

Повышение энергетической эффективности систем освещения в государственных (муниципальных) учреждениях

П.В. Терентьев, Д.А. Филатов, А.С. Куропатов, С.В. Шильников

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород

Аннотация: С 10 ноября 2017 года вступили в силу новые требования, применяемые к осветительным устройствам и электрическим лампам, которые используются в цепях переменного тока. В связи с нововведёнными требованиями, были проведены расчеты электропотребления в образовательных учреждениях, при различном времени использования осветительной нагрузки. Целью исследований является определение сроков окупаемости мероприятия по внедрению светодиодных светильников вместо люминесцентных светильников для различных типов помещений образовательных учреждений. Проведен анализ технических характеристик светодиодных источников света, предлагаемых на рынке Российской Федерации. По результатам расчетов были получены сроки окупаемости по внедрению светодиодных светильников вместо люминесцентных светильников для помещений общего пользования, лабораторий, учебных мастерских а также лекционных аудиторий образовательных учреждений, с различным временем использования осветительной нагрузки. Это может позволить уже на этапе проектирования оценить эффективность внедрения выбранных источников света.

Ключевые слова: источники света, светодиодные светильники, люминесцентные светильники энергоэффективность, электрические лампы, системы освещения, образовательные учреждения.

В связи с Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1356 приняты новые требования на смену утвержденных в 2011 году, которые распространяются на всех участников рынка и вводят поэтапное ограничение (вплоть до запрета) на неэффективные осветительные устройства и электрические лампы (Постановление от 10 ноября 2017 года № 1356 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях

освещения»). Применение новых требований будет осуществляться в два этапа:

- первый этап – с 1 июля 2018 года по 31 декабря 2019 года,
- второй этап – с 1 января 2020 года.

В табл. 1 приведены этапы реализации вышеприведенного Постановления Правительства РФ.

С начала 2020 вступает в силу второй этап реализации данного Постановления. Цель второго этапа – новые требования, ограничения, и исключение использования неэффективных и неэкологичных ламп, что является продолжением начатой работы - ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» а именно замены неэффективных источников света [1,2].

Были проведены расчеты электропотребления системами внутреннего освещения в образовательных учреждениях, при различном времени использования осветительной нагрузки, для обоснованной замены люминесцентных светильников на светодиодные светильники.

Годовой нормативный расход электроэнергии системой внутреннего освещения i -го здания рекомендуется определять по выражению [3]:

$$W_{\text{в.о.г.и}}^{\text{н}} = \sum_{j=1}^m (P_{\text{уд}j} \cdot A_j \cdot \frac{E_{\text{н}j}}{100} \cdot T_{\text{г}j}) \quad (1)$$

где m – число помещений в i -м здании; $P_{\text{уд}j}$ – базовое значение удельной установленной мощности осветительных приборов j -го помещения, приведенное к освещенности 100 лк, Вт/м²; A_j – площадь j -го помещения м²; $E_{\text{н}j}$ – нормируемая минимальная освещенность j -го помещения, лк; $T_{\text{г}j}$ – годовое число часов работы источников света j -го помещения, ч.

Таблица 1

Этапы реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1356

Виды ламп	1 этап (с 01.07.2018 до 31 декабря 2020 г.)	2 этап (с 01.01.2020 г.)
Светодиодные лампы	η_{min} , лм/Вт	
	65	80
	Соответствие минимальным нормированным значениям светоотдачи, умноженным на коэффициент 1.1 для светодиодных ламп без встроенных устройств управления	
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) с цоколем E27 и E14	η_{min} , лм/Вт	
	60	70
Низкоэффективные трубчатые люминесцентные лампы с цоколем G13 с галофосфатным люминофором	η_{min} , лм/Вт	
	90	–
	Применение ко всем типам двухцокольных люминесцентных ламп, кроме люминесцентных ламп T5 (диаметр 16 мм).	
Ртутные лампы высокого давления (ДРЛ или дуговые ртутные лампы)	η_{min} , лм/Вт	
	50	90
Натриевые лампы высокого давления типа ДНаТ	η_{min} , лм/Вт	
	120	130
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	η_{min} , лм/Вт	
	90	90
Индукционные лампы	η_{min} , лм/Вт	
	75	100
Лампы накаливания	Соответствие минимальным нормированным значениям светоотдачи: - вольфрамовых ламп накаливания должно составлять не менее 7 лм/Вт; - вольфрамовых галогенных ламп накаливания должно составлять не менее 15 лм/Вт.	

Нормативы по времени использования осветительной нагрузки были определены по справочно-методическому пособию [4]. В таблице № 2 приведены нормативы времени использования осветительной нагрузки для различных типов помещений образовательного учреждения.

