

## Исследование изменения светотехнических характеристик полупроводниковых источников света различного конструктивного исполнения в процессе эксплуатации

О. Ю. Коваленко, Ю. А. Журавлева\*, С. А. Микаева, В. В. Немов

\**Российский технологический университет, Москва, Россия; e-mail: uypil@mail.ru*

### Информация о статье Реферат

Поступила  
в редакцию  
02.10.2019;  
получена  
после доработки  
27.11.2019

### Ключевые слова:

полупроводник,  
светодиод,  
световой поток,  
световая отдача,  
спектральное  
распределение  
излучения,  
срок службы

Освещение, использующее светодиодные технологии, применяется в бытовых целях, а также в различных отраслях экономики. В процессе исследования маломощных светодиодных ламп мощностью 9, 10, 12 Вт (различных производителей), отличающихся по своему конструктивному исполнению и используемых в качестве замены ламп накаливания, рассмотрены такие характеристики, как мощность, световой поток, световая отдача, спектральное распределение излучения, коррелированная цветовая температура; приведен анализ указанных характеристик источников света в зависимости от времени эксплуатации. Изучение электрических и светотехнических параметров ламп при номинальном напряжении питающей сети было проведено с помощью фотокориметрической измерительной установки Gooch&Housego, включающей фотометрический шар OL IS 7600 и многоканальный спектрорадиометр OL 770 VIS/NIR. Испытания проводились согласно ГОСТ Р 54350-2015, который устанавливает светотехнические требования и соответствующие методы испытаний осветительных приборов с электрическими источниками света. До проведения измерений была установлена стабилизация всех световых характеристик ламп после их включения на номинальное напряжение сети. Анализ измерений показал, что заявленным параметрам соответствовали лампы Philips и Ecola; наименьшим спадом параметров обладала лампа Ecola, наибольшим – лампа HomeClub; наибольшую световую отдачу в течение всего периода исследований имела лампа Philips, наименьшую – лампа FL-LED BA ECO. В результате исследования параметров полупроводниковых источников света доказана их высокая эффективность и целесообразность использования в сравнении с традиционными источниками света.

### Для цитирования

Коваленко О. Ю. и др. Исследование изменения светотехнических характеристик полупроводниковых источников света различного конструктивного исполнения в процессе эксплуатации. Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 4. С. 471–476. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-4-471-476.

## Changes of lighting characteristics of semiconductor light sources of different constructional performance during operation

Olga Yu. Kovalenko, Julia A. Zhuravleva\*, Svetlana A. Mikaeva, Victor V. Nemov

\**Russian Technological University, Moscow, Russia; e-mail: uypil@mail.ru*

### Article info

Received  
02.10.2019;  
received  
in revised  
27.11.2019

### Key words:

semiconductor,  
LED, light flux,  
light output,  
spectral distribution  
of radiation,  
service life

### Abstract

Lighting using LED technology is used for domestic purposes, as well as in various sectors of the economy. In the process of studying low-power LED lamps with a power of 9, 10, 12W (various manufacturers), differing in their design and used as a replacement for incandescent lamps, such characteristics as power, light flux, light output, spectral distribution of radiation, correlated color temperature have been considered; the analysis of the indicated characteristics of light sources depending on the operating time has been given. The study of the electrical and lighting parameters of the lamps at the rated voltage of the mains has been carried out using a Gooch & Housego photocolometric measuring device, including the OL IS 7600 photometric ball and the OL 770 VIS / NIR multi-channel spectroradiometer. The measurements were carried out in accordance with GOST R 54350-2011 which establishes the lighting requirements and the corresponding test methods for lighting devices with electric light sources. Prior to the measurements, stabilization of all light characteristics of the lamps was established after they were turned on at the rated mains voltage. Analysis of the measurements has shown that Philips and Ecola lamps correspond to the declared parameters. In the process, the Ecola lamp has the smallest drop in parameters, the HomeClub lamp has the largest. The greatest luminous efficiency for the entire period of research has the Philips lamp, the smallest one – the lamp FL-LED BA ECO. As a result of studying the semiconductor light sources parameters, their high efficiency and feasibility of use in comparison with traditional light sources have been proved.

