

УДК 621.32

DOI: 10.24160/1993-6982-2020-2-77-82

Сравнительная оценка технических параметров двух типов светодиодных световых приборов

Р.Р. Шириев, М.Ф. Садыков

Перед специалистами проектных и монтажных фирм периодически возникает производственная необходимость выбора световых приборов, что часто оказывается довольно сложной задачей в силу сложившегося современного состояния рынка светотехнической продукции, где далеко не все изделия, представленные производителями светотехники, высокого качества, встречаются осветительные приборы с относительно невысокими светотехническими характеристиками. В силу отсутствия доверия к качеству некоторых светотехнических изделий отдельных производителей возникает необходимость контроля технических параметров светодиодной продукции самим потребителем, либо специалистами проектных и монтажных организаций.

Цель данного исследования — измерение различных светотехнических параметров световых приборов с полупроводниковыми источниками света на предмет достоверности представления светотехнических параметров в технической документации и степени надежности работы светодиодных световых приборов в разных технических и климатических условиях.

В качестве объектов исследования взяты шесть образцов светотехнической продукции, являющихся светодиодными световыми приборами двух фирм-производителей.

Выполнены сравнительная оценка технических параметров энергосберегающих светодиодных световых приборов и сопоставление отдельных технических параметров, таких как угол излучения, тип кривой силы света, коэффициент пульсации, номинальное напряжение, заявленных в паспортах светильников и данных, полученных экспериментальным путем посредством измерений. Выявлены недостатки технических решений и несоответствие измеренных значений коэффициента пульсации, заявленных в паспорте одного из типов световых приборов. Он отличается завышенными параметрами по нагреву, что ведет к ускорению процесса деградации параметров и характеристик.

Ключевые слова: технические параметры и испытания светового прибора, светодиодный источник света.

Для цитирования: Шириев Р.Р., Садыков М.Ф. Сравнительная оценка технических параметров двух типов светодиодных световых приборов // Вестник МЭИ. 2020. № 2. С. 77—82. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-2-77-82.

Comparative Assessment of the Technical Parameters of Two Types of LED Light Devices

R.R. Shiriev, M.F. Sadykov

Specialists of design and installation companies regularly face the need to select lighting devices, which often turns to be quite difficult task in connection with the modern state of the market of lighting production. Indeed, among the items presented in the market by the lighting equipment manufacturers, there is a noticeable share of lighting devices of degraded quality that have relatively poor lighting characteristics. Accordingly, since there is lack of confidence in the quality of some lighting products from individual manufacturers, there is a need of checking the technical parameters of LED products by the consumer himself, or by specialists of design and installation organizations.

The aim of this study is to measure various lighting parameters of lighting devices equipped with semiconductor light sources for checking if the lighting parameters specified in the technical documentation are correct enough, and how reliably the LED-based lighting devices operate under different technical and climatic conditions.

Six samples of LED-based lighting devices commercially available from two manufacturers were taken as study objects.

The technical parameters of the studied energy-saving LED-based lighting devices were estimated by way of comparison, and their individual characteristics, such as the radiation angle, the type of light intensity curve, pulsation coefficient, and nominal voltage declared in the light devices' data sheets were compared with the data obtained experimentally from measurement results.

Shortcomings of the technical solutions and inconsistency between the measured values of pulsation coefficient and those declared in the data sheet of one type of light devices were revealed. This device features increased heating parameters, which entails accelerated degradation of the parameters and characteristics.

Key words: light device technical parameters and tests, LED light source.

For citation: Shiriev R.R., Sadykov M.F. Comparative Assessment of the Technical Parameters of Two Types of LED Light Devices. Bulletin of MPEI. 2020;2:77—82. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2020-2-77-82.

