

УДК 628.981

Исследование изменений светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов в результате длительных испытаний

Н. П. Нестеркина, Е. А. Кузнецов, Ю. А. Журавлева*

*Российский технологический университет – МИРЭА, г. Москва, Россия;
e-mail: ulypil@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-5127>

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
16.04.2022;

получена
после доработки
11.07.2022

Ключевые слова:

светодиодная лампа,
мощность,
световой поток,
коэффициент пульсации,
стабильность светового
потока,
исследование

В работе анализируются результаты сравнительных исследований светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов форм-фактора типа А60 различных производителей: Uniel (Россия – Китай), JazzWay (Россия – Китай), Philips (Нидерланды), Ecola (Россия), Wolta (Германия). В течение периода испытаний ламп до 6 000 ч измерялись следующие светотехнические характеристики: световой поток, потребляемая мощность, коэффициент пульсации. Испытание ламп проводилось при напряжении сети 220 В; лампы выключались 4 раза в сутки и вновь включались не менее чем через 15 мин после выключения. Светотехнические характеристики ламп измеряли после 0, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 ч горения. Положение ламп во время испытаний – цоколем вверх. Результаты испытаний показывают: измеренное значение начального светового потока всех светодиодных ламп ретрофитов соответствует заявленному; высокое значение стабильности светового потока после 6 000 ч горения среди светодиодных ламп ретрофитов показали Uniel LED 10W 4000K (94,5 %), Philips Essential LED 9W 6500K (96,2 %), Wolta LX 12W 3000K (95,3 %). Для ламп JazzWay PLED-SP 10W 5000K и Ecola Classic LED 10.2W 4000K стабильность светового потока составила менее 90 %. По результатам испытаний только у лампы Uniel LED 10W 4000K измеренные значения светотехнических характеристик и коэффициента пульсации, в том числе и после 6 000 ч горения, соответствуют заявленным. При низком значении коэффициента пульсации, равном 2,3 % для данной лампы, значение стабильности светового потока после 6 000 ч составило 94,5 %, что соответствует коду стабильности светового потока 9 согласно ГОСТ IEC 62612-2019.

Для цитирования

Нестеркина Н. П. и др. Исследование изменений светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов в результате длительных испытаний. Вестник МГТУ. 2022. Т. 25, № 4. С. 305–312. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-4-305-312>.

Studying changes in the lighting characteristics of retrofit LED lamps during long-term testing

Nina P. Nesterkina, Evgeny A. Kuznetsov, Julia A. Zhuravleva*

*Russian Technological University – MIREA, Moscow, Russia;
e-mail: ulypil@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-5127>

Article info

Received
16.04.2022;
received
in revised form
11.07.2022

Key words:

LED lamp,
power,
luminous flux,
pulsation coefficient,
luminous flux stability,
research

Abstract

The paper analyzes the results of comparative studies of the lighting characteristics of retrofit LED lamps of the A60 form factor from various manufacturers: Uniel (Russia – China), JazzWay (Russia – China), Philips (Netherlands), Ecola (Russia), Wolta (Germany). During the test period of lamps up to 6,000 hours, the following lighting characteristics were measured: luminous flux, power consumption, pulsation coefficient. The lamps were tested for 6,000 hours of burning at mains voltage of 220 V. The lamps were turned off 4 times a day and turned on again no less than 15 minutes after being turned off. Measurements of the lighting characteristics of the lamps were carried out after 0, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 6,000 hours of burning. The position of the lamps during the tests is with the base up. The test results show that the measured value of the initial luminous flux of all retrofit LED lamps corresponds to the declared one; a high value of the lumen maintenance after 6,000 hours of burning among retrofit LED lamps has been shown by Uniel LED 10W 4000K (94.5 %), Philips Essential LED 9W 6500K (96.2 %), Wolta LX 12W 3000K (95.3 %), for lamps JazzWay PLED-SP 10W 5000K and Ecola Classic LED 10.2W 4000K lumen maintenance is less than 90 %. According to the test results, only for the Uniel LED 10W 4000K lamp, the measured values of lighting characteristics and pulsation coefficient, including after 6,000 hours of burning, correspond to the declared ones. With a low pulsation coefficient of 2.3 % for this lamp, the lumen maintenance after 6,000 hours is 94.5 %, which corresponds to lumen maintenance code 9 according to state standard (GOST IEC 62612-2019).

