

УДК 628.981

**А. Л. ГУРСКИЙ**, профессор кафедры «Защита информации», Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук

**Н. В. МАШЕДО**, ведущий инженер АИЛ ОАО «Испытания и сертификация бытовой и промышленной продукции «БЕЛЛИС», аспирант кафедры «Защита информации», Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

# КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ВЫБОРКИ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ НА БЕЛОРУССКОМ РЫНКЕ

В статье представлены результаты оценки колориметрических характеристик (координаты цветности, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи) произвольной выборки светодиодных излучателей сегмента рынка, доступного по цене широким слоям населения. Установлено, что использование некоторых типов светодиодных излучателей (ламп) доступного ценового диапазона возможно только в областях, где не требуются стабильные и четко установленные колориметрические и иные параметры излучения. Отмечено, что назрела необходимость скорейшего принятия технического регламента Евразийского экономического союза (ЕАЭС), устанавливающего требования к энергоэффективности энергопотребляющей продукции, и государственных стандартов, регламентирующих требования к характеристикам светодиодных излучателей, развития испытательных центров для подтверждения их соответствия установленным требованиям и заявленным характеристикам и усиления надзора за рынком в этой области.

**Ключевые слова:** колориметрия, цвет, цветопередача, цветовая температура, энергоэффективность, фотобиологическая безопасность, светодиодная лампа, освещение, свет, подтверждение соответствия, испытания, стандартизация.

Все большую часть рынка осветительной продукции завоевывают излучатели на основе полупроводниковых светодиодов (далее – светодиодов). Среди особенностей такого рода излучателей, дающих им ряд преимуществ, следует отметить следующие:

- малое потребление электроэнергии;
- отсутствие ультрафиолетового (УФ) излучения для светодиодов общего применения;
- длительный срок службы;
- четкая направленность излучения;
- отсутствие в составе вредных для окружающей среды веществ (ртути).

Все указанные преимущества присущи только «идеальным» светодиодным излучателям, встроенным в конечное устройство (лампа, светильник), имеющее четко продуманную и опробованную конструкцию и схемотехнику.

Наравне с явными преимуществами существуют и проблемы. Одной из них является так называемая опасность «синего света», обозначенная в ГОСТ IEC 62471-2013 [1]. Вызвана она тем, что сама полупроводниковая структура, используемая в светодиодах белого свечения, помимо излучения в желто-красной области спектра, также излучает в сине-голубой области, что может являться потенциально опасным для глаза человека при соответствующем уровне воздействия.

Другой проблемой можно считать отличие колориметрических характеристик светодиодных излучателей от традиционных источников света (ламп накаливания и Солнца), и это является актуальным вопросом для производителей и разработчиков светодиодного освещения. Проблема также связана с тем, что характеристики цветопередачи имеют большую важность в некоторых областях применения (медицина, сельское хозяйство, образование, торговля, кино съемка, моделирование, художественные работы, подсветка дисплеев и т. п.) [2]. В отдельных из них необходимо использовать излучение в четко ограниченном диапазоне длин волн (аквариумы, выращивание растений). Для решения этих задач необходимо, в частности, улучшение

таких параметров светодиодных излучателей, как цветопередача, коррелированная цветовая температура, распределение спектрально-пространственных характеристик.

Что касается потенциальных опасностей от собственного излучения светодиодов, то данная проблема давно прорабатывается на международном уровне в рамках стандартизации фотобиологической безопасности ламп и ламповых систем. В [1] содержатся требования относительно параметров излучения всех возможных источников света, которые тем или иным образом могут быть опасны для человека.

### АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНЫХ И ЕВРОПЕЙСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Следует отметить то, что [1] не устанавливает каких-либо норм к излучению конкретных изделий, а вводит лишь классификацию источников излучения по группам риска. Конкретные требования к фотобиологической безопасности устанавливаются в стандартах на продукцию (например, IEC 60598-1:2014 [3]<sup>1</sup> – для светильников и IEC 60968:2015 [4] – для компактных люминесцентных ламп). Для обеспечения безопасности человека и окружающей среды необходимо присутствие на рынке высококачественных светодиодных излучателей с нормированными характеристиками.

Проведя анализ международных и европейских требований, можно сделать вывод о том, что конкретные нормы к параметрам излучения светодиодов установлены только в Регламентах Европейского союза (ЕС) 1194/2012/EU [5] и 244/2009/EC [6]. Данные регламенты поэтапно вводят требования к энергопотреблению и характеристикам источников светового излучения для доступа на рынок ЕС. В них также установлены методы измерения нормируемых характеристик путем ссылки на международные

<sup>1</sup> Разработку ГОСТ IEC 60598-1, идентичного IEC 60598-1:2014, осуществляет Российская Федерация.

