

Анализ критериев выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников

Г.Я. ВАГИН, Е.Б. СОЛНЦЕВ, О.Ю. МАЛАФЕЕВ¹

Нижегородский государственный технический университет, Н. Новгород

¹ E-mail: omail1@mail.ru

Аннотация

Проведён анализ критериев выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников, которые применяются в отечественной и зарубежной практике. Установлено, что в ГОСТ Р 54993–2012 и ГОСТ Р 54992–2012 содержатся устаревшие критерии определения индексов и классов энергоэффективности источников света и светильников. Они взяты из Директивы ЕС 1998 г. № 98/11/ЕС «Лампы электрические», в которой не учитывались светодиодные источники света и разрядные лампы высокой интенсивности. В новом Регламенте Евросоюза № 874/2012/ЕС по энергетической маркировке электрических ламп и светильников, в котором эти источники света учтены, содержится новая методика определения классов энергоэффективности и введены новые, более высокие классы. В статье проведено сравнение расчётов классов энергоэффективности по ГОСТ Р 54993 и Регламенту № 874/2012/ЕС и установлено, что расчёт по ГОСТ Р 54993 даёт заниженные классы энергоэффективности. Это приведёт к запрету экспорта наших источников света и светильников, дискредитирует качество источников света отечественных производителей и не соответствует правилам ВТО.¹

Ключевые слова: критерии выбора энергоэффективных и высококачественных источников света, классы энергоэффективности, технические критерии, экономические критерии.

1. Введение

В [1] показано, что на российском рынке присутствует большое количество светодиодных источников света и светильников отечественного и зарубежного производства. Технические характеристики многих из них не соответствуют заявленным данным и требованиям по энергоэффективности и качеству продукции. Это говорит о том, что иногда на рынок поступает неаттестованная продукция.

Большой выбор источников света и светильников создаёт большие сложности для покупателей этой продукции. Упростить эту проблему позволяют различные технические и экономические критерии выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников.

2. Критерий выбора энергоэффективных источников света и светильников

Основным критерием выбора энергоэффективных источников света и светильников является их разделение на классы по энергоэффективности (маркировка энергоэффективности).

Маркировка энергоэффективности является основным и наиболее действенным инструментом энергосбережения, движущей силой снижения энергоёмкости валового национального продукта и экологического оздоровления окружающей среды [2]. Маркировка энергоэффективности оборудования – это способ классификации и идентификации однотипных изделий по характеристикам энерго-

потребления с присвоением соответствующего маркировочного знака.

К настоящему времени энергопотребляющее оборудование охвачено маркировкой энергоэффективности более чем в 60 странах мира [3]. Наибольших успехов в этой области добились страны ЕС, в которых эта работа началась в 1992 г. после принятия Директивы 92/75/ЕС.

В 1998 г. в ЕС вышла Директива 98/11/ЕС «Лампы электрические». В ней установлено 7 классов энергетической эффективности ламп (*A, B, C, D, E, F, G*). Класс *A* соответствует максимальной, а класс *G* – минимальной энергетической эффективности ламп при их эксплуатации. Класс энергетической эффективности определяется по индексу энергетической эффективности *EEL*, формулы для расчёта которого приведены в [4, 5].

Попытки введения маркировки энергоэффективности в России предпринимались в конце 90-х годов XX века. В 1999 г. были выпущены три стандарта по энергоэффективности. К сожалению, эти стандарты оказались практически не востребованными, так как не были выработаны механизмы реализации системы маркировки энергоэффективности и не были определены нормативные показатели энергоэффективности энергопотребляющего оборудования.

Работа по маркировке энергоэффективности началась снова после принятия Федерального закона № 261-ФЗ [6]. Постановлением Правительства РФ от 31.12.2009 г. № 1221 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещения заказов на которые осуществляется для государственных и муниципальных нужд» утверждён перечень товаров, в отношении которых устанавливаются требования энергетической эффективности. Источники света входят в этот перечень.

