

Исследование светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов Uniel

А. А. Ашрятов, Е. А. Кузнецов*, К. А. Смолин

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,
г. Саранск, Россия;

e-mail: kuzneczov_ea@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-0931>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию 06.09.2023;

получена
после доработки
11.10.2023;

принята к публикации
17.10.2023

Ключевые слова:

светодиодная лампа,
мощность,
световой поток,
коэффициент
пульсации, спектр
излучения,
кривая силы света,
температура

В статье рассматриваются светотехнические характеристики светодиодных ламп ретрофитов производства компании Uniel: Uniel LED-G45-6W/4000K, Uniel LED-A60-8W/6500K и Uniel LED-A60-9W/4000K, предназначенных для замены традиционных ламп накаливания. В ходе исследования проведены комплексные измерения светотехнических параметров (световой поток, мощность, цветовая температура, индекс цветопередачи, коэффициент пульсации, коэффициент мощности) и рассчитаны световые отдачи испытуемых ламп. Представлены результаты измерения характеристик в зависимости от напряжения питающей сети. На основе полученных данных осуществляется анализ соответствия начальных измеренных характеристик ламп значениям, заявленным изготовителем. Анализ спектров излучения исследуемых ламп позволяет сделать вывод, что лампы Uniel LED-A60-8W/6500K комплектуются светодиодами белого свечения, спектр которых состоит из синей полосы излучения полупроводникового кристалла с максимумом ~450 нм и полосы люминофора с максимумом ~560 нм, который преобразует часть синего излучения кристалла в излучение, расположенное в длинноволновой области спектра. Спектры излучения ламп Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K кроме излучения синей полосы полупроводникового кристалла с максимумом ~450 нм содержат излучение двух люминофоров, полосы которых имеют максимумы ~560 нм (зеленый цвет) и ~630 нм (красный цвет), благодаря которому снижается цветовая температура светодиодов. В статье анализируются кривые силы света излучения, тепловой режим работы, а также конструктивные особенности ламп. Результаты исследования позволяют сделать вывод, что лампы Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K целесообразно рекомендовать для использования в качестве источников света на замену традиционным лампам накаливания, поскольку их светотехнические характеристики соответствуют заявленным параметрам и допустимым отклонениям, указанным в нормативных стандартах.

Для цитирования

Ашрятов А. А. и др. Исследование светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов Uniel. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 349–360. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-349-360>.

Study of the lighting characteristics of Uniel retrofit LED lamps

Albert A. Ashryatov, Eugene A. Kuznetsov*, Konstantin A. Smolin

*National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia;

e-mail: kuzneczov_ea@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-0931>

Article info

Received 06.09.2023;

received
in revised form
11.10.2023;

accepted 17.10.2023

Key words:

led lamp,
power,
luminous flux,
ripple factor,
emission spectrum,
luminous intensity
curve, temperature

Abstract

The paper considers the photometric characteristics of LED retrofit lamps produced by the Russian-Chinese company Uniel: Uniel LED-G45-6W/4000K, Uniel LED-A60-8W/6500K, and Uniel LED-A60-9W/4000K, designed to replace traditional incandescent bulbs. During the research, comprehensive measurements of photometric parameters (luminous flux, power consumption, color temperature, color rendering index, ripple factor, power factor) have been carried out and the luminous efficacy has been calculated. The results of the measurements have been presented in relation to the supply voltage. Based on the data obtained, an analysis is carried out of the compliance of the initial measured characteristics of the lamps with the values declared by the manufacturer. The analysis of the emission spectra leads to the conclusion that the Uniel LED-A60-8W/6500K lamps are equipped with white light-emitting diodes, the spectrum of which consists of a blue emission band from the semiconductor crystal with a maximum at ~450 nm and a phosphor band with a maximum at ~560 nm, which converts some of the blue emission from the crystal into long-wavelength spectrum. The emission spectra of the Uniel LED-G45-6W/4000K and Uniel LED-A60-9W/4000K lamps, in addition to the blue emission band from the semiconductor crystal with a maximum at ~450 nm, contain emissions from two phosphors, the bands of which have maxima at ~560 nm (green) and ~630 nm (red), which results in a lower color temperature of the LEDs. The paper also provides a detailed analysis of the light power distribution curves, thermal operating conditions, and structural features of the lamps. The research results lead to the conclusion that it is advisable to recommend Uniel LED-G45-6W/4000K and Uniel LED-A60-9W/4000K lamps for use as light sources to replace traditional incandescent lamps because their photometric characteristics comply with the declared parameters and permissible deviations specified in the regulatory standards.

For citation

Ashryatov, A. A. et al. 2023. Study of the lighting characteristics of Uniel retrofit LED lamps. *Vestnik of MSTU*, 26(4), pp. 349–360. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-349-360>.

Введение

В современном мире искусственное освещение играет ключевую роль в обеспечении комфорта и функциональности. Одним из наиболее важных этапов в эволюции осветительных технологий стало появление светодиодных ламп (СДЛ). Эти источники света сразу привлекли внимание эффективностью, долговечностью и энергосберегающими характеристиками, заметно превосходя традиционные лампы накаливания и энергосберегающие люминесцентные лампы (Байнева и др., 2018; Лишик и др., 2017; Баринаева и др., 2020б).

Одной из разновидностей СДЛ являются лампы ретрофиты, разработанные с целью замены традиционных ламп накаливания, галогенных и люминесцентных ламп в существующих светильниках и осветительных системах. Термин "ретрофит" в данном контексте указывает на то, что эти СДЛ предназначены для обновления или модернизации старых светильников без необходимости полной замены инфраструктуры освещения (Байнева и др., 2020; Макарова и др., 2019).

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов в результате широкого распространения на рынке световой продукции различного качества, а также оценкой изменения качества СДЛ ретрофитов при расширении их номенклатуры у отдельно взятого производителя.

Научная новизна статьи заключается в тщательном и всестороннем исследовании светотехнических характеристик СДЛ ретрофитов. В условиях быстрого развития светотехнических технологий, которые позволяют создавать более эффективные СДЛ ретрофиты, и множества предложений на рынке освещения данное исследование предоставляет информацию о том, какие из СДЛ ретрофитов действительно достойны внимания, а какие могут вызвать сомнения у потребителей. Полученные результаты могут послужить основой для принятия обоснованных решений при выборе СДЛ.

Цель работы – исследование и сравнение светотехнических характеристик СДЛ ретрофитов форм-фактора А60 и G45 производства российско-китайской компании Uniel в процессе расширения номенклатуры выпускаемых СДЛ ретрофитов.

Материалы и методы

Для исследования светотехнических характеристик были выбраны СДЛ ретрофиты российско-китайской компании Uniel: Uniel LED-G45-6W/4000K, Uniel LED-A60-8W/6500K и Uniel LED-A60-9W/4000K по три образца для каждой лампы. Тип цоколя у каждой из ламп – стандартный резьбовой E27, а корпус – форм-фактора G45 для лампы Uniel LED-G45-6W/4000K и А60 для ламп Uniel LED-A60-8W/6500K и Uniel LED-A60-9W/4000K (рис. 1).