Введение

Существует производственная необходимость выбора светодиодных светильников. К сожалению, не вся продукция, представленная на рынке светотехники, обладает высоким качеством, встречаются осветительные приборы с довольно низкими светотехническими характеристиками [1 — 6]. Значения угла излучения, световой отдачи и номинальной мощности, приводимые в технической документации светильников, часто завышены, а температурные градиенты и уровень снижения светового потока вследствие деградации заметно занижены [3 — 6].

Эти обстоятельства вынуждают специалистов проводить собственный выборочный контроль светильников и искать пути совершенствования методик экспресс-тестирования осветительных приборов [5 — 7]. В результате рождаются предложения по изменению конструктивных особенностей световых приборов [7 — 12].

Таким образом, актуальность работы обусловлена сложившейся необходимостью контроля технических параметров светильников проектно-монтажной организацией. С целью оказания помощи в этом вопросе проведены измерения технических параметров светодиодных светильников и оценка степени надежности работы в разных технических и климатических условиях.

Объект и методика исследований

В качестве объектов исследования взяты шесть образцов светотехнической продукции — светильники двух фирм-производителей: NT-WAY-40 (рис. 1, а) и АТ-ДКУ-40 (рис. 1, б). В ходе исследования выполнены измерения и сравнительный анализ их технических параметров. В таблице представлены характеристики световых приборов, заявленные производителем в технических паспортах изделий.

Светотехнические особенности распределения в пространстве светового излучения, исходящего от светильников, изучали по кривым силы света (КСС), которые измеряли с помощью гониометра в поперечной плоскости светодиодных светильников. Начало отсчета располагалось в нижней полусфере предполагаемого фотометрического тела светового прибора вдоль главной оптической оси. Значения силы света в конкретной точке простран-

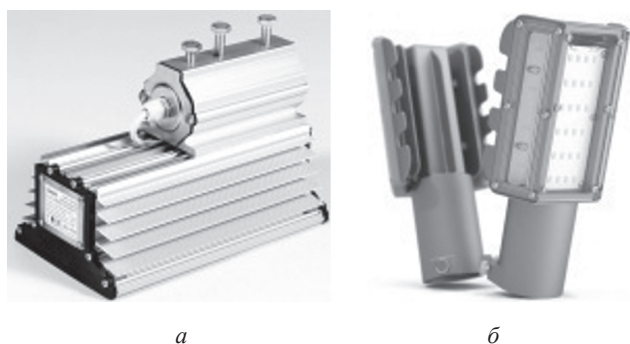


Рис. 1. Внешний вид уличных светильников NT-WAY-40 (а) и АТ-ДКУ-40 (б)

Технические параметры объектов исследования

Параметры светильников	Образец 1	Образец 2
Модель	NT-WAY 40	АТ-ДКУ-40
Производитель светодиода	Nichia	Osram
Количество светодиодов	48	32
Номинальное напряжение, В	176...264	176...264
Потребляемая мощность, Вт	40	40
Световой поток светильника, лм	4100	3400
Световая отдача, лм/Вт	103	85
Тип КСС	Д	Ш
Цветовая температура, К	5000	5000
Индекс цветопередачи R_a	80	85
Коэффициент пульсации K_p , %	1	5
Габаритные размеры, мм	297×178×150	220×105×60
Масса, кг	3,5	0,7
Климатическое исполнение	УХЛ1	УХЛ1
Температура эксплуатации, °С	-40(-20)...+40	-40...+50
Степень защиты	IP65	IP65

ства фотометрического тела определяли путем пересчета показаний люксметра-пульсметра ТКА ПКМ (08), размещенного по нормали к силе света под соответствующим углом относительно точки начала отсчета.

В паспортах светодиодных светильников номинальное значение питающего напряжения указано не одной цифрой, а в виде диапазона: 176...264 В. Это обусловлено либо высокой вероятностью возникновения нестабильности питающего напряжения уличного освещения, либо стремлением завода-изготовителя обеспечить приемлемую степень надежности и долговечности своей продукции. Зависимости интенсивности излучения и коэффициента пульсации от питающего напряжения определяли с помощью лабораторного автотрансформатора и люксметра-пульсметра.