Правила определения производителями и импортёрами класса энергетической эффективности источников света изложены в Приказе Министерства промышленности и торговли РФ № 357 от 29.04.2010 г. Эти правила полностью заимствованы из Директивы 98/11/ЕС. Однако в этой Директиве не учитывались светодиодные источники света и ряд разрядных ламп высокой интенсивности.

¹ В настоящее время разрабатывается проект Технического регламента Таможенного союза «Об информировании потребителя об энергетической эффективности электрических энергопотребляющих устройств», в основу которого положен упомянутый в статье Регламент Евросоюза. – Прим. ред.

Классы энергоэффективности некоторых светодиодных источников света

Марка источника света	Мощность измеренная, Вт	Фактический световой поток, лм	Класс энергоэффективности	
			По ГОСТ Р 54993–2012	По Регламенту 874/2012/ЕС
IKEA	13,6	1121	A	A+
КОМТЕХ	9,34	912	A	A+
WOLTA	8,48	673	A	A+
Экономика LED	11,12	815	A	A+
Электромонтаж	9,13	808	A	A+

Кроме вышеуказанного приказа, упомянутые правила изложены в следующих нормативных документах: ГОСТ Р 54992–2012 и ГОСТ Р 54993–2012 [4, 5], причём в ГОСТ Р 54993 утверждается, что он применим и для светодиодных источников света.

За прошедшее с 1998 г. время произошёл бурный рост источников света с высокой световой отдачей, и особенно светодиодных источников света, поэтому 12.07.2012 г. Евросоюз принял новый Регламент № 874/2012/ЕС по энергетической маркировке электрических ламп и светильников [7]. Он охватывает: лампы накаливания, люминесцентные лампы, разрядные лампы высокой интенсивности, светодиодные лампы и светодиодные модули. Изменилась шкала классов энергетической эффективности (A++, A+, A, B, C, D, E) и формулы для определения индексов энергетической эффективности. Кроме этого введён ещё один критерий энергоэффективности – расход электроэнергии источником света в кВт·ч за 1000 ч его работы (W_c). Определение индексов энергоэффективности производится по выражениям, приведённым в [7].

В табл. 1 приведены результаты расчётов классов энергоэффективности для 5 лучших светодиодных источников света с поколем E27 из [1]. Расчёт проведён по ГОСТ Р 54993 и по Регламенту ЕС № 874/2012.

Как видно из табл. 1, расчёт класса энергоэффективности по существующим в России нормативным документам даёт заниженные результаты по сравнению с Регламентом 874/2012/ЕС. Это затруднит экспорт наших источников света и дискредитирует качество отечественных источников света.

3. Технические критерии выбора высококачественных источников света и светильников

В [1] использован интегральный критерий для определения качества источников света и светильников:

$$K_0 = \frac{\Phi_v \cdot R_a \cdot \cos \varphi \cdot (100 - K_n)}{P \cdot T_{\text{кл}} \cdot C}, \quad (1)$$

где Φ_v – световой поток осветительного прибора, лм; R_a – общий индекс цветопередачи; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; K_n – коэффициент пульсации светового потока, %; P – потребляемая мощность осветительного прибора, Вт; $T_{\text{кл}}$ – коррелированная цветовая температура, К; C – стоимость лампы, руб.

По данному критерию имеются следующие замечания:

1. Нельзя в одном выражении смешивать технические и экономические критерии, так как можно получить неожиданные результаты. Например, в [1] сделан вывод «анализ показал, что лампы с лучшими параметрами дешевле ламп низкого качества». Хотя общеизвестно, что продукция высокого качества всегда дороже продукции низкого качества.

2. Данный критерий нельзя применять для сравнения светодиодов холодного-белого и тёпло-белого света (т.е. с разной $T_{\text{кл}}$), так как отличаются области их применения.

В [8] предлагается объединить требования энергоэффективности и качества светотехнической продукции и разработать два вида стандартов:

1. Минимальные стандарты энергоэффективности (MEPS);

2. Высокие стандарты энергоэффективности (HEPS).

Минимальные стандарты энергоэффективности будут устанавливать пороговые уровни технических характеристик источников света и светильников.

