

*М.К. Каменский, канд. техн. наук, заместитель заведующего отделением;
Г.И. Мещанов, д-р техн. наук, генеральный директор;
А.А. Фрик, канд. техн. наук, заведующий лабораторией;
ОАО «ВНИИКП»*

КАБЕЛИ И ПРОВОДА ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ. Современное состояние и тенденции развития



Аннотация. Статья посвящена вопросам развития исследований по оценке показателей пожарной опасности кабелей и проводов. На основе анализа российского и международного опыта производства кабелей и действующей нормативной базы по применению кабелей показана целесообразность внедрения системы классификации пожаробезопасных кабелей, базирующейся на нормах Технического регламента ЕС № 305/2011. При этом критерии классификации кабелей должны быть определены путем испытаний кабелей в камере по IEC 60332-3-10, совмещенной с измерительным оборудованием, используемым для определения показателей пожарной опасности аналогично методу кон-калориметрии.

Сделан акцент на необходимость использования метода кон-калориметрии для определения параметров, характеризующих динамику процесса горения полимерных композиций, на основе которых показана возможность оценки нераспространения горения кабелей на стадии конструирования.

Ключевые слова: пожаробезопасные кабели; критерии классификации; метод кон-калориметрии; тепловыделение; дымо-, газообразование; распространение пламени.

Abstract. The paper deals with the development of research for fire performance evaluation of cable and wire. Analyzing the Russian and international experience in cable and wire production and the regulatory system for cable application currently in force, the authors show the advantages of the introduction of the fire performance cable classification system based on the norms of Regulation EC № 305/2011.

The cable classification criteria should be defined by way of cable testing in a chamber as per IEC 60332-3-10, combined with the test equipment used to measure the fire performance characteristics similar to the cone calorimeter method. It is emphasized that the cone calorimeter method should be used to measure the parameters characterizing the fire behaviour of polymer compounds. It is shown that these parameters can be used to evaluate the flame retardant characteristics of cables at the design stage.

Key words: fire performance cable; classification criteria; cone-calorimeter method; heat release; smoke and gas emission; flame propagation.

Материал поступил в редакцию 25.08.2017
E-mail: vniikp@vniikp.ru; kamenskiy@vniikp.ru

ВВЕДЕНИЕ. РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОИЗВОДСТВА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ КАБЕЛЕЙ В РОССИИ

Массовые случаи загораний кабелей и развития пожаров в кабельных сооружениях электростанций в 80-х годах привели к необходимости проведения исследований по оценке горючести кабелей серийного производства, определению причин пожаров и выработки мер по повышению пожарной безопасности как кабельных изделий, так и кабельных коммуникаций на энергетических объектах. В результате выполненных во ВНИИКП с участием предприятий Минэнерго и ВНИИПО МВД СССР исследований было показано, что применение энергетических кабелей и проводов, удовлетворяющих требованиям по нераспространению горения для одиночного образца, при групповой прокладке кабельных линий не исключает распространения горения по кабельным прокладкам [1]. Поэтому потребители вынуждены были использовать дополнительные меры по

обеспечению пожарной безопасности путем нанесения на кабели огнезащитных покрытий [2].

Исследованиями, выполненными во ВНИИКП, было показано, что для обеспечения требований по нераспространению горения кабелями при групповой прокладке необходимо применение в их конструкциях полимерных композиций пониженной горючести, характеризующихся высокими значениями кислородного индекса и низкой теплотой сгорания [3].

Такие поливинилхлоридные (ПВХ) пластики типа НГП были разработаны в содружестве с предприятиями химической промышленности и НИИ Полимеров им. В.А. Каргина. Кабели исполнения «нг», созданные с применением пластику пониженной горючести, не распространяют горение при групповой прокладке кабельных линий. Их применение на электростанциях позволило решить одну из важнейших задач в области пожарной безопасности – локализацию горения, что привело к резкому снижению пожаров в кабельном хозяйстве.

Концепция пожарной безопасности в течение 90-х годов была сосредоточена исключительно на предотвращении пожара в кабельных сооружениях. Поэтому в производстве кабелей в этот период развитие получил ассортимент кабелей, не распространяющих горение, на основе ПВХ пластикатов пониженной горючести.