Рис. 1. Светодиодные лампы ретрофиты:

a – Uniel LED-G45-6W/4000K, *б* – Uniel LED-A60-8W/6500K, *в* – Uniel LED-A60-9W/4000K

Fig. 1. Retrofit LED lamps:

a – Uniel LED-G45-6W/4000K, *б* – Uniel LED-A60-8W/6500K, *в* – Uniel LED-A60-9W/4000K

В табл. 1 представлены светотехнические параметры, заявленные производителем СДЛ ретрофитов.

Таблица 1. Светотехнические параметры, заявленные производителем СДЛ ретрофитов
Table 1. Lighting parameters provided by the manufacturer of LED retrofit lamps

Параметр	Наименование лампы		
	Uniel LED-G45-6W/4000K	Uniel LED-A60-8W/6500K	Uniel LED-A60-9W/4000K
Напряжение питающей сети, В	175–250	175–250	175–250
Световой поток, лм	480	700	800
Потребляемая мощность, Вт	6	8	9
Световая отдача, лм/Вт	80	≥ 85	85
Индекс цветопередачи (R_a)	95	≥ 80	95
Цветовая температура, К	4 000	6 500	4 000
Коэффициент пульсации, %	< 5	< 5	< 5
Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	> 0,7	0,7	> 0,7
Ток лампы, мА	38	–	56
Угол свечения, град	240	270	270
Срок службы, ч	30 000	30 000	30 000

Лампы Uniel LED-A60-8W/6500K произведены согласно информации, указанной на упаковке, в апреле 2017 г., лампы Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K согласно информации, нанесенной на корпусе ламп (рис. 1), изготовлены в сентябре 2020 г.

СДЛ ретрофит Uniel LED-A60-8W/6500K согласно информации, приведенной на упаковке, является "яркой светодиодной лампой", имеющей комфортное свечение для глаз, индекс цветопередачи (R_a) более 80 и световую отдачу более 85 лм/Вт (табл. 1).

СДЛ ретрофиты Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K, которые можно отнести к более современным лампам, заявляются производителем как СДЛ, свет которых максимально близок к солнечному, поэтому они подходят для освещения детских, классных и игровых комнат, а также подойдут всем, кто заботится о своем здоровье в любом возрасте. Лампы обладают высочайшим индексом цветопередачи (R_a) – 95, у них практически отсутствует пульсация светового потока. При этом СДЛ ретрофиты Uniel LED-G45-6W/4000K имеет световую отдачу 80 лм/Вт, а Uniel LED-A60-9W/4000K – 85 лм/Вт (табл. 1).

Исследование характеристик СДЛ было проведено в лаборатории Центра коллективного пользования "Светотехническая метрология" (Институт электроники и светотехники МГУ им. Н. П. Огарёва)¹.

Для измерения светотехнических характеристик ламп согласно ГОСТ IEC 62612-2019² была использована фотоколориметрическая измерительная установка от фирмы Gooch & Housego. Данная установка включает фотометрический шар OL IS7600, многоканальный спектрорадиометр OL 770 UV/VIS, оптоволоконный кабель 770–7G–3.0, прецизионный источник постоянного тока OL410–200 PRECISION LAMP SOURCE (используемый для питания вспомогательной лампы AUX LAMP A180), арматуру для крепления ламп, регулируемый автотрансформатор (для изменения напряжения питающей сети), блок мультиметров UNI-T UTD890D и компьютер (Микаева и др., 2012).

Коэффициент пульсации освещенности и освещенность измерялись с использованием прибора пульсметр-люксметр ТКА-ПКМ 08. Кривые силы света (КСС) исследуемых ламп измерялись с помощью гониофотометра GO 2000A.

Ранее проведенные исследования распределения температуры по поверхности СДЛ показали, что в ряде случаев результаты измерений температуры СДЛ с помощью тепловизора типа Testo 881 отличаются от результатов измерения температуры с помощью контактной термпары. Это связано с тем, что показания тепловизора зависят от коэффициента излучения материалов исследуемого объекта. Поэтому распределение температуры по поверхности СДЛ проводили с помощью термпары контактного термометра типа Testo 925 (Аириятон и др., 2011).

Светотехнические параметры ламп были измерены после 15 минут их непрерывной работы.

Результаты и обсуждение

Светотехнические характеристики СДЛ, полученные в результате исследования (усредненные по трем образцам), представлены в табл. 2. Световая отдача рассчитана как отношение излучаемого светового потока к потребляемой мощности СДЛ.

¹ Центр коллективного пользования научным оборудованием "Светотехническая метрология". URL: http://www.mrsu.ru/ru/sci/labs.php?ELEMENT_ID=57865&sphrase_id=1149162.

² ГОСТ IEC 62612-2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М., 2019. 32 с. ; ГОСТ Р 55702-2013. Источники света электрические. Методы измерения электрических и световых параметров. М., 2014. 43 с.

Таблица 2. Светотехнические параметры светодиодных ламп ретрофитов
Table 2. Lighting parameters of LED retrofit lamps

Параметр	Наименование лампы		
	Uniel LED-G45-6W/4000K	Uniel LED-A60-8W/6500K	Uniel LED-A60-9W/4000K
Световой поток, лм	456	584	737
Потребляемая мощность, Вт	5,6	6,7	9
Световая отдача, лм/Вт	81,43	86,59	80,99
Индекс цветопередачи (R_a)	97	83	97
Цветовая температура, К	4 041	6 670	4 050
Коэффициент пульсации, %	0,7	0,3	1,7
Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	0,569	0,557	0,548

Анализ заявленных и измеренных светотехнических характеристик СДЛ показал следующее:

– значение измеренного светового потока для всех ламп ниже заявленного производителем на 5 % для лампы Uniel LED-G45-6W/4000K, 7,9 % – для Uniel LED-A60-9W/4000K, что согласно ГОСТ ИЕС 62612-2019³ находится в пределах допуска. Световой поток лампы Uniel LED-A60-8W/6500K ниже номинального на 16,6 % и не соответствует допустимому;

– величина измеренной потребляемой мощности для ламп Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-8W/6500K ниже заявленной на 6,7 и 16,3 % соответственно. Мощность, потребляемая лампой Uniel LED-A60-9W/4000K, соответствует заявленной. Таким образом, измеренные мощности ламп не превышают номинальные значения более чем на 15 %, что отвечает требованиям ГОСТ ИЕС 62612-2019;

– световая отдача для всех ламп, кроме Uniel LED-A60-9W/4000K, выше заявленной. Значение световой отдачи у лампы Uniel LED-A60-9W/4000K ниже заявленного значения на 4,7 %;

– измеренные значения индекса цветопередачи (R_a) выше значений, заявленных производителем;

– измеренные значения цветовой температуры для всех ламп лежат в пределах диапазонов допустимых отклонений для заявленного значения⁴;

– измеренные значения коэффициента пульсации соответствуют заявленным для всех ламп.