Максимальные стандарты энергоэффективности должны устанавливать более высокие уровни энергоэффективности для разработки более перспективных источников света и светильников.

По мнению авторов, данные стандарты должны содержать:

1. Требования к энергетической эффективности ламп и светильников;

2. Требования к эксплуатационным характеристикам ламп и светильников.

Требования по энергоэффективности должны соответствовать международной практике, принятой в ВТО. Это маркировка источников света и светильников. В её основу надо положить Регламент № 847/2012/ЕС.

Одновременно необходимо решить проблему правового статуса этих стандартов. Закон «О техническом регулировании» перевёл все стандарты в разряд добровольного применения. Чтобы стандарт перешёл в разряд обязательного применения, на него должны быть ссылка в «Техническом регламенте». За 14 лет существования закона «О техническом регулировании» не разработано ни одного Технического регламента, охватывающего светотехнические характеристики.

В странах ЕС стандарты также применяются на добровольной основе, но кроме них имеются документы обязательного применения, в которых указано на какие стандарты надо ориентироваться. Это:

Удельные показатели офисных ОП

Осветительный прибор и лампа	Лампа		Светильник		Мощность ОП (с учетом потерь в ПРА), Вт	Световой поток ОП, лм	Срок службы ОП, Т _{сл} , ч
	Мощность, Вт	Стоимость, С _л , руб.	КПД, %	Стоимость, С _{св} , руб.			
ЛВО10–4x18–021 Rastr и T8 L 18/840 G13	4x18	42,44	66	1968	86	3168	13000
ЛВО10–4x18–031 Rastr и T8 L 18/840 G13 LUMILUX	4x18	58,59	66	2094	79,2	3564	20000
ЛВО10–4x14–031 Rastr HF и T5 FH 14/840 G5	4x14	122,31	71	2405	61,6	3834	24000
ДВО11–42–001* Frost 840	-	-	-	6996	38	3712	50000

* Светильник с СД представляет собой неразборный светильник. В расчете С_л принимается равной С_{св}

1. Регламенты, которые являются полностью обязательными и прямо применяются во всех государствах – членах ЕС.

2. Директивы, которые являются обязательными для государств – членов ЕС в части результатов, которые должны быть достигнуты и подлежат отражению в национальной правовой базе.

Данные документы утверждаются Европейским парламентом и Советом ЕС. Такое техническое регулирование позволило странам ЕС добиться больших успехов в продвижении энергоэффективного оборудования, в том числе в системах освещения. Так с 2008 по 2013 гг. объём установленных ламп накаливания сократился в 2,85 раза, количество КЛЛ увеличилось в 1,6 раза, а светодиодных ламп – в 72 раза [9].

Учитывая создание Таможенного союза и сложности согласования нормативных документов между членами этого союза, следует учесть опыт ЕС. Практика установления требования энергетической эффективности с помощью Постановлений Правительства РФ в условиях Таможенного союза себя не оправдывает, так как эти Постановления не распространяются на других членов союза.

Исследования [10–12] показывают, что все газоразрядные и светодиодные источники света создают при работе высшие гармоники тока. Наибольшие высшие гармоники создают

компактные люминесцентные и светодиодные источники света, в устройствах управления которых отсутствуют корректоры коэффициента мощности (ККМ). Анализ данных таблиц из [1] показывает, что большинство источников света, присутствующих на российском рынке, не имеют ККМ, т.е. они генерируют большие уровни гармоник и имеют низкие коэффициенты мощности.

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», все технические средства, создающие электромагнитные помехи, должны соответствовать стандартам по электромагнитной совместимости. Оценка этого соответствия приведена в ГОСТ Р 56029–2014 [13].

Требования по допустимым уровням высших гармоник тока, генерируемых источниками света, изложены в ГОСТ 30804.3.2–2013 [14]. В связи с этим в эксплуатационные характеристики ламп и светильников (наряду с Φ_v , R_a , $\cos \varphi$, $K_{\text{п}}$, P , $T_{\text{кл}}$, $U_{\text{ном}}$ и классом энергоэффективности) необходимо включать сведения об их соответствии требованиям ГОСТ 30804.3.2. В ЕС соответствие источников света требованиям по электромагнитной совместимости обозначают знаком **CE**. Этот знак наносится как на упаковку источников света и светильников, так и на сами источники света и светильники.