или европейские стандарты. В части светодиодных излучателей нормируются следующие параметры:

- индекс энергетической эффективности (Energy Efficiency Index, EEI);
- стабильность светового потока;
- наработка на отказ;
- время запуска;
- время до достижения определенной величины светового потока;
- индекс цветопередачи;
- однородность цвета (координаты цветности);
- коэффициент мощности для ламп со встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом.

Требования к содержанию информации о характеристиках источников светового излучения и к их маркировке определяют [5] и [6]. Контроль за рынком ЕС, устанавливаемый данными документами, предусматривает испытания некоторой выборки светодиодных излучателей (ламп) и сравнение полученных результатов с требованиями документов и декларациями изготовителя.

В случае же международных стандартов IEC 62612:2013+A1:2015 [7], IEC 62717:2014 + AMD1:2015 [8], IEC 62722-2-1:2014 [9] критерием подтверждения соответствия регламентируемых параметров светодиодных излучателей является не конкретная величина, а допустимое отклонение от декларируемого изготовителем значения.

Также следует отметить, что в 2015 г. Европейским комитетом по стандартизации в электротехнике (CENELEC) и Международной комиссией по освещению (International Commission on Illumination – CIE) в сотрудничестве с техническим комитетом по стандартизации IEC TC 34 «Лампы и связанное с ними оборудование» был выпущен стандарт по методам измерений параметров светодиодной продукции CIE S 025/E:2015

«Метод испытания светодиодных ламп, светильников и модулей» (EN 13032-4:2015) [10]<sup>2</sup>.

В настоящее время обновлены и утверждены Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 25 октября 2016 г. № 120 Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности низковольтного оборудования» (ТР ТС 004/2011), и Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения ТР ТС 004/2011 и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования. Данные перечни вступили в действие с 26 ноября 2016 г.

Стоит отметить, что в первый из указанных выше перечней входит [1], который устанавливает лишь классификацию по группам риска. Для регламентации требований по фотобиологической безопасности необходима актуализация базовых стандартов по электробезопасности с последующим обновлением указанных перечней.

Что касается подтверждения соответствия, то постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 21 октября 2016 г. № 849 «О некоторых вопросах подтверждения соответствия в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь» утвержден перечень объектов обязательного подтверждения соответствия (с изменениями и дополнениями, внесенными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 января 2017 г. № 77), в который в части требований к энергоэффективности включены лампы с ненаправленным световым излучением бытовые, лампы люминесцентные без встроенного балласта, лампы разрядные высокой интенсивности. Однако стоит отметить, что

<sup>2</sup> ГОСТ EN 13032-4-2017, идентичный EN 13032-4:2015 принят протоколом МГС 20.04.2017 г. № 98П.

срок введения обязательной сертификации для данной продукции перенесен на 1 июля 2018 г. До наступления этого момента все требования носят добровольный характер.

Таким образом, на данный момент в стране практически отсутствуют обязательные системные требования для обеспечения контроля за рынком светодиодной продукции, охватывающие весь спектр регламентируемых параметров.

В то же время в республике в 2016 г. завершена реализация проекта международной технической помощи ЕС «Поддержка Республике Беларусь в области норм и стандартов в сфере энергоэффективности потребительских товаров и промышленной продукции». Во многом благодаря его реализации на базе Белорусского государственного института стандартизации и сертификации (БелГИСС) создана лаборатория<sup>3</sup>, оснащенная современным испытательным оборудованием для проведения испытаний в области энергоэффективности 21 группы продукции (включая светотехническую). Также разработаны государственные стандарты, устанавливающие требования и методы испытаний такой продукции.

### СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

В преддверии введения в действие государственных стандартов в области энергоэффективности светотехнической продукции в 2017 г. представляет интерес анализ произвольной выборки светодиодных излучателей, представленных на рынке Республики Беларусь, на предмет их соответствия заявленным характеристикам и рекомендациям международных документов IEC и CIE, документов ЕС и т. д.

Испытания проводились в течение 2015 – 2016 гг. на базе аккредитованной испытательной

лаборатории ОАО «Испытания и сертификация бытовой и промышленной продукции «БЕЛЛИС».

Для проведения измерений было отобрано пять типов светодиодных излучателей (ламп) различных производителей по три образца в группе (отбор образцов произведен в соответствии с требованиями СТБ IEC 62560-2011 [11] методом отбора по ГОСТ 18321-73 [12]):

- 3W G4 (напряжение питания – 220 В);
- 3,5W E14 (напряжение питания – 220 В);
- 5W E27 (напряжение питания – 240 В);
- 3W GU10 (напряжение питания – 230 В);
- 2W GU5.3 (напряжение питания – 230 В).