For citation

Nesterkina, N. P. et al. 2022. Studying changes in the lighting characteristics of retrofit LED lamps during long-term testing. *Vestnik of MSTU*, 25(4), pp. 305–312. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-4-305-312>.

Введение

Светодиодные лампы с каждым годом становятся более востребованными источниками света (ИС) для использования в осветительных приборах промышленного и бытового освещения. Среди широко распространенных ИС бытового освещения можно выделить светодиодные лампы ретрофиты. Светотехнические характеристики светодиодных ИС исследовали ряд авторов (*Лишик и др., 2017; Журавлева и др., 2019; Нестеркина и др., 2020; Макарова и др., 2019; Световой прибор..., 2011*).

Светодиодные лампы ретрофиты по форм-фактору аналогичны лампам накаливания (в них применяется стандартный резьбовой цоколь, размеры корпуса соответствуют размерам ламп накаливания), однако рассеиватель светодиодной лампы изготавливается из матового пластика, что позволяет снизить слепящее воздействие на человека и скрыть внутренние электронные компоненты.

Актуальность работы связана с исследованием светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов различных производителей вследствие широкого распространения на рынке светотехнической продукции сомнительного качества. Научная новизна исследования заключается в сравнительном анализе пяти модификаций светодиодных ламп ретрофитов различных производителей, наиболее востребованных на рынке, в течение времени горения до 6 000 ч.

Цель работы – исследование и сравнение изменений светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов различных производителей в течение времени горения до 6 000 ч.

Материалы и методы

Для проведения исследования светотехнических характеристик были приобретены светодиодные лампы ретрофиты форм-фактора А60 и типа цоколя Е27 различных производителей по три образца каждого типа.

Перечень светодиодных ламп ретрофитов (рис. 1):

- а) Uniel LED 10W 4000K (Россия – Китай);
- б) JazzWay PLED-SP 10W 5000K (Россия – Китай);
- в) Philips Essential LED 9W 6500K (Нидерланды);
- г) Ecola Classic LED 10.2W 4000K (Россия);
- д) Wolta LX 12W 3000K (Германия).



Рис. 1. Светодиодные лампы ретрофиты
Fig. 1. Retrofit LED lamps

Исследование характеристик светодиодных ламп проводили в лаборатории Центра коллективного пользования "Светотехническая метрология" (Институт электроники и светотехники МГУ им. Н. П. Огарева)¹. Электрические характеристики и световой поток измеряли согласно ГОСТ² на фотоколориметрической измерительной установке фирмы Gooch & Housego, содержащей фотометрический шар OL IS7600, многоканальный спектро радиометр OL 770 UV/VIS, оптоволоконный кабель 770–7G–3.0, прецизионный источник постоянного тока OL410–200 PRECISION LAMP SOURCE (для питания вспомогательной лампы AUX LAMP A180), арматуру (для крепления ламп), регулируемый автотрансформатор (для изменения напряжения питающей сети), блок мультиметров UNI-T UTD890D, компьютер (*Микаева и др., 2012*).

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.

Коэффициент пульсации освещенности определяли прибором пульсметр-люксметр ТКА-ПКМ 08. Кривые силы света (КСС) исследуемых ламп измеряли на гониофотометре G0 – 2000A.

Испытание ламп в течение 6000 ч горения проводили при напряжении сети 220 В. Лампы выключались 4 раза в сутки и вновь включались не менее чем через 15 мин после выключения. Измерения светотехнических характеристик ламп проводили после 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 ч горения. Положение ламп во время испытаний – цоколем вверх.

Стабильность светового потока L определяли как отношение величины светового потока в заданное время работы лампы к его начальной величине, выраженное в процентах согласно ГОСТ³.