Таблица 2

Нормативы времени использования осветительной нагрузки помещений общего пользования, лабораторий, учебных мастерских и лекционных аудиторий образовательного учреждения в год

Время начала работы, час.мин	Время окончания работы, час.мин										
	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
	Время использования осветительной нагрузки, T_e , ч										
6.00	831	832	889	985	1110	1274	1470	1718	2030	2401	2725
6.30	712	712	770	866	991	1155	1351	1599	1911	2280	2604
7.00	605	606	664	760	884	1048	1244	1491	1803	2169	2493
7.30	474	475	532	628	753	917	1113	1361	1673	2037	2361
8.00	355	356	413	509	634	798	994	1242	1554	1915	2239
8.30	252	253	311	407	532	696	892	1140	1452	1810	2134
9.00	163	164	221	317	442	606	802	1050	1362	1718	2042
9.30	97	98	156	252	376	540	736	985	1296	1651	1975
10.00	36	37	94	190	315	479	675	923	1235	1587	1911
10.30	8	9	66	162	287	451	647	895	1207	1560	1884
11.00	0	0	59	154	279	443	639	888	1199	1552	1876

Для расчета выбраны два типа систем освещения с люминесцентными и светодиодными светильниками. В таблице № 3 представлена сравнительная характеристика светильников.

Проведя анализ рынка светодиодных светильников для расчётов, была выбрана средняя цена – 2000 рублей за светильник [5-7].

Стоимость электроэнергии для госучреждений определена согласно тарифу с 01.01.2020 по 30.06.2020 в Нижнем Новгороде – 6,45 руб./кВт·ч (Таблица тарифов. URL: nn.tns-e.ru/population/tariffs/tariff-table/). При расчёте были учтены только стоимость электроэнергии, капитальные затраты на

приобретение светодиодных светильников и монтаж/демонтаж систем освещения.

Таблица 3

Сравнительная характеристика источников освещения

№ п/п	Наименование светильника	Размер светильника ДхШхВ, мм	Р, Вт	Ф, лм	η, лм/Вт	Цена, руб.
1	Технолюкс TL418 эконом 4x18W G13	620x620x85	72	3726	52	1067
2	Технолюкс TLPL236 2x36W G13	1234x142x57		4556	63	654
3	Технолюкс TLPL06 39 W	1230x142x57	39	4300	110	2109
4	Технолюкс TL04 CL 39W	595x595x55		3750	96	2281

Результаты расчетов сроков окупаемости в годах, мероприятия по реконструкции систем внутреннего освещения, состоявшего из неэффективных источников света, в виде люминесцентных светильников, на более энергоэффективные – светодиодные светильники приведены в таблице № 4.

В результате полученных данных (таблица № 4), можно сделать вывод о том, что при внедрении и проектировании эффективных систем освещения в общеобразовательные учреждения возможен экспресс - анализ выбранных систем.

По результатам расчетов и исследований минимальный срок окупаемости данного мероприятия по внедрению светодиодных светильников в общеобразовательные учреждения составляет менее 3-х лет.

Таблица 4

Срок окупаемости использования светодиодных светильников вместо люминесцентных светильников для помещений общего пользования, лабораторий, учебных мастерских и лекционных аудиторий образовательных учреждений.

Время начала работы час, мин	Время окончания работы час. мин.										
	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
	Срок окупаемости T , лет при различном времени использования осветительной нагрузки, T_r										
6.00	9,28	9,27	8,68	7,83	6,95	6,05	5,25	4,49	3,80	3,21	2,83
6.30	10,8	10,8	10,02	8,91	7,78	6,68	5,71	4,82	4,04	3,38	2,96
7.00	12,7	12,7	11,62	10,15	8,73	7,36	6,20	5,17	4,28	3,56	3,09
7.30	16,2	16,2	14,50	12,28	10,24	8,41	6,93	5,67	4,61	3,79	3,27
8.00	21,7	21,6	18,68	15,15	12,17	9,67	7,76	6,21	4,96	4,03	3,45
8.30	30,6	30,5	24,80	18,95	14,50	11,08	8,65	6,77	5,31	4,26	3,61
9.00	47,3	47,0	34,90	24,33	17,45	12,73	9,62	7,35	5,66	4,49	3,78
9.30	79,5	78,7	49,44	30,61	20,51	14,28	10,48	7,83	5,95	4,67	3,91
10.00	∞	∞	∞	40,60	24,49	16,10	11,43	8,36	6,25	4,86	4,04
10.30	∞	∞	∞	47,61	26,88	17,10	11,92	8,62	6,39	4,94	4,09
11.00	∞	∞	∞	50,09	27,65	17,41	12,07	8,69	6,43	4,97	4,11

Примечание: Выделенные ячейки (∞) говорят о том, что при данном времени использования осветительной нагрузки внедрение данного мероприятия нецелесообразно.

