

УДК 614.84

mansurovtx@rambler.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ СОСТАВОВ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
ПРИ ОДИНОЧНОЙ И ГРУППОВОЙ ПРОКЛАДКЕ**

**APPLICATION OF FIRE-PROTECTIVE INTUMESCENT COMPOSITIONS FOR  
INCREASING THE FIRE SAFETY OF CABLE PRODUCTS WITH A SINGLE AND  
GROUP GASKET**

*Мансуров Т. Х.,  
Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,  
Головина Е. В.,  
Сафронова И. Г., кандидат педагогических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Safronova I. G.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассматривается проблема пожарной опасности кабельных изделий, а также вопросы, связанные с проведением огневых испытаний на огнезащитную эффективность огнезащитных кабельных покрытий и полученными при этом результатами, описан способ снижения пожарной опасности кабельных линий, заключающийся в нанесении огнезащитных кабельных составов на поверхность кабеля. Представлено состояние этого вопроса в зарубежной научно-технической литературе.

*Ключевые слова:* огнезащитные кабельные покрытия, кабельные изделия, пенококс, термическая стойкость, огнезащитная эффективность.

The article discusses the fire hazard of cable products, issues arising from fire tests for fire resistance, the effectiveness of the use of fire-retardant cable coatings and the obtained results, and also the method of reducing the fire hazard of cable lines, which consists of using flame retardants on the cable surface. The state of these issues in foreign scientific and technical literature are considered.

*Keywords:* fire retardant cable coatings, cable products, foam, thermal resistance, fire retardant efficiency.

### **Введение**

Применение огнезащитных интумесцентных составов для повышения пожарной безопасности кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке позволяет снизить тепловое воздействие на защищаемые кабели, уменьшить распространение пламени по кабельным изделиям (КИ) при горизонтальном и вертикальном расположении в пространстве, а также обеспечить увеличение времени работоспособности и целостности элек-

трической цепи кабеля, покрытого огнезащитным составом (далее – ОЗС).

Кабельные изделия относительно пожарной безопасности – это сложный многофакторный комплекс, сочетающий токопроводящие жилы, их горючую оболочку (изоляция проводников, подушки под броней, оболочки кабеля и т. д.), а также источник зажигания (электрические дуговые разряды, частицы раскаленного металла в местах короткого замыкания (КЗ), нагретые в местах больших переходных сопротивлений токопроводя-

щие жилы и детали арматуры и др.), возникающий при аварийных режимах работы.

При этом применение в качестве изоляции ПВХ-пластиката, который, по оценкам специалистов составляет более 65 % от общего числа полимерных материалов в России [1], делает острым вопрос пожаробезопасности КИ. Группой исследователей неоднократно предпринимались попытки совершенствования имеющихся и разработки новых ПВХ-пластикатов пониженной пожароопасности, применяемых в качестве изолирующих материалов КИ [2-4]. Несмотря на

совершенствование ПВХ-пластикатов по снижению их горючести, добиться значительного уменьшения возникновения пожароопасных ситуаций все-таки не удалось, что подтверждается статистическими данными по пожарам [5], где кабельные изделия занимают первое место по числу пожаров.

В ходе анализа статистических данных, авторами работы [6] введён коэффициент значимости пожарной опасности электрических изделий (табл. 1), где кабельные изделия занимают лидирующую позицию по пожароопасности.

Таблица 1

*Коэффициент значимости пожарной опасности электрических изделий [6]*

Электрические изделия	Ранг (место) по числу пожаров, $R_n$	Ранг (место) по размеру ущерба, $R_y$	Ранг (место) по числу погибших, $R_z$	Сумма рангов, $S_i$	Коэффициент значимости пожарной опасности, $K_i$	Ранг пожарной опасности изделия
Кабель, провод	01	01	01	03	1	1
Электрокамин	02	03	02	07	0,43	2
Вводной щит	03	02	06	11	0,27	3
Выключатель	04	04	05	13	0,23	4
Телевизор	05	06	04	15	0,20	5
Электроплитка	07	08	03	18	0,17	6
Холодильник	06	05	08	19	0,16	7

В ходе аналогичного исследования [7] был выработан коэффициент пожароопасных отказов от общего числа отказов комплектующих элементов электриче-

ских сетей, учитывая который можно сделать вывод, что каждый второй отказ в КИ является пожароопасным (табл. 2).