Результаты и обсуждение

На первоначальном этапе исследования было осуществлено измерение начальных светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов: светового потока Φ , мощности P , коэффициента пульсации K_p . Световая отдача η была определена по формуле

$$\eta = \Phi / P.$$

Параметры ламп, заявленные производителем и полученные в результате исследования (усредненные по трем образцам), представлены в табл. 1.

Таблица 1. Светотехнические характеристики светодиодных ламп ретрофитов
Table 1. Lighting characteristics of LED retrofit lamps

Наименование лампы	Φ , лм		P , Вт		η , лм/Вт		K_p , %	
	заявленные	измеренные	заявленные	измеренные	заявленные	расчитанные по результатам измерений	заявленные	измеренные
Uniel LED 10W 4000K	850	853	10	7,7	85	110,8	< 5	0,2
JazzWay PLED-SP 10W 5000K	800	802	10	8,2	80	98,3	< 5	0,2
Philips Essential LED 9W 6500K	900	902	9	9,4	100	96,3	< 5	0,8
Ecola Classic LED 10.2W 4000K	710	712	10,2	10,1	71	70,4	< 5	0,2
Wolta LX 12W 3000K	1 055	1 058	12	8,9	88	118,2	< 5	2,4

В табл. 2 представлены результаты исследования светотехнических характеристик образцов ламп после 0, 1000, 2000, 3000, 4000 и 6000 ч горения.

Таблица 2. Изменение светотехнических характеристик светодиодных ламп ретрофитов в процессе горения
Table 2. Changes in the lighting characteristics of retrofit LED lamps during the test period

Название лампы	Параметры	Время горения, ч					
		0	1 000	2 000	3 000	4 000	6 000
Uniel LED 10W 4000K	Φ , лм	853	835	826	821	811	806
	P , Вт	7,7	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9
	η , лм/Вт	110,8	106,5	103,9	103,9	104,0	102,0
	K_p , %	0,2	0,3	0,7	1,1	1,5	2,3
	L , %		97,8	96,8	96,2	95,1	94,5
JazzWay PLED-SP 10W 5000K	Φ , лм	802	795	770	749	736	716
	P , Вт	8,2	8,4	8,3	8,3	8,4	8,4
	η , лм/Вт	98,3	94,9	92,4	90,2	87,6	85,2
	K_p , %	0,2	0,2	0,3	0,5	1,1	1,5
	L , %		99,1	96	93,4	91,8	89,3
Philips Essential LED 9W 6500K	Φ , лм	902	902	891	883	877	868
	P , Вт	9,4	9,5	9,5	9,5	9,6	9,6
	η , лм/Вт	96,3	94,9	93,6	92,9	91,4	90,4
	K_p , %	0,8	4,4	7,3	7,2	7,2	7,3
	L , %		100	98,8	97,9	97,2	96,2

³ ГОСТ IEC 62612-2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М., 2019. 32 с.

Ecola Classic LED 10.2W 4000K	Φ, лм	712	701	640	630	618	608
	P, Вт	10,1	10,3	10,1	10,2	10,2	10,2
	η, лм/Вт	70,4	67,7	63,4	61,8	60,6	59,6
	K _п , %	0,2	0,2	0,2	0,5	1,3	2,2
	L, %		98,4	89,9	88,5	86,8	85,4
Wolta LX 12W 3000K	Φ, лм	1 058	1 033	1 027	1 022	1 018	1 008
	P, Вт	8,9	8,9	8,9	9,0	9,1	9,1
	η, лм/Вт	118,2	116,5	115,0	113,6	111,9	110,8
	K _п , %	2,4	3,4	9,6	9,5	9,6	9,6
	L, %		97,6	97	96,6	96,2	95,3

На рис. 2 показано изменение светового потока исследуемых ламп в течение времени испытания.