### For citation

Kovalenko, O. Yu. et al. 2019. Research of change of light technical characteristics of semiconductor light sources of different constructional performance during operation. *Vestnik of MSTU*, 22(4), pp. 471–476. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-4-471-476.

## Введение

В настоящее время актуальна проблема экономии электроэнергии в условиях ограниченности ресурсов и роста их потребления. Параметры техники освещения и облучения в значительной степени влияют на показатели производительности в различных отраслях народного хозяйства. Анализ результатов эффективности применения светотехнических приборов и установок представлен в ряде публикаций (Amelkina et al., 2018; Kovalenko et al., 2017; Нестеркина и др., 2019; Мариллас и др., 2019; Прикупец и др., 2019; Макарова и др., 2019), в которых приоритет в качестве эффективных источников света отдан полупроводниковым источникам (светодиодам). В связи с широким внедрением полупроводниковых источников света в целях освещения и декларированием фирмами-изготовителями больших значений срока службы данных источников возникает необходимость провести экспериментальные испытания маломощных светодиодных ламп, используемых в качестве замены ламп накаливания.

Целью настоящего исследования является анализ изменения в процессе эксплуатации светотехнических характеристик светодиодных ламп различной мощности и конструктивного исполнения: мощности, светового потока, световой отдачи, спектрального распределения излучения, коррелированной цветовой температуры.

## Материалы и методы

Для проведения эксперимента были приобретены светодиодные лампы мощностью 9, 10, 12 Вт различного конструктивного исполнения: Philips 12W, HomeClub (LEDA60122727), FL-LED BA ECO, ASD Led-Свеча, General (GLD-R63-9-230-E27-4500), Ecola Reflector 9W (G7KW90ELC). Внешний вид ламп представлен на рис. 1–3.

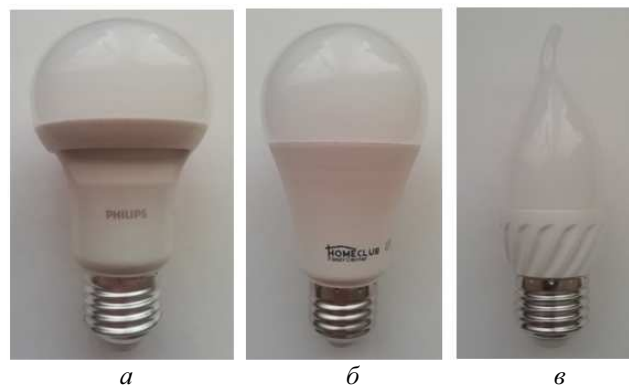


Рис. 1. Внешний вид ламп мощностью 12 Вт: *a* – Philips 12W; *б* – HomeClub 12W (LEDA60122727); *в* – FL-LED BA ECO 9W  
Fig. 1. Appearance of 12W lamps: *a* – Philips 12W; *б* – HomeClub 12W (LEDA60122727); *в* – FL-LED BA ECO 9W



Рис. 2. Внешний вид лампы ASD Led-Свеча мощностью 10 Вт  
Fig. 2. The appearance of 10W lamp ASD Led-Candle



Рис. 3. Внешний вид ламп мощностью 9 Вт: *a* – General 9W (GLD-R63-9-230-E27-4500); *б* – Ecola Reflector 9W (G7KW90ELC)  
Fig. 3. Appearance of 9W lamps: *a* – General 9W (GLD-R63-9-230-E27-4500); *б* – Ecola Reflector 9W (G7KW90ELC)

Исследование характеристик светодиодных ламп проводилось в центре коллективного пользования научным оборудованием "Светотехническая метрология" МГУ им. Н. П. Огарёва в соответствии с ГОСТом<sup>1</sup>. В ходе испытаний был выбран режим эксплуатации ламп (время горения в сутки составляло 22 ч при одном включении и одном отключении ламп), который контролировался с помощью реле времени (данный режим может использоваться в производственных условиях). Измерения электрических и светотехнических параметров полупроводниковых ламп были проведены с учетом различных этапов срока службы (до начала работы ламп; после 1 500 ч работы; после 3 000 ч работы) и при номинальном напряжении питающей сети с помощью фотоколориметрической измерительной установки Gooch&Housego, включающей фотометрический шар OL IS 7600 диаметром 2 м, многоканальный спектрорадиометр OL 770 VIS/NIR, 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 и компьютера).

