

А. Л. НИКИФОРОВ, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: anikiforoff@list.ru)

Е. В. КАРАСЕВ, заместитель начальника кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: evkar75@mail.ru)

В. В. БУЛГАКОВ, канд. техн. наук, начальник Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: vbulgakov@rambler.ru)

С. Н. ЖИВОТЯГИНА, канд. хим. наук, старший преподаватель кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: jivotjagina@mail.ru)

УДК 621.314.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОХРОМНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ СИГНАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

На основе анализа статистики пожаров, литературных данных и проведенного эксперимента сделан вывод о возможности применения термохромных красок в качестве индикаторов развития пожароопасных режимов работы электроустановок. Установлено, что введение термохромных красителей в изоляцию электропроводок позволяет визуализировать развитие аварийных режимов работы. С помощью термохромных стикеров, наклеенных на корпуса трансформаторов и электродвигателей, наглядно продемонстрированы возможности данного сигнального материала, предназначенного для предупреждения о возможности возникновения пожара на электрооборудовании и электроустановках. Сделан вывод, что использование термохромного материала с параметрами температурного перехода выше нормальных эксплуатационных температур оборудования позволит своевременно предотвращать выход из строя оборудования и возникновение пожара.

Ключевые слова: термохромные материалы; термохромные стикеры; диагностика; большие переходные сопротивления; электроизоляционные материалы; пожароопасные режимы работы; электроустановки.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47

В нормативно-технических документах достаточно широко представлены требования к защите электрооборудования от различных пожароопасных режимов. Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [1] установлена вероятность возникновения пожара в электрооборудовании, которая не должна превышать 10^{-6} в год.

Ст. 142 [1] регламентирует требования пожарной безопасности к электротехнической продукции. Основные требования предъявляются к стойкости элементов, используемых в электротехнической продукции, к воздействию пламени, нагретых элементов, электрической дуги, к нагреву в местах контактных соединений и токопроводящих мостиков. Электротехническая продукция должна быть стойкой также к возникновению и распростране-

нию горения при аварийных режимах работы (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления). Аппараты защиты должны отключать участок электрической цепи от источника электрической энергии при возникновении аварийных режимов работы до возникновения загорания.

Таким образом, требования пожарной безопасности носят характер предупреждения на этапе предпожарной ситуации, когда температура в электропроводке достигает критических значений, что приводит к срабатыванию аппаратов защиты от токов короткого замыкания и больших переходных сопротивлений. Нормативные требования предъявляются также к нераспространению огня по изоляции электропроводки.

Согласно официальной статистике за 2013 г. в Российской Федерации доля пожаров вследствие на-

рушений правил устройства и эксплуатации электрооборудования составила 26,3 % от общего количества пожаров, материальный ущерб — 30,4 % от всего материального ущерба от пожаров, а количество погибших — 17,5 % от общего числа погибших при пожарах [2].

В соответствии с [3] термин “электрооборудование” полностью распространяется и на кабельные изделия. Электрооборудование — это любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии, например машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, электроприемники.

В соответствии с [4] кабельное изделие (кабель, провод, шнур) предназначено для передачи по нему электрической энергии, электрических и оптических сигналов информации или для изготовления обмоток электрических устройств. В соответствии с [5] под понятие “электропроводка” подпадают кабельные линии напряжением до 1000 В.

Электропроводки, в том числе кабельные линии, традиционно являются самыми пожароопасными видами электрооборудования. Согласно статистическим данным в период 2005–2013 гг. в Российской Федерации ежегодное количество пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках составляло в среднем 28 220, или 65,2 % от общего числа пожаров из-за неисправностей электрооборудования [2, 6]. Доля пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках в общем объеме пожаров от электрооборудования увеличилась с 62,5 % в 2005 г. до 71,2 % в 2013 г. (табл. 1).

Наибольшее количество пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках происходит в жилых объектах и сопровождается наибольшим числом погибших людей. Количество пожаров, возникших по тем же причинам, на промышленных объектах

значительно меньше, однако прямой ущерб от них существенно выше.

