

УДК 614.841

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Вагин Г.Я., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Терентьев П.В.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Переход на энергосберегающие источники света является одним из важнейших направлений энергосбережения в системе освещения. Их применение дает экономию электроэнергии до 60%. Однако остаются не полностью решенными вопросы пожарной безопасности использования источников света. Основной причиной возникновения пожаров от любых электрических ламп является загорание материалов и конструкций от теплового воздействия ламп в условиях ограниченного теплоотвода. В работе для оценки пожара-опасности электрических ламп проведено исследование нагрева компактных люминесцентных и светодиодных ламп, ламп накаливания от отклонения питающего напряжения и от времени горения ламп. Установлено, что изменение питающего напряжения ($\pm 20\%$ от $U_{ном} = 220$ В) существенно влияет на температуру всех ламп, которая колеблется от -30% до $+35\%$ от рабочей температуры лампы. Наибольшую температуру нагрева имеют исследованные лампы накаливания Philips 75 Вт (250°C), затем идут компактные люминесцентные лампы Camelion 30 Вт (157°C) и светодиодные лампы Navigator 10 Вт (77°C). Следовательно, лампы накаливания являются наиболее пожароопасными источниками света и могут привести к воспламенению таких материалов как дерево, акрил, бумага, полиэтилен, а также привести к расплавлению полипропилена. В энергосберегающих компактных люминесцентных лампах и светодиодных источниках света эта опасность существенно снижена. Учитывая определенную пожарную опасность светильников с лампами накаливания, в процессе эксплуатации к ним необходимо предъявлять повышенные противопожарные требования.

Ключевые слова: источники света, энергосбережение, пожарная безопасность, питающее напряжение, температура нагрева, лампы накаливания, люминесцентные и светодиодные лампы

RESEARCH FIRE HAZARD MODERN LIGHT SOURCE

Vagin G.Y., Masleeva O.V., Pachurin G.V., Terentev P.V.

*Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: PachurinGV@mail.ru*

Daylight saving light sources is one of the most important areas of energy saving in the lighting system. Their use provides energy savings up to 60%. However, remain not fully resolved issues of fire safety use of light sources. The main cause of fires from any electric lamp is fire materials and structures against heat lamps in conditions of limited heat. In this paper, to assess the fire-hazard of electric lamps investigated heating compact fluorescent and LED lamps, incandescent lamps on the deviation of the supply voltage and the time of burning lamps. Found that the change of the supply voltage ($\pm 20\%$ of $U_n = 220$) significantly affects the temperature of the lamps, which ranges from -30% to $+35\%$ of the operating temperature of the lamp. The highest temperature heating are investigated incandescent Philips 75 W (250°C), followed by CFLs Camelion 30 W (157°C) and LED lamps Navigator 10 W (77°C). Hence, an incandescent lamp is the most flammable light sources and may ignite materials such as wood, acrylic, paper, polyethylene and polypropylene to melt lead. In energy-saving compact fluorescent lamps and LED light sources this danger substantially reduced. Given a certain fire hazard lamps with incandescent lamps in operation, it's necessary to show increased fire requirements.

Keywords: light sources, energy conservation, fire safety, supply voltage, the temperature, incandescent, fluorescent and LED lamps

Одним из необходимых условий комфортного существования современного человеческого общества является использование искусственных источников света. Эффективное использование света с помощью достижений современной светотехники – важнейший резерв повышения производительности труда и качества продукции, снижения травматизма и сохранения здоровья людей.

В России в настоящее время в промышленности, сельском хозяйстве, в общественных и жилых зданиях и на улицах городов установлено более 1,0 млрд. световых точек. На освещение ежегодно расходуется свыше 110 млрд. кВт-ч электроэнергии (ээ), т.е. примерно 14% от всей вырабатываемой в стране [2].

Одно из направлений энергосбережения в системе освещения является переход на энергосберегающие источники света. Их применение дает экономию электроэнергии до 60%. Однако не полностью решенными остаются вопросы пожарной безопасности использования источников света.