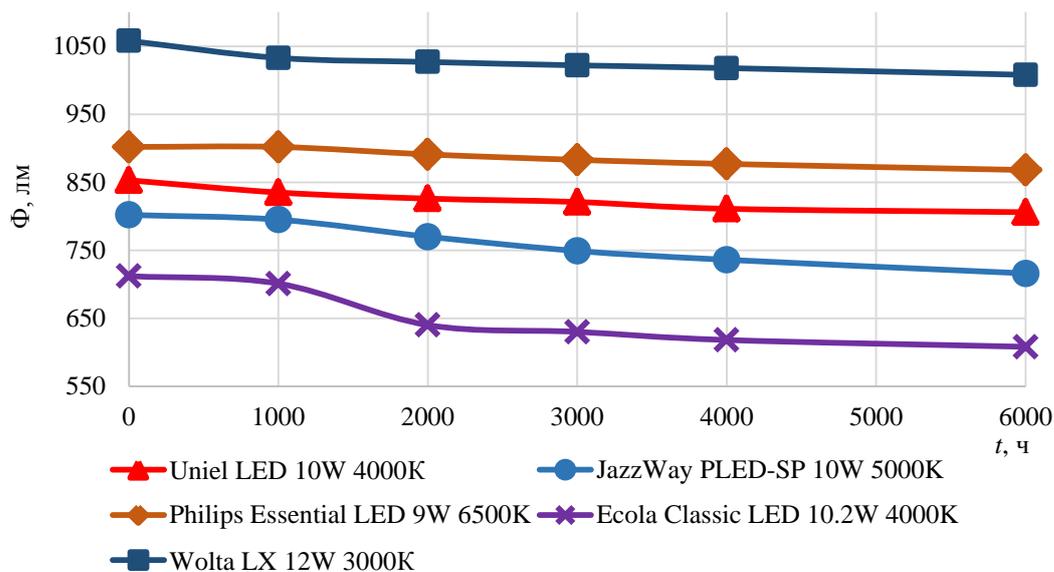


Рис. 2. Изменение светового потока ламп ретрофитов в процессе испытаний
Fig. 2. Change in the luminous flux of retrofit lamps during the test period

Изображения кривых сил света (КСС) исследуемых ламп представлены на рис. 3–7.

Анализ результатов показал, что исследуемые лампы имеют косинусную КСС. Угол раскрытия светового потока для всех ламп приблизительно составляет 180 град., кроме лампы Philips, у которой угол раскрытия светового потока – 150 град.

В результате проведенных исследований ламп в течение 6000 ч горения можно сделать следующие выводы:

- измеренное значение начального светового потока всех светодиодных ламп ретрофитов соответствует заявленному;

- в течение 6000 ч горения световой поток всех ламп снижается;

- высокое значение стабильности светового потока после 6000 ч горения среди светодиодных ламп ретрофитов показали Uniell LED 10W 4000K (94,5 %), Philips Essential LED 9W 6500K (96,2 %), Wolta LX 12W 3000K (95,3 %), что соответствует коду 9 по снижению светового потока согласно ГОСТ⁴. Для ламп JazzWay PLED-SP 10W 5000K и Ecola Classic LED 10.2W 4000K стабильность светового потока составила менее 90 %, что соответствует коду 8;

- в течение времени горения световая отдача ламп уменьшается. Снижение световой эффективности всех исследуемых источников света связано со спадом светового потока и ростом потребляемой мощности;

- в течение времени горения у светодиодных ламп ретрофитов Uniell LED 10W 4000K, JazzWay PLED-SP 10W 5000K, Ecola Classic LED 10.2W 4000K наблюдается изменение коэффициента пульсации от 0,2 до 2,3 %, что в пределах заявленного значения; у лампы Philips Essential LED 9W 6500K коэффициент пульсации уже после 2000 ч увеличивается до 7,3 %, у лампы Wolta LX 12W 3000K – до 9,6 %, что выше значений, заявленных производителем.

⁴ ГОСТ ИЕС 62612-2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М., 2019. 32 с.

