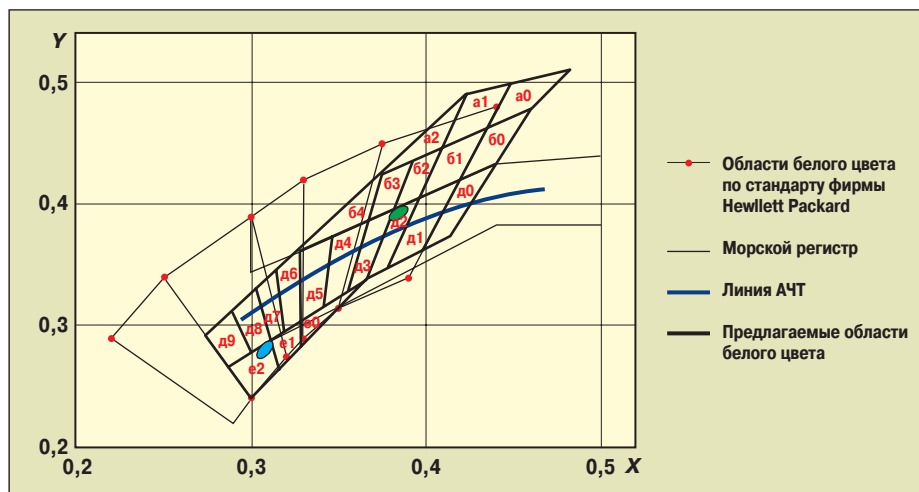


Рис. 1. Система областей белого цвета в координатах цветности МКО1931



Таблица 1

Области цвета для систем освещения  
(согласно рис. 1)

Области	$T_{ц}, K$	Цвет излучения
д0	3200 ÷ 3500	теплый белый
д1 ÷ д5	3500 ÷ 5600	естественный белый
д6 ÷ д9	5600 ÷ 10 400	холодный белый

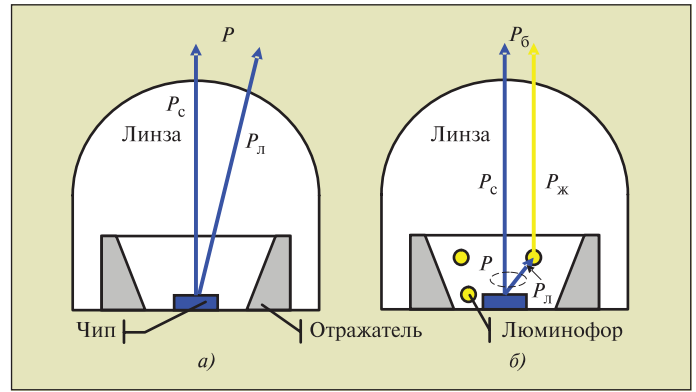


Рис. 2. Схема представления мощностей излучения в синем (а) и белом (б) светодиодах в виде составляющих

Общий параметр эффективности люминофора обозначим как  $\xi$ . Этот параметр связывает мощности желтого  $P_{ж}$  и попадающего на поверхность частиц люминофора, оставшегося синего  $P_{люм}$  излучений.

$$P_{ж} = \xi P_{люм}. \quad (3)$$

Рассмотрим преобразование энергии синего излучения люминофором. На рис. 3. представлена схема этого преобразования. Первые потери энергии обусловлены неполным поглощением возбуждающего (синего) излучения люминофором. Они характеризуются коэффициентом отражения  $R$ . В дальнейшем потери энергии имеют место при безызлучательном рассеянии в структуре люминофора. Они характеризуются квантовой эффективностью  $\eta$ . И, наконец, потери за счет стоксовского сдвига характеризуются отношением эффективных частот излучения люминофора  $\nu_{CP}$  и излучения чипа  $\nu_{CE}$ . Или, в упрощенном виде, отношением эффективных длин волн излучения чипа  $\lambda_{CE}$  и излучения люминофора  $\lambda_{CP}$ .

То есть, общий параметр эффективности  $\xi$  учитывает квантовую эффективность люминофора, эффективность поглощения и стоксовский сдвиг:

$$P_{ж} = \xi P_{люм} = \eta(1-R) \frac{\nu_{CP}}{\nu_{CE}} P_{люм} \cong \eta(1-R) \frac{\lambda_{CE}}{\lambda_{CP}} P_{люм}. \quad (4)$$

Наиболее точно параметр  $\xi$  может быть определен в интегральной форме:

$$\xi = \left( \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} (1-R(\nu)) \varphi(\nu) d\nu}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} \varphi_E(\nu) d\nu} \right) \times$$

$$\times \left( \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} \eta(\nu) \varphi_E(\nu) d\nu}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} \varphi_E(\nu) d\nu} \right) \frac{\nu_{CP}}{\nu_{CE}}, \quad (5)$$

где  $\nu$  – частота излучения;  $R$  – спектральный коэффициент отражения люминофора;  $\varphi_E$  – спектральная плотность потока излучения чипа;  $\nu_1 - \nu_2$  – диапазон частот излучения чипа;  $\eta$  – спектральная квантовая эффективность люминофора.