Дальнейшее развитие исследований в области пожарной безопасности кабелей и проводов, обусловленное потребностью объектов использования атомной энергии, выявило необходимость минимизации уровня воздействия опасных факторов пожара, проявляющихся при горении кабелей. В качестве опасных факторов, кроме распространения пламени, рассматриваются также дымовыделение, которое ведет к задымлению путей аварийной эвакуации людей при пожаре, выделение коррозионно-активных газообразных продуктов, вызывающих разрушение микропроцессорной техники, компьютеров и другого оборудования. Кроме того, при горении кабелей могут образовываться газообразные токсичные продукты, которые при определенных концентрациях вызывают поражение дыхательных путей или приводят к летальному исходу.

Этот комплекс проблем в области пожарной безопасности был успешно решен ОАО «ВНИИКП» в результате выполнения целевых НИОКР совместно с предприятиями ОАО «Иркутсккабель» и НП «Подольсккабель», которые были пионерами в освоении пожаробезопасных кабелей нового поколения. Была разработана серия кабелей, не распространяющих горение, на основе специальных рецептур ПВХ пластикатов пониженной пожарной опасности (исполнение кабелей «нг(A)-LS»). Этот тип кабелей нашел массовое применение во всех секторах экономики, а их производство освоено на всех предприятиях кабельной промышленности в России.

Одновременно была осуществлена разработка кабелей, не выделяющих при горении коррозионно-активные газообразные продукты, с изоляцией и оболочкой из полиолефиновых композиций, не содержащих галогенов, (исполнение кабелей «нг(A)-HF»). Кабели были созданы целевым назначением для объектов использования атомной энергии. В настоящее время они нашли широкое применение в метрополитенах, в судостроении, на транспорте и на других объектах. Особенности конструктивного исполнения пожаробезопасных кабелей нового поколения, их технические характеристики и свойства полимерных композиций, используемых для их производства, достаточно полно представлены в [4, 5].

Для систем безопасности атомных станций, для функционирования оборудования систем пожарной безопасности и цепей питания оборудования, функционирующего при пожаре, ОАО «ВНИИКП» созданы кабели огнестойкого исполнения (исполнение кабелей «нг(A)-FRLS» и «нг(A)-FRHF»). Сохранение работоспособности кабелей огнестойкого исполнения при воздействии пламени обеспечено за счет применения термического барьера из слюдосодержащих лент в конструкции кабелей

или путем использования специальных керамикообразующих силиконовых резин для изоляции.

В результате выполненных в ОАО «ВНИИКП» исследований в кабельной промышленности России создана новая группа продукции, именуемая «пожаробезопасные кабели», которая получила широкое применение во всех отраслях экономики страны. Комплексная работа по созданию серии кабелей огнестойких, не распространяющих горение, с повышенными показателями пожарной безопасности, по разработке технологии их изготовления и освоению промышленного производства была удостоена премии Правительства РФ в области науки и техники.

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

Современная концепция пожарной безопасности включает два аспекта защиты от опасных факторов пожара. Принципиальная схема такой концепции представлена на рис. 1. Она содержит основные меры по предотвращению пожара и меры по минимизации влияния на людей, окружающую среду и технику.



Рис. 1. Основные аспекты пожарной безопасности кабелей и проводов

В мировой практике в разных странах придерживаются одного или другого аспекта или руководствуются обоими аспектами одновременно. При этом в [6] сделан вывод, что в Европейских странах приоритетом является ограничение вероятного вреда здоровью людей и материального ущерба, в то время как в США основной упор делается

на снижение вероятности пожара. Обращается внимание на тот факт, что европейские стандарты по безопасности ориентируют производителей и потребителей на прекращение применения кабелей на основе галогеносодержащих материалов из-за угрозы здоровью людей, обусловленной кислотными газообразными продуктами, образующихся при горении кабелей. Анализ стандартов США свидетельствует об ориентации производителей на выпуск кабелей на основе современных галогеносодержащих материалов с улучшенными показателями по дымообразованию и пониженным выделением галогеносодержащих газов. Это обусловлено тем, что задача минимизации риска возникновения пожара более эффективно решается применением кабелей на основе галогеносодержащих материалов [7].