Измерения выполнялись в помещении с неподвижным воздухом при температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , относительной влажности воздуха до 80 % и атмосферном давлении до 107 кПа; стены, пол и потолок имели глубоко-матовое черное покрытие; исключено влияние постороннего отраженного света от измерительного оборудования.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения светового потока составляли  $\pm 9\%$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения координат цветности  $\Delta X = \Delta Y \pm 0,002$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения коррелированной цветовой температуры  $\pm 25\text{ K}$ , погрешность установки выходного тока  $\pm 0,02\%$ . Принцип действия фотоколориметрической измерительной установки заключался в определении мощности излучения посредством измерения абсолютной спектральной плотности излучения, интегрировании ее и нахождении полной мощности излучения, попадающей на фотометрическую площадку (торец оптоволоконного ввода, связанного со спектрометром и ПЗС-линейкой); вычисления производились автоматически. Программное обеспечение, входящее в состав установки, выполняло функции отображения на экране управляющего компьютера информации в удобном для оператора виде, а также задания условий измерений<sup>2</sup>.

## Результаты и обсуждение

На первом этапе эксперимента проводились измерения электрических и светотехнических характеристик: мощности, светового потока, световой отдачи, коррелированной цветовой температуры. Заявленные производителем параметры, а также параметры, полученные в ходе исследования, представлены в табл. 1–4.

Таблица 1. Заявленные производителем характеристики ламп  
Table 1. Manufacturer's declared lamp specifications

Название лампы	Philips	Home Club	General Reflector	Ecola	FL-LED BA ECO	ASD Led-Свеча
Световой поток, лм	1 150	1 000	430	674	670	900
Коррелированная цветовая температура, К	3 000	2 700	4 500	2 800	2 700	3 000
Срок службы, ч	30 000	30 000	50 000	50 000	30 000	30 000
Мощность, Вт	12	12	9	9	9	10
Световая отдача, лм/Вт	95,8	83,3	47,8	74,8	74,4	90

Таблица 2. Измеренные параметры ламп до начала работы  
Table 2. Measured lamp parameters before operation

Название лампы	Philips	Home Club	General Reflector	Ecola	FL-LED BA ECO	ASD Led-Свеча
Световой поток, лм	1 341	1 026	663	609	352	775
Коррелированная цветовая температура, К	2 997	3 078	3 929	2 990	3 087	3 010
Мощность, Вт	10	12	9	7	4	9
Световая отдача, лм/Вт	134,1	85,5	73,66	87	88	86,11

<sup>1</sup> См.: ГОСТ Р 54350-2015. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2015. 41 с.; ГОСТ Р 55702-2013. Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров. Введ. 2013-11-08. М.: Стандартинформ, 2013. 44 с.

<sup>2</sup> Центр коллективного пользования научным оборудованием "Светотехническая метрология" [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mrsu.ru/ru/sci/labs.php?ELEMENT\\_ID=57865&sphrase\\_id=1149162](http://www.mrsu.ru/ru/sci/labs.php?ELEMENT_ID=57865&sphrase_id=1149162).

Таблица 3. Измеренные параметры ламп после 1 500 ч работы  
Table 3. Measured lamp parameters after 1,500 hours of operation

Название лампы	Philips	Home Club	General Reflector	Ecola	FL-LED BA ECO	ASD Led-Свеча
Световой поток, лм	1 168	752	665	634	351	649
Коррелированная цветовая температура, К	3 062	3227	3 997	3 022	3 108	3 053
Мощность, Вт	10	12	9	7	4	9
Световая отдача, лм/Вт	116,8	62,66	73,88	90,57	87,75	72,11

Таблица 4. Измеренные параметры ламп после 3 000 ч работы  
Table 4. Measured lamp parameters after 3,000 hours of operation

Название лампы	Philips	Home Club	General Reflector	Ecola	FL-LED BA ECO	ASD Led-Свеча
Световой поток, лм	1023	523	445	521	276	484
Коррелированная цветовая температура, К	3 068	3 233	4 045	3 024	3 141	3 090
Мощность, Вт	10	12	9	7	4	9
Световая отдача, лм/Вт	102,3	43,58	49,44	74,42	69	53,77

По полученным результатам построен график зависимости световой отдачи от времени эксплуатации ламп (рис. 4).