Известно, что для электронных устройств критичны низкие и высокие температуры и, особенно, перепады температур. Поэтому надежность работы и технические характеристики светодиодных световых приборов сильно зависят от климатических условий.

Погодные условия в РФ отличаются широким диапазоном и резкими перепадами температур и влажности. В процессе эксплуатации в нормальных условиях электронная начинка светодиодного светильника нагревается до относительно высоких температур, например, температура корпуса драйвера в зависимости от модификации светового прибора располагается в пределах 40...70 °С, а температура люминофора достигает 90...150 °С.

Естественное увеличение температуры и влажности окружающей среды в весенне-летний период ведет к росту температуры элементов уличных светильников, что, в свою очередь, ускоряет процессы

старения люминофора, электронной начинки драйвера и электрической изоляции проводников светодиодных светильников. Особый интерес для специалистов представляют процессы разогрева и охлаждения всех элементов светильника в осенне-зимне-весенний период, когда светильник в течение суток претерпевает цикличные нагревы и глубокие длительные переохлаждения, что губительно сказывается не только на его работоспособности, но и на безотказности. Так, в следующие сутки он может просто не включиться. Следовательно, в ходе исследований необходимо воссоздать температурные условия, характерные для разных времен года.

В начале эксперимента проходили испытания светильников в нормальных условиях в помещении. Измерения проводили с помощью электрического температурного датчика и тепловизора с учетом коррекции показаний последнего. В частности, когда требовался сравнительный анализ температуры материалов, отличающихся по цвету, химическому составу и шероховатости исследуемой поверхности (деталей из светлого сплава алюминия, стекла или пластика), то учитывали коэффициент излучения их поверхностей [13], что было подтверждено при измерении температуры исследуемых светильников. В силу того, что в настройках тепловизора необходимо выбирать излучающую способность разных материалов, прибор использовали только для получения термограммы, а для количественного сравнения температур элементов разных светильников брали электрический термометр. Проведение измерений температуры люминофора потребовало дополнительных отверстий в пластиковых рассеивателях световых приборов.

Надежность включения светодиодных светильников испытывали следующим образом. Сначала каждый светильник помещали в климатическую камеру СМ-70/150-120ТВХ, где температура окружающего воздуха варьировалась от +25 до +40 °С. Посредством ручного выключателя его включали и выключали дважды. Смотровое окно климатической камеры позволяло визуально убедиться: произошло ли включение светильника, и не было ли заметного сбоя в его работе.

Следующий цикл экспериментов предусматривал глубокое длительное переохлаждение светильников в морозильной камере. Для проведения климатических испытаний при пониженных температурах окружающей среды взяты морозильная камера МРА-2К-12-А/СЛ и мультиметр с датчиком температуры. Морозильная камера МРА-2К-12-А/СЛ представляет собой устройство с автоматическим управлением и конструктивно выполнена в виде двухкамерного термоса с жидким азотом.

Каждый образец подвергали воздействию перепадов температуры в следующей последовательности: +25, -50, +25, -10, +25, -20, +25, -40, +25 °С. При достижении каждой температурной точки светильник посредством ручного выключателя кратковременно включали и выключали дважды.

Результаты измерений и их обсуждение

Коэффициент пульсации светового потока K_p и освещенность при номинальном напряжении питания и отличном от него измеряли прибором ТКАПКМ (08) в режимах «пульсметр» и «люксметр». Типы КСС, полученные в ходе исследования (рис. 2) соответствуют заявленным в паспортах светильников.