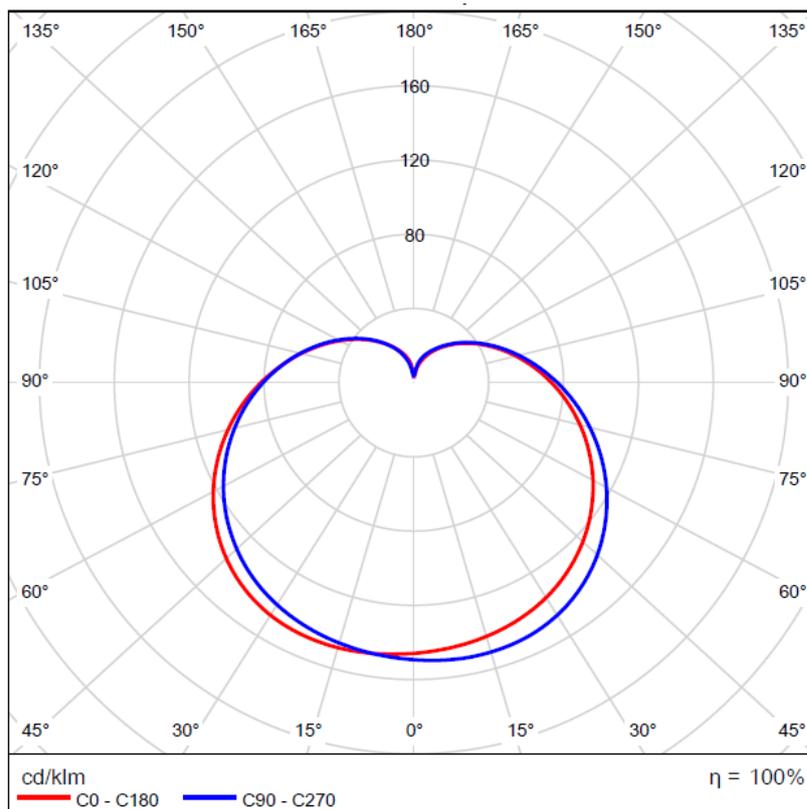


Рис. 3. КСС лампы Uniell LED 10W 4000K
Fig. 3. Light intensity curves (LIC) of the lamp Uniell LED 10W 4000K

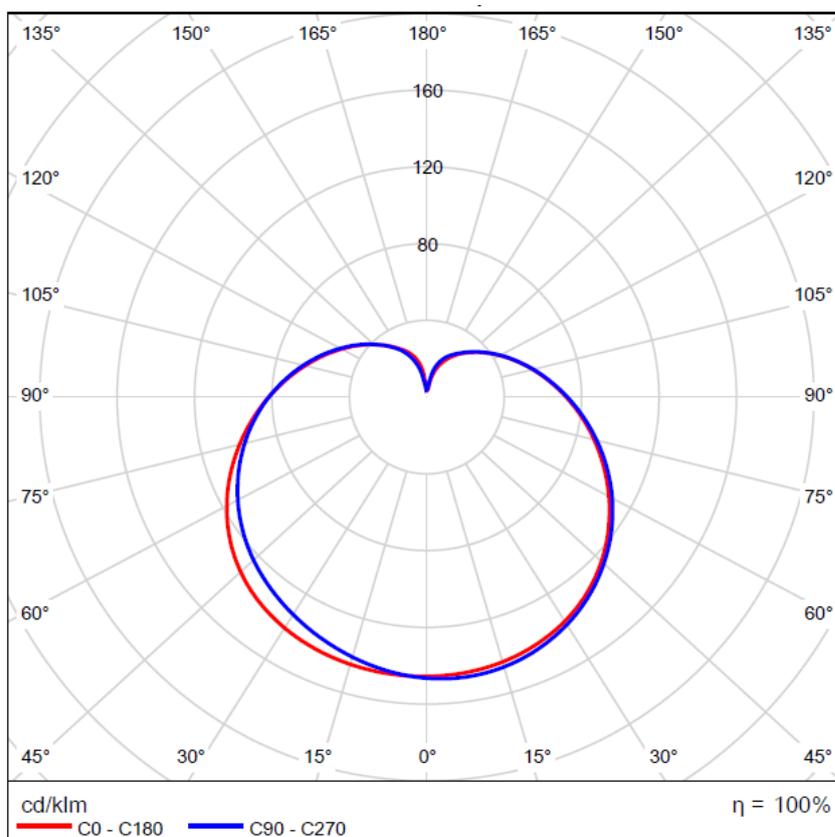


Рис. 4. КСС лампы JazzWay PLED-SP 10W 5000K
Fig. 4. LIC of the lamp JazzWay PLED-SP 10W 5000K