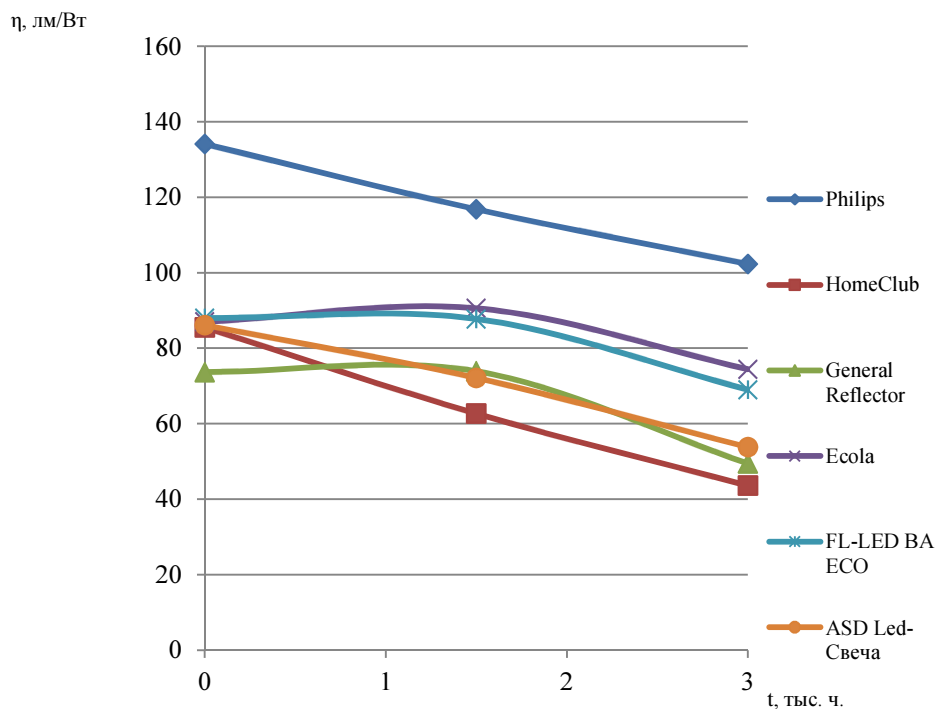


Рис. 4. График зависимости световой отдачи светодиодных ламп от срока службы  
Fig. 4. The dependence of the light output of LED lamps on the service life

На втором этапе исследований было проведено измерение спектральных характеристик полупроводниковых источников света.

Результаты измерений спектральных характеристик на примере лампы Home Club 12W в зависимости от срока эксплуатации представлены на рис. 5.

Анализ измерений спектральных характеристик ламп в зависимости от срока эксплуатации показал, что в течение срока службы максимум длины волны в среднем на 1–2 нм сдвигался в область

коротковолновых длин волн, полуширина спектра синей линии изменялась от 1 до 7 нм, незначительно менялись и другие спектральные характеристики.