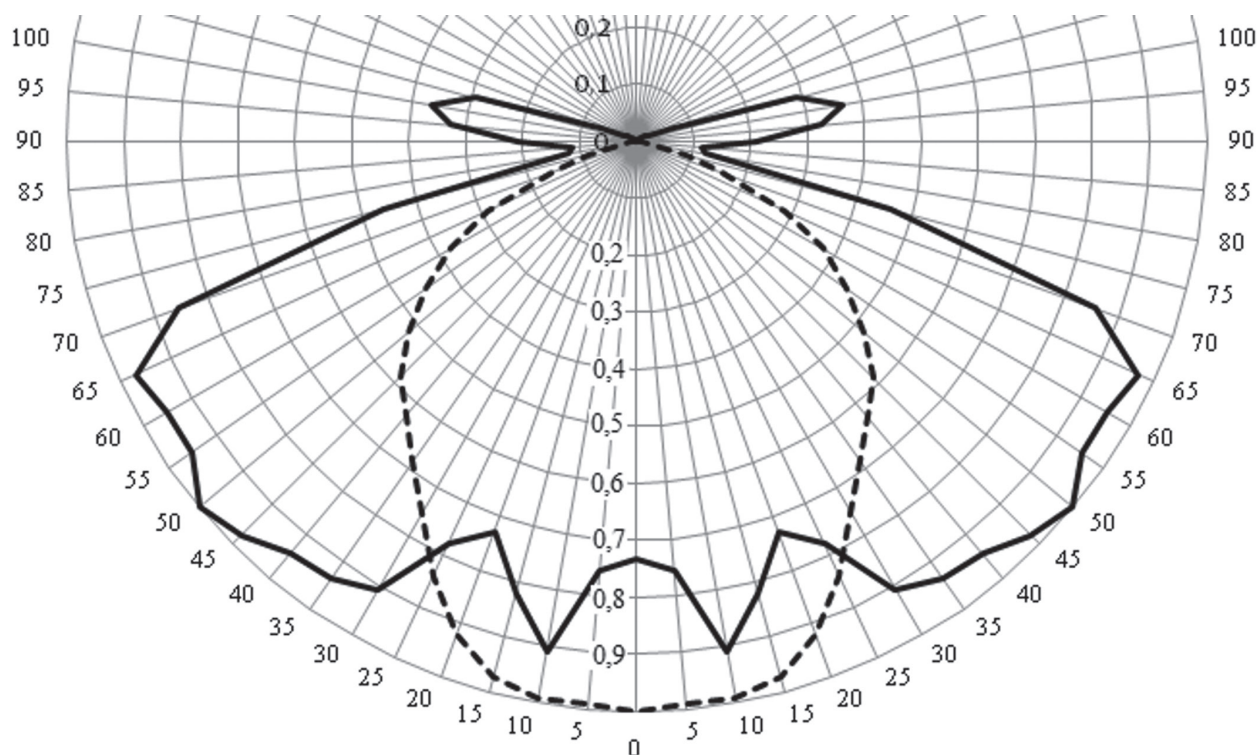


Рис. 2. Диаграммы КСС светильников NT-WAY-40 (---) и AT-ДКУ-40 (—)

Значение коэффициента пульсации светового потока светильника АТ-ДКУ-40 при номинальном напряжении питания в отличие от коэффициента пульсации светового потока светильника NT-WAY 40 составило 20%, что в четыре раза превышает значение, указанное производителем. Экспериментальные зависимости освещенности и коэффициента пульсации светового потока обоих светильников от питающего напряжения представлены на рис. 3. Видно, что интенсивность видимого излучения светильника NT-WAY-40 быстро возрастает от 0 ($U = 45$ В) до 40% ($U = 50$ В) от номинального значения, а затем линейно повышается с напряжением питания, достигая номинального значения при $U = 120$ В. Коэффициент пульсации K_n увеличивается вместе с интенсивностью свечения от 0 при $U = 45$ В до 13% при $U = 50$ В, затем медленно поднимается до своего максимального значения 15,4% при $U = 100$ В, и также быстро падает до 0 при $U = 120$ В.