В табл. 3 представлены результаты измерения характеристик СДЛ в зависимости от напряжения питающей сети после 15 минут непрерывной работы ламп. Параметры ламп, измеренные в начальный момент времени, отмечены пометкой "0 мин".

Таблица 3. Изменение светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов в зависимости от напряжения питающей сети

Table 3. Changes in the lighting characteristics of retrofit LED lamps depending on the mains voltage

Наименование лампы	U_c , В	P, Вт	$\cos \varphi$	I, mA	$K_{п.}$, %	E, клк
Uniel LED-G45-6W/4000K	175	5,29	0,621	48,7	0,4	2,27
Uniel LED-A60-8W/6500K		6,81	0,614	63,1	0,2	2,70
Uniel LED-A60-9W/4000K		8,97	0,612	50,6	1,5	3,41
Uniel LED-G45-6W/4000K	220 (0 мин)	5,89	0,582	46,0	0,4	2,55
Uniel LED-A60-8W/6500K		6,91	0,567	55,1	0,2	3,28
Uniel LED-A60-9W/4000K		9,50	0,572	41,6	1,0	3,83
Uniel LED-G45-6W/4000K	220	5,56	0,569	44,4	0,7	2,28
Uniel LED-A60-8W/6500K		6,74	0,557	55,5	0,3	2,72
Uniel LED-A60-9W/4000K		9,04	0,548	38,5	1,7	3,42
Uniel LED-G45-6W/4000K	250	5,75	0,533	43,2	0,7	2,30
Uniel LED-A60-8W/6500K		6,77	0,514	52,7	0,3	2,72
Uniel LED-A60-9W/4000K		9,11	0,525	34,8	1,5	3,41

Анализ результатов, представленных в табл. 3, показал, что вне зависимости от величины питающего напряжения (в пределах диапазона, указанного производителем) величина светового потока ламп, связанного напрямую с освещенностью, практически не изменяется. В то же время у ламп накаливания, на смену которым и разрабатываются СДЛ ретрофиты, величина светового потока зависит от напряжения питающей сети (*Козловская и др., 2009*). Стабилизация светового потока в СДЛ (в отличие от обычных ламп

³ ГОСТ ИЕС 62612-2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М., 2019. 32 с. ; ГОСТ Р 55702-2013. Источники света электрические. Методы измерения электрических и световых параметров. М., 2014. 43 с.

⁴ СТО.69159079-01-2018. Приборы осветительные светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам. М. : Ассоциация производителей светодиодов и систем на их основе, 2018. 52 с.

накаливания, у которых вольфрамовая спираль напрямую подключается к сети) осуществляется за счет специализированного драйвера, позволяющего стабилизировать силу тока, протекающего через светодиоды вне зависимости от напряжения питающей сети (Мальшев, 2021). Также стоит отметить, что все лампы имеют достаточно низкое значение коэффициента мощности, не соответствующее значениям, указанным производителем (табл. 1). Таким образом, электроэнергия, потребляемая лампами, расходуется нерационально в результате присутствия в потребляемом токе большей реактивной составляющей (Вильданов и др., 2015; Баранова и др., 2020а).

Спектры излучения исследуемых ламп представлены на рис. 2–4.

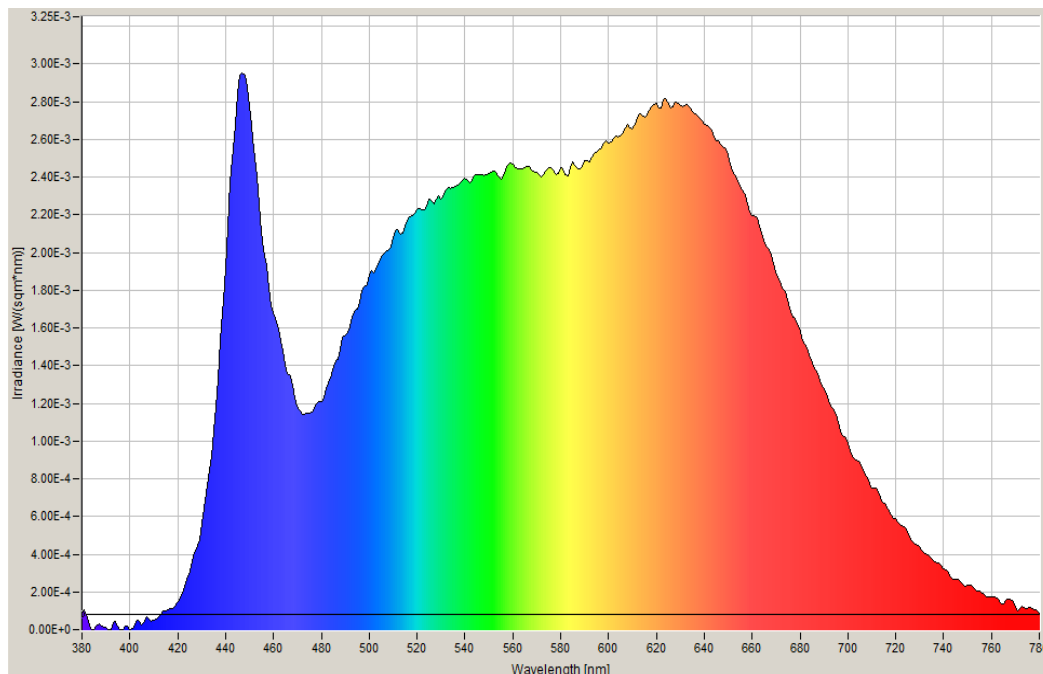


Рис. 2. Спектр излучения лампы Uniel LED-G45-6W/4000K
Fig. 2. Emission spectrum of the Uniel LED-G45-6W/4000K lamp