Таблица 2

*Коэффициент пожароопасных отказов от общего числа отказов для комплектующих элементов электрических сетей [7]*

Элемент	Коэффициент пожароопасных отказов
Трансформатор (маломощный)	0,3
Дроссель, катушка индуктивности	0,2-0,3
Реле	0,02
Кабели, провода, шнуры	0,5
Выключатели, переключатели	0,05
Предохранители (несрабатывание плавкой вставки за установленное время)	0,1

Клеммные зажимы, разъемы (открытого исполнения)	0,05
---	------

Принимая во внимание тенденции по совершенствованию нормативной базы в области пожарной безопасности, на уровне государственных стандартов серий ГОСТ ИЕС 60332, ГОСТ ИЕС 61034, ГОСТ ИЕС 60754, ГОСТ ИЕС 60331 были введены обязательные требования к КИ по нераспространению горения (индекс «НГ»), по снижению дымовыделения (индекс «LS»), по снижению коррозионной активности (галогенов) (индекс «HF») и по огнестойкости (индекс «FR»). Дополнительно, электросетевые организации самостоятельно разрабатывают стандарты организаций, непротиворечащие требованиям федерального законодательства в области пожарной безопасности, например СТО 34.01-27.1-001-2014 ПАО «Россети» [8]. Однако отсутствие в нормативных документах четких требований при прокладке КИ в кабельных линиях (КЛ) значительно повышает риск возникновения пожароопасных ситуаций, связанных с прохождением электрического тока. Одним из действующих способов снижения пожарной опасности КИ при одиночной и групповой прокладке является применение пассивной огнезащиты в виде тонкослойных интумесцентных (вспучивающихся) огнезащитных кабельных покрытий (ОКП).

Огнезащитное кабельное покрытие – слой вещества (смеси) или материала, полученный в результате его нанесения на поверхность кабелей и обладающий огнезащитной эффективностью [9]. Применение данного вида покрытий на поверхности КИ позволяет минимизировать возможность возникновения пожара, уменьшить ущерб и распространение пожара, благодаря образованию на поверхности КИ негорючего твердого вспененного пористого слоя (пенококса). Для определения огнезащитной эффективности используются методы, изложенные в ГОСТ 53311 [9]. Данные методы (метод определения длины поврежденной пламенем или обугленной части образца кабельной прокладки с ОКП и коэффициен-

та снижения допустимого длительного тока нагрузки для кабеля с ОКП) не позволяют определить огнезащитную эффективность исследуемого материала в целом по итогам испытаний двумя методами.

Помимо обозначенных существуют терминологические проблемы, связанные с неверной трактовкой понятий, в частности «термостойкость». В классической формулировке, изложенной в [10], под термостойкостью (огнеупорных и других хрупких материалов) понимается способность материалов противостоять, не разрушаясь, термическим напряжениям, возникающим при изменении температуры, вследствие нагрева или охлаждения. С позиции химии, термостойкость – это способность химических веществ и материалов сохранять неизменным химическое строение и физические свойства при повышении температуры [11]. Однако ввиду того, что ОКП – многокомпонентный материал, термостойкость кабельного покрытия именно интумесцентного типа не может характеризоваться ни одним из приведенных определений. Ближайшим и в полной мере отражающим существующую проблематику является определение, приведённое авторами работы [12], где под термостойкостью огнезащитного состава интумесцентного типа понимается способность пенококсового слоя сохранять теплозащитные свойства при повышении температуры.

При детальном рассмотрении вопросов огнезащиты кабельных изделий становится очевидным, что данное направление является малоисследованным ввиду протекания сложных процессов теплопереноса в КИ и линейного расширения электропроводящих жил, термоокислительной и термодеструкции ПВХ-пластиков, а также их ускоренного старения и ухудшения электроизоляционных свойств при повышении температуры, конструктивных особенностей строения КИ, под воздействием внешнего и внутреннего электромагнитного поля.