В светильнике АТ-ДКУ-40 (Атон) свечение появляется при $U = 95$ В, затем его интенсивность практически линейно возрастает с напряжением питания до своего номинального значения при $U = 230$ В. Коэффициент пульсации сначала круто растет от 0 ($U = 95$ В) до $K_n = 20\%$ (120...125 В), а на больших значениях напряжения питания практически остается неизменным. Зависимости, продемонстрированные на рис. 3, свидетельствуют о качестве драйверов исследуемых светильников. В работе драйвера светильника NT-WAY-40 в отличие от АТ-ДКУ-40 предусмотрена стабилизация по току, что внешне проявляется в стабилизации светового потока.

Одни из главных показателей, влияющих на срок службы светодиодного светильника, — рабочие температуры люминофора и драйвера. Результаты измере-

ний температуры поверхностей световых приборов с помощью тепловизора даны на рис. 4, 5.

Изотермы (см. рис. 4, 5) свидетельствуют о том, что радиатор светильника NT-WAY-40, в отличие от АТ-ДКУ-40, более равномерно прогревается и эффективнее отводит тепло.

Температуру люминофора определяли контактным способом с помощью электрического температурного датчика. Монтажная светодиодная плата светильника АТ-ДКУ-40 соприкасается с радиатором лишь по периметру, что негативно сказывается на эффективности передачи тепла от монтажной платы радиатору. Вследствие этого через десять минут работы светильника АТ-ДКУ-40 температура корпуса достигает 60 °С. Через 180 минут после включения она превышает 80 °С, а температура люминофора — 130 °С.

Монтажная светодиодная плата светильника NT-WAY-40 соприкасается с радиатором по всей поверхности. Температура ее поверхности с лицевой стороны составляет $46...50$ °С, а на тыльной стороне не превышает 34 °С. Через 240 минут после включения температура люминофора NT-WAY-40 достигает 88 °С. Внутри корпуса светильника NT-WAY-40 размещен драйвер, чья температура через 30 минут после включения достигает допустимые 40 °С.

Радиатор светильника NT-WAY-40 в отличие от АТ-ДКУ-40 хорошо отводит тепло. В комнатных условиях радиатор светильника АТ-ДКУ-40 плохо справляется с функцией отвода теплоты. Температура на поверхности корпуса светильника АТ-ДКУ-40 при нормальных условиях составляет 60 °С, а люминофора — 130 °С, поэтому АТ-ДКУ-40 лучше использовать в широтах с холодным климатом.