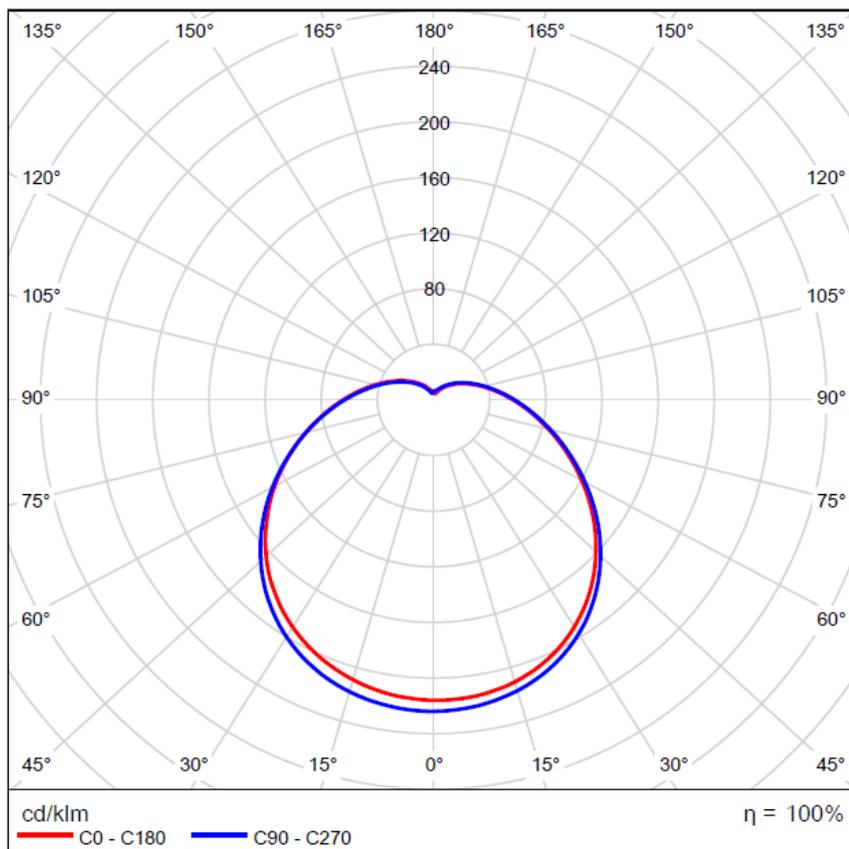


Рис. 5. КСС лампы Philips Essential LED 9W 6500K
Fig. 5. LIC of the lamp Philips Essential LED 9W 6500K