4. Оценка экономической эффективности внедрения энергоэффективных источников света.

При замене источников света и светильников на энергоэффективные наряду с техническими критериями важное значение имеет оценка экономической эффективности такой замены. Для оценки экономической эффективности внедрения новой продукции при значительной разнице их жизненного цикла в международной практике широко используют методику «стоимости жизненного цикла продукции» (СЖЦП) [15–18]. Это позволяет выбрать наиболее экономичную продукцию при больших сроках её жизненного цикла

В соответствии с ГОСТ Р 27.202–2012 [15], оценка СЖЦП – это процесс экономического анализа с целью определения суммарной стоимости приобретения, владения и утилизации продукта.

В качестве срока жизни для определения величины СЖЦП осветительных приборов (ОП) рекомендуется 20 лет [16]. Жизненный цикл включает в себя следующие стадии:

- приобретение;
- установку, монтаж и наладку;
- эксплуатацию, техническое обслуживание;
- списание и утилизацию.

Стоимость жизненного цикла для интервала, равного сроку службы ОП,

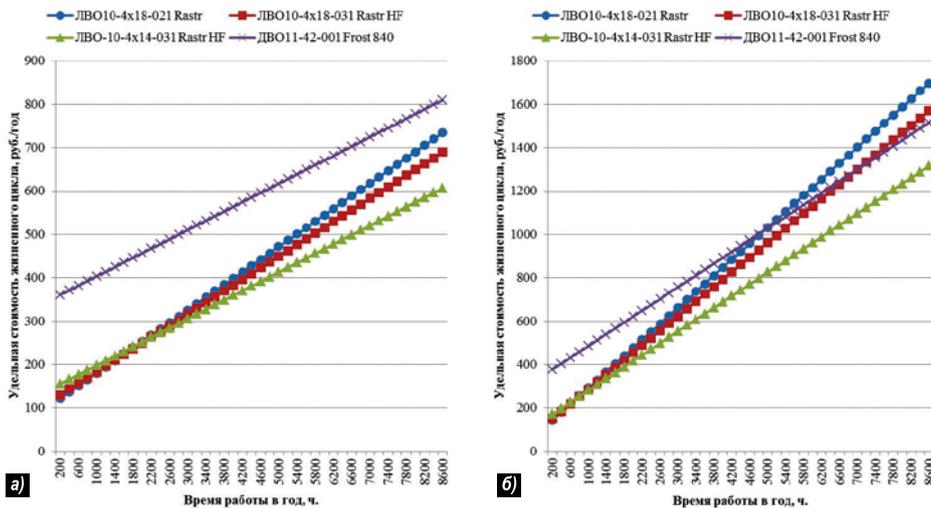


Рис. 1. Стоимость жизненного цикла ОП:
а) при уровне инфляции 5%,
б) при уровне инфляции 10%

можно определить по формуле [17, 18]:

$$\text{СЖЦП} = \text{Ц}_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (\text{И}_t + \Delta\text{К}_t + \text{Л}_t) \alpha_t, \quad (2)$$

где $\text{Ц}_{\text{пр}}$ – затраты, связанные с приобретением, монтажом и наладкой ОП; И_t – годовые эксплуатационные расходы, связанные с затратами на электроэнергию, $\Delta\text{К}_t$ – сопутствующие затраты, связанные с заменой вышедших из строя ламп; Л_t – ликвидационная стоимость, т.е. стоимость утилизации вышедших из строя ламп, содержащих ртуть; α_t – коэффициент дисконтирования; T – срок жизни.

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+r)^T}, \quad (3)$$

где r – реальная процентная ставка, отн. ед.:

$$r = \frac{E_n - b}{1 + b}, \quad (4)$$

а E_n – номинальная ставка дисконтирования, отн. ед.; b – уровень инфляции, отн. ед.