На снижение срока по замене люминесцентных светильников на светодиодные, в дальнейшем может повлиять несколько факторов:

- снижение стоимости светодиодных светильников, связанное с разработкой новых технологий по повышению их эффективности;
- вынужденная замена люминесцентных светильников из-за их деградации и выхода из строя;
- развитие нормативно-правовой базы [8-10];
- рост тарифа на электроэнергию.

Литература

1. Шеина С.Г., Федяева П.В. Эффективность выполнения энергосберегающих мероприятий в жилых зданиях повышенной этажности // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/971
2. Гавриленко А.В., Кирсанов А.Л., Елисеева Т.П. Основные направления энергосбережения в региональной экономике // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/340.
3. Под редакцией Айзенберга Ю. Б. Справочная книга по светотехнике /; 2-е изд., перераб. и доп. И.: Энергоатомиздат, 1995. 528 с
4. Теория и практика энергосбережения в образовательных учреждениях. Справочно-методическое пособие / Проект «Экономически эффективные энергосберегающие мероприятия в российском образовательном секторе». - Нижний Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2006. - 188 с.
5. Гвоздев С.М., Панфилов Д.И., Поляков В.Д., Романова Т.К., Шестопалова И.П., Шевченко А.С., Хухтикова В.А. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие.– М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288 с.
6. Phillips D. Lighting Modern Buildings. - CRC Press, 2013. - 248 p.
7. Onishi Naoki, Shiomi Tsutomu, Okude Akio and Yamauchi Tokushi A Fluorescent Lamp Model for High frequency Wide Range Dimming Electronic Ballast Simulation // Proceedings of APEC'99. 14-18 March 1999, Dallas, Texas. Vol. 2. P. 1001-1005.
8. Вагин Г. Я., Дудникова Л. В., Зенютич Е. А. и др. Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) образовательных учреждений - Нижний Новгород 2009 г. 56 с.

9. Филатов Д.А., Терентьев П.В. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетике сельского хозяйства: учебное пособие: Нижегородская ГСХА, 2017. 116 с.

10. Гордеев А.С., Огородников Д.Д., Юдаев И.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве: учебное пособие: Санкт-Петербург: Лань, 2014. 384 с.

References

1. Sheina S.G., Fedyaeva P.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/971.

2. Gavrilenko A.V., Kirsanov A.L., Eliseeva T.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/340.

3. Pod redakciej Ajzenberga Yu. B. Spravochnaya kniga po svetotekhnike; 2-e izd., pererab. i dop. I. [Reference book on lighting; 2nd ed., Rev. and add. I.]: E`nergoatomizdat, 1995. 528 p.

4. Teoriya i praktika e`nergosberezheniya v obrazovatel`ny`x uchrezhdeniyax. Spravochno-metodicheskoe posobie. Proekt «E`konomicheski e`ffektivny`e e`nergosberegayushhie meropriyatiya v rossijskom obrazovatel`nom sektore» [Theory and practice of energy conservation in educational institutions. Reference and methodological manualю Project "Cost-effective energy-saving measures in the Russian educational sector."]. Nizhnij Novgorod NGTU, NICzE`, 2006. 188 p.

5. Gvozdev S.M., Panfilov D.I., Polyakov V.D., Romanova T.K., Shestopalova I.P., Shevchenko A.S., Xuxtikova V.A. E`nergoe`ffektivnoe e`lektricheskoe osveshhenie: uchebnoe posobie [Energyefficient electric lighting: textbook] M.: Izdatel`skij dom ME`I, 2013. 288 p.

6. Phillips D. Lighting Modern Buildings. CRC Press, 2013. 248 p.

7. Onishi Naoki, Shiomi Tsutomu, Okude Akio and Yamauchi Tokushi A Fluorescent Lamp Model for High frequency Wide Range Dimming Electronic



Ballast Simulation. Proceedings of APEC'99. 14-18 March, 1999, Dallas, Texas. Vol. 2. pp. 1001-1005.

8. Vagin G. Ya., Dudnikova L. V., Zenyutich E. A. i dr. Metodika provedeniya e`nergeticheskix obsledovaniy (e`nergoaudita) obrazovatel`ny`x uchrezhdenij [Methodology for energy audits (energy audits) of educational institutions]. Nizhnij Novgorod 2009 g. 56 p.

9. Filatov D.A., Terent`ev P.V. Kachestvo e`lektroe`nergii i e`lektromagnitnaya sovместimost` v e`lektroe`nergetike sel`skogo xozyajstva [Power quality and electromagnetic compatibility in the electric power industry of agriculture]. Uchebnoe posobie. Nizhegorodskaya GSXA, 2017. 116 p.

10. Gordeev A. S., Ogorodnikov D. D., Yudaev I.V. Energoberezhenie v sel`skom xozyajstve: uchebnoe posobie [Energy saving in agriculture: a textbook]. Sankt-Peterburg Lan`, 2014. 384 p.