Помимо процессов, протекающих в самом КИ, необходимо учитывать процессы, протекающие в ОКП при повышении температуры, в момент начала интумесценции, при формировании огнезащитного слоя – пенококса, его адгезию к полимерной оболочке КИ в процессе формирования и дальнейшее поведение вплоть до окончания пожара. Описанные противоречия требуют их разрешения, что является целью исследований многих авторов как в нашей стране, так и за рубежом.

В исследовании [13] при совместном участии представителей Института механики Китайской академии наук и Отделения пожарной охраны Академии Народных вооруженных сил Китая был определен защитный эффект огнезащитного покрытия по снижению сопротивления изоляции кабеля из ПВХ-пластиката. Эксперименты проводились в инфракрасной электрической печи, в которой при помощи электронного контроллера была достигнута температурно-временная кривая аналогичная кривой пожара, представленная в стандарте ISO 834. Испытательный образец представлял собой отрезок кабеля длиной 1 м, состоящий из 4 токопроводящих жил сечением 2,5 кв. мм. При проведении исследований использовались два популярных метода противопожарной защиты КИ. В первом случае ОКП наносилось непосредственно на сам кабель, во втором – кабель был размещен в стальной оцинкованной трубе и покрытие для стальных конструкций наносилось на трубу. По результатам экспериментов было установлено, что время разрушения кабеля увеличивается с увеличением толщины покрытия, при этом если ОКП толще чем 1,5 мм, то при линейном расширении материала КИ, покрытие будет растрескиваться. В случае с экспериментами при нанесении огнезащитного состава (ОЗС) для металлических конструкций на стальную трубу огнезащитный эффект был незначительным при толщине менее 1 мм и более 3 мм. Самое длительное время отказа составило

менее 10 минут для случая нанесения ОЗС на стальную трубу толщиной 2,5 мм.

Эти же авторы в работе [14] исследовали термодиффузию вспучивающегося покрытия с целью разработки метода определения эквивалентного коэффициента термодиффузии ОЗС для кабелей. Ввиду необходимости определения огнезащитной эффективности покрытия, авторами был разработан коэффициент термодиффузии интумесцентного изолирующего слоя, однако из-за большого количества факторов влияющих на него в процессе проведения эксперимента, измерение коэффициента сопряжено с рядом трудностей. Благодаря данным, полученным в работе [13], авторы установили взаимосвязь между временем разрушения изоляции кабеля в процессе нагрева, коэффициентом термодиффузии и толщиной вспучившегося слоя с помощью расчетов модели теплопередачи. Авторы работы пришли к выводу, что этот коэффициент может использоваться в качестве показателя эффективности теплоизолирующего слоя, при этом, чем он больше, тем меньше перепад температуры между наружным слоем пенококса и объектом защиты, соответственно хуже теплоизоляция. Метод определения эквивалентного коэффициента термодиффузии огнезащитного покрытия учитывает свойства вспучивающегося покрытия при нагревании и устанавливает ряд условий на основе фактического сценария пожара для компенсации недостающих или неточных значений в современных методах испытаний теплофизических свойств. По заверению авторов, метод точно отражает характеристики теплоизолирующего слоя и может рассматриваться в качестве эталона.

Первые попытки применения ОКП были предприняты в США ещё в 70-х годах прошлого столетия на кабелях, эксплуатируемых на атомных электростанциях. Начиная с 2000-х годов, ввиду устаревания данных по ОКП и адекватности их применения при расчетах. Комиссия по ядерному регулированию США

(NRC) выступила спонсором различных экспериментов [15] в Национальных лабораториях Sandia (SNL) и Национальном институте стандартов и технологий (NIST). Целью этого исследования было получение термических свойств, температуры воспламенения, скорости горения, распространение пламени и данных по сохранению целостности электрической цепи кабелей с ОКП, обычно используемых на АЭС США. Эксперименты варьировались от стендовых до полномасштабных, с использованием как стандартизированных, так и нестандартизированных методов тестирования.