Основной причиной возникновения пожаров от любых электрических ламп является загорание материалов и конструкций от теплового воздействия ламп в условиях ограниченного теплоотвода. Это может произойти из-за установки лампы непосредственно к сгораемым материалам и конструкциям, закрытия лампы сгораемыми материалами, а также из-за конструктивных недостатков светильников или неправильного положения светильника – без съема тепла, предусмо-

тренного требованиями согласно технической документации на светильник.

Для многих типов светильников использование ламп накаливания противопоказано, в виду высокой температуры нагрева ламп, которая способна не только расплавить, но и воспламенить материалы, используемые в светильнике. В энергосберегающих компактных люминесцентных лампах и светодиодных источниках света эта опасность снижена [12].

Для подтверждения пожара-опасности электрических ламп проведено исследование нагрева компактных люминесцентных и светодиодных ламп, ламп накаливания от отклонения питающего напряжения и от времени горения ламп.

Материалы и методы исследования

Влияние отклонения напряжения проводили на газоразрядных и светодиодных лампах и светильни-

ках различных производителей, которые в настоящее время используются при замене ламп накаливания в городских зданиях и в наружном освещении в соответствии с Федеральным Законом РФ № 261 – ФЗ [11]. Отклонения напряжения от номинального изменялись в пределах $\pm 20\%$. Исследование проводилось по методикам [4,10].

Замеры проводили с помощью тепловизора Fluke Ti32, который предназначен для наблюдения и регистрации распределения температур по поверхности исследуемого объекта.

Технические характеристики тепловизора:

- диапазон измеряемых температур от -20°C до $+600^{\circ}\text{C}$ (от -4°F до $+1112^{\circ}\text{F}$);
- погрешность измерения температуры $\pm 2^{\circ}\text{C}$ или 2% ;
- тип приемника излучения – матрица 320×240 в фокальной плоскости;
- тепловая чувствительность $\leq 0,05^{\circ}\text{C}$ при температуре объекта 30°C (50 мК).

Экспериментальная измерительная установка показана на рис. 1.



Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования распределения температуры источников света

Патрон не полностью закрывает цоколь у лампы для измерения температуры на цоколе и контактного соединения лампы с питающей фазой.

Исследования проводили для следующих источников света:

- компактные люминесцентные лампы мощностью 15–30 Вт производства Япония и Китай;
- светодиодные лампы мощностью 5–25 Вт производства Нидерланды, Китай, Германия;
- лампы накаливания мощностью 20–75 Вт производства Китай.

Было проведено исследование максимальной температуры нагрева для компактных люминес-

центных и светодиодных ламп разных марок, форм и мощностей.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 и на рис. 2 приведены максимальные температуры нагрева в зависимости от времени от момента включения. Для иллюстрации выбраны лампы, имеющие максимальные и минимальные значения.

На рис. 3, 4 представлены тепловизионные снимки СД ЭРА 8 Вт и КЛЛ Camelion 30 Вт.

Таблица 1

Максимальная температура нагрева КЛЛ и СДЛ

Время работы (горения) лампы	Максимальная температура нагрева, °С			
	КЛЛ Navigator, 13 Вт	КЛЛ Camelion, 30 Вт	СД Philips, 5 Вт	СД Navigator, 10 Вт
0 сек	26,3	26,9	27,0	26,0
30 сек	50,0	68,1	28,3	27,5
1 мин	56,1	85,9	30,4	28,2
5 мин	100,1	134,8	41,7	42,5
10 мин	107,1	148,7	49,6	55,3
15 мин	116,7	155,2	54,1	63,5
20 мин	119,7	156,8	57,0	68,9
30 мин	120,3	156,9	59,1	74,5
40 мин	120,4	157,0	61,3	76,8
45 мин	120,4	157,0	61,4	77,0