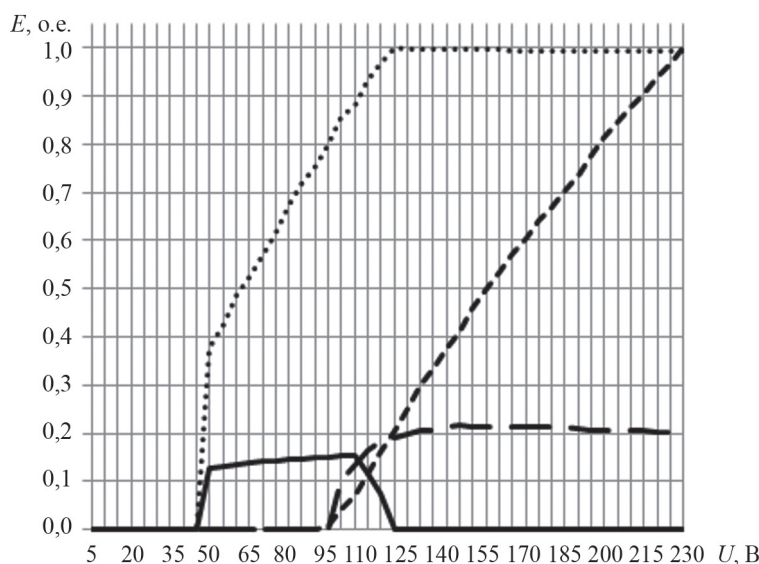
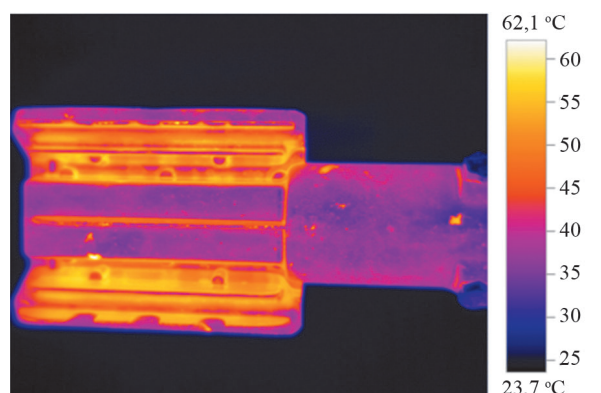
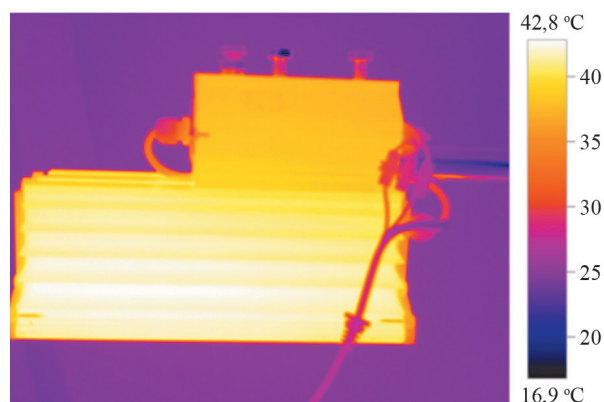


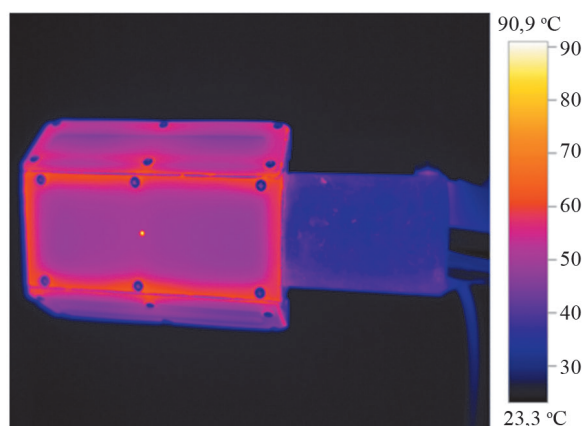
Рис. 3. Диаграммы $U-E$ и $U-K_n$ характеристик светильников NT-WAY-40 и АТ-ДКУ-40:
 — E (NT-WAY-40); — — — — E (АТ-ДКУ-40); — — — — K_n (NT-WAY-40); — — — — K_n (АТ-ДКУ-40)



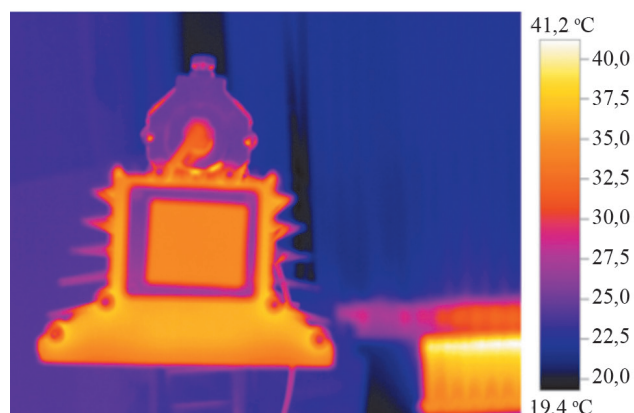
а



а



б



б

Рис. 4. Результаты измерения температуры поверхности светильника АТ-ДКУ-40 с помощью тепловизора:

а — тыльная сторона; б — вид спереди

Все исследуемые светильники прошли климатическое экспресс-испытание при температурах от -50 до $+40$ °С. Они успешно включались, ни один не вышел из строя.