Температура воспламенения измерялась с помощью конвекционной печи. Характеристики горения кабелей с ОКП измерялись с помощью конического калориметра для определения скорости горения, теплоты сгорания и других свойств. Полномасштабные эксперименты по горизонтальному и вертикальному распространению пламени были проведены для определения поперечного и восходящего распространения пожара. Было оценено влияние ОКП на сохранение целостности электрической цепи во время пожара. По результатам экспериментов Комиссия (NRC) подтвердила обновление существующих методов оценки вероятности возникновения пожара и входных параметров моделирования пожара. В целом был сделан вывод, что использование ОКП для покрытия кабелей задерживает время до пробоя изоляции на несколько минут (до 5 минут независимо от типа покрытия в случае покрытия кабелей, не отвечающих критериям прохождения испытания на вертикальное распространение пламени) и ограничивает распространение пожара по кабелю.

Эти данные могут быть также использованы для разработки новых моделей или для расширения применимости моделей пожаров, разработанных для анализа кабелей без покрытия. Данные также могут быть использованы в качестве входных данных для оценки риска возникновения пожара.

Исследование огнезащитных составов кабельных линий проводилось и в Испании. В работе [16], проведенной испанской корпорацией, управляющей национальной электрической сетью и системой передачи электроэнергии Grupo General Cable Sistemas, испанской компанией по производству электрических проводов и кабелей Red Eléctrica de España и испанским производителем и поставщиком электроэнергии Iberdrola, в которой описаны результаты испытаний огнестойкости кабелей, покрытых огнезащитной краской, вертикальному распространению пожара. В ходе экспериментов было установлено, что ОКП эффективны только на кабелях с низким уровнем огнестойкости и не требуются для огнестойких кабелей. Однако было установлено, что при экспериментах на дымообразующую способность кабеля с ОКП значение светопропускания упало до уровня примерно 50 %, а значит, что во время пожара видимость будет существенно снижена. Другим немаловажным аспектом является минимальная толщина слоя краски, гарантирующая огнестойкость кабеля. В ходе испытаний кабели покрывались со всех сторон равномерно, в то время как в реальных условиях с этим могут возникнуть трудности. Авторы рекомендуют наносить среднюю толщину слоя краски около 3 мм (толщина выше той, что указана производителем).

В нашей стране исследование термостойкости и огнезащитной эффективности ОКП также является приоритетным направлением в области пассивной огнезащиты объектов. В работе [17] в ходе исследований различных рецептур ОЗС выявлены закономерности протекания химических реакций в процессе вспучивания, их влияние на кратность вспучивания и предел распространения пламени по покрытиям, нанесенным на образцы кабеля, исходя из сроков эксплуатации ОКП. Кроме этого, в работе рассмотрены вопросы, касающиеся разработки новых огнезащитных составов для кабелей марок ПК и ПК-Терма, приведены результа-



ты серии огневых испытаний огнезащитных материалов, оценена огнезащитная эффективность разработанных составов стандартными методами, систематизированы теоретические и экспериментальные данные о структуре вспучивающегося покрытия и разработана физико-химическая модель процесса вспучивания покрытия, а также предложена теплофизическая модель процессов теплопереноса во вспучивающихся покрытиях. По результатам работы разработаны рецептуры с наилучшим процентным соотношением компонентов ОЗС по кратности вспучивания и по срокам эксплуатации, а также разработаны рекомендации по нанесению ОКП в помещениях и наружных установках.