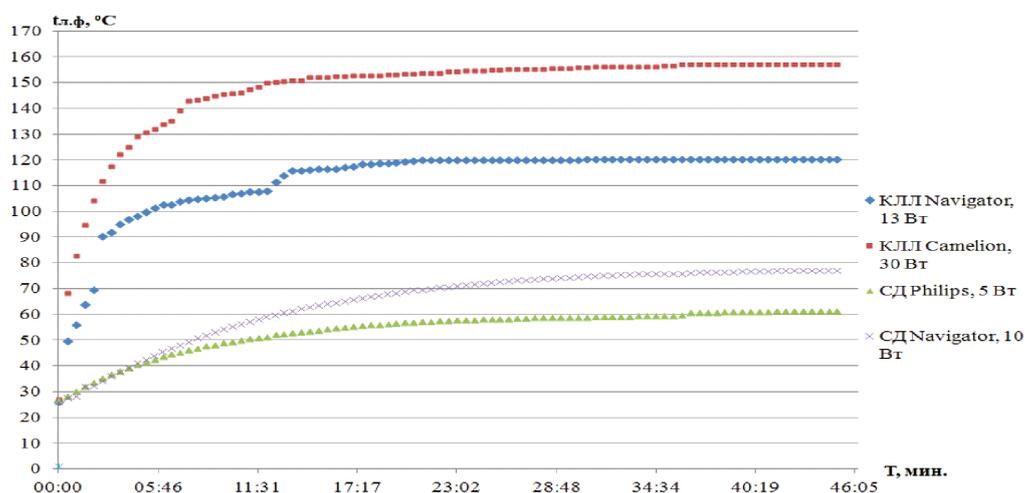


Рис. 2. График максимальной температуры нагрева КЛЛ и СД от времени работы (горения)

