

Нина МУРАВЬЕВА, Алексей СОЛОВЬЕВ  
Московский государственный строительный университет, Россия

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПО КРИТЕРИЮ НАСЫЩЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫМ СВЕТОМ

Анализ развития взглядов на свет и его природу показывает, что сегодня свет рассматривается, как строительный материал со своими определенными характеристиками. Изучение этих характеристик в перспективе дает возможность регулировать световую среду помещений на этапе проектирования. В данной статье освещается исследование особенностей цилиндрической освещенности, которая, как показывают эксперименты, является наиболее точным критерием насыщенности помещения светом.

**Ключевые слова:** естественный свет, цилиндрическая освещенность, световое поле

На существующем этапе развития научного знания три серьезные науки сошлись на мнении, что для описания и расчетов естественный свет целесообразно будет представлять как поле распределения яркости. Светотехника вплотную подошла к нормированию световой среды с помощью характеристик светового поля, а не освещенности на плоскости. С учетом возможностей современного программного обеспечения и знаний физики и оптики, накопленных в течение последних десятилетий, такой переход представляется возможным и более того необходимым.

В силу инерции, современная светотехника не позволяет нам пока взглянуть на свет как на поле, однако в компьютерной графике и в фотографии при работе со светом оперируют в основном этим термином. Сегодня 3-D графика дает нам возможность оценить уровень освещенности от искусственных осветительных установок, а некоторые современные компьютерные комплексы, такие как DiaLux, LiteStar, LightingLight, позволяют даже моделировать естественную световую среду [1].

В этой статье мы попытаемся проследить развитие научных взглядов на свет, а также обосновать потенциальный переход на новые единицы нормирования света.

Представление о луче света как о векторе послужило отправной точкой для развития геометрической оптики. Вопрос, который решали ученые и в первую очередь философы этого периода: что такое свет и цвет, какова их

природа, как они взаимосвязаны, исходит ли свет от звезд и луны и что ярче [2, 3].

В эпоху Ренессанса вопросу о природе света стали уделять внимание представители искусства. Искусно играя со светом и тенью, они вносили свой вклад в исследование контрастности, затенения и отражения. Именно труды таких титанов как Леонардо да Винчи вдохновили физиков и философов на изучение распространения света и его поведение. По словам С.И. Вавилова Леонардо Да Винчи может считаться зачинателем фотометрии, так как его наблюдения и опыты составляют богатство фотометрического научного наследия [4].

Какое-то время геометрия и фотометрия изучали свет параллельно, однако фотометрия смогла состояться как наука только тогда, когда появился метод научного эксперимента. Техника не нуждалась в фотометрии так, как нуждалась в геометрии. Ученые концентрировались на совершенствовании оптических инструментов, а не источников света.

И. Ламберт и П. Бугер стали общепризнанными отцами фотометрии, обобщив к середине XVIII века все накопленные знания по оптике и природе света и синтезировав стройную теорию со своими математическими характеристиками [2]. Однако после этого значительного прорыва в фотометрии наблюдался застой, который продолжался до середины XX го века. На наш взгляд это можно объяснить двумя причинами: открытием электричества (1780 г. создание первых водородных ламп с электрическим зажиганием) и отсутствием особой потребности в фотометрических расчетах вплоть до 20-го века, когда промышленная архитектура шагнула вперед.

В 1873 году свет увидел Трактат об электричестве и магнетизме Д.К. Максвелла, который перевел вопрос о природе света на новый уровень. Основываясь на размышлениях Фарадея об особенностях движения света, а также на собственных опытах по сравнению скорости световых и электромагнитных волн, Максвелл сделал революционное заключение об электромагнитной природе света. Однако долгое время фотометрия и светотехника продолжали базироваться исключительно на геометрических законах оптики и продолжали оставаться чисто теоретическими науками.

Это можно объяснить тем, что только в XX-м веке возникла проблема освещенности рабочего места: объемно-планировочное решение фабрик было изменено: увеличились пролеты зданий и соответственно освещаемое пространство. И тогда на вопрос освещенности взглянули по-другому. Перед учеными был поставлен вопрос: какую среду свет создает в помещении, как влияет на человека, на его работоспособность и производительность [4].