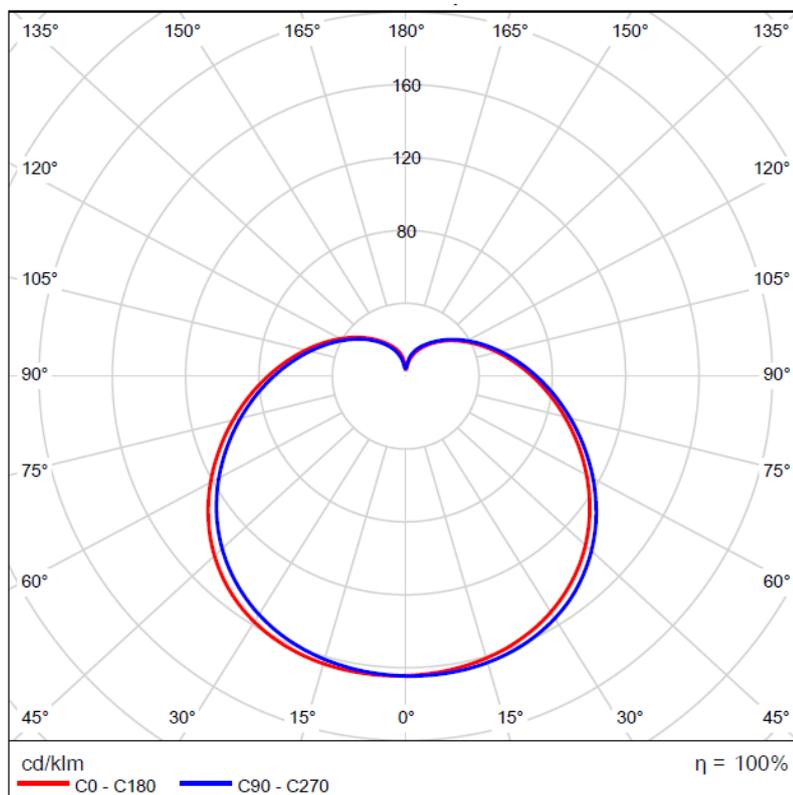


Рис. 6. КСС лампы Ecola Classic LED 10.2W 4000K
Fig. 6. LIC of the lamp Ecola Classic LED 10.2W 4000K