Таким образом, электропроводки являются наиболее уязвимым видом электрооборудования с точки зрения пожарной опасности и представляют непосредственную угрозу безопасности людей.

Оценить вероятность развития пожароопасного режима работы в электрооборудовании по внешним признакам сложно, так как большинство развивающихся аварийных процессов протекает без видимых проявлений. Зачастую момент обнаружения данной проблемы наступает уже после выхода электроустановки из строя. При этом причиной аварий в электропроводках является возникновение перегрузок и больших переходных сопротивлений. Нарушение нормальной работы электрической сети выражается в повышении температуры проводников. Не предусмотренный штатным режимом нагрев проводов до высоких температур вызывает химическую деструкцию и преждевременное старение изоляции, что в конечном счете приводит к возникновению короткого замыкания и повышает вероятность пожара. При этом в течение длительного времени происходит снижение сопротивления изоляции и потеря изолирующих свойств, что тоже негативно сказывается на температурном режиме проводки. Таким образом, проявление пожароопасных режимов работы в электроустановках выражается в повышении температуры изоляции проводников и защитных покрытий электрических приборов и машин в местах локализации элементов, работающих в аварийных режимах.

Изоляция электротехнических изделий и электропроводок, выполненная из различных материалов, способна самовоспламеняться в случае достижения критических температур при аварийных пожароопасных режимах.

Нагрев изоляционных материалов токами короткого замыкания или рабочими токами в местах больших переходных сопротивлений, при перегрузке или токах утечки приводит: к выделению легко воспламеняющихся продуктов при сравнительно низких температурах, к воспламенению горючей изоляции при достижении температуры воспламенения, к тепловому пробое и коротким замыканиям в электрических цепях (табл. 2) [7, 8]. Для снижения пожарной опасности электроустановок необходимо, чтобы температура их частей в нормальном режиме эксплуатации не превышала значений, допускаемых нормами.

В основу способа, который поможет человеку, не имеющему специального образования и навыков обращения с электропроводкой, обнаружить неисправность или сбой в работе электроприборов и самой проводке, может быть положен контроль за тем-

Таблица 1. Статистические данные по пожарам из-за аварийных режимов в электропроводках в период 2005–2013 гг.

Год	Количество пожаров	% от общего количества пожаров из-за неисправностей электрооборудования
2005	26 954	62,5
2006	26 657	62,4
2007	26 475	63,6
2008	25 712	64,2
2009	27 925	63,1
2010	29 799	65,6
2011	29 209	66,2
2012	30 429	67,9
2013	30 816	71,2

Таблица 2. Показатели пожарной опасности электроизоляционных материалов

Материал	Температура, °C	
	начала разложения	воспламенения
Резина	50	220
Полиэтилен	70	306
Поливинилхлорид	65	560
Полистирол	65	274

пературой рабочих оболочек электроустановок и изоляции проводников. Однако использование для этой цели специальных средств, основанных на применении термопреобразователей, пирометров и т. п., неприемлемо, так как для обращения с ними нужна подготовка. Способ контроля должен быть дешевым, наглядным и не требовать специальных навыков.

Анализируя литературные данные, мы обратили внимание на проявление эффекта термохромизма, который заключается в том, что ряд химических веществ при превышении определенных температур способен менять свой цвет. Благодаря использованию таких термоиндикаторов появляется возможность обнаружить не только неисправность в электропроводке или на электроустановке, но и выявить именно тот конкретный участок, который опасен с точки зрения риска возникновения пожара.

Проведенный нами анализ литературы, посвященной проблемам получения и использования термохромных красок, показал, что данные материалы способны достаточно точно реагировать на изменение температуры. Так, в статье [9] приведены сведения о технических возможностях термоиндикаторов на основе жидких кристаллов, а также рассмотрены вопросы, связанные с особенностями их химического строения и технологии получения. Более подробно химическое строение, свойства и особенности синтеза обратимых термоиндикаторов на примере термохромного материала — гексабромотеллурата (IV) гуанидиния подробно рассмотрены в статье [10]. Предложенные авторами [11] термоиндикаторные композиции на основе координационных соединений металлов обладают комплексом уникальных свойств и являются одними из наиболее перспективных в практическом плане материалов.