Выразив все величины мощностей излучения, входящие в уравнение (1) через  $P_{люм}$ , после преобразований получаем окончательное выражение для эффективности преобразования энергии в белом светодиоде:

$$\vartheta = \frac{\xi + C\xi}{\xi + C} = \frac{1 + C}{1 + \frac{C}{\xi}}. \quad (6)$$

Данная зависимость позволяет получить для заданного цвета излуече-

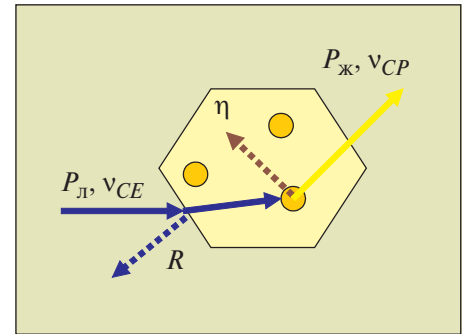


Рис. 3. Схема преобразования люминофором энергии синего излучения

ния и люминофора значение максимально достижимой на практике эффективности преобразования энергии в белом СД. Формула (6) описывает эффективность преобразования для такого варианта конструктивного исполнения белого СД, в котором отсутствуют дополнительные по сравнению с синим СД потери энергии, кроме тех, что связаны с неполным поглощением синего излучения люминофором, безызлучательным рассеянием в самом люминофоре и стоксовским сдвигом. В реальных условиях наблюдаются отклонения от максимальной эффективности преобразования в меньшую сторону. Эти отклонения связаны с различными конструктивными факторами белого СД, обуславливающими дополнительные потери энергии.

По методике [3], разработанной в Philips Lumileds Lighting Company, оценка эффективности преобразования  $\vartheta$  производится, исходя из квантовой эффективности люминофора  $\eta$  и значения стоксовского сдвига, и

Сравнение методов расчета (усредненные данные)

Координаты цветности		$T_{ц}, K$	$C$	$\vartheta$ , расчет по формуле (7)	$\vartheta$ , расчет по формуле (6)	Действительная эффективность преобразования
$x$	$y$					
0,38	0,39	4100	4,0	0,70	0,68	0,63
0,31	0,28	7400	1,5		0,72	

выражается формулой, представимой в виде

$$\vartheta = \eta \frac{V_{CP}}{V_{CE}} \quad (7)$$

При этом не учитываются потери при отражении люминофором синего излучения и, что важнее, цвет излучения белого СД.

Рассмотрим пример расчета предельной эффективности и сопоставления ее с действительными значениями. На основе стандартных чипов с полупрозрачным контактом с размерами 0,3×0,3 мм со средней эффективной длиной волны излучения  $\lambda = 462$  нм производятся белые и синие СД. Конструктивное исполнение белых СД отличается наличием люминофора со следующими характеристиками (при возбуждении излучением, близким по спектральному составу к излучению чипа): квантовая эффективность  $\eta = 90$  %, коэффициент отражения  $R = 10$  %, эффективная длина волны  $\lambda = 597$  нм. Расчет согласно формуле (4) дает значение общего параметра эффективности данного люминофора  $\xi$  в светодиоде с указанным чипом на уровне 0,63.

В табл. 2 приведены расчетные и реальные значения предельной эффективности преобразования энергии для двух выборок белых СД, характеризующихся разными цветовыми температурами излучения — 4100 К и 7400 К. Координаты цветности белых СД в выборках и соотношения между мощностями желтого и синего излучения  $C$  в среднем

также представлены в таблице 2. Области на диаграмме цветности, в которые попали значения координат цветности, показаны на рис. 1 зеленым и голубым цветом, соответственно.

Расчет с помощью формулы (6) дает принципиально более точные результаты, поскольку учитывает изменение эффективности преобразования от цвета излучения.

При исследовании выборок белых и синих СД на основе кристаллов, смонтированных флип-чип-методом были получены следующие диапазоны значений эффективности для  $T_{ц} \cong 4000$  К:

- на светодиодах с размерами кристаллов 0,7×0,56 мм эффективность  $\vartheta = 0,54 \div 0,58$ , что в среднем на 18 % меньше предельного значения (0,68);
- на светодиодах с размерами кристаллов 1,4×1,4 мм  $\vartheta = 0,56 \div 0,60$ , что в среднем на 15 % меньше предельного значения (0,68).

Сравнение этих показателей с достигнутыми на СД на основе стандартных чипов с полупрозрачным контактом показывает необходимость совершенствования белых СД с кристаллами, смонтированными методом флип-чип.

В заключение отметим, что разработанный метод позволяет рассчитать предельную эффективность преобразования с учетом свойств применяемого люминофора и цвета излучения светодиода. В процессе разработки светодиодов этот метод применяется на этапах для оценок технологии изготовления белого светодиода, его конструктивного

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mueller-Mach R., Mueller G.O., Krames M.R., Trottier T.* “High-Power Phosphor-Converted Light-Emitting Diodes Based on III-Nitrides”, IEEE J. on Selected Topics in Quantum Electronics, 8(2), 340 (2002).
2. “Cree XLamp XR LED Binning and Labeling” [Electronic resource]. — Electronic data. — Cree Inc., 2007. — Mode access: [http://www.cree.com/products/pdf/XLamp7090XR\\_B&L.pdf](http://www.cree.com/products/pdf/XLamp7090XR_B&L.pdf)
3. *Mueller G.O., Mueller-Mach R.* “Color Conversion of LED Light”, in Proc. of Phosphor Global Summit’06 (CD-ROM), San Diego, USA, 2006, p. 15.