Исследование огнезащитных характеристик ОКП в различных исследованиях имеет схожие черты, а именно соответствие кривых температуры испытаний стандарту ISO 834. Однако возникает вопрос по исследованию [13], где температурно-временная кривая соответствует кривой стандартного пожара, но процесс интумесценции происходит без огневого воздействия на огнезащитное покрытие, что, вероятно, может вызывать погрешность в измерениях, ввиду отсутствия горения легколетучих компонентов и термоокислительной деструкции в классическом ее понимании. Исследование коэффициента термодиффузии в работе [14], на наш взгляд, является приоритетным направлением исследований в целях разработки метода определения эквивалентного коэффициента термодиффузии огнезащитного покрытия и дальнейшего его применения в оценке огнезащитной эффективности ОКП. Крупномасштабные исследования [15, 16] затрагивают широкий круг вопросов, связанных с основными параметрами ОКП, и имеют схожие выводы по сохранению целостности электрической цепи в условиях реального пожара. Работа [17] излагает закономерности процессов вспучивания, их влияние на кратность вспучивания и распространение пламени по поверхности ОКП, а

также предлагает физико-химическую модель процесса вспучивания и теплофизическую модель процессов теплопереноса во вспучивающихся покрытиях, что, несомненно, служит хорошей теоретико-математической базой для разработки методики оценки термической стойкости огнезащитных кабельных покрытий.

При изучении вопросов определения огнезащитной эффективности ОКП необходимо также знание рецептур огнезащитных составов, на основании которых, в определенной мере можно прогнозировать поведение и «работу» покрытия в условиях повышения температуры в ходе огневых испытаний, а также формирование пенококса и оценки его термостойкости. Например, в патенте [18] огнезащитный состав содержит дисперсии акриловых полимеров в воде, терморасширяющийся графит, окись магния, окись сурьмы (III), бораты, соли фосфорной кислоты, консервирующие и биоцидные добавки, что позволяет наносить его в помещениях, где одновременно проводятся сварочные работы, а также работать без средств индивидуальной защиты ввиду нетоксичности. По заявлению авторов, применение интеркалированного графита в рецептуре, позволяет снизить температуру начала вспучивания до 150-200 °С.

Патент [19] описывает универсальное силиконовое покрытие, которое предназначено для пассивной огнезащиты несущих металлоконструкций, вентиляционных коробов и кабельных линий. Применяться данное покрытие может как в обычных условиях работы, так и в условиях повышенной влажности, в том числе на АЭС и ТЭС. ОЗС получается путем холодного поверхностно-объемного отверждения, в составе которого присутствует силоксановый каучук, дибутилоловодиацетат, низкомолекулярные силаны (трисбутаноноксим-метилсилан и аминопропил-триметоксисилан), пентэритрит технический и полифосфат аммония аппретированные раствором  $\gamma$ -аминопропилтриметоксисиланом в этаноле, в определенных пропорциях. Вспу-

чивание начинается при температуре от 300 °С с переходом вулканизированной композиции в состояние вулканической пены с низкой теплопроводностью и обеспечением антикоррозионной защиты.

Изобретение, описанное в патенте [20], относится к интумесцентным огнезащитным композициям, содержащим вспенивающийся графит, хлоропреновый латекс, карбоксильные группы и вещества, состоящие из полиакрилонитрила, целлюлозы или ее производных, фенолформальдегидных смол, полифурфуролового спирта и полиимид. Данный состав обладает высокой степенью давления при расширении (до 5 бар), что позволяет его использовать для герметизации кабельных каналов, технологических отверстий в стенах и оборудовании в случае пожара. Также данный вспучившийся материал обладает высокой механической прочностью, что положительно влияет на его стойкость к огневому воздействию и воздействию конвективных потоков во время пожара.

Исходя из описаний составов пассивной огнезащиты предложенных патентов можно сделать вывод, что для эффективной работы огнезащитных интумесцентных композиций используются катализатор коксообразования, вспенивающий и коксообразующий агенты, что и обеспечивает ОЗС интумесценцию, строительство углеродного каркаса с низкой теплопроводностью и заданную прочность на всем протяжении огневого воздействия.

Таким образом, анализ исследований в области пассивной огнезащиты КИ позволил прийти к выводу о существовании проблем как в нормативной, так и в экспериментальной её частях, и, следовательно, об актуальности работы в этом направлении. При этом ключевым параметром оценки эффективности ОКП является огнезащитная эффективность состава, с определением которой остается много вопросов и неточностей, что в свою очередь, требует совершенствования нормативной правовой базы в обла-

сти пассивной огнезащиты и применения ОЗС, разработку новых стандартов, детального изучения зарубежного опыта оценки огнезащитной эффективности ОКП и применение новейших методов анализа, в частности, методов термического анализа для определения термоаналитических характеристик ОКП, прямую или косвенно связанных с огнезащитной эффективностью огнезащитных кабельных покрытий.