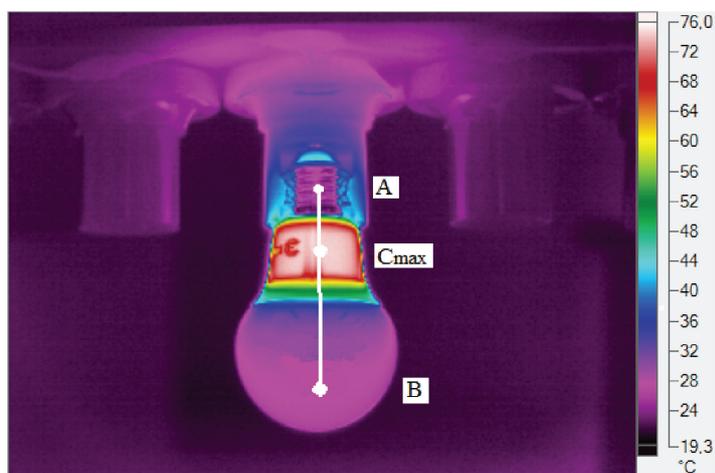


Рис. 3. График распределения температуры лампы СД ЭРА

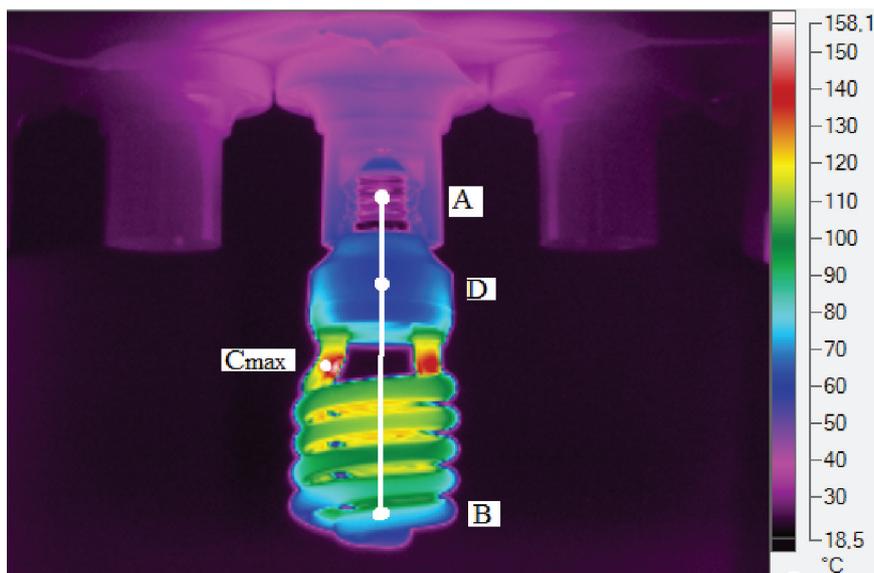


Рис. 4. График распределения температуры лампы КЛЛ Camelion

Измерение температуры нагрева осуществлялось в точках А, D, C_{max} и В показанных на рис. 3 для СД ЭРА и рис. 4 для КЛЛ Camelion. Точка D на рис. 4 соответствует месту расположения в лампе пускорегулирующей аппаратуры, а на рис. 3 место расположения пускорегулирующей аппаратуры совпадает с точкой C_{max}.

Как видно из термограммы (рис. 3) лампы СД, полученной при помощи тепловизора, максимальная температура в 76°С имеет локальный характер в области радиатора охлаждения. При этом большая часть лампы имеет температуру менее 60°С.

У лампы же КЛЛ (рис. 4) максимальная температура в 157°С имеет локальный характер в области электродов. При этом большая часть лампы имеет температуру менее 110°С.

На рис. 5 приведены результаты исследования влияния отклонения напряжения $\pm 20\%$ от номинального на температуры ЛН, КЛЛ и СД в относительных единицах (о.е.).

Как видно из рис. 5, изменение питающего напряжения ($\pm 20\%$ от $U_{ном} = 220$ В) существенно влияет на температуру всех ламп, которая колеблется от -30% до $+35\%$ от рабочей температуры лампы.

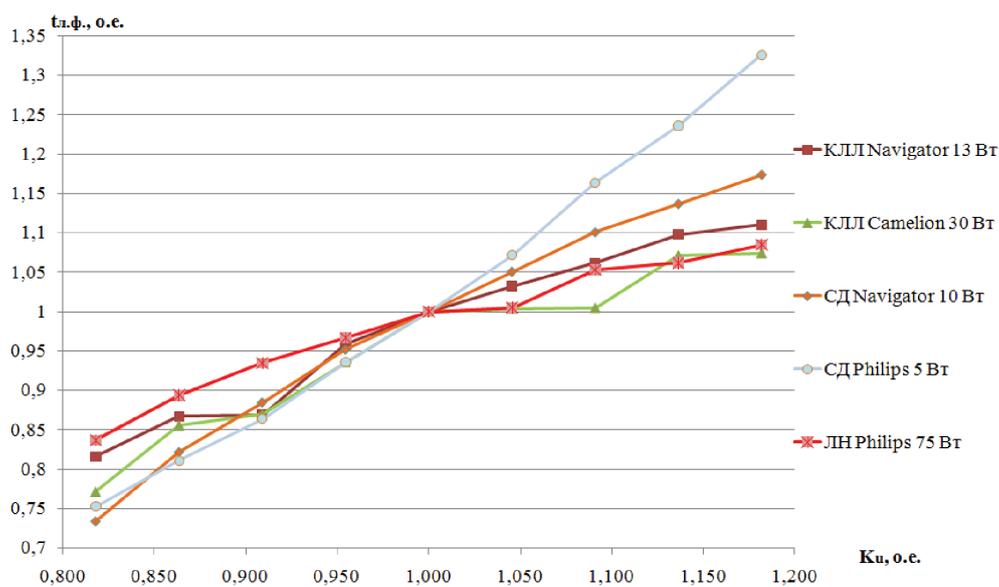


Рис. 5. Измерение температуры $t_{л.ф.}$ (о.е.) ламп от изменения напряжения K_u (о.е.)