Представление о свете как о процессе, происходящем в пространстве, имеющем не только количественные, но и качественные характеристики, такие как насыщенность, контрастность, тенеобразование и направленность света, не могло больше опираться на одну только геометрическую оптику и привело к появлению теории светового поля.

Анализируя накопленный опыт, русский ученый А.А. Гершун в 1958 г. предложил новый взгляд на свет, как на строительный материал и новые

характеристики для нормирования освещения. Опираясь на богатейший к тому времени опыт физиков, и в первую очередь на труды И. Ламберта, Д. Вебера, В. Арндта и др., он сформулировал основные понятия теории светового поля, предложил новые, пространственных характеристики освещения, а также описал первый прибор для измерения светового поля [2].

Проведя опыт по оценке уровня освещенности рабочего места, ученые сделали вывод, что показатель освещенности рабочей поверхности, особенно в случае работы с объемными объектами различения, не является достаточным для правильной оценки комфортности световой среды, особенно в случае. Необходимо также учитывать, каким образом освещенность этой поверхности была создана: правильное освещение, соотношение общего и местного освещения, направление света и образование теней. Было обнаружено, что количество света необязательно переходит в качество.

Теория светового поля оказала влияние на светотехнику, в первую очередь в области искусственного освещения. В 1971 г. профессором М.М. Епанешниковым вместе с Т.Н. Сидоровой были проведены эксперименты по оценке качества искусственной световой среды с помощью пространственных характеристик светового поля и в частности, новой, введенной профессором Епанешниковым, характеристики: цилиндрической освещенности (далее  $E_{\text{цил}}$ ) [5]. На основании результатов этих экспериментов цилиндрическая освещенность была введена в нормирование искусственного освещения для характеристики насыщенности светом помещений общественных зданий.

Сегодня благодаря такой теоретической базе становится возможным регулировать не только насыщенность естественного света, его уровни в помещении, но также его контрастность, равномерность и направленность. В перспективе возможно перевести оценку естественной световой среды на новый уровень пространственных характеристик, что позволит сделать ее более точной, и оптимизировать сам процесс получения информации об уровне освещения.

Необходимо отметить, что такие привычные вопросы, как завышенные уровни искусственного освещения, неэффективное расположение светопроемов, существенные теплопотери через них, слепимость, до сих пор остаются неснятыми в современном проектировании. Несмотря на явную перемену взглядов на свет и его природу, светотехника, активно пользуясь компьютерными технологиями и достижениями вычислительной техники, что касается методов расчета, остается на уровне начала XX-го века: чтобы определить качество естественного освещения в помещениях будущего здания, вычисляется коэффициент естественного освещения, который сравнивается с нормируемым КЕО. Результатом является то, что для прохождения экспертизы и строительства нового здания достаточно предоставить расчет естественной освещенности в наиболее неблагоприятных (по мнению специалистов) помещениях, затеняемых противостоящих зданиями. При этом расчетные точки регламентируют нормами, как находящиеся на горизонтальной плоскости. Для жилья, больниц и детских дошкольных учреждений (ДДУ) - это пол. Для школ и других общественных заведений - это рабочая поверхность на уровне стола (0,8 м от пола) [7]. Можно ли как-то изменить сложившуюся ситуацию?

В наиболее приближенном к нам будущем видятся возможными следующие действия:

- поиск и обоснование новых единиц нормирования, более полно описывающих саму природу света и отвечающих повышенным требованиям к комфортности световой среды;
- как следствие анализ рынка измерительных приборов и поиск новых возможностей для измерения;
- и как результат изменение общего научного восприятия света и его природы.

Если для учебных зданий и рабочих помещений световая среда должна в первую очередь создавать хорошие условия для зрительной работы, то в жилье и ДДУ основным критерием должна быть насыщенность естественным светом помещения, для описания которого уже существует обоснованная экспериментами величина: цилиндрическая и полуцилиндрическая освещенность.