Анализ литературных источников показал, что авторы исследований с помощью тех или иных технических средств добивались температурно-временной кривой пожара, соответствующей стандарту ISO 834. Используя новые методы исследований, были разработаны новые коэффициенты для определения свойств огнезащитных покрытий, предложены новые модели расчета формирования пенококса и методы расчета тепломассопереноса во вспучившихся покрытиях. Остается открытым вопрос определения огнезащитной эффективности ОКП с использованием стандартов нового поколения, разработанными специально для КИ, покрытых огнезащитным составом. При разработке стандартов нового поколения следует учитывать сложные процессы протекания интумесценции покрытий, тепломассопереноса в покрытии и КИ, усиленного температурного старения изоляции и др., используя наработанный опыт в области пассивной огнезащиты КИ. Немаловажным разрешением вопросов при определении огнезащитной эффективности ОКП будет разработка групп огнезащитной эффективности, исходя из времени огнезащитного действия состава на КИ при одиночной и групповой прокладке, как это предложено в стандартах по определению огнезащитной эффективности для металлических изделий и для древесины. Следует принимать во внимание современные тенденции использования высокоточных методов анализа, например, термических методов анализа и масс-спектрометрии.

## Литература

1. Мещанов Г. И. Полимеры в кабельной промышленности. Состояние рынка, перспективы развития производства, ситуация с импортозамещением // Кабели и провода. – 2018. – № 5 (373). – С. 4–9.
2. Мусов И. В. Поливинилхлоридные пластикаты пониженной горючести для кабельной промышленности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.06 / Мусов Исмет Вячеславович. – Нальчик, 2013. – 23 с.
3. Фомин Д. Л. Кабельные поливинилхлоридные пластикаты повышенной пожаробезопасности / автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06 / Фомин Денис Леонидович. – Казань, 2013. – 20 с.
4. Виндижева А. С. Нанокompозитные кабельные пластикаты на основе поливинилхлорида и алюмосиликатов / автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.06 / Виндижева Амина Суадиновна. – Нальчик, 2013. – 23 с.
5. Сибирко В. И., Гончаренко В. С., Преображенская Е. С. Комплексный анализ обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2007–2016 гг. Предложения по улучшению обстановки с пожарами в Российской Федерации // Комплексный анализ обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2007–2016 гг. Предложения по улучшению обстановки с пожарами в Российской Федерации. – 2017. – 80 с.
6. Смелков Г. И., Рябиков А. И. Анализ статистических данных о пожарной опасности электрических изделий // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2009. – № 1 (25). – С. 4–8.
7. Боков Г. В. Влияние комплектующих элементов на пожарную опасность электрических изделий // Пожарная безопасность. – 2018. – № 2. – С. 47–51.
8. СТО 34.01-27.1-001-2014 Правила пожарной безопасности в электросетевом комплексе ОАО Россети. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 53311-2009. Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс».
10. Большая советская энциклопедия. URL: <http://bse.sci-lib.com/article110136.html>.
11. Химическая энциклопедия. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4386>.
12. Головина Е. В. и др. Оценка термостойкости огнезащитных составов интумесцентного типа для объектов нефтегазового комплекса // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 2. – С. 100–106. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-6-100-106.
13. Wang J., Shu Z.-J., Chen Z. The protective effect of a fire-retardant coating on the insulation failure of PVC cable // Engineering Failure Analysis. – 2013. – Vol. 34. – P. 1–9.
14. Shu Z.-J., Wang J., Zhou L. Method to determine the equivalent thermal diffusion coefficient of the intumescent coating for cables / Z.-J. Shu, J. Wang, L. Zhou // Journal of Coatings Technology & Research. – 2014. – Vol. 11 (5). – P. 817–826.
15. Gonzalez F. et al. Fire-retardant cable coatings – a fresh look into their role in risk-informed performance-based applications // 15<sup>th</sup> International Seminar on Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Bruges, Belgium. – 2017.
16. Generó N. et al. Performance of medium cable systems on the reaction to fire // XVII Ibero-American Regional Council Of Cigré, Ciudad del Este, Paraguay. – 2017.
17. Еремина Т. Ю. Снижение пожарной опасности строительных конструкций и материалов за счет применения эффективных огнезащитных средств: дисс. .... д-ра. техн. наук: 05.26.03 / Еремина Татьяна Юрьевна. – М., 2004. – 328 с.
18. Состав для получения огнезащитных покрытий: пат. 2272057 Российская Федерация. МПК C09D133/00, C09D5/18, C09K21/14. В. А. Назаренко, С. В. Костиков, С. Ф. Симаков, С. В. Андреев. №2004125101/04; заявл. 18.08.2004; опубл. 20.03.2006.
19. Огнезащитная композиция холодного отверждения для покрытий и способ ее получения: пат. 2492201 Российская Федерация. МПК C09D 5/18, C09K 21/00, C09K 21/14, C08L 83/04, C08K 5/49. К.А. Петерсон, А.А. Арефьев. №2012116216/05; заявл. 23.04.2012; опубл. 10.09.2013.
20. Thermally expandable fire-protection composition comprising expandable graphite, chloroprene latex and compounds forming a paracrystalline carbon skeleton: pat. 5232976 USA. МПК C09K 21/02; C09K 21/00; C09K 21/14; C08J 005/10; C08K 003/04; C08L 013/02. Horacek; Heinz (Linz, AT), Wudy; Hermann (Pfaffstatten, AT). № 5232976; app. 04.12.1992; pub. 03.08.1993.