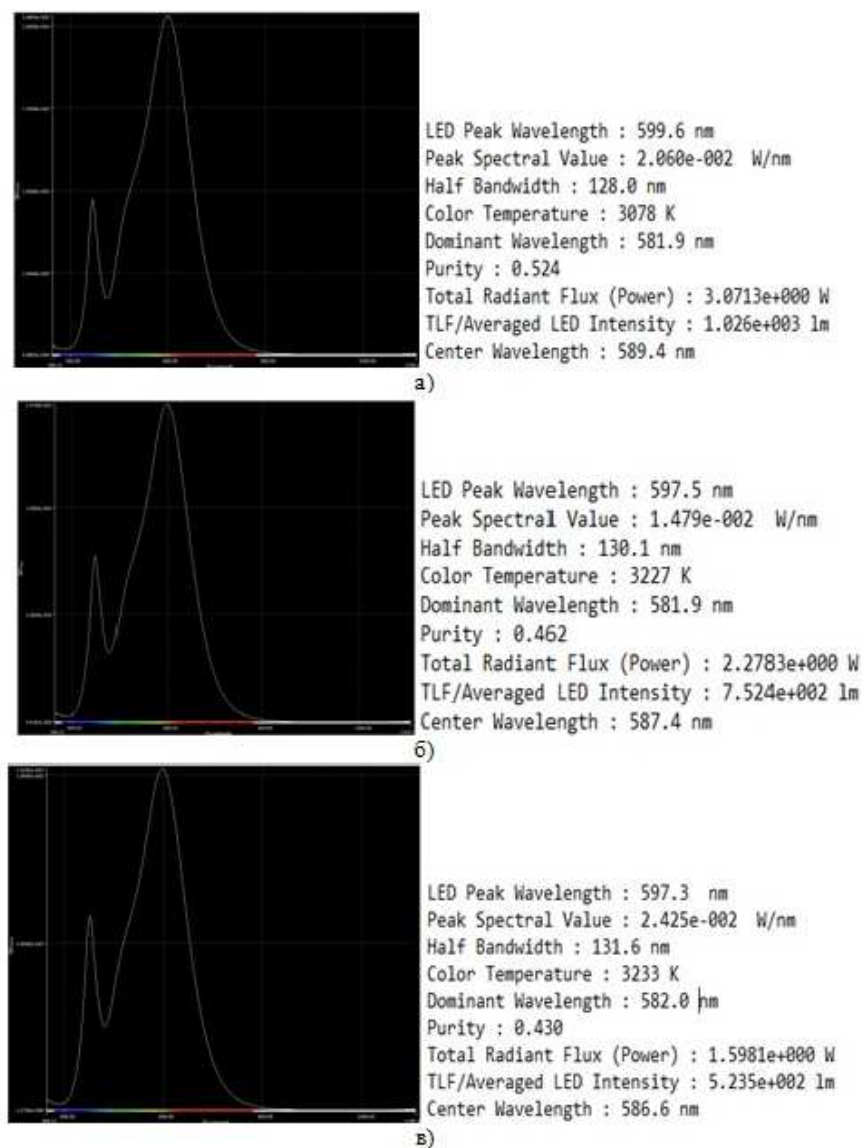


Рис. 5. Спектральное распределение и параметры лампы HomeClub 12W:  
а – до эксплуатации; б – после 1 500 ч эксплуатации; в – после 3 000 ч эксплуатации  
Fig. 5. Spectral distribution and parameters of the HomeClub 12W lamp:  
а – before operation; б – after 1,500 hours of operation; в – after 3,000 hours of operation

### Заклучение

Анализ измерений показал, что заявленным параметрам соответствовали лампы Philips и Ecola. В процессе работы наименьшим спадом параметров обладала лампа Ecola, наибольшим – Home Club. Наибольшую световую отдачу в течение всего периода исследований имела лампа Philips, наименьшую – FL-LED BA ECO.

Для всех типов ламп наблюдалось незначительное увеличение коррелированной цветовой температуры, которое не превышало 5 %.

Сравнительный анализ изменения спектрального распределения излучения в процессе эксплуатации свидетельствует о том, что максимум длины волны в среднем на 1–2 нм сдвигался в область коротких длин волн.

Снижение световой отдачи ламп в зависимости от времени горения (3 000 ч) составило: Philips – 23,8; Home Club – 49,4; General Reflector – 32,8; Ecola – 14,9; FL-LED BA ECO – 21,5; ASD Led-Свеча – 38,3 %.

В процессе исследования параметров полупроводниковых источников света были доказаны высокая эффективность и целесообразность их использования в сравнении с традиционными источниками света.