За рубежом термохромные материалы нашли широкое применение при изготовлении так называемых “умных окон”, в которых на поверхность стекла нанесена пленка с термочувствительным пигментом [12–14]. В результате нагрева солнечным светом изменяется светопропускание пленки и тем самым регулируется освещенность. В данном случае диапазон рабочих температур термохромного мате-

риала сравним с характеристиками пигментов, используемых в нашей работе.

Следует отметить, что диапазон рабочих температур термохромных веществ позволяет достаточно точно диагностировать изменение температуры машин и механизмов, электрических устройств и приборов, аппаратов и реакторов при реализации на практике технологических процессов. Причем реализовано это может быть как введением термохромных добавок в лакокрасочные покрытия, так и использованием индивидуальных наклеек-стикеров. Суть идеи заключается в следующем. При нормальном режиме работы оборудования температура рабочих оболочек находится в определенном диапазоне эксплуатационных значений. Однако при превышении некоторой критической температуры используемый в оборудовании термохромный материал меняет свой цвет, сигнализируя о возникшей проблеме, и тем самым дает возможность своевременно отреагировать на нештатную ситуацию, предотвратить выход из строя оборудования и не допустить вероятности возникновения пожара.

Следует заметить, что сведений об использовании термохромных материалов в данных целях в литературных источниках не встречается. Целью проделанной нами работы стал выбор термохромных красителей, используемых в качестве индикаторов для предупреждения возникновения пожаров в электроустановках.

Введение термохромных красителей в изоляцию электропроводок показало высокую эффективность данного метода при несоблюдении режимов эксплуатации изолированных проводов и кабельной продукции. Термохромные стикеры, наклеенные на корпуса трансформаторов и электродвигателей, также наглядно продемонстрировали возможности данного сигнального материала, предназначенного для предупреждения о возможности возникновения пожара на электрооборудовании и электроустановках.

В табл. 3 приведены характеристики термохромных красителей, использованных в нашей работе. Перечисленные красители в исходном виде представляли собой порошкообразный продукт, цвет которого соответствовал исходному (т. е. зеленый, оранжевый, синий, черный, фиолетовый).

В наших экспериментах выбранные термохромные красители добавлялись в поливинилхлоридную пасту, из которой в дальнейшем формировалось изоляционное покрытие проводов. Визуально определяемое изменение цвета изоляции провода, включенного в электрическую сеть, сигнализировало о достижении проводом опасной температуры и наличии неисправности в самой сети. Были подобраны оптимальные концентрации красителя в пасте и

Таблица 3. Характеристики термохромных красителей, использованных в работе

№ п/п	Марка красителя и тип	Цветовой переход	Температура цветового перехода, °С	
			начала	окончания
1	AQ CR typ-41	Зеленый → желтый	35	44
2	Van Son typ-190	Оранжевый → бесцветный	171	180
3	Kw-03 typ-072C	Синий → белый	72	76
4	Kw-03 typ-446C	Черный → белый	87	98
5	Kw-03 typ-350K	Фиолетовый → белый	107	112

проведена оценка эффективности срабатывания сигнальной системы, основанной на оценке времени отклика на изменение температуры.

В качестве альтернативного варианта нами использовался силиконовый самоотверждающийся строительный герметик, в который вводились те же термохромные пигменты (красители) в тех же пропорциях, что и для поливинилхлорида.

Оценка изменения цвета изоляции образцов в зависимости от температуры проводилась визуально, при этом также контролировались время и температура цветового перехода. Результаты наблюдений приведены в табл. 4.

Для электрических проводов считаем целесообразным использовать краситель Kw-03 typ-072C с температурным диапазоном цветового перехода 72–85 °С. Данные значения температуры являются критическими для этих изделий и свидетельствуют о ненормальном режиме их эксплуатации.