## References

1. Meshchanov, G.I. Polimery v kabel'noj promyshlennosti. Sostoyanie rynka, perspektivy razvitiya proizvodstva, situaciya s importozameshcheniem / G.I. Meshchanov // Kabeli i provoda. – 2018. – № 5 (373). – С. 4–9.
2. Musov, I.V. Polivinilhloridnye plastikaty ponizhennoj goryuchesti dlya kabel'noj promyshlennosti / avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk: 02.00.06 / Musov Ismet Vyacheslavovich. – Nal'chik, 2013. – 23 s.
3. Fomin, D.L. Kabel'nye polivinilhloridnye plastikaty povyshennoj po-zharobezopasnosti / avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk: 05.17.06 / Fomin Denis Leonido-vich. – Kazan', 2013. – 20 s.
4. Vindizheva, A.S. Nanokompозитnye kabel'nye plastikaty na osnove poli-vinilhlorida i alyumosilika-tov / avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk: 02.00.06 / Vin-dizheva Amina Suadinovna. – Nal'chik, 2013. – 23 s.



5. Sibirko, V.I., Goncharenko, V.S., Preobrazhenskaya, E.S. Kompleksnyj analiz obstanovki s pozharemi, proizoshedshimi v Rossijskoj Federacii v 2007-2016 gg. Predlozheniya po uluchsheniyu obstanovki s pozharemi v Rossijskoj Federacii. / V.I. Sibirko, V.S. Goncharenko, E.S. Preobrazhenskaya // Kompleksnyj analiz obstanovki s pozharemi, proizoshedshimi v Rossijskoj Federacii v 2007-2016 gg. Predlozheniya po uluchsheniyu obstanovki s pozharemi v Rossijskoj Federacii. – 2017. – 80 s.
6. Smelkov, G.I., Ryabikov, A.I. Analiz statisticheskikh dannyh o pozharnoj opasnosti elektricheskikh izdelij / G.I. Smelkov, A.I. Ryabikov, // Energobezopasnost' i energosberezhenie. – 2009. – № 1 (25). – S. 4-8.
7. Bokov, G.V. Vliyanie komplektuyushchih elementov na pozharnuyu opasnost' elektricheskikh izdelij. / G.V. Bokov // Pozharnaya bezopasnost'. – 2018. – № 2. – S.47-51.
8. STO 34.01-27.1-001-2014 Pravila pozharnoj bezopasnosti v elektrosetevom komplekse OAO Rosseti. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya.
9. GOST R 53311-2009. Pokrytiya kabel'nye ogneshchitnye. Metody opredele-niya ogneshchitnoj effektivnosti. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tant-Plyus». (data obrashcheniya: 30.03.2019).
10. Bol'shaya sovetskaya enciklopediya [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://bse.sci-lib.com/article110136.html>.
11. Himicheskaya enciklopediya [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4386>.