При формировании выборки внимание в первую очередь было обращено на сегмент рынка с доступным ценовым диапазоном, поскольку, как показывает практика, изделия с низкой ценой имеют более широкое распространение и спрос.

В данной статье рассмотрено измерение следующих параметров по отобранной выборке:

- световой поток (Total Luminous Flux, TLF);
- индекс цветопередачи (Color Rendering Index, CRI);
- однородность цвета (координаты цветности –  $x, y$ );
- коррелированная цветовая температура (Correlated Color Temperature, CCT).

Рассматриваемые параметры отличаются от обязательных, приведенных в [5] и [6], в силу того, что невключенные характеристики представляют собой надежные (ресурсные) показатели и требуют довольно длительных промежутков времени для испытаний или оптимизации методик их проведения и прогнозирования результатов. Как пример, можно отметить, что при определении стабильности светового потока светодиодные излучатели должны быть выдержаны в течение 6000 часов, что на практике довольно затруднительно и экономически

<sup>3</sup> См. журнал «Стандартизация», № 5-2016.

не выгодно как для изготовителя, так и независимых испытательных лабораторий.

Для испытаний применялись методы согласно [7] в силу того, что документ [10], устанавливающий методы измерений колориметрических характеристик, находился на проектной стадии.

Условия окружающей среды согласно [1], [7], [13] соответствовали следующим параметрам:

- температура –  $(25 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность – максимум 65 %.

Параметры электропитания испытуемого источника излучения были такие:

- испытательное напряжение имело стабильность в пределах  $\pm 0,5 \%$  в течение периода стабилизации и  $\pm 0,2 \%$  – в момент измерения;
- коэффициент гармонических составляющих не превышал 3 %.

Также была произведена классификация рассматриваемых светодиодных ламп по группам риска в соответствии с [1].

Перед измерениями характеристик ламп с целью классификации по группам риска [1] должен быть произведен предварительный отжиг в течение периода времени, установленного соответствующим стандартом IEC на лампу. При измерении электрических и колориметрических характеристик такой отжиг, как правило, не требуется, если иное не установлено изготовителем. Для обеспечения стабильной работы во время измерений и воспроизводимости результатов все исследуемые лампы были подвержены предварительному отжигу в течение 100 часов согласно [1], [7].

Измерения производились по достижении лампой стабильного состояния, т. е. когда разница между максимальным и минимальным значениями светового потока в течение последних 15 минут измерения составляет менее 0,5 %, а для мощности лампы – менее 1 %. Если стабильное состояние не достигалось в течение 45 минут, то измерения начинались по прошествии этого времени и наблюдаемые отклонения документировались.

Оценка соответствия координат цветности производилась в соответствии с рисунком согласно приложению D СТБ МЭК 60081-2002 [13] «Площадь допусков для стандартной цветности F 6500».

Электропитание испытуемых образцов светодиодных ламп осуществлялось с помощью источника питания Extech 6720, контроль параметров электропитания – с помощью цифрового измерителя мощности Yokogawa WT210.

Измерение фотометрических и колориметрических характеристик производилось с помощью следующего набора оборудования:

- интегрирующая сфера Benthams IS1800;
- измеритель светового потока Benthams DH400\_VL;
- двойной монохроматор-спектрометр Benthams IDR-300;
- комплект калибровочных ламп Benthams TSRF1800, CL6, CL7, SRS12.

Контроль параметров окружающей среды осуществлялся с помощью цифрового гигрометра-термометра ГТЦ-1.

Полученные в ходе измерений результаты сведены в таблицу.

Из данной таблицы следует, что все лампы из рассматриваемой произвольной выборки по тем или иным параметрам не удовлетворяют требованиям [5] и применимого стандарта [7]. В таблице подчеркнутым шрифтом выделены те параметры, которые соответствуют установленным требованиям, курсивом выделены те, которые не соответствуют, обычным шрифтом – которые не оценивались в силу отсутствия номинальных значений. На рисунке представлено расположение координат цветности исследуемых светодиодных ламп относительно зоны допуска для стандартного цвета из [13].

Также, если проанализировать результаты измерений, можно отметить, что у большинства ламп из выборки заявленная мощность является завышенной, что оказывает влияние и на другие параметры ламп.