Следующий этап нашего исследования был посвящен разработке термохромных стикеров (наклеек), предназначенных для визуализации контроля за температурой электрических машин и механизмов.

В качестве связующего был использован прозрачный силиконовый герметик, в качестве подложки — малярный скотч и самоклеющаяся алюминиевая фольга, в качестве индикатора — краситель Kw-03 typ-446C (см. табл. 1) с цветовым переходом из черного в белый и диапазоном температурного отклика 87–98 °С. Изготовленный нами сигнальный элемент представлял собой квадратный элемент самоклеющейся подложки размером 10×10 мм, по центру которого располагалась капля термохромного материала диаметром (6±1) мм.

В наших экспериментах использовался разделительный трансформатор с обмотками на 127 В. Термохромные элементы наклеивались в видимом месте на сердечник трансформатора и на катушку обмотки.

Таблица 4. Оптимальные концентрации термохромных красителей

№ п/п	Марка красителя и тип	Оптимальная концентрация, г/кг	
		ПВХ-связующего	силикона
1	AQ CR typ-41	20	20
2	Van Son typ-190	10	20
3	Kw-03 typ-072C	20	20
4	Kw-03 typ-446C	10	10
5	Kw-03 typ-350K	10	10

При искусственно создаваемой перегрузке трансформатор начинал нагреваться. Для контроля за нагревом использовались стикеры и медь-константановая термопара.

Результаты наблюдений показали, что предпочтительнее контролировать температуру на катушке обмотки, поскольку этот элемент нагревается быстрее и до более высоких температур. При этом лучше в качестве подложки использовать фольгу, так как она реагирует на изменение температуры быстрее, нежели бумажная. Причина такого различия заключается в различной теплопроводности бумаги и металла. В данном случае мы считаем целесообразным использовать три стикера, рассчитанные на разные температуры:

- первый — на базе красителя Kw-03 typ-072C, с диапазоном температурного отклика 72–85 °С, сигнализирующий о нештатном режиме работы оборудования или его плохом охлаждении;
- второй — на базе красителя Kw-03 typ-350K, с диапазоном температурного отклика 107–116 °С, предупреждающий о достижении агрегатом опасной температуры, способной вызвать пожар;
- третий — на базе красителя Van Son typ-190, с диапазоном температурного отклика 171–183 °С, подающий сигнал о критической ситуации (высокая вероятность возгорания изоляции обмотки, возникновения короткого замыкания и выхода агрегата из строя).