На основе измеренных данных были построены регрессионные уравнения зависимости $t_{л.ф}$ от отклонений напряже-

ния по характерным источникам света. Регрессионные уравнения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Регрессионные уравнения зависимостей $t_{л.ф}$ от отклонений напряжения по характерным источникам света

Источники света	Регрессионные уравнения	Коэффициент детерминации R ²
Компактные люминесцентные лампы фирмы Navigator 13 Вт	$t_{л.ф} = 0,8536 \cdot K_U + 0,1256$	R ² =0,9705
Компактные люминесцентные лампы фирмы Camelion 30 Вт	$t_{л.ф} = 0,8034 \cdot K_U + 0,1509$	R ² =0,9367
Светодиодные лампы фирмы Philips 5 Вт	$t_{л.ф} = 1,5778 \cdot K_U - 0,5598$	R ² =0,994
Светодиодные лампы фирмы Navigator 10 Вт	$t_{л.ф} = 1,1865 \cdot K_U - 0,2025$	R ² =0,9832
Лампы накаливания фирмы Philips 75 Вт	$t_{л.ф} = 0,649 \cdot K_U + 0,333$	R ² =0,9651

Для определения влияния положения лампы в пространстве на ее температуру были проведены исследования температуры нагрева для положения лампы цоколем вниз (I), цоколем вверх (II), горизонтального положения (III). В табл. 3 приведены результаты измерений температуры нагрева для различных положений компактных люминесцентных и светодиодных ламп для точек А, В, С_{max}, D.

Согласно статье 10 «Обеспечение энергетической эффективности при обороте товаров» Федерального Закона РФ № 261 – ФЗ с 1 января 2011 года к обороту на территории Российской Федерации не допускаются электрические лампы накаливания мощностью сто ватт и более, которые могут быть использованы в цепях переменного тока в целях освещения, но в эксплуатации находится достаточно большое количество ламп накаливания.

Таблица 3

Температуры нагрева от положения ламп КЛЛ и СДЛ

Точки измерения температуры (рис.3, 4)	Максимальная температура нагрева от положения ламп, °С											
	КЛЛ Navigator, 13 Вт			КЛЛ Camelion, 30 Вт			СД Philips, 5 Вт			СД Navigator, 10 Вт		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
A	29,6	33,8	30,5	33,4	34,9	34,1	30,5	32,1	31,7	30,9	32,5	31,5
D	73,7	85,3	77,6	93,5	102,1	95,3	-	-	-	-	-	-
C _{max}	96,8	120,4	110	149,8	157	152,7	58,6	61,4	58,8	75,5	77,0	76,3
B	82,0	72,9	80,5	104,5	103,9	104,0	42,0	40	40,7	51,5	41,3	47,9

Исследования температуры нагрева ламп КЛЛ и СДЛ от их положения (цоколем вниз, цоколем вверх, горизонтальное положение лампы) показали наибольший нагрев при положении лампы цоколем вверх, данное рабочее положение в большей степени будет влиять на срок службы ламп и ее пожароопасность.

На практике пожары от ламп накаливания (ЛН) нередко возникают в результате использования ЛН повышенной мощности, поскольку вместо рекомендуемой заводом-изготовителем мощности лампы для светильника используют ЛН большей мощности, так как цоколи ламп накаливания в диапазоне от 15 до 300 Вт одинаковы. Поэтому нередки случаи загорания пластмассовых плафонов. Наиболее высокие

температуры нагрева на колбе развиваются в местах соприкосновения ее с материалами с низкой теплопроводностью.

Примером может быть пожар, происшедший в вычислительном отделе г. Арлингтоне (штат Виргиния). Причина пожара – касание колбы лампы накаливания акустического подвесного потолка, выполненного из листовой фибры. Ущерб составил около 6,7 млн. долл. [9].

Поэтому рассмотрение пожараоопасности ЛН следует выделить отдельно от рассмотрения вышеупомянутых источников света.

В ЛН электрическая энергия переходит в энергию световую и тепловую, причем тепловая составляет большую долю общей энергии до 95%. Поэтому колбы ламп нака-

ливания очень сильно нагреваются и оказывают значительные тепловые воздействия на окружающие лампу предметы и материалы.