**Богданов Александр Александрович**, кандидат технических наук, доцент. Закончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) в 1997 г. Начальник отдела разработки оптоэлектронных приборов ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»



**Феопанов Анатолий Валерьевич**, инженер. Закончил Санкт-Петербургский государственный технический университет (СПбГТУ) в 1998 г. Ведущий инженер ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника»



# Расчёты светодиодных модулей для местного освещения

Э.М. ГУТЦАЙТ, А.Е. КРАСНОПОЛЬСКИЙ, Д.В. МИЛЮТИН  
МЭИ (ТУ)<sup>1</sup>, МИСИС (ТУ)

В статье представлены результаты расчётов параметров светодиодных модулей (СДМ), содержащих белые светодиоды (СД) с шестью ( $k = 1-6$ ) разными, широкими и узкими КСС, одинаковыми во всех азимутальных плоскостях (рис. 1). При этом КСС типа 1 имеют некоторые СД фирмы Lumileds Lighting (Philips) без вторичных полимерных линз [1]; КСС типа 2 имеют СД NSPWR70SS фирмы Nichia Corp. [2]; и типа 3-6 – СД производства ООО НПЦ «ОПТЭЛ» [3, 4] (У-332, У-345Э и др.).

В соответствии с этим рассматриваемые ниже СД будут называться СД типов 1-6 с указаниями их углов излучения ( $2\theta_{0,5}$ ).

Освещенность ( $E$ ) в любой точке ( $x, y$ ) освещаемой рабочей поверхности (р.п.) от каждого СД с силой света ( $I$ ) в направлении точки ( $x, y$ ) рассчитывалась по формуле

$$E(x, y, i, j) = \frac{I(x, y, i, j) \cos(\theta(x, y, i, j))}{(x - i\Delta x)^2 + (y - j\Delta y)^2 + h^2}, \quad (1)$$

<sup>1</sup> E-mail: edgut@migmail.ru

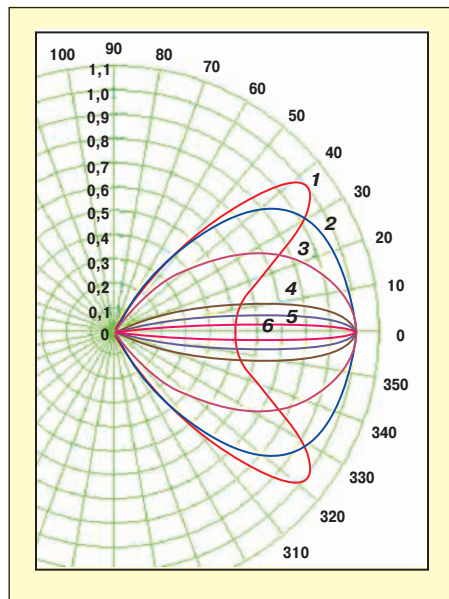


Рис. 1. КСС 6-ти типов светодиодов с разными оптическими системами

где  $i$  – порядковый номер СД по оси  $x$  с интервалами  $\Delta x$ ,  $j$  – номер СД по оси  $y$  с шагом  $\Delta y$  и  $h$  – расстояние от СДМ до рабочей поверхности, как показано на рис. 2,

$$\theta(x, y, i, j) = \arctg\left(\frac{\sqrt{(x - i\Delta x)^2 + (y - j\Delta y)^2}}{h}\right).$$

Освещенность от всех СД в любой точке р.п. определялась суммой

$$E(x, y) = \sum_i \sum_j E(x, y, i, j). \quad (2)$$

При расчетах по формулам (1) и (2) использовались аппроксимирующие выражения экспериментальных или «паспортных» КСС в виде:

- многочленов  $n$ -й степени, коэффициенты которых определялись в среде MathCad;
- аналитических формул;
- сглаживающих сплайнов в среде MatLab.

Аналитические формулы получились близкими к опубликованным в

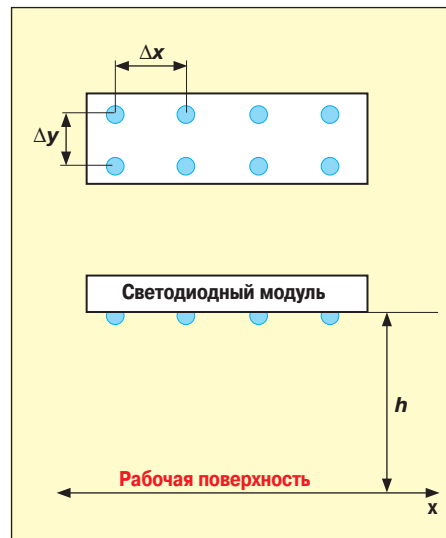


Рис. 2. Оптико-геометрическая схема расчёта по формулам (1) и (2); на верхней проекции – вид светодиодного модуля снизу, на нижней – сбоку

[5] и выглядели следующим образом.

Для СД 1-го и 2-го типов (с углом излучения  $2\theta_{0,5} = 100^\circ$ ) КСС определялись выражениями:

$$I_1 = 0,5 \left[ \frac{\cos(p_1\theta)}{\cos[1,2(\sin(2,2\theta))^{1,3}]} \right]^{1,16}$$

и

$$I_2 = \left[ \frac{\cos(p_2\theta)}{\cos[1,2(\sin(1,23\theta))^{1,18}]} \right]^3 + 0,1\theta;$$

где угол  $\theta$  в радианах.