На наш взгляд, данные вещества могут и должны быть внедрены в сферу жизнедеятельности человека, связанную с предупреждением возникновения пожаров и других чрезвычайных ситуаций, возникающих при нарушениях температурных режимов (при осуществлении технологических процессов, эксплуатации машин и механизмов, в процессе работы силового электрооборудования и т. д.). Внедрение предложенного способа определения аварийных режимов работы электропроводки, связанных с нагревом изоляции до критических температур, по нашему мнению, позволит снизить количество пожаров, предотвратить гибель людей и сократить материальный ущерб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году : статистический сборник / Под общ. ред В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2014. — 137 с.
3. ГОСТ Р 50571.1–93. Электроустановки зданий. Основные положения. — Введ. 01.01.95. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/4/4284/index.htm> (дата обращения: 25.03.2015).
4. ГОСТ 31565–2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. — Введ. 01.01.2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения: 25.03.2015).
5. ГОСТ Р 50571.5.52–2011. Электропроводки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. — Введ. 01.01.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50571-5-52-2011?block=14> (дата обращения: 25.03.2015).
6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году : статистический сборник / Под общ. ред. Н. П. Копылова. — М. : ВНИИПО, 2010. — 135 с.
7. Костарев Н. П., Черкасов В. Н. Методы оценки пожарной опасности электроустановок : учеб. пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2002. — 107 с.
8. Баратов А. Н., Корольченко А. Я., Кравчук Г. Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств тушения : справочник : в 2 кн. — М. : Химия, 1990. — Кн. 1. — 496 с.
9. Беляев В. В. 25-я Международная конференция по жидким кристаллам. Дублин, Ирландия, 30 июня – 4 июля 2014 г. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. — 2014. — Т. 14, № 3. — С. 80–87.
10. Черкасова Е. В., Осипенко А. А. Химические термоиндикаторы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2014. — № 1. — С. 94–95.
11. Сторожук Т. В., Буквецкий Б. В., Мирочник А. Г., Карасев В. Е. Синтез, строение и обратимый термохромизм гексабромотеллурата (IV) гуанидиния // Журнал структурной химии. — 2003. — Т. 44, № 5. — С. 968–972.
12. Granqvist C. G., Lanseker P. C., Mlyuka N. R., Niklasson G. A., Avendaco E. Progress in chromogenics: New results for electrochromic and thermochromic materials and devices // Solar Energy Materials and Solar Cells. — 2009. — Vol. 93, No. 12. — P. 2032–2039. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.02.026.
13. Alamri S. N. The temperature behavior of smart windows under direct solar radiation // Solar Energy Materials and Solar Cells. — 2009. — Vol. 93, No. 9. — P. 1657–1662. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.05.011.
14. Cui H. N., Costa M. F., Teixeira V., Porqueras I., Bertran E. Electrochromic coatings for smart windows // Surface Science. — 2003. — Vol. 532–535. — P. 1127–1131. DOI: 10.1016/s0039-6028(03)00457-6.

Материал поступил в редакцию 8 апреля 2015 г.

Для цитирования: Никифоров А. Л., Карасев В. Е., Булгаков В. В., Животягина С. Н. Использование термохромных материалов в качестве сигнальных средств предупреждения пожаров в электроустановках // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47.

English

USAGE OF THERMOCHROMIC MATERIALS AS FIRE PREVENTION SIGNALLING MEANS IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

NIKIFOROV A. L., Doctor of Technical Sciences, Senior Lecture, Professor of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: anikiforoff@list.ru)

KARASEV E. V., Deputy Chief of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: evkar75@mail.ru)

BULGAKOV V. V., Candidate of Technical Sciences, Chief of Educational and Science Complex of State Supervision, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: vbulgakov@rambler.ru)

ZHIVOTYAGINA S. N., Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecture of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: jivotyagina@mail.ru)

ABSTRACT

The most electric wiring fires strike in residential structures causing a great many of casualties. The numbers of the same fires on industrial enterprises are considerably fewer but damage from them is rather greater.

Thereby electric wiring is mostly vulnerable to the fire risk and threatens life safety directly.

It is rather hard to assess the possibility of an emerging fire in electrical equipment by outward signs because the majority of emergency processes are not visible.

It is a usual thing that the problem is discovered when the electrical installation is no longer on duty. It is true that emergencies in electric wiring are caused by voltage overloading and large transient resistance. Electric wiring failure is revealed by rising the temperature of conductors. Running out of the normal mode, heating of electric wiring up to high temperatures brings to chemical destruction and untimely erosion of isolation what finally provokes a short circuit and a probable fire. The fact is that during a long period the isolation is under the process of lowering its resistance and loss of isolation characteristics what negatively influences the temperature mode of the wiring as well.

Application of thermo chrome dyes within the isolation of wiring affords to visualize the development of emergency modes of operation. Thermo chrome stickers on transformers and electric motors have also exposed the potential of this signal stuff intended for warning of a possible ignition in electrical equipment.

Being referred to analysis of statistics of fires, literary sources and the experiment it has been made the conclusion proving that it is possible to apply thermo chrome dyes as indicators of the moment when electrical installations start operating under the modes associated with fire risks.

Application of thermo chrome stuff displaying the temperature rise above the normal operational temperature of equipment will give a chance to respond to the problem in a proper time preventing breakdown of the equipment and the fire ignition.

Keywords: thermochromic materials; thermochromic stickers; diagnostics; high transient resistance; electrical insulation materials; flammable operating conditions; power plant.

REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2013 godu. Statisticheskii sbornik* [Fires and fire safety in 2013: Statistical Yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2014. 137 p.
3. *State standard 50571.1–93. Electrical installations of buildings. General*. Available at: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/4/4284/index.htm> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
4. *Interstate standard 31565–2012. Cable products. Requirements of fire safety*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
5. *National standard of the Russian Federation 50571.5.52–2011. Low-voltage electrical installations. Part 5-52. Selection and installation of electrical equipment — Wiring systems*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50571-5-52-2011?block=14> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
6. Kopylov N. P. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2009 godu. Statisticheskii sbornik* [Fires and fire safety in 2009: Statistical Yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2010. 135 p.

7. Kostarev N. P., Cherkasov V. N. *Metody otsenki pozharnoy opasnosti elektroustanovok. Uchebnoye posobiye* [Methods for assessing the fire hazard of electrical installations: Teaching guide]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2002. 107 p.
8. Baratov A. N., Korolchenko A. Ya., Kravchuk G. N. et al. *Pozharovzryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya. Spravochnik* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing. Reference book]. Moscow, Khimiya Publ., 1990. Book 1, 496 p.
9. Belyaev V. V. 25-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya po zhidkim kristallam. Dublin, Irlandiya, 30 iyunya – 4 iyulya 2014 g. [25th International Liquid Crystal Conference, Dublin, Ireland, 30 June – 4 July, 2014]. *Zhidkiye kristally i ikh prakticheskoye primeneniye — Liquid Crystals and their Application. Russian Journal*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 80–87.
10. Cherkasova E. V., Osipenko A. A. Khimicheskiye termoinдикatory [Chemical thermoindicators]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta — Vestnik of Kuzbass State Technical University*, 2014, no. 1, pp. 94–95.
11. Storozhuk T. V., Bukvetskii B. V., Mirochnik A. G., Karasev V. E. Synthesis, structure, and reversible thermochromism of guanidinium hexabromotellurate (IV). *Journal of Structural Chemistry*, 2003, vol. 44, no. 5, pp. 880–884. DOI: 10.1023/b:jory.0000029830.73340.3b.
12. Granqvist C. G., Lanseker P. C., Mlyuka N. R., Niklasson G. A., Avendaco E. Progress in chromogenics: New results for electrochromic and thermochromic materials and devices. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2009, vol. 93, no. 12, pp. 2032–2039. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.02.026.
13. Alamri S. N. The temperature behavior of smart windows under direct solar radiation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2009, vol. 93, no. 9, pp. 1657–1662. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.05.011.
14. Cui H. N., Costa M. F., Teixeira V., Porqueras I., Bertran E. Electrochromic coatings for smart windows. *Surface Science*, 2003, vol. 532–535, pp. 1127–1131. DOI: 10.1016/s0039-6028(03)00457-6.

For citation: Nikiforov A. L., Karasev E. V., Bulgakov V. V., Zhivotyagina S. N. Ispolzovaniye termokhromnykh materialov v kachestve signalnykh sredstv preduprezhdeniya pozharov v elektroustanovkakh [Usage of thermochromic materials as fire prevention signalling means in electrical installations]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Предлагает книгу

А. А. Антоненко, Т. А. Буцынская, А. Н. Членов. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ : учебно-справочное пособие / Под общ. ред. д-ра техн. наук А. Н. Членова



В учебно-справочном пособии изложены основы современного подхода к проблеме комплексного обеспечения безопасности объектов хозяйствования с помощью технических средств и систем; приведены сведения о технической эксплуатации комплексных систем безопасности, а также справочно-методическая информация для решения практических задач по эксплуатации. Дано основное содержание эксклюзивной разработки — ГОСТ Р 53704–2009 «Системы безопасности комплексные и интегрированные», входящего в отраслевой комплект нормативно-технической документации по данной проблеме.

Книга предназначена для практических работников в области систем безопасности и может быть использована как учебное пособие для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru