

УДК 502.628 + 620

**М. В. АБРАМОВА, И. В. СЕЛЬСКАЯ, В. А. СОРОКА**

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ПРОБЛЕМЫ ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ**

**Аннотация.** Большинство существующих на сегодняшний день светильников можно разделить на несколько принципиально разных групп. Особенность восприятия света человеком приводит к тому, что «голубая» часть излучения в ночное время оказывает существенно большее влияние на зрение, чем днем. В показаниях стандартного люксметра не учитывается спектральное распределение света, которое важно для зрительного восприятия. Из световых источников в последнее время интенсивно развиваются светильники на основе LED технологий. Светодиодное освещение имеет ряд очевидных преимуществ в сравнении с другими источниками света. Светодиоды не оказывают негативного влияния на здоровье человека за счет отсутствия инфракрасного, ультрафиолетового и теплового излучения.

**Ключевые слова:** освещенность, спектр излучения, световой поток, лампы, люксметр, светодиоды.

В современном мире люди большую часть времени проводят в помещениях с искусственным освещением – это связано с современными концепциями развития строительства производственных безоконных или «плазовских» сооружений. Любое пространство, где живет или трудится человек, должно быть оптимально освещено. Поэтому количество освещенности – одна из важнейших характеристик любого строительного объекта, будь то здание, стадион или дорога.

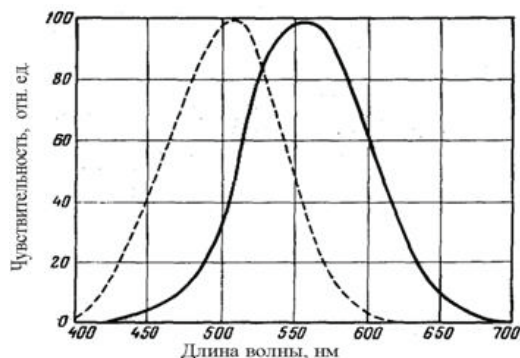
Менее полутора века назад была изобретена электрическая лампа. Этот простой прибор изменил жизнь человечества, расширил горизонты его возможностей. Большинство существующих на сегодняшний день светильников можно разделить на несколько принципиально разных групп:

- тепловые – лампы накаливания;
- газоразрядные люминесцентные (низко- и высокочастотные);
- твердотельные (на основе LED технологий) и т. д.

Каждую из перечисленных групп можно охарактеризовать многими отличительными признаками: конструкцией, содержанием материалов и сплавов, условиями формирования светового потока, спектральным составом, энергетической эффективностью и многое другое [1]. В данной работе рассматриваются вопросы о восприятии света человеком и проблемах фотометрирования освещенности стандартными измерительными приборами. Основными факторами, связанными с этими проблемами, являются спектральный состав светового потока, спектральная чувствительность зрения человека и материала фотоприемника.

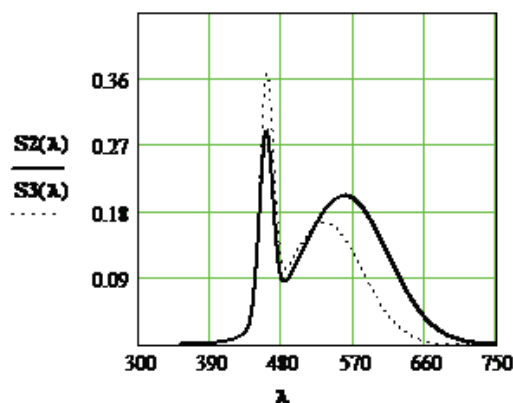
При попадании в помещение с искусственным освещением глаз человека настраивается на функцию ночного видения, когда максимум чувствительности смещается в коротковолновую область, как показано на рис. 1. Смещение максимума достигает почти 50 нм при том, что спектральная характеристика в целом становится более «узкой», то есть более избирательной к спектрам излучения искусственных источников освещения.