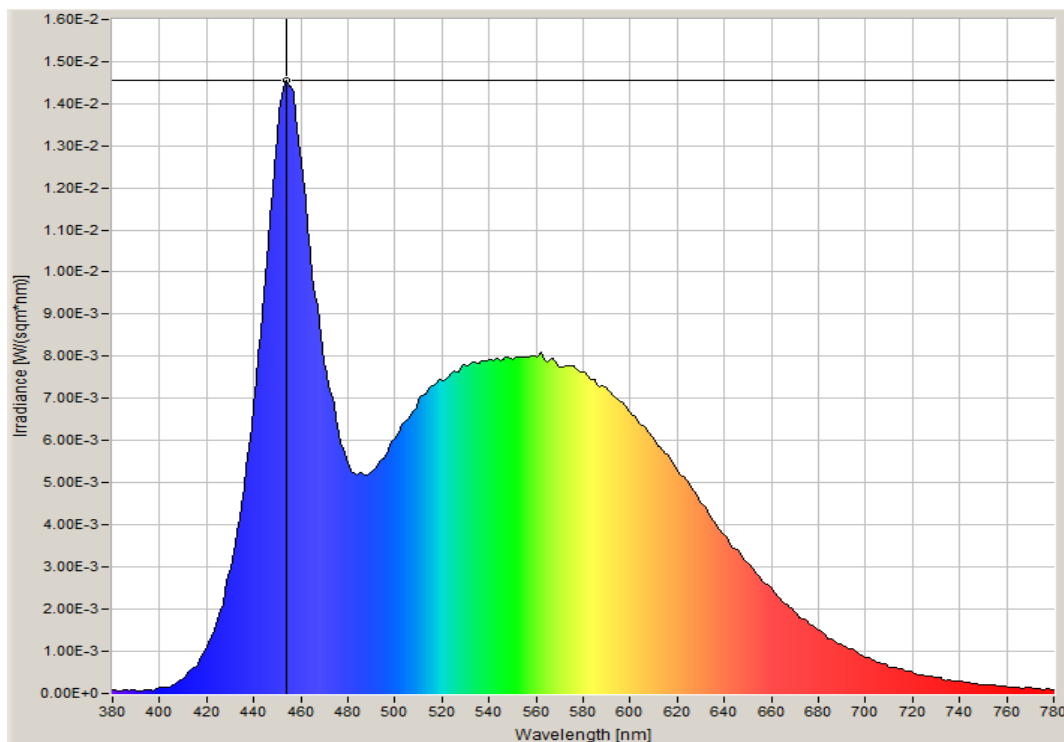


Рис. 3. Спектр излучения лампы Uniel LED-A60-8W/6500K
Fig. 3. Emission spectrum of the Uniel LED-A60-8W/6500K lamp

Анализ спектра излучения позволяет сделать вывод, что лампы Uniel LED-A60-8W/6500K комплектуются светодиодами белого свечения, спектр которых, как известно (*Шуберт, 2008*), состоит из синей полосы излучения полупроводникового кристалла с максимумом ~ 450 нм и полосы люминофора с максимумом ~ 560 нм, который преобразует часть синего излучения кристалла в излучение, расположенное в длинноволновой области спектра (*Нестеркина и др., 2020*). Согласно данным⁵, эти лампы нецелесообразно использовать для освещения помещений, где находятся дети дошкольного и школьного возраста. Спектры излучения ламп Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K кроме излучения синей полосы полупроводникового кристалла с максимумом ~ 450 нм содержат излучение двух люминофоров, полосы которых имеют максимумы ~ 560 нм (зеленый цвет) и ~ 630 нм (красный цвет), благодаря которому снижается цветовая температура светодиодов. При этом интенсивность синего излучения (~ 450 нм) лампы Uniel LED-A60-9W/4000K (рис. 4) примерно в полтора раза ниже того же излучения у лампы Uniel LED-A60-8W/6500K (рис. 3), чем объясняется заявление производителя о целесообразности использования ламп Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K для освещения детских, классных и игровых комнат.

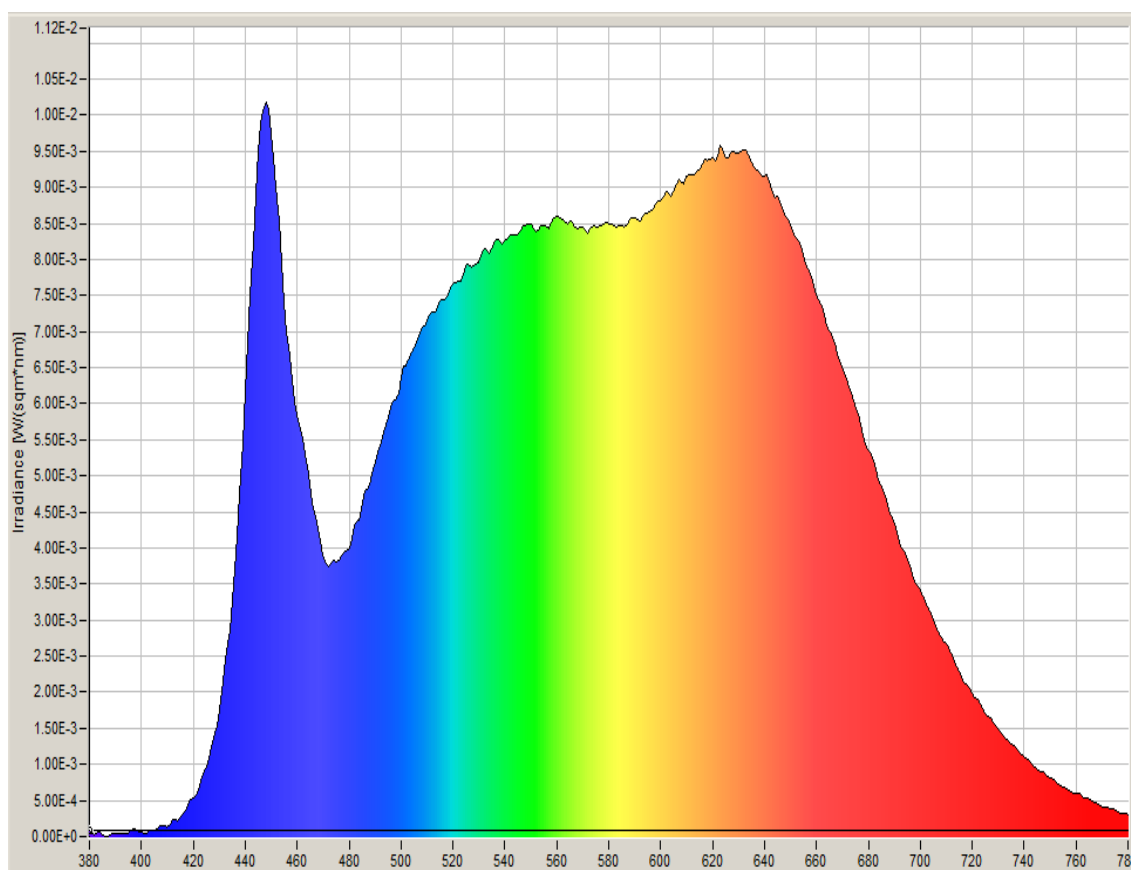


Рис. 4. Спектр излучения лампы Uniel LED-A60-9W/4000K
Fig. 4. Emission spectrum of the Uniel LED-A60-9W/4000K lamp

Кривые силы света (КСС) в системе фотометрирования C, γ для СДЛ представлены на рис. 5–7.

Пространственное распределение излучения СДЛ характеризуется шириной диаграммы направленности (*Справочная..., 2019*), т. е. двойным углом половинной яркости ($2\Theta_{0,5}$), при котором интенсивность излучения уменьшается в два раза по сравнению с максимальным значением и вычисляется на основании результатов измерения распределения светового потока в пространстве (*Бугров и др., 2013*).