### Библиографический список

- Макарова Н. В., Ашрятов А. А. Применение светодиодных ламп Premium класса Ecola в бытовом освещении // Материалы XXII науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва, Саранск, 25 сентября – 1 октября 2018 г. [Электронный ресурс] : [в 3 ч.] Саранск, 2019. С. 188–191.
- Мариллас Роза М., де Андрес Хосе Р. Обновление уличного освещения с помощью светодиодных технологий // Светотехника. 2019. № 3. С. 33–41.
- Нестеркина Н. П., Коваленко О. Ю., Журавлева Ю. А. Анализ характеристик светодиодных ламп с колбой Т8 разных производителей // Светотехника. 2019. № 3. С. 59–63.
- Прикупец Л. Б., Боос Г. В., Терехов В. Г., Тараканов И. Г. Оптимизация светотехнических параметров облучения при светокультуре салатно-зеленных растений с использованием светодиодных излучателей // Светотехника. 2019. № 4. С. 6–13.
- Amelkina S. A., Zheleznikova O. E., Sinitsyna L.V. On the efficiency of lighting by LEDs in visual work // Light & Engineering. 2018. Vol. 26, N 3. P. 81–87.
- Kovalenko O. Y., Pilshchikova Y. A., Ovchukova S. A. Improvement of the irradiation facilities effectiveness // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, Iss. 1. P. 5740–5743. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.5740.5743>.

### References

- Makarova, N. V., Ashryatov, A. A. 2019. Application of Premium Ecola LED lamps in domestic lighting. *Proceedings of the XXII scientific-practical conference of young scientists, graduate students and students of the National Research Ogarev Mordovia State University*, Saransk, pp. 188–191. (In Russ.)
- Marillas, R. M., de Andres, Jose R. 2019. Updating street lighting with LED technology. *Lighting Engineering*, 3, pp. 33–41. (In Russ.)
- Nesterkina, N. P., Kovalenko, O. Yu., Zhuravleva, Yu. A. 2019. Analysis of characteristics of LED lamps with T8 bulb from different manufacturers. *Lighting Engineering*, 3, pp. 59–63. (In Russ.)
- Prikupets, L. B., Boos, G. V., Terekhov, V. G., Tarakanov, I. G. 2019. Optimization of lighting technical parameters of irradiation in light culture of lettuce plants using LED emitters. *Lighting Engineering*, 4, pp. 6–13. (In Russ.)
- Amelkina, S. A., Zheleznikova, O. E., Sinitsyna, L. V. 2018. On the efficiency of lighting by LEDs in visual work. *Light & Engineering*, 26(3), pp. 81–87.
- Kovalenko, O. Y., Pilshchikova, Y. A., Ovchukova, S. A. 2017. Improvement of the irradiation facilities effectiveness. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(1), pp. 5740–5743. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.5740.5743>.

### Сведения об авторах

**Коваленко Ольга Юрьевна** – ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, д-р техн. наук, доцент, профессор; e-mail: [crystal2000@mail.ru](mailto:crystal2000@mail.ru)

**Olga Yu. Kovalenko** – 68 Bolshivistskaya Str., Saransk, Russia, 430005; Ogarev Mordovia State University, Dr of Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor; e-mail: [crystal2000@mail.ru](mailto:crystal2000@mail.ru)

**Журавлева Юлия Алексеевна** – пр-т Вернадского, д. 78, г. Москва, Россия, 119454; Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), канд. техн. наук, доцент; e-mail: [ulypil@mail.ru](mailto:ulypil@mail.ru)

**Julia A. Zhuravleva** – 78 Vernadskogo Ave., Moscow, Russia, 119454; Russian Technological University (MIREA – RTU), Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: [ulypil@mail.ru](mailto:ulypil@mail.ru)

**Микаева Светлана Анатольевна** – пр-т Вернадского, д. 78, г. Москва, Россия, 119454; Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой; e-mail: [mikaeva\\_s@mirea.ru](mailto:mikaeva_s@mirea.ru)

**Svetlana A. Mikaeva** – 78 Vernadskogo Ave., Moscow, Russia, 119454; Russian Technological University (MIREA – RTU), Dr of Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: [mikaeva\\_s@mirea.ru](mailto:mikaeva_s@mirea.ru)

**Немов Виктор Васильевич** – ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия, 430005; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, инженер; e-mail: [int.nemow@yandex.ru](mailto:int.nemow@yandex.ru)

**Victor V. Nemov** – 68 Bolshivistskaya Str., Saransk, Russia, 430005; Ogarev Mordovia State University, Engineer; e-mail: [int.nemow@yandex.ru](mailto:int.nemow@yandex.ru)