Для остальных типов СД КСС, то есть  $I_3$  ( $2\theta_{0,5} = 70^\circ$ ),  $I_4$  ( $2\theta_{0,5} = 35^\circ$ ),  $I_5$  ( $2\theta_{0,5} = 15^\circ$ ) и  $I_6$  ( $2\theta_{0,5} = 5^\circ$ ) аппроксимировались формулами:

$$I_3 = \cos^{1,3}(p_3\theta);$$

$$I_4 = \cos^5(p_4\theta);$$

$$I_5 = \cos^5(p_5\theta)$$

$$\text{и } I_6 = \cos^3(p_6\theta). \quad (4)$$

В (3) и (4)  $p_1 = 1,275$ ;  $p_2 = 1,32$ ;  $p_3 = 1,5$ ;  $p_4 = 2$ ;  $p_5 = 3,8$  и  $p_6 = 15,5$ .

Эти формулы дают погрешность аппроксимации экспериментальных КСС СД в пределах 5–7%. Однако при расчетах по формулам (1)–(4) большого количества СД погрешность существенно возрастает. Ещё более значительные погрешности получались при использовании многочленов  $n$ -й степени. Наиболее точные результаты были получены при аппроксимации КСС сглаживающими сплайнами.

Рассмотрим результаты расчётов одномерного СДМ, когда СД расположены в одну линию с определенным интервалом  $\Delta x$  между ними. Затем осуществим переход к двумерному СДМ, расположенному в плоскости  $XOY$ . Расчёты  $E(x, y)$  от двумерных СДМ выполнялись для неповёрнутых (как на рис. 2) и повёрнутых СД, показанных схематически на рис. 3, где стрелками обозначены направления оптических осей СД, повёрнутых наружу.

**Анализ результатов расчёта одномерных модулей и переход к двумерным СДМ.** Расстояние ( $h$ ) от СДМ до линии, в точках  $x$  которой определялись освещенности  $E(x)$ , было взято равным 1 м. Результаты расчетов  $E(x)$  (в отн. ед.) по формулам (1)–(3) в одномерном варианте представлены

кривыми на рис. 4, где соответствующее количество СД отмечено цифрами.

При увеличении числа СД, добавляемых с шагом  $\Delta x$ , освещенность увеличивается до максимальной величины, определяемой значением  $\Delta x$ , после чего она приобретает периодический характер, проходя через минимумы и максимумы, разница между которыми тоже зависит от  $\Delta x$ . При малых  $\Delta x$  обеспечивается большая освещенность с высокой равномерностью её распределения, для чего необходимо достаточно большое количество СД. Выбор  $\Delta x$  связан и с типом КСС. Нарастание освещенности может иметь «аномальный» характер, когда с увеличением количества СД центральный минимум переходит в максимум и равномерность распределения освещенности сначала ухудшается (например, от двух до шести СД при  $\Delta x = 500$  мм), а затем улучшается за счёт образования полочки, как это видно из рис. 4, а. Нарастание освещенности происходит, когда КСС имеет только один максимум. С увеличением количества СД и уменьшением  $\Delta x$  равномерность распределения освещенности только улучшается (см. рис. 4, б).

Представляют интерес также зависимости максимумов  $E(x)$  от количества СД для различных  $\Delta x$ , показанные, например, на рис. 5 для СД типа 3.

Для определения светового потока СД  $k$ -го типа, имея соответствующую КСС ( $I_k(\theta)$ ) в виде формулы или графика и зная соответствующую абсолютную осевую силу света СД ( $I_{0,k}$ ), можно воспользоваться формулами, приведенными в [6].

$$\Phi_k = 2\pi I_{0,k} \int_0^{\frac{\pi}{2p_k}} I_k(\theta) \sin\theta d\theta, \quad (5)$$

где  $p_k$  – значение параметра в аналитической аппроксимирующей формуле (см. выше) для  $I_k(\theta)$ ; его введение в формулу (5) соответствует тому, что  $p_k(\theta) \leq \pi/2(90^\circ)$ .

$$\Phi_k = I_{0,k} \sum_{q=1}^n I_{k,q}(\theta) \Delta\omega_q, \quad (6)$$

где  $\Delta\omega_q = 2\pi(\cos\theta_q - \cos\theta_{q+1})$  –  $q$ -й зональный телесный угол,  $n$  – ко-

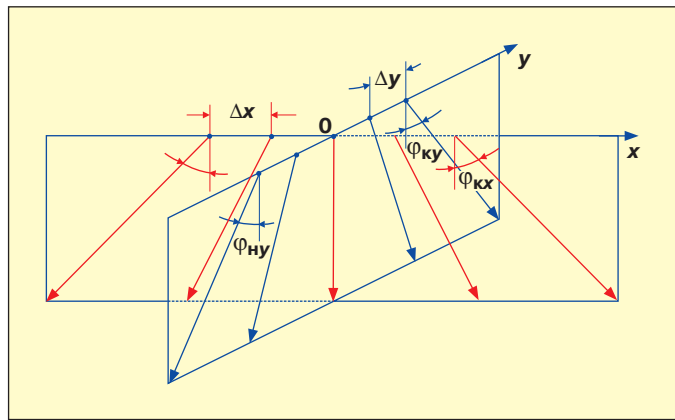


Рис. 3. Двумерный светодиодный модуль, расположенный в плоскости XOY, с повернутыми светодиодами (в пределах углов  $\Phi_{hx} - \Phi_{kx}$  по оси  $x$  и  $\Phi_{hy} - \Phi_{ky}$  по оси  $y$ )