Исследование светораспределения ламп в пространстве показало, что двойной угол половинной яркости у ламп Uniel LED-G45-6W/4000K составил 173 град, у ламп Uniel LED-A60-8W/6500K – 195 град и у ламп Uniel LED-A60-9W/4000K – 181 град. В то же время на упаковке ламп Uniel LED-G45-6W/4000K указан "угол свечения" 240 град, а у ламп Uniel LED-A60-8W/6500K и Uniel LED-A60-9W/4000K – 270 град (табл. 1). Такая большая разница в величине распределения излучения у исследованных ламп показывает,

⁵ СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М. : НИИСФ РААСН и ООО "ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ", 2016. 135 с.

что либо термин "угол свечения" не соответствует термину "двойной угол половинной яркости", либо он значительно завышен. Исследование источников информации не дало описание термина "угол свечения".

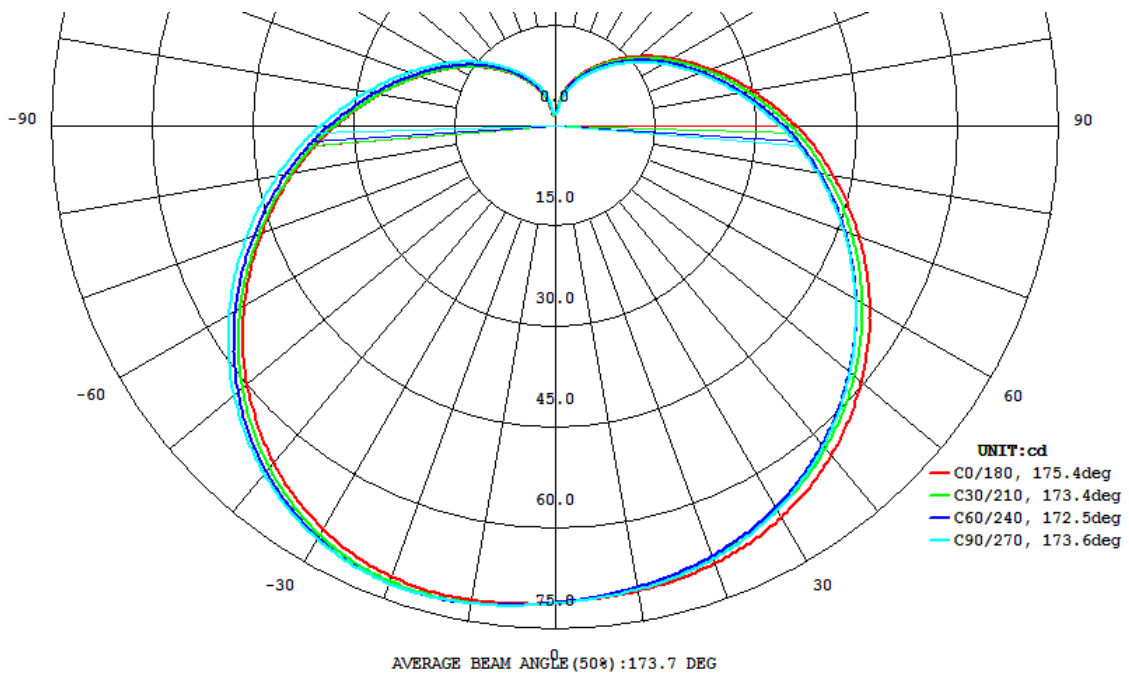


Рис. 5. КСС лампы Uniel LED-G45-6W/4000K
Fig. 5. Light intensity curves (LIC) of the lamp Uniel LED-G45-6W/4000K

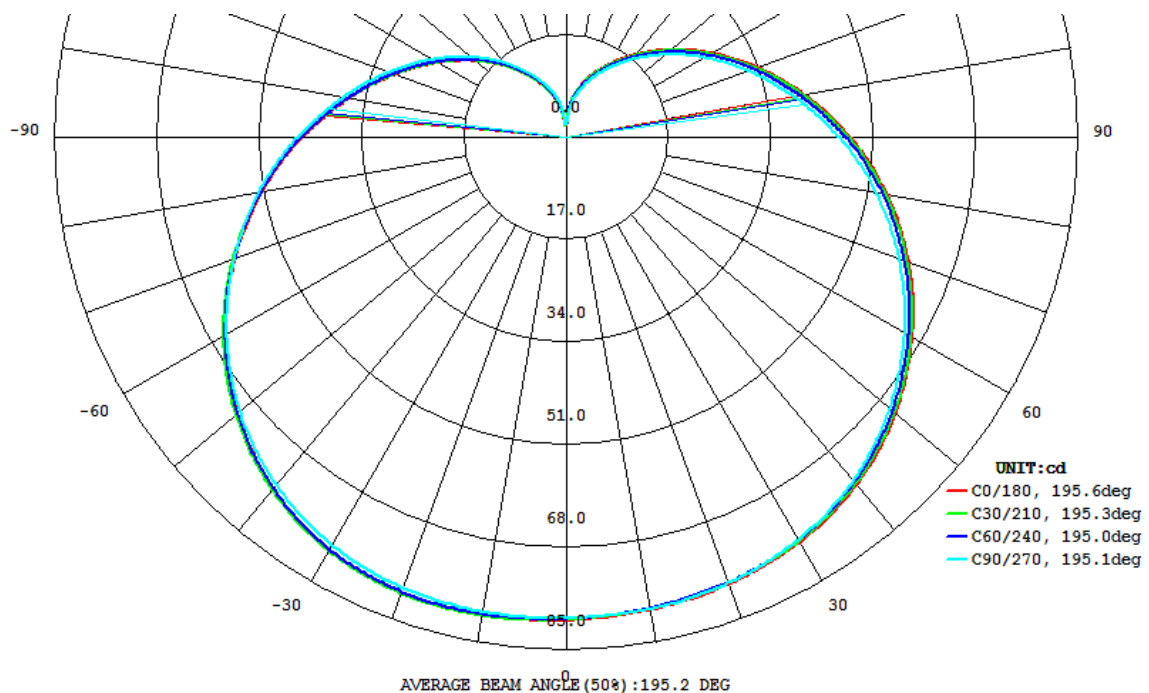


Рис. 6. КСС лампы Uniel LED-A60-8W/6500K
Fig. 6. LIC of the lamp Uniel LED-A60-8W/6500K

Вместе с тем исследование светораспределения СДЛ с отсутствующим рассеивателем показало, что двойной угол половинной яркости СДЛ в этом случае равен двойному углу половинной яркости SMD светодиодов, которые используются в лампе, и составляет 120 град, что соответствует косинусному типу КСС. Практически весь световой поток СДЛ в этом случае направляется в одну полусферу (Агаева и др., 2015). Таким образом, увеличение $2\Theta_{0,5}$ связано с тем, что опаловый рассеиватель выполнен в виде шарового

сегмента с углом 240 град. При этом светодиоды в лампе располагаются на печатной плате, имеющей покрытие с высоким коэффициентом отражения, и благодаря многократным отражениям, происходящим внутри лампы, часть излучения направляется в противоположную полусферу, т. е. в сторону цоколя. Таким образом, величина двойного угла половинной яркости увеличивается.