Это утверждение справедливо в первую очередь потому, что  $E_{ц}$  и  $E_{пц}$  описывают свет как поле; в перспективе они могут быть использованы для нахождения методов наиболее эффективного проектирования естественного освещения особенно в тех помещениях и зданиях, где не планируется проводить сложную зрительную работу.

Следует отметить, что сегодня в России для измерения  $E_{ц}$  не существует специального прибора. Измерения цилиндрической освещенности от источников искусственного освещения (далее ИО) осуществляют с помощью люксметра. Датчик располагается в четырех взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях. При этом руководствуются допущением, что источники света представляют собой равномерно светящую поверхность. Затем высчитывают среднее значение освещенности.

Возникает закономерный вопрос: почему мы можем представлять поверхности с приборами ИО как равномерно светящие поверхности, а, например, окно или световой фонарь не можем?

В Германии были разработаны приборы, с помощью которых стало возможным измерить пространственные характеристики светового поля и в том числе цилиндрическую освещенность не только для искусственного, но и для естественного света. Эти приборы немецкого производства имеются на кафедре Архитектуры МГСУ и с их помощью были проведены предварительные исследования изменения цилиндрической и полуцилиндрической освещенности как величин, характеризующих распределение естественного освещения в помещении. На рисунке 1 представлен общий вид вышеуказанных приборов.

Результаты первого этапа исследования были получены в процессе измерений, проводившихся в лаборатории кафедры, имеющей только верхнее освещение, как показано на разрезе (рис. 2). Для измерения  $E_{пц}$  использовалась специальная измерительная головка фирмы PRC-Krohmann GmbH [6], воспринимающая поверхность которой по форме представляет собой цилиндр для цилиндрической освещенности и полуцилиндр для полуцилиндрической

соответственно. Верхнее освещение корреспондировалось с системой искусственного освещения.



Рис. 1. Общий вид вышеуказанных приборов

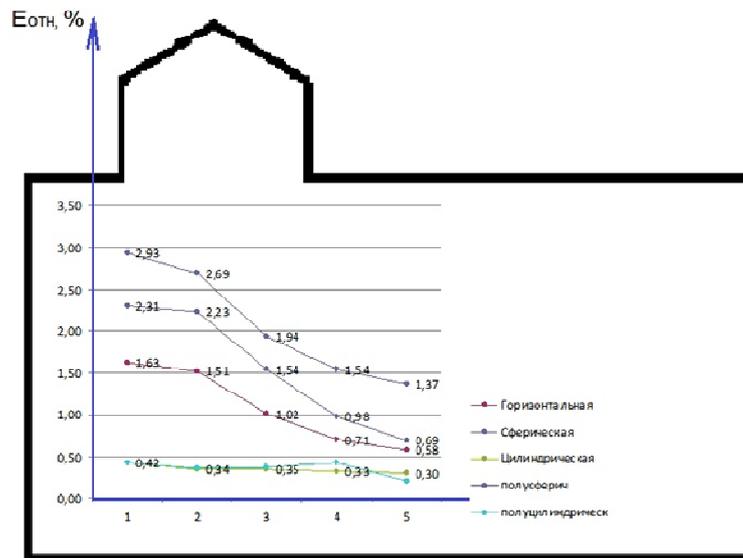


Рис. 2. Результаты первого этапа исследования были получены в процессе измерений, проводившихся в лаборатории кафедры

Согласно проведенным измерениям  $E_{\text{пл}}$  показывает значительно более равномерный характер распределения, чем другие показатели (горизонтальная, сферическая и полусферическая освещенности), что приводит к заключению о специфике ее зависимости от внешних факторов. Цилиндрическая освещенность также показывает наибольшую равномерность.

Измерение пространственных характеристик светового поля в учебной аудитории с боковым вертикальным светопроемом показало, что характер их распределения в этом случае практически совпадает с характером распределения горизонтальной освещенности. Однако величины  $E_{\text{ц}}$  и  $E_{\text{пл}}$  распределяются наиболее равномерно. При этом, если величина  $E_{\text{ц}}$  не зависит от направления поля зрения прибора, то  $E_{\text{пл}}$  имеет такую зависимость. На рисунке 3 показано распределение  $E_{\text{пл}}$  при направлении поля зрения прибора в сторону окна.