Годовые эксплуатационные расходы, связанные с затратами на электроэнергию, определяются по формуле:

$$\text{И}_t = C_{\text{эз}} \cdot W_{\text{эз}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{эз}}$ – стоимость электроэнергии в начальный период, руб./кВт·ч; $W_{\text{эз}}$ – величина потребляемой электроэнергии в год, кВт·ч.

Годовые сопутствующие затраты, связанные с заменой вышедших из строя ламп:

$$\Delta\text{К}_t = C_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{л}}$ – стоимость лампы, руб.; $N_{\text{л}}$ – количество ламп, шт.; $T_{\text{г}}$ – время работы системы освещения в год, ч; $T_{\text{сл}}$ – нормированный срок службы лампы, ч.

Годовые затраты на утилизацию содержащих ртуть ламп:

$$\text{Л}_t = C_{\text{утил}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{сл}}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{утил}}$ – стоимость утилизации лампы, руб.

Критерием сравнения стоимости жизненного цикла ОП является величина удельной стоимости за 1 год работы [19]:

$$\frac{\text{СЖЦП}}{T} = \frac{\text{Ц}_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (\text{И}_t + \text{К}_t + \text{Л}_t) \cdot \alpha_t}{T}. \quad (8)$$

Для примера был проведён расчёт стоимости жизненного цикла следующих ОП:

1) светильник ЛВО10–4x18–021 Rastr компании ОАО «АСТЗ» с электромагнитным ПРА и с люминесцент-

ными лампами OSRAM T8 L 18/640 G13;

2) светильник ЛВО10–4x18–031 Rastr HF компании ОАО «АСТЗ» с электронным ПРА и с люминесцентными лампами OSRAM T8 L 18/840 G13 LUMILUX;

3) светильник ЛВО10–4x14–031 Rastr HF компании ОАО «АСТЗ» с электронным ПРА и с люминесцентными лампами OSRAM T5 FH 14/840 G5;

4) светильник с СД ДВО11–42–001 Frost 840 компании ОАО «АСТЗ».

В табл. 2 приведены характеристики этих ОП. Источниками данных послужили прайс-лист и информация с официального сайта ОАО «АСТЗ» [20], а также данные интернет-магазина «Электрик» [21].

Используя выражения (2)–(8) и характеристики, приведённые в табл. 2, а также варьируя число часов работы системы освещения в год, были получены зависимости стоимости удельного жизненного цикла ОП, приведённые к году (рис. 1). Стоимость электроэнергии принята равной 5,04 руб./кВт·ч (Нижегородский регион), номинальная ставка дисконтирования 15%, уровень инфляции 5 и 10%. Стоимость утилизации ртуть-содержащих ламп принята равной 17 руб./шт. в соответствии с прайс-листом фирмы, предоставляющей данные услуги в г. Н. Новгород [22].

5. Выводы

1. При выборе энергоэффективных и высококачественных источников света необходимо использовать как технические, так и экономические критерии.

2. Для выбора энергоэффективных источников света и светильников в соответствии с международной практикой необходимо использовать классы энергоэффективности, соответствующие международным нормам.

3. Следует пересмотреть ГОСТ Р 54992–2012 и ГОСТ Р 54993–2012, так как в них заложена устаревшая методика установления классов энергоэффективности источников света и светильников.

4. Для выбора высококачественных светильников, кроме основных технических критериев, приведённых в ГОСТ Р 54350–2011, в документации, представляемой потребителю, необходимо указывать их соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.

5. В качестве экономического критерия выбора энергоэффективных и высококачественных источников света и светильников предлагается критерий «стоимость жизненного цикла».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчёт о выполнении проекта «Проведение независимой проверки качества светотехнической продукции» // Светотехника. – 2016. – № 1. – С. 69–86.

2. *Наумов А.Л.* Маркировка энергоэффективности инженерного оборудования как основной инструмент энергосбережения // Энергосбережение. – 2008. – № 3. – С. 4–21.