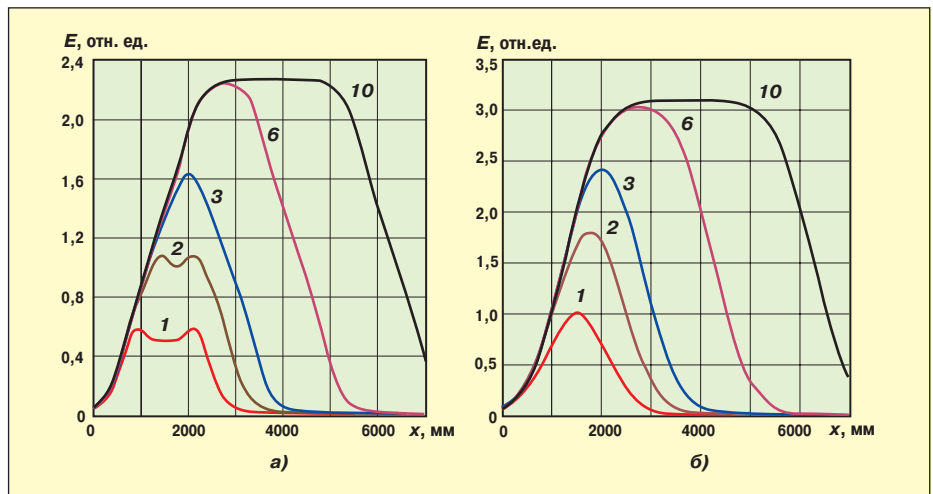


Рис. 4. Распределения освещенности  $E(x)$  при  $h=1$  м и  $\Delta x = 500$  мм:

а – светодиодный модуль со светодиодами типа 1; б – то же со светодиодами типа 2

Таблица 1

Результаты расчетов световых потоков светодиодов шести типов ( $k = 1-6$ )

$k$	$2\theta_{0,5}$ , град	$I_{0,k}$ , кд	$\Phi_k$ , лм (по формуле (5))	$\Phi_k$ , лм (по формуле (6))
1	100	0,5	2,05	1,95
2	100	1	2,44	2,25
3	70	1	1,3	1,16
4	35	1	0,272	0,278
5	15	1	0,076	0,1
6	5	1	0,007	0,006

личество соответствующих зон, а  $I_{k,q}(\theta)$  – среднее значение силы света  $I_k(\theta)$  в  $\Delta\omega_q$ .

Результаты расчетов по формулам (5) и (6) приведены в табл. 1.

Естественно, что по формулам (5) или (6) могут рассчитываться  $I_{0,k}$  по известным  $\Phi_k$  и  $I_{k,q}(\theta)$ .

Этапы расчета количества СД ( $N_x \times N_y$ ) и расстояния между ними для обеспечения заданной освещенности ( $E_{нор}$ ) при равномерном освещении

р.п. заданных поперечных размеров ( $m \times n$ ) от СДМ, расположенного на определенном расстоянии ( $h$ ) от площадки, можно представить следующим образом:

1. Определение  $I_0$  одного СД по его световому потоку по формуле (5) или (6).

2. Определение максимальной освещенности  $E_m$  от одного СД на расстоянии  $h$ , используя полученное значение  $I_0$ .



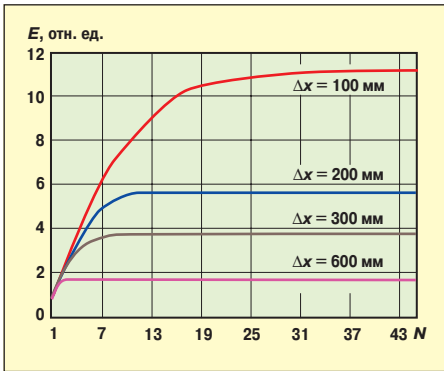


Рис. 5. Зависимости значений максимумов освещенности  $E$  от количества светодиодов ( $N$ ) при различных значениях  $\Delta x$

3. Определение множителя  $K$ , показывающего во сколько раз необходимо увеличить освещенность

$$K = E_{\text{нор}} / E_m. \quad (7)$$

4. Определение освещенности в отн. ед. ( $E_{\text{о.е.}}$ ) до перехода к двумерному СДМ

$$E_{\text{о.е.}} = \sqrt{K}. \quad (8)$$

5. Определение минимального количества СД ( $N_0$ ) и расстояния между ними ( $\Delta x$ ) в одномерном случае, используя семейство характеристик, представленных на рис. 5 для значения  $E_{\text{о.е.}}$  из (7) и (8).

6. Определение размера  $m_0 = \Delta x(N_0 - 1)$ , показывающего насколько СДМ шире освещаемой площадки.