Заключение

В ходе исследований проведена сравнительная оценка заявленных технических параметров светодиодных световых приборов NT-WAY-40 и АТ-ДКУ-40 и данных, полученных экспериментальным путем.

Литература

1. Микаева С.А., Ашрятов А.А. Контроль и диагностика исследования светодиодных ламп // Вестник Московского гос. ун-та приборостроения и информатики. Серия «Приборостроение и информационные технологии». 2013. № 47. С. 25—41.
2. Прокофьев А. Рейтинг промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. 2012. № 1. С. 3—13.
3. Тукшайтов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю., Нигматуллин Р.М., Исыхакефу А. О коэффициенте мощности светодиодных ламп (в связи с требованиями ГОСТ Р 55705—2013) // Светотехника. 2018. № 1. С. 49—51.

Рис. 5. Результаты измерения температуры поверхности светильника NT-WAY-40 с помощью тепловизора:

а — тыльная сторона; б — вид сбоку

Выявлены недостатки технических решений и несоответствие измеренных значений коэффициента пульсации, указанных в паспорте светильника АТ-ДКУ-40. Он отличается завышенными параметрами по нагреву, что ведет к ускорению процесса деградации параметров и характеристик.

Технические параметры светильника NT-WAY-40 позволяют использовать его для уличного и промышленного освещения.

References

1. Mikaeva S.A., Ashryatov A.A. Kontrol' i Diagnostika Issledovaniya Svetodiodnykh Lamp. Vestnik Moskovskogo Gos. Un-ta Priborostroeniya i Informatiki. Seriya «Priborostroenie i Informatsionnye Tekhnologii». 2013;47:25—41. (in Russian).
2. Prokof'ev A. Reyting Promyshlennykh Svetodiodnykh Svetil'nikov. Sovremennaya Svetotekhnika. 2012;1:3—13. (in Russian).
3. Tukshaitov R.Kh., Abdullazyanov E.Yu., Nigmatullin R.M., Isykhakefu A. O Koeffitsiente Moshchnosti Svetodiodnykh Lamp (v Svyazi s Trebovaniyami GOST R 55705—2013). Svetotekhnika. 2018;1:49—51. (in Russian).

4. **Тукшайтов Р.Х., Гусманов М.** Типовые и filamentные светодиодные лампы. Каким образом можно оценить их качество. Ч. 1 // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 4. С. 24—28.

5. **Исыхакефу А.** Метод комплексного контроля качества светодиодных осветительных приборов на основе исследования их характеристик: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань: Изд-во КГЭУ, 2018.

6. **Исыхакефу А., Тукшайтов Р.Х.** Контроль температуры корпуса светодиодных ламп в разных осветительных устройствах // Известия вузов. Серия «Проблемы энергетики». 2017. № 9—10. С. 146—150.

7. **Тукшайтов Р.Х., Айхайти И.** Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47). С. 28.

8. **Ширьев Р.Р., Закиева Р.Р.** «Теппинг-тест» как метод исследования воздействия светоцветовой среды на качество профессиональной подготовки студентов технических ВУЗов // Вестник Марийского гос. ун-та. 2018. Т. 12. № 2 (30). С. 84—91.

9. **Ясер А.** Многопараметрический метод контроля светодиодных светильников, питаемых от гальванических батарей, для использования в аварийных и полевых условиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань: Изд-во КГЭУ, 2013.

10. **Ашрятов А.А., Кокинов А.М., Микаева С.А.** Исследование линейных светодиодных ламп // Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 338—353.

11. **Наджими М.** Концепции, продлевающие срок службы светодиодных драйверов // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 2. С. 44—47.

12. **Pat. № 2580178 РФ.** Способ изготовления оптического модуля светодиодного светильника / В.Т. Черных, Г.С. Черных, А.Н. Борисов // Бюл. изобрет. 2016. № 10.