Лампочка накаливания мощностью 25 Вт нагревается до 100°C. Температура на колбе лампы накаливания мощностью 40 Вт (одна из самых распространенных мощностей ламп в домашних светильниках) составляет через 10 минут после включения лампы 113 градусов, через 30 мин. – 147°C. Лампа мощностью 75 Вт, через 5 мин нагрелась до 190°C, а через 15 минут нагрелась уже до 250°C. Правда в дальнейшем, температура на колбе лампы стабилизируется и практически не изменяется (через 30 минут она составляла примерно все те же 250°C). Самые высокие температуры зафиксированы на колбе лампы мощностью

275 Вт. Уже через 2 минуты после включения температура достигла значения 485°C, а через 12 минут – 550°C.

На рис.6 приведены результаты тепловизионного исследования ЛН Philips 75 Вт при времени работы (горения) равном 5 минутам.

Как видно из термограммы (рис. 6) лампы ЛН, максимальная температура в 250°C имеет локальный характер в верхней части колбы. При этом большая часть лампы имеет температуру менее 160°C.

При использовании галогенных ламп (по принципу действия они являются близкими родственниками ламп накаливания) вопрос их пожароопасности стоит также остро. Галогенные лампы часто используют на деревянных поверхностях, при этом необходимо учитывать их способность выделять тепло в больших количествах.

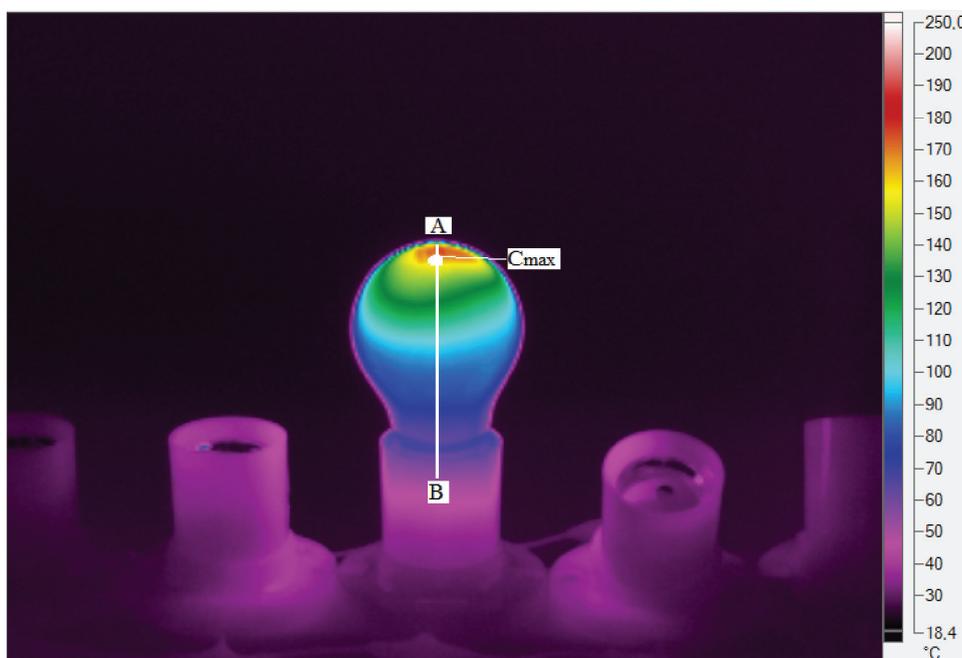


Рис. 6. График распределения температуры ЛН Philips 75 Вт

В этом случае, целесообразно использовать низковольтные галогенные лампы малой мощности (12 В). Так, уже при галогенной лампочке мощностью 20 Вт конструкции, выполненные из сосны, начинают усыхать, а материалы из ДСП выделять формальдегид. Лампочки мощностью большей, чем 20 Вт еще более высокую температуру, что может вызвать самовозгорание.

Особое внимание при этом нужно обратить при выборе конструкции светильников для галогенных ламп. Современные качественные светильники сами по себе неплохо изолируют от тепла окружающие

светильник материалы. Главное, что бы светильник имел хороший теплоотвод и не представлял собой термос для тепла.