7. Определение количества СД в двумерном случае  $N = N_x \times N_y$ , где

$$N_x = N_0 + m / \Delta x$$

$$\text{и } N_y = N_0 + n / \Delta x.$$

8. Определение потребляемой СДМ электрической мощности ( $P_{\eta}$ )

$$P_{\eta} = N \cdot \Phi / \eta_v, \quad (9)$$

где  $\eta_v$  – световая отдача СД.

В табл. 2 и 3 приведены результаты расчетов, выполненных по этой методике для  $E_{\text{нор}} = 400$  лк,  $m = 1$  м и  $n = 0,5$  м при  $h = 1$  м от СДМ с некоторыми из указанных выше СД. В последнем столбце каждой таблицы приведено значение  $P_{\eta}$  при использовании в СДМ СД с  $\eta_v = 100$  лм/Вт ( $P_{100}$ ) в соответствии с последними достижениями [7, 8].

Из табл. 2 и 3 видно, что при уменьшении  $\Phi_k$ , несмотря на увеличение количества СД, потребление электроэнергии может падать, поэтому целесообразны компромиссные решения по затратам на приобретение СД (капитальные затраты) и расхода-

ми на электроэнергию (эксплуатационные расходы).

Из табл. 2 и 3 также следует, что при использовании СД с большими углами излучения ( $2\theta_{0,5} > 50^\circ$ ) поперечные размеры СДМ существенно шире размеров равномерно освещаемой площадки, освещение размыто за пределами площадки и расходы на энергопотребление велики. В этом отношении следует отдавать предпочтение СД с более концентрированными КСС, как у СД типов 4–6, при использовании которых легче получать экономичные СДМ.

При этом заметим, что СД с узкими КСС обеспечивают большие осевые силы света, и для получения освещенности 400 лк на расстоянии 1 м от СДМ нужно снижать световые потоки СД, снижая токи или используя маломощные СД. Поэтому объектами расчетов в этих случаях являлись СД со световыми потоками, гораздо меньшими 50 лм (см. табл. 3, где для СД типа 5  $\Phi_k = 20, 10$  и 2 лм). СДМ с такими СД всего лишь ненамного шире освещаемой р.п., поле освещенности равномерно и имеет резкие границы (рис. 6). При этом и энергопотребление невелико, хотя количество СД может быть большим.

Таблица 2

Параметры светодиодных модулей со светодиодами типов 1 и 2, обеспечивающих  $E_{\text{нор}} = 400$  лк при  $h = 1$  м

Тип СД ( $k$ )	$\Phi_k$ , лм	$I_{0,k}$ , кд	$E_{mk}$ , лк	$K$ , отн. ед.	$\Delta x$ , мм	$N_0$	$N$	$m_0$ , м	$P_{100}$ , Вт
1	50	12,5	15	26,7	335	6	$9 \times 7 = 63$	1,8	31,5
	10	2,5	3	133	150	13	$20 \times 16 = 320$	1,8	32
	1	0,25	0,3	1333	48	40	$62 \times 51 = 3162$	1,9	31,6
2	50	20	20	20	335	7	$10 \times 9 = 90$	2	45
	10	4	4	100	148	15	$22 \times 18 = 396$	2,1	39,6
	1	0,4	0,4	1000	47	49	$70 \times 60 = 4200$	2,26	42

Таблица 3

Параметры светодиодных модулей со светодиодами типов 3–5, обеспечивающих  $E_{\text{нор}} = 400$  лк при  $h = 1$  м

Тип СД ( $k$ )	$\Phi_k$ , лм	$I_{0,k}$ , кд	$K$ , отн. ед.	$\Delta x$ , мм	$N_0$	$N$	$m_0$ , м	$P_{100}$ , Вт
3	50	40	10	350	5	$9 \times 7 = 63$	1,5	31,5
	10	8	50	155	12	$18 \times 15 = 270$	1,7	27
4	50	180	2,2	302	3	$6 \times 5 = 30$	0,6	15
	10	36	11	176	5	$11 \times 9 = 99$	0,7	9,9
5	20	220	1,8	220	3	$7 \times 5 = 35$	0,44	7
	10	110	3,6	157	4	$9 \times 7 = 63$	0,45	6,3
	2	22	18	70	7	$19 \times 15 = 285$	0,42	5,7

**СДМ с повернутыми СД.** Размеры СДМ могут быть существенно уменьшены при поворотах СД, влияние которых рассматривалось в [9–11]. При этом, в отличие от [11], где представлен метод расчёта фотометрического тела светодиодных излучателей с пространственно разнонаправленной ориентацией СД, нами рассчитывались только плоские СДМ, в которых СД поворачивались (ориентировались) под разными углами по отношению к координатным осям  $x$  и  $y$  с шагами, определяемыми выражениями:

$$\frac{\varphi_{кx} - \varphi_{нx}}{N_x - 1} \text{ и } \frac{\varphi_{ky} - \varphi_{ny}}{N_y - 1}, \quad (10)$$

где  $\varphi_{кx}$ ,  $\varphi_{ky}$ ,  $\varphi_{нx}$  и  $\varphi_{ny}$  – конечные и начальные углы поворотов, показанные на рис. 3.

Для расчетов в качестве исходной использовалась программа, составленная в среде MatLab А.Е. Краснопольским. Эту программу мы также использовали и для расчетов СДМ с неповёрнутыми СД (рис. 2), задавая малые углы, составляющие доли градуса.