Такая особенность восприятия света человеком приводит к тому, что «голубая» часть излучения в ночное время оказывает существенно большее влияние на зрение, чем днем. Нами проведен сравнительный анализ измерения освещенности объектов от разных источников света. Установлено, что в показаниях стандартного люксметра не учитывается спектральное распределение света, которое важно для зрительного восприятия. Предлагается, что, кроме интегрального светового потока, необходимо контролировать освещенность объектов по соотношениям показаний люксметра для нескольких оптических интервалов.



**Рисунок 1** – Спектр функции спектральной световой эффективности  $V(\lambda)$ : (в ночное время – пунктир линия, днем – сплошная линия).

Из представленных выше групп световых источников в последнее время интенсивно развиваются светильники на основе LED технологий. Светодиодное освещение имеет ряд очевидных преимуществ в сравнении с другими источниками света. Срок службы LED-ламп составляет порядка 25 тыс. ч (примерно 25 лет использования), качественный световой поток не меняется с течением времени, при этом сберегается до 80 % электроэнергии. Светодиоды не оказывают негативного влияния на здоровье человека за счет отсутствия инфракрасного, ультрафиолетового и теплового излучения. В составе LED-ламп отсутствуют следы свинца и ртути, что избавит от необходимости специальной утилизации после окончания срока эксплуатации. Чаще всего в таких источниках используются светодиоды с двумя характерными максимумами: узким при ~460 нм и широким при ~560 нм (рис. 2, линия S2). Излучение от таких источников днем и ночью воспринимаются человеком совершенно по-разному [2] (рис. 2). Влияния излучения при «сумеречном видении» представлено пунктирной линией (рис. 2 линия S3). При сравнении этих двух кривых видно, что максимум в сине – голубой части спектра увеличивается по уровню восприятия, а в области длин волн ~ (500–700) нм смещается в более коротковолновую область, а также спектральная зависимость становится более узкой, что свидетельствует о дефиците излучения в этом диапазоне.



**Рисунок 2** – Спектральная зависимость чувствительности глаза (в отн. ед.): (в ночное время – пунктирная линия, днем – сплошная линия).

В первую очередь это говорит о неправильном восприятии цвета. Как видно, излучение сине-голубой части, сосредоточенное в узкой полосе ~ (450÷470) нм, ночью кажется чрезвычайно ярким свечением и может оказаться опасным для зрения [3, 4].

Обсуждаемый эффект обусловлен физиологическими особенностями зрения человека, которые не учитываются люксметрами, используемыми в практическом фотометрировании. Контроль излучения от таких светильников в их нынешнем состоянии, несмотря на относительно близкие к лампам накаливания показаниям люксметра, требует специфического подхода. В первую очередь это связано с проявлениями «пиков» и составом спектров излучения различных по природе светильников, например газоразрядные и индукционные источники света. Поэтому только измерений с помощью

люксметра интегральной освещенности объектов теперь недостаточно и требуется введение дополнительного параметра для контроля освещения, который бы отражал «качество света». Таким параметром может быть соотношение интегральных освещенностей по участкам спектра с разбиением на несколько спектральных диапазонов  $\lambda \div (\lambda + \Delta\lambda)$ . Выбор этих диапазонов должен быть связан с физиологией зрения.

Предположительно, в практике, представляется уместным оценка освещенности объекта в нескольких спектральных интервалах, которые могут быть получены применением полосовых фильтров. Для примера рассмотрены три интервала: (350÷450) нм, (450÷600) нм и (600÷750) нм. Интервалы выбраны исходя из величины функции спектральной световой эффективности, приблизительно 50 % ночного и дневного освещений. Результаты расчетов приведены в таблице.

**Таблица** – Освещенность (отн. ед.) объектов для светильников с разными источниками света

Длина волны	Излучение солнечного света	Излучение лампы накаливания	Излучение газоразрядной лампы	Излучение светодиодной лампы
(350÷750) нм	$8,263 \cdot 10^3$	$9,827 \cdot 10^3$	$5,804 \cdot 10^3$	$7,678 \cdot 10^3$
(350÷ 450) нм	432,536	371,622	$1,192 \cdot 10^3$	206,5438
(450÷ 600) нм	$3,848 \cdot 10^3$	$2,436 \cdot 10^3$	$4,133 \cdot 10^3$	$4,986 \cdot 10^3$
(600÷750) нм	$3,982 \cdot 10^3$	$7,019 \cdot 10^3$	479,342	$2,486 \cdot 10^3$