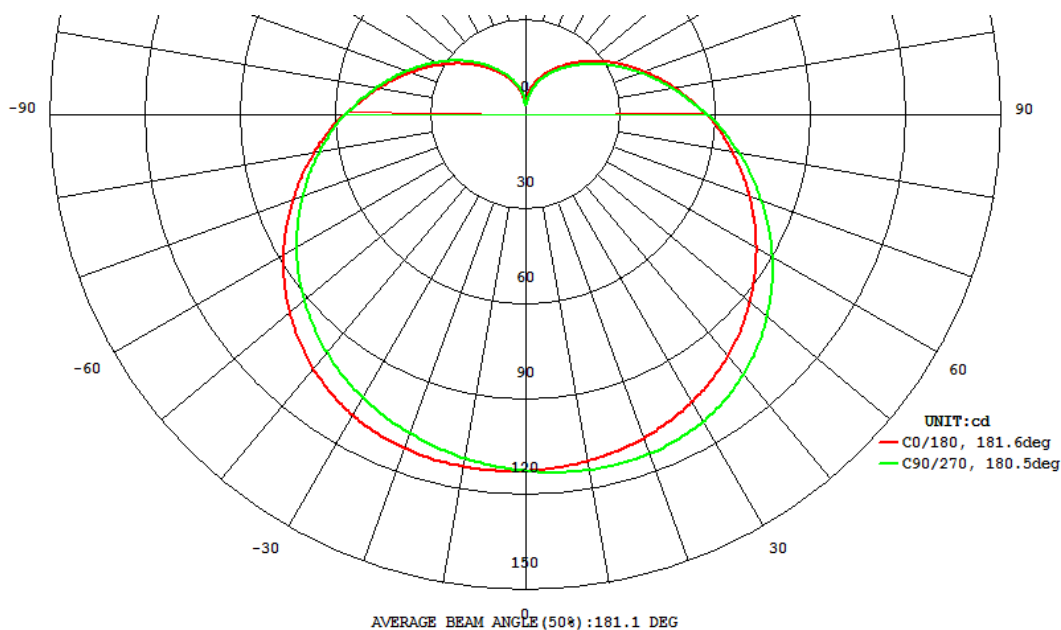


Рис. 7. КСС лампы Uniel LED-A60-9W/4000K
 Fig. 7. LIC of the lamp Uniel LED-A60-9W/4000K

Результаты измерения температуры СДЛ приведены на рис. 8–10.

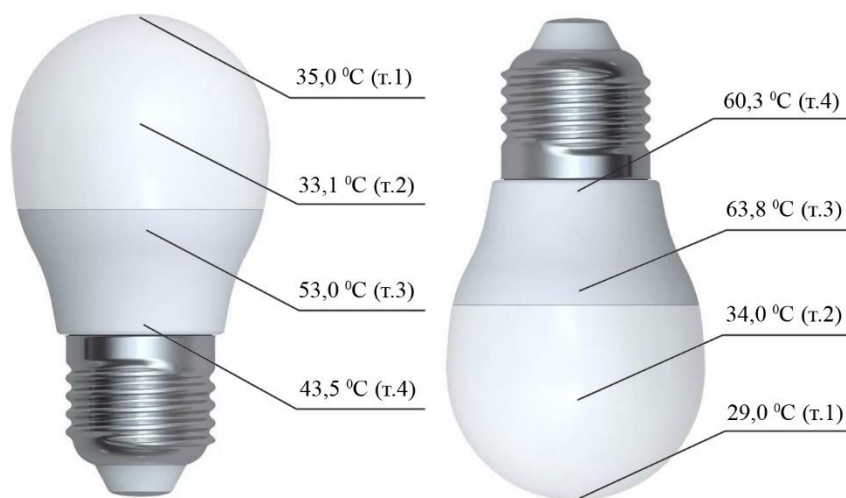


Рис. 8. Распределение температуры по корпусу лампы Uniel LED-G45-6W/4000K
 Fig. 8. Temperature distribution over the lamp body Uniel LED-G45-6W/4000K

Как показано на рис. 8–10, распределение температуры по поверхности лампы зависит от ее ориентации в пространстве. Чаще всего лампа эксплуатируется либо цоколем вниз, либо цоколем вверх, реже – в горизонтальном положении (Егоров и др., 2017). Распределение температуры по поверхности корпуса лампы, приведенное на рис. 8–10, объясняется тем, что корпус лампы представляет собой композитную конструкцию, внешняя поверхность которой выполнена из пластмассы, внутри которой расположен алюминиевый вкладыш, рассеивающий тепло. Максимальная температура для всех ламп (вне зависимости от положения цоколя вниз или вверх) приходится на точку 3, где алюминиевый вкладыш контактирует с алюминиевой печатной платой, на которой расположены светодиоды. Минимальная температура у всех ламп при расположении цоколем вниз находится в точке 2, т. е. в центральной части рассеивателя. Однако в результате преобладающего процесса конвекции над теплопроводностью верхняя точка 1 рассеивателя

имеет большую температуру по сравнению с точкой 2. При расположении лампы цоколем вверх максимальная температура также находится в точке 3, поскольку именно в данной области располагается источник тепла – печатная плата со светодиодами. Однако наблюдается повышение температуры в точке 4 и уменьшение в точках 1 и 2, что связано с воздействием конвекционных потоков нагретого воздуха на верхние участки корпуса лампы.

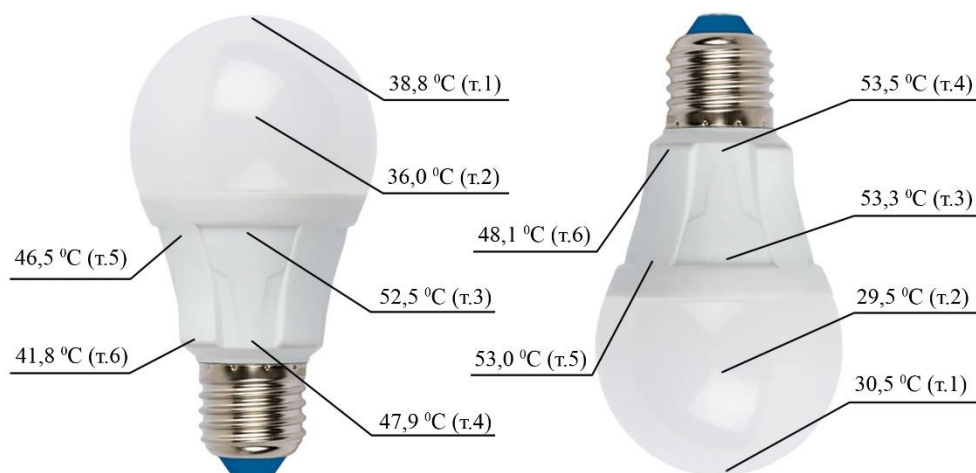


Рис. 9. Распределение температуры по корпусу лампы Uniell LED-A60-8W/6500K
Fig. 9. Temperature distribution over the lamp body Uniell LED-A60-8W/6500K