Таблица – Результаты измерений фотометрических и колориметрических характеристик светодиодных ламп

		х	у	ССТ, К	CRI, %	TLF, лм	Мощность, Вт
Норма по IEC/EN 62612		Табл. 4 стандарта		2700, 3000, 3500, 4000, 5000, 6500	± 3 от заявленного	–	–
Норма по 1194/2012/EU		Отклонения в пределах эллипса Мак-Адама с 6 ступенями или меньше		±10%	≥ 80	–	–
<b>3W G4</b>	Ном. <sup>1)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	<b>3</b>
	№ 1	0,3503	0,3592	4837	70,8	101,74	1,81
	№ 2	0,3693	0,3793	4332	67,9	103,80	
	№ 3	0,3512	0,3568	4784	70,6	107,91	
<b>3.5W E14</b>	Ном. <sup>1)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	<b>4800</b>	<b>&gt; 85</b>	– <sup>3)</sup>	<b>3,5</b>
	№ 1	0,3733	0,3645	4112	70,9	160,72	2,45
	№ 2	0,3697	0,3600	4190	71,6	163,82	
	№ 3	0,3719	0,3628	4143	71,5	172,06	
<b>5W E27</b>	Ном. <sup>1)</sup>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	<b>4300</b>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	<b>5</b>
	№ 1	0,3663	0,3637	4324	68,7	162,56	1,93
	№ 2	0,3142	0,3199	6491	70,3	144,96	
	№ 3	0,3141	0,3203	6495	70,5	147,03	
<b>3W GU10</b>	Ном. <sup>1)</sup>	<b>0,313</b> <sup>2)</sup>	<b>0,337</b> <sup>2)</sup>	<b>6500</b>	– <sup>3)</sup>	<b>220</b>	<b>3</b>
	№ 1	0,3151	0,3333	6347	70,6	250,57	3,59
	№ 2	0,3163	0,3337	6284	70,7	251,60	
	№ 3	0,3167	0,3348	6258	70,6	255,74	
<b>2W GU5.3</b>	Ном. <sup>1)</sup>	<b>0,313</b> <sup>2)</sup>	<b>0,337</b> <sup>2)</sup>	<b>6500</b>	– <sup>3)</sup>	– <sup>3)</sup>	<b>2</b>
	№ 1	0,3258	0,3416	5800	71,1	94,71	1,52
	№ 2	0,3333	0,3539	5468	70,5	106,04	
	№ 3	0,3302	0,3487	5599	70,6	99,86	

<sup>1)</sup> Номинальное значение, декларируемое изготовителем.  
<sup>2)</sup> Данные координаты цветности соответствуют ССТ = 6500 К в соответствии с приложением D [13], для других значений цветовых температур в силу их нестандартных величин таких значений нет и нет возможности их идентифицировать.  
<sup>3)</sup> Данные параметры не заявлены изготовителем.

Для ламп одного типа в группе из трех единиц есть значительные различия между образцами в части колориметрических и иных параметров (для ламп 5W E27).

В части отнесения светодиодных ламп к группе риска по [1] все они соответствуют группе «не подлежащей контролю» в силу своей малой мощности и наличия матовых или прозрачных рассеивателей.

### Выводы

Основываясь на результатах исследования параметров произвольной выборки ламп можно сделать следующие выводы:

1. Использование некоторых типов светодиодных ламп доступного ценового диапазона, которые находятся в свободном доступе

на рынке нашей страны, возможно только в областях, где не требуются стабильные и четко установленные колориметрические и иные параметры излучения.

2. Для обеспечения потребностей рынка в стабильных по своим характеристикам светодиодных излучателях следует работать со специализированными и надежными изготовителями и поставщиками, устанавливая конкретные требования в документах на поставку и оговаривая необходимость предоставления документов (протоколов испытаний), подтверждающих все заявленные характеристики.

3. С учетом быстрого роста рынка полупроводниковых светодиодных излучателей назрела необходимость скорейшего принятия технического регламента ЕАЭС, устанавливающего требования

к энергоэффективности энергопотребляющей продукции, и государственных стандартов, регламентирующих требования к характеристикам светодиодных излучателей.

4. Необходимо развитие испытательных центров для подтверждения соответствия такой продукции установленным требованиям и заявленным характеристикам.

5. Требуется усиление надзора за рынком применительно к светодиодным излучателям для повышения их безопасности и качества.

Таким образом, повышение качества светодиодных излучателей, поступающих на внутренний рынок, расширит сферы применения этой продукции, а также повысит степень доверия потребителей к такому рода освещению.