13. **Прошкин С.С.** К вопросу о точности измерения температуры с помощью тепловизора // Вестник Международной академии холода. 2014. № 1. С. 51—54.

4. **Tukshaitov R.Kh., Gusmanov M.** Tipovye i Filamentnye Svetodiodnye Lampy. Kakim Obrazom Mozhno Otsenit' Ikh Kachestvo. Ch. 1. Poluprovodnikovaya Svetotekhnika. 2018;4:24—28. (in Russian).

5. **Isykhakefu A.** Metod Kompleksnogo Kontrolya Kachestva Svetodiodnykh Osvetitel'nykh Priborov na Osnove Issledovaniya ikh Kharakteristik: Avtoref. Dis. ... Kand. Tekhn. Nauk. Kazan': Izd-vo KGEU, 2018. (in Russian).

6. **Isykhakefu A., Tukshaitov R.Kh.** Kontrol' Temperatury Korpusa Svetodiodnykh Lamp v Raznykh Osvetitel'nykh Ustroystvakh. Izvestiya Vuzov. Seriya «Problemy Energetiki». 2017;9—10:146—150. (in Russian).

7. **Tukshaitov R.Kh., Aykhayti I.** Razrabotka i Primenenie Kriterial'nykh Znacheniy Parametrov Svetodiodnykh Osvetitel'nykh Priborov dlya Kontrolya ikh Kachestva. Inzhenernyy Vestnik Dona. 2017;4 (47):28. (in Russian).

8. **Shiriev R.R., Zakieva R.R.** «Tepping-test» kak Metod Issledovaniya Vozdeystviya Svetotsvetovoy Sredy na Kachestvo Professional'noy Podgotovki Studentov Tekhnicheskikh VUZov. Vestnik Mariyskogo Gos. Un-ta. 2018;12;2 (30):84—91. (in Russian).

9. **Yaser A.** Mnogoparametricheskii Metod Kontrolya Svetodiodnykh Svetil'nikov, Pitaemykh ot gal'vanicheskikh Batarey, dlya Ispol'zovaniya v Avariynykh i Polevykh Usloviyakh: Avtoref. Dis. ... Kand. Tekhn. Nauk. Kazan': Izd-vo KGEU, 2013. (in Russian).

10. **Ashryatov A.A., Kokinov A.M., Mikaeva S.A.** Issledovanie Lineynykh Svetodiodnykh Lamp. Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki. 2012;6:338—353. (in Russian).

11. **Nadzhimi M.** Kontseptsii, Prodlevayushchie Srok Sluzhby Svetodiodnykh Drayverov. Poluprovodnikovaya Svetotekhnika. 2017;2:44—47.

12. **Pat. № 2580178 RF.** Spособ Izgotovleniya Opticheskogo Modulya Svetodiodnogo Svetil'nika. V.T. Chernykh, G.S. Chernykh, A.N. Borisov. Byul. izobret. 2016;10. (in Russian).

13. **Proshkin S.S.** K voprosu o Tochnosti Izmereniya Temperatury s Pomoshch'yu Teplovizora. Vestnik Mezhdunarodnoy Akademii Kholoda. 2014;1:51—54. (in Russian).

Сведения об авторах:

Ширьев Равиль Рафисович — кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной электроники и светотехники Казанского государственного энергетического университета, e-mail: shrr@list.ru

Садыков Марат Фердинантович — кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники Казанского государственного энергетического университета, e-mail: sadykov@kgeu.ru

Information about authors:

Shiriev Ravil R. — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of Industrial Electronics and Lighting Engineering Dept., Kazan State Power Engineering University, e-mail: shrr@list.ru

Sadykov Marat F. — Ph.D. (Phys.-Math.), Head of Theoretical Foundations of Electrical Engineering Dept., Kazan State Power Engineering University, e-mail: sadykov@kgeu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 25.04.2019

The article received to the editor: 25.04.2019