Рис. 10. Распределение температуры по корпусу лампы Uniell LED-A60-9W/4000K
Fig. 10. Temperature distribution over the lamp body Uniell LED-A60-9W/4000K

Стоит отметить, что внешняя поверхность пластмассового корпуса лампы Uniell LED-A60-8W/6500K выполнена в виде ребер. Таким образом, в тех местах, где расположены ребра (точки 5 и 6), толщина слоя пластмассы по сравнению с толщиной слоя пластмассы в точках 3 и 4 больше. Как известно, пластмасса обладает существенно меньшей теплопроводностью, чем алюминий⁶. Такая конструкция корпуса лампы позволяет иметь малую толщину слоя пластмассы в районе точек 3 и 4 и тем самым обеспечивать хорошее охлаждение светодиодов. Наличие ребер на корпусе лампы в точках 5 и 6, с одной стороны, обеспечивает более удобную и качественную установку лампы в светильник, а с другой – конструкционную прочность крепления композитного корпуса к цоколю лампы.

Заключение

Измеренное значение начального светового потока всех ламп, кроме Uniell LED-A60-8W/6500K, соответствует значениям, указанным производителем. У лампы Uniell LED-A60-8W/6500K измеренный начальный световой поток менее 90 % от номинального светового потока. Также наблюдается небольшое снижение световой отдачи у лампы Uniell LED-A60-9W/4000K. Все исследуемые лампы имеют низкие

⁶ Какой нужен радиатор для охлаждения светодиода? // ЛампаГид: Все об осветительных приборах для дома и бизнеса. URL: <https://lampagid.ru/vidy/svetodiody/radiator>.

показатели коэффициента мощности, не соответствующие номинальным значениям, что свидетельствует о наличии значительной реактивной составляющей в потребляемом токе. При этом измеренные мощности ламп Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-8W/6500K ниже заявленных на 6,7 и 16,3 %, а мощность, потребляемая лампой Uniel LED-A60-9W/4000K, соответствует заявленной, что отвечает требованиям ГОСТ ИЕС 62612-2019.

Исследование светораспределения ламп в пространстве показало, что "угол свечения", указанный на упаковках испытуемых ламп, не идентичен измеренному двойному углу половинной яркости. Такая большая разница в величине распределения излучения у исследованных ламп показывает, что либо термин "угол свечения" не соответствует термину "двойной угол половинной яркости", либо он значительно завышен.

Остальные светотехнические характеристики ламп адекватны значениям, указанным изготовителем, а также нормативным документам, регламентирующим допустимые отклонения параметров.

Сравнительный анализ СДЛ ретрофитов производителя Uniel показывает, что лампы Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K, выпущенные в 2020 г., имеют лучшие светотехнические характеристики по сравнению с лампами Uniel LED-A60-8W/6500K, выпущенными в 2017 г. Это свидетельствует о повышении качества светотехнических параметров СДЛ ретрофитов данного производителя. Повышение качества светотехнических характеристик Uniel СДЛ ретрофитов в новых моделях свидетельствует о стремлении производителя к улучшению своих продуктов и предоставлению более эффективных и качественных решений для освещения.

Таким образом, лампы Uniel LED-G45-6W/4000K и Uniel LED-A60-9W/4000K целесообразно рекомендовать для использования в качестве источников света на замену традиционным лампам накаливания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Агаева М. В., Чуракова Д. К., Ашрятов А. А. Изучение характеристик светодиодных модулей на примере модуля Asgich2 и модуля Оптоган // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики : материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием, Саранск, 28–29 мая 2015 г. Саранск : Афанасьев В. С., 2015. С. 145–150. EDN: UJCMUV.
- Ашрятов А. А., Носов Д. А., Голов Д. Ю. Исследование работы светодиодных ламп, предназначенных для замены ламп накаливания // I Всеросс. светотехнический форум "Инновационные продукты, материалы и технологии : сб. науч. трудов, Саранск, 14–15 декабря 2011 г. Саранск : Средневолжское математическое о-во, 2011. С. 95–100. EDN: LKHRFY.
- Байнева И. И., Байнев В. В. Оптимизация и энергосбережение в освещении // Справочник. Инженерный журнал. 2018. № 7(256). С. 43–47. DOI: <https://doi.org/10.14489/hb.2018.07.pp.043-047>. EDN: UTZYOM.
- Байнева И. И., Лычагин И. А. Проблемы и перспективы светодиодных ламп-ретрофитов // Справочник. Инженерный журнал. 2020. № 7(280). С. 48–52. DOI: <https://doi.org/10.14489/hb.2020.07.pp.048-052>. EDN: CYDWTS.
- Барина И. А., Ворожейкин А. Э. Энергетическая эффективность светодиодных ламп-ретрофитов // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы VI Национальной науч.-практ. конф., Казань, 10–11 декабря 2020 г. В 2 т. Т. 2. Казань : Казан. гос. энерг. ун-т, 2020а. С. 183–185. EDN: NTGUYA.
- Барина И. А., Грек А. М. Фотометрические характеристики светодиодных ламп-ретрофитов // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : II Всеросс. науч.-практ. конф., Казань, 18–19 марта 2020 г. : материалы конференции. В 2 т. Т. 2. Казань : КГЭУ, 2020б. С. 174–180. EDN: FSDZZI.
- Бугров В. Е., Виноградова К. А. Оптоэлектроника светодиодов. СПб. : НИУ ИТМО, 2013. 174 с.
- Вильданов Р. Г., Ионцева О. А., Исхаков Р. Р., Бикметов А. Г. Снижение потерь электроэнергии с помощью компенсации реактивной мощности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. EDN: VIDWXR.
- Егоров А. Ю., Байнева И. И. Исследование теплового режима светодиодной лампы-ретрофита // Материалы XXI науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва. В 3 ч. Ч. 1. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2017. С. 62–66.
- Козловская В. Б., Радкевич В. Н., Колосова И. В. Влияние напряжения на основные характеристики ламп электрического освещения // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2009. № 1. С. 5–13. EDN: QLWXKE.
- Лишик С. И., Поседейко В. С., Трофимов Ю. В., Цвирко В. И. Современное состояние, тенденции и перспективы развития светодиодов для освещения // Светотехника. 2017. № 1. С. 9–17. EDN: YFTGYL.