Результаты расчетов представлены в табл. 4 и 5 для двух рассматриваемых типов СД: 3 ( $2\theta_{0,5} = 70^\circ$ ) и 5 ( $2\theta_{0,5} = 15^\circ$ ).

За исходные данные были взяты параметры СДМ с не повернутыми СД. Количество СД бралось одинаковым ( $9 \times 7 = 63$  шт.) и нечётным, поскольку СД поворачивались наружу или внутрь СДМ на разные углы, определяемые выражениями (10), относительно не повернутого центрального СД (рис. 3).

Из полученных результатов следует, что при уменьшении размеров СДМ несколько ухудшается равномерность распределения освещённости. В рассматриваемых случаях для СД с широкими КСС при поворотах СД на углы менее  $30^\circ$  (как это рекомендуется для исключения ослепленности) неравномерность распределения освещённости не превышает 2,5%. Указанная неравномерность освещённости определялась нами отношением разности максимальной и минимальной освещённостей на заданной р.п. к их сумме.

На рис. 7, а показано распределение освещённости на проекции по оси  $x$ , где расположено 9 СД типа 5, от СД, повернутых наружу на конечные (и начальные) углы  $18^\circ \times 14^\circ$ .

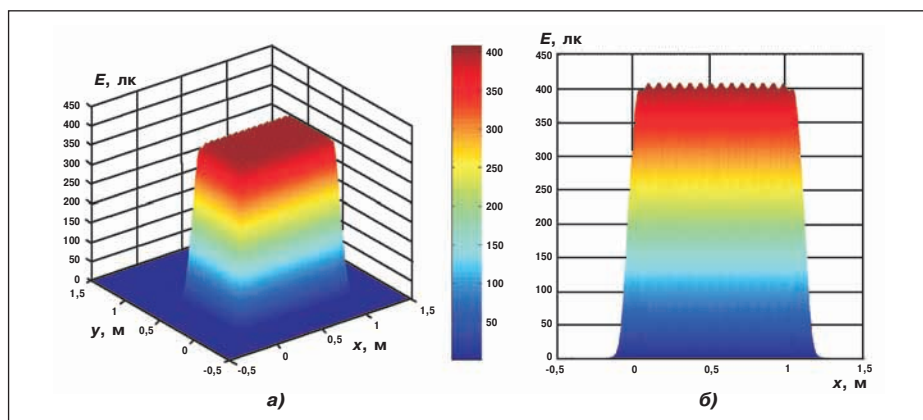


Рис. 6. Поле освещённости от светодиодного модуля с 300-ми ( $20 \times 15$ ) светодиодами типа 6 (световой поток каждого светодиода 1 лм,  $\Delta x = \Delta y = 5,6$  см) в изометрии (а) и по оси  $x$  (б)

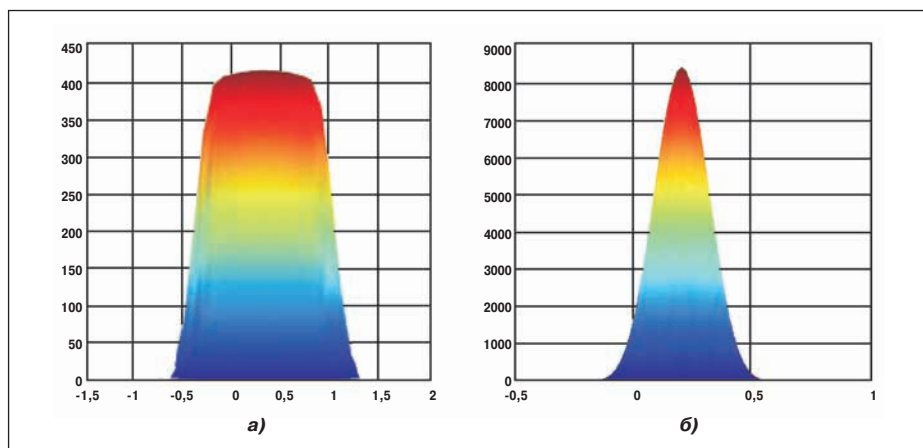


Рис. 7. Распределение освещённости от светодиодного модуля с 63-мя ( $9 \times 7$ ) светодиодами типа 5, повернутых наружу на максимальные углы  $180 \times 140$  при  $\Delta x = \Delta y = 80$  мм (а) и повернутых внутрь на углы  $11,30 \times 8,50$  в соответствии с формулами (11) при  $\Delta x = \Delta y = 50$  мм (б)

В табл. 4 и 5 приведены результаты расчетов для этих и других углов поворотов СД.

Из табл. 4 и 5 видно, что при использовании СД с более узкими КСС влияние поворотов СД на распределение освещённости и уменьшение размеров СДМ возрастает.

При использовании СД с менее узкими КСС размеры СДМ могут превышать размеры равномерно освещенной р.п., а при использовании СД с более узкими КСС размеры СДМ могут быть в несколько раз меньше размеров указанной р.п.

Из приведенных примеров также следует, что при использовании 63-х СД типа 3 интервалы между ними можно сократить до 20 см, а для СД типа 5 – до 4 см. Если СД не поворачивать, то при этих интервалах вместо р.п. с равномерно распределенной освещённостью 400 лк будут резкие максимумы.