Авторами работы предлагается, помимо измерений интегральной освещенности, проведение контроля соотношения освещенностей в нескольких диапазонах, которые могут уточняться и изменяться.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение освещенности объектов современными светильниками [Текст] / В. И. Тимченко, В. А. Сорока, Н. И. Носанов, Т. И. Романова // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. – 2011. – № 2(26). – С. 96–104.
2. Тимченко, В. И. Спектральный анализ фотометрических параметров [Текст] / В. И. Тимченко, В. А. Сорока, С. Г. Бугасова // Науково-методичне та практичне забезпечення містобудування, територіального і стратегічного планування [Текст] : збірка тез доповідей IV Міжнародній конференції, 15–16 травня 2014 р. / МОН ; ДонНАБА. – Макіївка : ДонНАБА, 2014. – С. 103–106.
3. Зак, П. П. Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков [Текст] / П. П. Зак, М. А. Островский // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 4–6.
4. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1 800–10 000 К [Текст] / А. В. Аладов, А. Л. Зактейм, М. Н. Мизеров, А. Е. Черняков // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 7–10.

Получено 03.05.2017

М. В. АБРАМОВА, І. В. СЕЛЬСЬКА, В. П. СОРОКА  
ПРОБЛЕМИ ФОТОМЕТРУВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ  
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Більшість існуючих на сьогодні світильників можна розділити на кілька принципово різних груп. Особливість сприйняття світла людиною призводить до того, що «блакитна» частина випромінювання у нічну пору більш істотно впливає на зір, ніж удень. У показаннях стандартного люксметра не враховується спектральний розподіл світла, що важливо для зорового сприйняття. Із світлових джерел останнім часом інтенсивно розвиваються світильники на основі LED технологій. Світлодіодне освітлення має ряд очевидних переваг у порівнянні з іншими джерелами світла. Світлодіоди не чинять негативного впливу на здоров'я людини за рахунок відсутності інфрачервоного, ультрафіолетового та теплового випромінювання.

**Ключові слова:** освітленість, спектр випромінювання, світловий потік, лампи, люксметр, світлодіоди.

MARIA ABRAMOVA, IRINA SELSKAYA, VALENTINA SOROKA  
PHOTOMETRIC MEASUREMENT PROBLEM

Donbas National Academy of Construction and Architecture

**Abstract.** Most currently available lamps can be divided into several fundamentally different groups. The peculiarity of the perception of light by human leads to the fact that the «blue» part of the radiation at night has a significantly greater impact on vision than during the day. In the readings standard meter is not taken into account the spectral distribution of light, which is important for visual perception. Light sources have recently been intensively developed lamps based on LED technology. Led lighting has a number of obvious advantages in comparison with other light sources. LEDs do not have a negative impact on human health due to the lack of infrared, ultraviolet and thermal radiation.

**Key words:** the luminance, emission spectrum, luminous flux, lamp, light meter, LEDs.

**Абрамова Мария Владимировна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проблемы и рациональное использование энергоресурсов.

**Сельская Ирина Владимировна** – кандидат химических наук, доцент кафедры физики, математики и материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физика кристаллизации, экологические проблемы в строительстве.

**Сорока Валентина Афанасьевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, математики и материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физика кристаллизации, экологические проблемы в строительстве.

**Абрамова Марія Володимирівна** – студентка ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: раціональне використання енергоресурсів.

**Сельська Ірина Володимирівна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики, математики та матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізика кристалізації, екологічні проблеми в будівництві.

**Сорока Валентина Панасівна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики, математики та матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізика кристалізації, екологічні проблеми в будівництві.

**Abramova Maria** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: problems and rational use of energy resources.

**Selskaya Irina** – Ph. D. (Chem. Sc.), Associate Professor, Physics, Mathematics and Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the crystallization physics, environmental problems in construction.

**Soroka Valentina** – Ph. D. (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor, Physics, Mathematics and Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the crystallization physics, environmental problems in construction.