- Макарова Н. В., Ашрятов А. А. Исследование светотехнических характеристик светодиодных ламп-ретрофитов для бытового освещения // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. № 3. С. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2019-3-28-32>. EDN: QEZRPO.
- Мальшев А. Выбор схемотехники светодиодного драйвера для различных областей применения // Полупроводниковая светотехника. 2021. № 4(72). С. 33–39. EDN: HVXTKJ.
- Микаева С. А., Железникова О. Е., Синецына Л. В. Комплекс современного исследовательского оборудования для световых измерений // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 12. С. 33–36. EDN: PUWORLD.
- Нестеркина Н. П., Кузнецов Е. А. Исследование характеристик светодиодных ламп с изменяемым спектром излучения // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : II Всеросс. науч.-практ. конф., Казань, 18–19 марта 2020 г. : материалы конференции. В 2 т. Т. 2. Казань : КГЭУ, 2020. С. 246–252. EDN: YGFAOD.
- Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга, Г. В. Бооса. М. : Энергоатомиздат, 2019. 892 с.
- Шуберт Ф. Светодиоды. М. : Физматлит, 2008. 496 с.

References

- Agayeva, M. V., Churakova, D. K., Ashryatov, A. A. 2015. Studying the characteristics of LED modules using the example of the Acrich2 module and the Optogan module. Proceedings of the XII All-Russian conf. *Problems and prospects for the development of domestic lighting engineering, electrical engineering and energy*, Saransk, 28–29 May, 2015. Saransk, pp. 145–150. EDN: UJCUMV. (In Russ.)
- Ashryatov, A. A., Nosov, D. A., Golov, D. Yu. 2011. Study of the operation of LED lamps designed to replace incandescent lamps. Collection of scientific papers of the IX International scientific and technical conference *Problems and prospects for the development of domestic lighting engineering, electrical engineering and energy*, Saransk, 14–15 December, 2011. Saransk, pp. 95–100. EDN: LKHRFY. (In Russ.)
- Baineva, I. I., Bainev, V. V. 2018. Optimization and energy saving in lighting. *Spravochnik. Inzhenernyi Zhurnal*, 7(256), pp. 43–47. DOI: <https://doi.org/10.14489/hb.2018.07.pp.043-047>. EDN: UTZYOM. (In Russ.)
- Bayneva, I. I., Lychagin, I. A. 2020. Problems and prospects of retrofit LED lamps. *Spravochnik. Inzhenernyi Zhurnal*, 7(280), pp. 48–52. DOI: <https://doi.org/10.14489/hb.2020.07.pp.048-052>. EDN: CYDWTS. (In Russ.)
- Barinova, I. A., Vorozheikin, A. E. 2020a. Energy efficiency of LED retrofit lamps. Proceedings of the VI National scientific and technical conference *Instrumentation and automated electric drive in the fuel and energy complex and housing and communal services*, Kazan, 10–11 December, 2020. In 2 vol. Vol. 2. Kazan, pp. 183–185. EDN: NTGUYA. (In Russ.)
- Barinova, I. A., Grek, A. M. 2020b. Photometric characteristics of LED retrofit lamps. Proceedings of the II All-Russian scientific and technical conference *Problems and prospects for the development of electric power and electrical engineering*, Kazan, 18–19 March, 2020. In 2 vol. Vol. 2. Kazan, pp. 174–180. EDN: FSDZZI. (In Russ.)
- Bugrov, V. E., Vinogradova, K. A. 2013. Optoelectronics of LEDs. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Vildanov, R. G., Iontseva, O. A., Iskhakov, R. R., Bikmetov, A. G. 2015. Reducing electricity losses using reactive power compensation. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 1–1. EDN: VIDWXR. (In Russ.)
- Egorov, A. Yu., Bayneva, I. I. 2017. Study of the thermal regime of a retrofit LED lamp. *Materials of the XXI scientific-practical conference of young scientists, graduate students and students of the National Research Mordovian State University*. In 3 parts. P. 1. Saransk, pp. 62–66. (In Russ.)
- Kozlovskaya, V. B., Radkevich, V. N., Kolosova, I. V. 2009. The influence of voltage on the main characteristics of electric lighting lamps. *Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 1, pp. 5–13. EDN: QLWXKE. (In Russ.)
- Lishik, S. I., Posedko, V. S., Trofimov, Yu. V., Tsvirko, V. I. 2017. Current state, trends and prospects for the development of LEDs for lighting. *Svetotekhnika*, 1, pp. 9–17. EDN: YFTGYL. (In Russ.)
- Makarova, N. V., Ashryatov, A. A. 2019. Study of the lighting characteristics of retrofit LED lamps for household lighting. *Energy Safety and Energy Economy*, 3, pp. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2019-3-28-32>. EDN: QEZRPO. (In Russ.)
- Malyshev, A. A. 2021. Choice of LED driver circuitry for various applications. *Poluprovodnikovaya Svetotekhnika*, 4(72), pp. 33–39. EDN: HVXTKJ. (In Russ.)
- Mikaeva, S. A., Zheleznikova, O. E., Sinitsyna, L. V. 2012. Complex of modern research equipment for light measurements. *Avtomatizatsiya i Sovremennye Tekhnologii*, 12, pp. 33–36. EDN: PUWORLD. (In Russ.)
- Nesterkina, N. P., Kuznetsov, E. A. 2020. Investigation of the characteristics of LED lamps with a variable emission spectrum. Proceedings of the II All-Russian scientific and technical conference *Problems and prospects for the development of electric power and electrical engineering*, Kazan, 18–19 March, 2020. In 2 vol. Vol. 2. Kazan, pp. 246–252. EDN: YGFAOD. (In Russ.)
- Reference book on lighting engineering. 2019. Ed. Yu. B. Eisenberg, G. V. Boos. Moscow. (In Russ.)
- Shubert, F. 2008. LEDs. Moscow. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ашрятов Альберт Аббясович – ул. Большевистская, 68, г. Саранск, Россия, 430005;
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,
д-р техн. наук, доцент; e-mail: ashryatov@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5674-7259>

Albert A. Ashryatov – 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, Russia, 430005; National Research Mordovian
State University named after N. P. Ogarev, Dr Sci. (Engineering), Associate Professor;
e-mail: ashryatov@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5674-7259>

Кузнецов Евгений Александрович – ул. Большевистская, 68, г. Саранск, Россия, 430005;
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва, аспирант; e-mail: kuznecov_ea@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-0931>

Evgeny A. Kuznetsov – 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, Russia, 430005;
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev, PhD Student;
e-mail: kuznecov_ea@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-0931>

Смолин Константин Александрович – ул. Большевистская, 68, г. Саранск, Россия, 430005;
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва, аспирант; e-mail: smolin94@yandex.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9065-016X>

Konstantin A. Smolin – 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, Russia, 430005;
National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev, PhD Student;
e-mail: smolin94@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9065-016X>