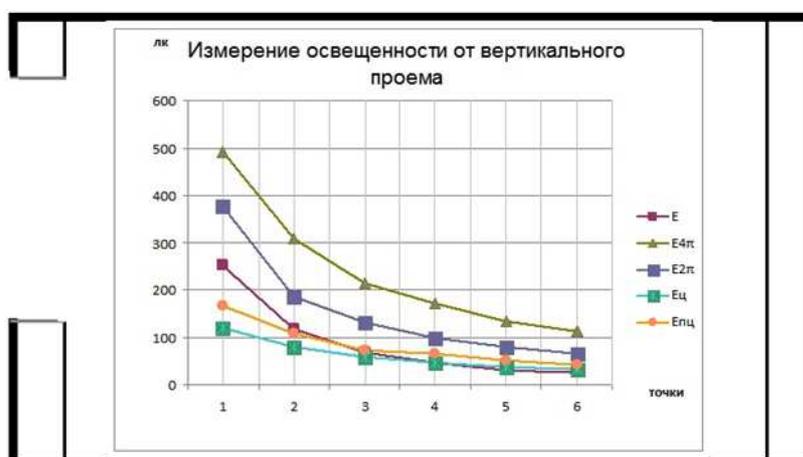


Рис. 3. Распределение  $E_{\text{пл}}$  при направлении поля зрения прибора в сторону окна

По рисунку видно, что горизонтальная освещенность при перемещении прибора от окна к стене изменяется почти в пять раз, а величина цилиндрической примерно в два раза, что кажется более справедливым при оценке освещения самым точным и привычным нам прибором - глазом. Исходя из анализа данных нашего эксперимента с помощью человеческого фактора, мы делаем вывод о том, что именно величины цилиндрической и полуцилиндрической освещенностей среди всех пространственных характеристик светового поля могут быть использованы как критерий насыщенности светом помещения.

Так как измерение  $E_{\text{пл}}$  с помощью обычных люксметров представляет собой непростую задачу, да и для цилиндрической освещенности такой способ измерения может дать значительную погрешность, в дальнейших измерениях планируется оценить погрешность измерений  $E_{\text{ц}}$  и  $E_{\text{пл}}$  с помощью люксметров и определить требуемые уровни этих величин для ощущения насыщенности естественным светом помещений с боковыми и верхними светопроемами. Это определение будет проведено с помощью психофизических экспериментов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Будаков В.П., Макаров Д.Н., Смирнов П.А., Компьютерные программы расчёта и визуализации осветительных установок, Светотехника 2004, № 6, с. 75-80.
- [2] Гершун А.А., Теория светового поля, В кн.: Избранные труды по светотехнике и фотометрии, ГИИФЛ, М.: 1956.
- [3] Лосев А., История античной эстетики, 2-8, АСТ; Год: Изд.: 2000.
- [4] Справочная книга по светотехнике, под ред. Ю.Б. Айзенберга, 3-е изд., перераб. и доп., Знак, М.: 2006, 972 с.
- [5] Епанешников М.М., Сидорова Т.Н., Оценка насыщенности светом помещений общественных зданий, Светотехника 1971, № 8, с. 107.
- [6] СНИП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение, Табл. 2, с. 5.
- [7] [Электронный ресурс] Режим доступа: [prc-krochmann.com/index.php/photometers](http://prc-krochmann.com/index.php/photometers)
- [8] СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий.

## THE DEFINITION OF THE DAYLIGHT ENVIRONMENT'S REQUIRED PARAMETERS USING THE CRITERION OF LOCATION'S LIGHT RICHNESS

**According to the history of daylight investigations the daylight is considered today as a kind of building material with the special characteristics. Studying it we will be able to design the light environment. It is the investigation of the cylindrical illuminance. The experiments show that it is the most correct criterion of location's light richness.**

**Keywords: daylight, cylindrical illuminance, light field**