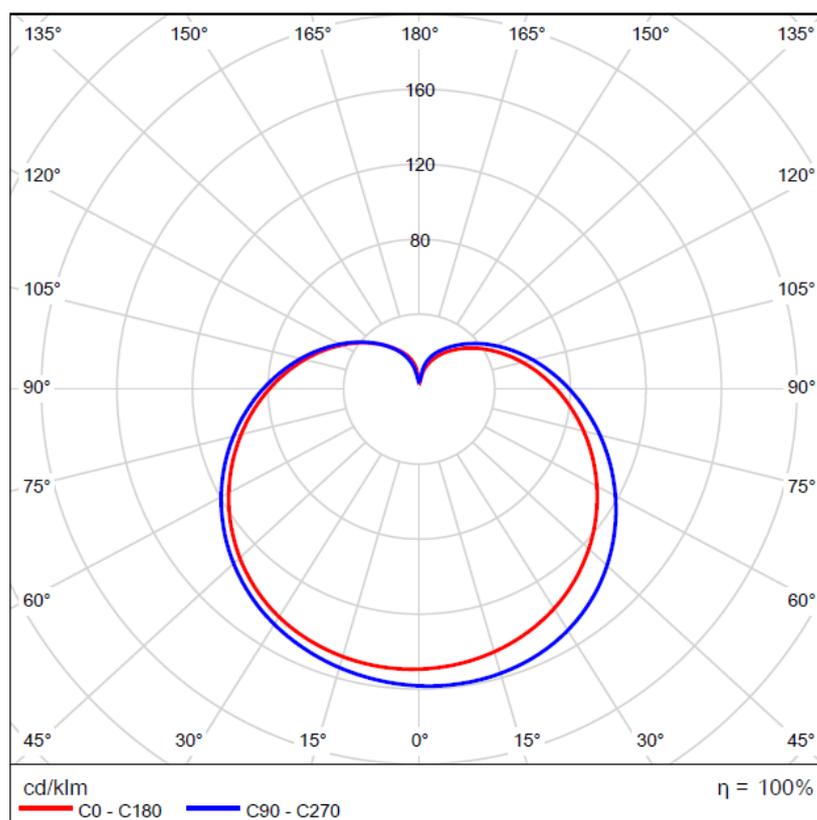


Рис. 7. КСС лампы Wolta LX 12W 3000K
Fig. 7. LIC of the lamp Wolta LX 12W 3000K

Заключение

Таким образом, высокая световая эффективность и малое снижение светового потока светодиодных ламп в процессе длительных испытаний до 6000 ч обосновывает целесообразность замены данными ИС традиционных ламп накаливания, у которых срок службы 1000 ч, и стабильность светового потока после 75 % средней продолжительности горения составляет от 72 до 85 % в зависимости от мощности лампы⁵. Из всех исследованных ламп с учетом соответствия измеренных светотехнических характеристик и коэффициента пульсации заявленным значениям и высокой стабильности светового потока после 6000 ч горения только лампу Uniel LED 10W 4000K можно рекомендовать для использования в осветительных приборах для бытового освещения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Журавлева Ю. А., Коваленко О. Ю., Микаева С. А., Атишев А. В. [и др.]. Исследование влияния фактора светодиодных ламп для бытового освещения на их светотехнические характеристики // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. № 6. С. 24–27. DOI: <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2019-6-24-27>. EDN: VIJMAJ.
- Лишик С. И., Поседько 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.
- Микаева С. А., Железникова О. Е., Сеницына Л. В. Комплекс современного исследовательского оборудования для световых измерений // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 12. С. 33–36. EDN: PUWORL.

⁵ ГОСТ Р 2239-79. Лампы накаливания общего назначения. Технические условия. М., 2003. 23 с.

Нестеркина Н. П., Кузнецов Е. А. Исследование характеристик светодиодных ламп с изменяемым спектром излучения // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (Казань, 18–19 марта 2020 г.). В 2 т. Т. 2. Казань : Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. С. 246–252.

Световой прибор : пат. на полезную модель № 118719 Рос. Федерация / О. Ю. Коваленко, А. А. Ашрятов, А. А. Медведева, В. В. Афонин [и др.]. № 2011137114/07 ; заявл. 07.09.2011 ; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21. EDN: YMJZJC.

References

- Zhuravleva, Yu. A., Kovalenko, O. Yu., Mikaeva, S. A., Atishev, A. V. et al. 2019. Study of the influence of the form factor of LED lamps for household lighting on their lighting characteristics. *Energy Safety and Energy Economy*, 6, pp. 24–27. DOI: <https://doi.org/10.18635/2071-2219-2019-6-24-27>. EDN: BIJMAJ. (In Russ.)
- Lishik, S. I., Posedko, V. S., Trofimov, Yu. V., Tsvirko, V. I. 2017. Current state, trends and perspectives of the development of light emitting diode technology. *Light & Engineering*, 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.)
- Mikaeva, S. A., Zheleznikova, O. E., Sinitsyna, L.V. 2012. Complex of modern research equipment for light measurements. *Automation. Modern Technologies*, 12, pp. 33–36. EDN: PUWORL. (In Russ.)
- Nesterkina, N. P., Kuznetsov, E. A. 2020. Study of the characteristics of LED lamps with a variable emission spectrum. Proceedings of II All-Russian scientific and practical conf. *Problems and prospects for the development of the electric power industry and electrical engineering*, March 18–19, 2020. Kazan, pp. 246–252. (In Russ.)
- Kovalenko, O. Yu., Ashryatov, A. A., Medvedeva, A. A., Afonin, V. V. et al. 2011. Light fixture, Russian Federation, Pat. 118719 U1. EDN: YMJZJC. (In Russ.)

Сведения об авторах

Нестеркина Нина Петровна – ул. Большевикская, 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, ст. преподаватель; e-mail: nesterkina.n@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3194-9369>

Nina P. Nesterkina – 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, Republic of Mordovia, Russia, 430005; Ogarev Mordovia State University, Senior Lecturer; e-mail: nesterkina.n@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3194-9369>

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

Evgeny A. Kuznetsov – 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, Republic of Mordovia, Russia, 430005; Ogarev Mordovia State University, Master's Student; e-mail: kuznecov_ea@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-0931>

Журавлева Юлия Алексеевна – пр. Вернадского, 78, г. Москва, Россия, 119454; Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), канд. техн. наук, доцент; e-mail: ulypil@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-5127>

Julia A. Zhuravleva – 78 Vernadskogo Ave., Moscow, Russia, 119454; Russian Technological University (MIREA – RTU), Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: ulypil@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3919-5127>