Зеленый – цветности для лампы 2W GU10,  
красный – для лампы 2W GU5.3

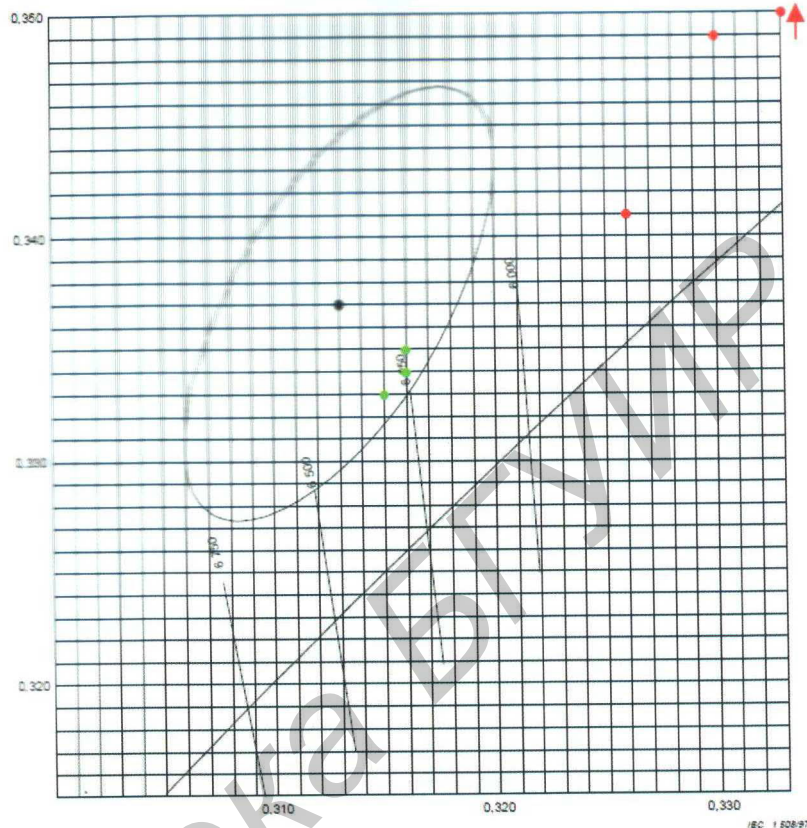


Рисунок – Площадь допусков для стандартной цветности F 6500 [13]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ IEC 62471-2013 «Фотобиологическая безопасность ламп и ламповых систем».
- [2] Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29 декабря 2014 г. № 115 «О внесении изменений и дополнений в постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 июня 2012 г. № 82».
- [3] IEC 60598-1:2014 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний».
- [4] IEC 60968:2015 «Лампы со встроенными пускорегулирующими аппаратами для общего освещения. Требования безопасности».
- [5] Исполнительный регламент Европейского парламента и Совета от 12 декабря 2012 г. по применению Директивы 2009/125/EC в отношении требований к экологическому проектированию направленных ламп, светодиодных ламп и связанного оборудования.
- [6] Регламент Комиссии от 18 марта 2009 г. по применению Директивы 2005/32/EC Европейского парламента и Совета в отношении требований к экологической конструкции бытовых ламп с ненаправленным светоизлучением.

- [7] IEC 62612:2013 «Лампы светодиодные со встроенным пускорегулирующим аппаратом для освещения общего назначения с напряжением питания свыше 50 В. Требования к рабочим характеристикам».
- [8] IEC 62717:2014+AMD1:2015 CSV «Модули светодиодные для общего освещения. Требования к эксплуатационным характеристикам».
- [9] IEC 62722-2-1:2014 «Эксплуатационные характеристики светильников. Часть 2-1. Дополнительные требования к светильникам со светоизлучающими диодами (LED)».
- [10] EN 13032-4:2015 «Свет и освещение. Измерение и представление фотометрических данных ламп и светильников. Светодиодные лампы, модули и светильники».
- [11] СТБ IEC 62560-2011 «Лампы со светоизлучающими диодами со встроенными балластами для общего освещения с напряжением питания свыше 50 В. Требования безопасности».
- [12] ГОСТ 18321-73 «Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции».
- [13] СТБ МЭК 60081-2002 «Лампы люминесцентные двухцокольные. Эксплуатационные требования».

#### SUMMARY

**A. L. Gurskii, M. V. Masheda**

Results of comparative analysis for colorimetric characteristics (chromaticity coordinates, correlated color temperature, color rendering index) of cost effective market segment for random selected LED emitters are presented in this article. It was ascertained that some cost effective LED emitters can be applied only in areas without requirements for stability and certain colorimetric characteristics of its radiation. The need for adoption of Eurasian Economic Commission (EEC) Regulations, that set up performance requirements for power consuming products, and national standards that will set up mandatory requirements for this group of LED emitter's characteristics and establishment of corresponding test centers for market surveillance and conformity assessment is revealed.

Поступила в редакцию 04.07.2016.