Считается, что галогенные лампы со специальными рефлекторами (например, дихроичные лампы) практически не выделяют тепла. Однако, дихроичный рефлектор действует, как зеркало для видимого света, но не пропускает большую часть инфракрасного излучения. Все тепло возвращается назад на лампу. Поэтому дихроичные лампы меньше нагревают освещаемый объект, но при этом, они нагреваются намного выше, чем сам светильник [8].

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что наибольшую температуру нагрева имеют исследованные лампы накаливания Philips 75 Вт (250 °С), затем идут компактные люминесцентные лампы Camelion 30 Вт (157 °С) и светодиодные лампы Navigator 10 Вт (77 °С).

Температура воспламенения материалов. Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой пары над поверхностью горючего вещества выделяются с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение. Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления, то есть возникает устойчивое горение [3, 7].

Температуры воспламенения различных материалов, которые наиболее вероятны для соприкосновения с источниками света, представлены в табл. 4 [1,5,6]. Из нее видно, что наименьшую температуру воспламенения имеет дерево, а наибольшую хлорированный поливинилхлорид.

В случае соприкосновения колбы лампы с телами, обладающими малой теплопроводностью (тканью, бумагой, деревом и др.), в зоне касания возможен сильный местный перегрев, после чего ткань начинает тлеть. Это может явиться причиной пожара.

В табл. 4 приведены итоговые данные по исследованию температуры нагрева ламп и температуры воспламенения анализируемых материалов.

Таблица 4

Итоговая сравнительная таблица

Материал	Температура воспламенения приведенных материалов, °С	ЛН Philips 75 Вт	КЛЛ Camelion 30 Вт	СДЛ Navigator 10 Вт
		Максимальная температура лампы, °С		
Дерево	210	250	157	77
Акрил	235 – 330			
Бумага	300 – 450			
Полиэтилен	300			
Полипропилен	325			
Хлорированный поливинилхлорид	482			

Выводы

По результатам исследований можно сделать следующий вывод, что лампы накаливания являют пожароопасными источниками света и могут привести к воспламенению таких материалов как дерево, акрил, бумага, полиэтилен и привести к расплавлению полипропилена. В энергосберегающих компактных люминесцентных лампах и светодиодных источников света эта опасность снижена.

Учитывая определенную пожарную опасность светильников с ЛН, в процессе эксплуатации к ним необходимо предъявлять повышенные противопожарные требования.

Список литературы

1. Барьер. Группа компаний. Техническая документация на ХПВХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.sk-baryer.ru/rus/produkt/hpvh_ogn_har/ (дата обращения: 09.06.14).
2. Вагин Г.Я., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Терентьев П.В. Влияние качества питающего напряжения на параметры искусственного освещения рабочего места // Фундаментальные исследования. № 3 (часть 2). 2014. С. 247-252.
3. ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589–84) «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

4. ГОСТ Р 54350 – 2011. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2011.
5. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. Учебное пособие. – 2-е перераб. – М.: Химия, 1981. 272 с.
6. Какие услуги мы предлагаем [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.photographyforever.com/Clients/Velans/Antipyrene_Treatment.html (дата обращения: 09.06.14).
7. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч.1. 713 с.
8. Насколько пожароопасны электрические лампы [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://electricalschool.info/main/70-naskolko-pozharoопасnyjelektricheskie.html> (дата обращения: 09.06.14).
9. Пожарная опасность ламп и светильников [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://forca.ru/knigi/oborudovanie/tushenie-pozharov-v-elektrostanovkah-9.html> (дата обращения: 09.06.14).
10. Рекомендации МКО 127:2007. Измерения светодиодов.
11. 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».
12. «Энергосберегающие компактные люминесцентные лампы (КЛЛ), особенности». Информационный проект команды «AVD-Energy» [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://energia.3dn.ru/publ/ehkonomija_ehlektrouehnergii/ehnergoberegajushhie_kompaktnye_ljuminescentnye_lampy_kll_osobennosti/7-1-0-15 (дата обращения 09.06.14).