При поворотах СД внутрь СДМ освещённость в максимуме вначале увеличивается до углов поворота СД, определяемых выражениями

$$\text{tg } \varphi_{mx} = (N_x - 1) \Delta x / 2h$$

$$\text{и } \text{tg } \varphi_{my} = (N_y - 1) \Delta y / 2h, \quad (11)$$

а затем падает и достигает небольших значений, причём при весьма больших углах поворотов с худшей равномерностью распределения освещённости, чем при поворотах наружу.

В рассматриваемых примерах максимальная освещённость (около 1600 лк) получается при поворотах СД типа 3 внутрь СДМ на углы  $\varphi_{mx} = 39^\circ$  и  $\varphi_{my} = 31^\circ$ , а для СД типа 5 те же цифры меняются на 8500 лк (рис. 7, б),  $\varphi_{mx} = 11,3^\circ$  и  $\varphi_{my} = 8,5^\circ$  в соответствии с формулами (11).

Таким образом, проведенные расчёты показали, что повороты СД мо-



Таблица 4

Результаты расчетов светодиодного модуля, содержащего 9×7 шт. СД типа 3 с  $I_{0k} = 40$  кд, обеспечивающего  $E_{\text{нор}} = 400$  лк при  $h = 1$  м

Углы, град.	0 (неповёрнутые светодиоды)	9×7	18×14	27×21	36×28
Интервалы, мм ( $\Delta x = \Delta y$ )	350	310	270	230	190
Размеры светодиодного модуля, м	2,8×2,1	2,5×1,86	2,16×1,62	1,84×1,38	1,52×1,14
Размеры р.п., м	1×0,5	1,2×0,6	1,2×0,6	1,2×0,6	1,2×0,6
Неравномерность распределения освещенности, %	< 1	< 1	1	2	2,5

Таблица 5

Результаты расчетов светодиодного модуля, содержащего 9×7 шт. СД типа 5 с  $I_{0k} = 140$  кд, обеспечивающего  $E_{\text{нор}} = 400$  лк при  $h = 1$  м и размере р.п. 1×0,5 м

Углы, град.	0 (неповёрнутые светодиоды)	9×7	18×14	27×21	31,5×24,5
Интервалы, мм ( $\Delta x = \Delta y$ )	165	120	80	40	20
Размеры светодиодного модуля, м	1,3×1	0,96×0,72	0,64×0,48	0,32×0,24	0,16×0,12
Неравномерность распределения освещенности, %	< 1	< 1	1,5	3,5	9

гут быть использованы как для рассеивания света, так и для фокусировки световых лучей без применения рассеивающих стекол и дополнительных линз, то есть без потерь светового потока. Расчеты также показали, что для рассеивания света повороты СД наружу предпочтительнее, так как для получения большей равномерности освещения требуются меньшие углы поворотов, чем при поворотах внутрь СДМ. При поворотах внутрь для фокусировки световых лучей от СД с высокой концентрацией светового потока можно добиться максимальной освещенности, мало отличающейся от той, которую обеспечивает одиночный источник света с осевой силой света, равной сумме осевых сил света всех СД.

Следует, однако, заметить, что при использовании СД с очень узкими КСС можно получать комфортное освещение только рабочего места, а для освещения всего помещения не-

обходимы дополнительные источники света, по-разному направленные и использующие отражения от стен и потолка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашурков С.Г., Барцев А.А., Гутцайт Э.М., Сидоров А.М. Исследования светодиодов Luxeon Star с различными полимерными линзами. Материалы МНТК «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП-2006). 20–21 сентября 2006. Саратов. С.335–339.
2. Nichia STSE-CW5002A <Cat. No. 050114>.
3. Коган Л.М. Светодиоды нового поколения для светосигнальных и осветительных приборов. Новости светотехники. Вып.7–8 (34–35). М.: Дом Света. 2001. 47 с.
4. www.optelcenter.com.
5. Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов М.: Энергоатомиздат. 1996. 704 с.

6. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак. 2006.972 с.

7. Nichia, March 13, 2006 (Интернет).

8. Новый рекорд яркости светодиодов CREE. Современная электроника. 2006. № 7. С. 4.

9. Антонова Т.Ю., Гутцайт Э.М., Коган Л.М., Краснополяский А.Е., Милютин Д.В. Расчеты освещенности рабочих мест светодиодами. Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С.Попова. Серия: Научная сессия, посвященная Дню радио. Вып. LX-2. М.: 2005. С. 38–40.

10. Гутцайт Э.М., Коган Л.М., Краснополяский А.Е., Милютин Д.В. Влияние поворотов светодиодов на распределение освещенности. Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе. Труды международной практической конференции. М.: МФЮА. 2005. С. 87–91.

11. Ашурков С.Г., Барцев А.А. Метод расчёта фотометрического тела излучений со светодиодами разной пространственной ориентации. Светотехника. 2007. № 1. С. 43–44.



**Гутцайт Эдуард Михайлович,**  
доктор технических наук. Окончил Московский энергетический институт в 1954 г. Профессор кафедры «Светотехника» МЭИ



**Краснополяский Александр Евгеньевич,**  
доктор технических наук. Окончил МЭИ в 1956 г. Действительный член АЭН РФ, профессор кафедры «Электротехника и микропроцессорная электроника» МИС



**Милютин Дмитрий Викторович**  
окончил МЭИ в 2004 г. Аспирант кафедры Светотехники МЭИ