3. Использование маркировки инженерного оборудования зданий при разработке мероприятий по повышению энергетической эффективности при проведении энергоаудита объектов различного назначения: учебно-справочное пособие / Г.Я. Вагин, Н.Н. Головкин, А.М. Мамонов и др.; под ред. Е.А. Зенютича. – Н. Новгород: ООО Растр-НН, 2014. – 256 с.

4. ГОСТ Р 54993–2012. Лампы бытовые. Показатели энергетической эффективности. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.

5. ГОСТ Р 54992–2012. Лампы бытовые. Методы определения энергетической эффективности. – М.: Стандартинформ, 2013. – 6 с.

6. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

7. Commission delegated regulation (EU) No 874/2012 of 12 July 2012 supplementing

Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of electrical lamps and luminaires.

8. *Шевченко А.С.* Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника. – 2014. – № 1–2. – С. 112–117.

9. Анализ состояния и перспектив рынка светотехнической продукции в странах-участниках Евразийского Экономического союза (ЕАЭС) / Программа Развития Организации Объединённых Наций (ПРООН), 2015. – 78 с.

10. Исследование высших гармоник тока, генерируемых энергосберегающими источниками света / Г.Я. Вагин, А.А. Севостьянов, Е.Б. Солнцев и др. // Промышленная энергетика. – 2014. – № 6. – С. 51–55.

11. *Манторски З.* Гармонические искажения в сети от источников света, управляемых электронными приборами // Светотехника. – 2008. – № 2. – С. 30–33.

12. *Мазумдар С., Мандал Р.С., Мухерджи А. и др.* Коэффициент мощности и гармонический анализ компактных люминесцентных ламп со встроенным ПРА // Светотехника. – 2010. – № 1. – С. 32–37.

13. ГОСТ Р 56029–2014. Оценка соответствия. Порядок обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям Технического регламента Таможенного Союза «Электромагнитная совместимость технических средств». М.: Стандартинформ, 2015. – 58 с.

14. ГОСТ 30804.3.2–2013 (IEC61000-3-2:2009). Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний.

15. ГОСТ Р 27.202–2012 (IEC60300-3-3). Надёжность в технике. Управление надёжностью. Стоимость жизненного цикла. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

16. *Вагин Г.Я.* Энергосбережение в бюджетной сфере: учебное пособие для энергоменеджеров // Н. Новгород: НГТУ, 2010. – 145 с.

17. *Perera, O., Morton, B., Perfrement, T.* Life Cycle Costing. A Question of Value / International Institute for Sustainable Development (IISD). URL: ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/WP-LifeCycleCosting_qx.pdf (дата обращения: 20.05.2017).

18. *Бенуж А., Казейкин В., Подшиваленко Д.* Методические рекомендации по расчёту стоимости жизненного цикла. URL: naiz.org/news/Podshivalenko.pdf (дата обращения: 20.05.2017).

19. *Вагин Г.Я., Солнцев Е.Б., Терентьев П.В., Малафеев О.Ю.* Методика экономического выбора осветительных прибо-

ров на основе «стоимости жизненного цикла» // Инженерный вестник Дона, № 2, ч. 2 (2015). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3040 (дата обращения: 20.05.2017).

20. Освещение общественных помещений. Каталог продукции // ОАО «Ардатовский светотехнический завод». URL: <http://www.astz.ru/ru-production/public/> (дата обращения: 20.05.2017).

21. Лампы люминесцентные. Интернет-магазин // Интернет-магазин «Электрик». URL: <https://svetelektro.net/section-lamp/energy-saving-fluorescent-lamps>.

22. Утилизация ртутьсодержащих отходов и люминесцентных ламп. // ООО «Эко-Логика». URL: ecologika-nn.ru/lampy (дата обращения: 20.05.2017).



Вагин Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского

государственного технического университета. Эксперт Аналитического центра при Правительстве РФ. Окончил Горьковский политехнический институт в 1965 г.



Солнцев Евгений Борисович, к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного

технического университета. Окончил Горьковский политехнический институт в 1977 г.



Малафеев Олег Юрьевич, ассистент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного

технического университета. Окончил Нижегородский государственный технический университет в 2010 г.