12. Golovina, E.V. Bezzaponnaya, O.V., Akulov, A.YU., Satyukov, R.S. Ocenka ter-mostojkosti ogneshchitnyh sostavov intumescentnogo tipa dlya ob'ektov neftegazovo-go kompleksa / E.V. Golovina, O.V. Bezzaponnaya, A.YU. Akulov, R.S. Satyukov // Nefte-gazovoe delo. – 2018. – T. 16. □ № 2. – S.100-106. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-6-100-106
13. Wang, J., Shu, Z.-J., Chen, Z. The protective effect of a fire-retardant coating on the insulation failure of PVC cable / J. Wang, Z.-J. Shu, Z. Chen // Engineering Failure Analysis. – 2013. – Vol. 34. – P. 1-9.
14. Shu, Z.-J., Wang, J., Zhou, L. Method to determine the equivalent thermal diffusion coefficient of the intumescent coating for cables / Z.-J. Shu, J. Wang, L. Zhou // Journal of Coatings Technology & Research. – 2014. – Vol. 11 (5). – P. 817-826.
15. Gonzalez, F., Taylor, G., McGrattan, K., Stroup, D., Salley, M. H. Fire-retardant cable coatings – a fresh look into their role in risk-informed performance-based applications / F. Gonzalez, G. Taylor, K. McGrattan, D. Stroup, M. H. Salley // 15th International Seminar on Fire Safety in Nuclear Power Plants and Installations, Bruges, Belgium. □ 2017.
16. Generó, N., Martínez, J. d. D., Rovira, J., Martín, S., Maíz, G., Denche, G. Performance of medium cable systems on the reaction to fire / N. Generó, J. d. D. Martínez, J. Rovira, S. Martín, G. Maíz, G. Denche // XVII Ibero-American Regional Council Of Cigré, Ciudad del Este, Paraguay. □ 2017.
17. Eremina, T.YU. Snizhenie pozharnoj opasnosti stroitel'nyh konstrukcij i materialov za schet primeniya effektivnyh ogneshchitnyh sredstv. diss. .... d-ra. tekhn. nauk: 05.26.03 / Eremina Tat'yana YUr'evna. – Moskva, 2004. – 328 s.
18. Sostav dlya polucheniya ogneshchitnyh pokrytij: pat. 2272057 Rossijskaya Federaciya. MPK C09D133/00, C09D5/18, C09K21/14. V.A. Nazarenko, S.V. Kostikov, S.F. Simakov, S.V. Andreev. № 2004125101/04; zayavl. 18.08.2004; opubl. 20.03.2006.
19. Ogneshchitnaya kompoziciya holodnogo otverzhdeniya dlya pokrytij i sposob ee polucheniya: pat. 2492201 Rossijskaya Federaciya. MPK C09D 5/18, C09K 21/00, C09K 21/14, C08L 83/04, C08K 5/49. K.A. Peterson, A.A. Aref'ev. № 2012116216/05; zayavl. 23.04.2012; opubl. 10.09.2013.
20. Thermally expandable fire-protection composition comprising expandable graphite, chloroprene latex and compounds forming a paracrystalline carbon skeleton: pat. 5232976 USA. MPK C09K 21/02; C09K 21/00; C09K 21/14; C08J 005/10; C08K 003/04; C08L 013/02. Horacek; Heinz (Linz, AT), Wudy; Hermann (Pfaffstatten, AT). № 5232976; app. 04.12.1992; pub. 03.08.1993.