В России найден консенсус между упомянутыми аспектами пожарной безопасности. Поэтому в производстве внимание акцентируется как на кабелях на основе ПВХ пластикатов с низким дымо- и газовыделением, так и на кабелях на основе полиолефиновых композиций, не содержащих галогенов. При этом в нормативной документации (ГОСТ, ТУ) на выпуск кабелей регламентированы преимущественные области применения кабелей обеих групп с учетом функциональной пожарной опасности зданий и сооружений. Так, например, в помещениях с массовым пребыванием людей, в частности, в метро, на железнодорожном транспорте, а также в гермозоне АЭС, в больницах и на производствах, оснащенных микропроцессорной техникой, рекомендовано, как правило, применение безгалогенных кабелей (исполнения «нг(A)-HF», «нг(A)-FRHF»). Для других внутренних электроустановок, как правило, рекомендовано применение кабелей на основе ПВХ пластикатов пониженной пожарной опасности. При этом, безусловно, на выбор типа кабелей оказывают влияние ценовые показатели кабелей.

КЛАССИФИКАЦИЯ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

В странах Европейского Союза для определения кабелей пожаробезопасного исполнения принято обобщенное понятие «низкая степень пожароопасности». Это определение относится к кабелям, сочетающим в себе свойства нераспространения пламени, низкий уровень

дыма, коррозионно-активных и «вредных» газов. При этом подход к определению упомянутых показателей базировался на использовании методов испытаний, предложенных в стандартах ТК 20 МЭК и гармонизированных документах комитета «CENELEC» [8].

В России группа пожаробезопасных кабелей и проводов определена как кабельные изделия, удовлетворяющие совокупности показателей пожарной опасности, нормированных в ГОСТ Р 53315–2009, преобразованном в межгосударственный стандарт ГОСТ 31565–2012. При этом методы испытаний по определению показателей пожарной опасности также базируются на стандартах ГОСТ IEC 60332-1(2), ГОСТ IEC 60332-3, ГОСТ IEC 61034-2, ГОСТ IEC 60754-1(2), ГОСТ IEC 60331-21(23).

Для классификации кабелей по показателям пожарной опасности введено понятие «класс пожарной опасности», учитывающий сочетание единичных показателей, установленных в ГОСТ 31565, и представленных в виде последовательно расположенных цифр, обозначающих уровень показателей нераспространения горения, предела огнестойкости, коррозионной активности, токсичности и дымообразования. Для каждого типа конструктивного исполнения кабелей установлен соответствующий класс пожарной опасности, что позволяет потребителям осуществлять выбор конкретных типов кабелей и проводов для соответствующих условий применения.

В последние годы в Европе наблюдается тенденция более комплексного подхода к применению стандартов для количественного определения показателей пожарной опасности. Так, в частности, в результате реализации международного проекта FIPEC [9] был выработан новый подход к оценке пожарной опасности кабелей, учитывающий показатели, характеризующие динамику горения кабелей. Эти показатели определены при испытаниях кабелей на нераспространение горения с использованием оборудования, установленного стандартом IEC 60332-3-10, совмещенного с измерительным оборудованием, аналогичным применяемому при испытании материалов методом кон-калориметрии. Метод испытаний нормирован в стандарте EN 50399:2011 [10]. Принципиальная схема установки приведена на рис. 2.

На основе результатов испытаний кабелей по методу стандарта EN 50399:2011 в соответствии с требованиями Технического Регламента ЕС № 305/2011 (CPR) [11] осуществляется классификация кабелей по реакции на воздействие

Рис. 2. Принципиальная схема установки по стандарту EN 50399:

- 1 – камера;
- 2 – зонд;
- 3 – вытяжная труба;
- 4 – двухсторонний датчик;
- 5 – отбор проб;
- 6 – оборудование для измерения плотности дыма;
- 7 – направляющие лопатки;
- 8 – вытяжной вентилятор;
- 9 – выходное отверстие для дыма;
- 10 – испытательная лестница;
- 11 – испытательная камера;
- 12 – испытываемые кабели;
- 13 – дверь;
- 14 – горелка;
- 15 – воздуховод подачи воздуха;
- 16 – подача воздуха;
- 17 – измеритель давления;
- 18 – линия отбора проб газа;
- 19 – газоанализаторы O_2 и CO_2

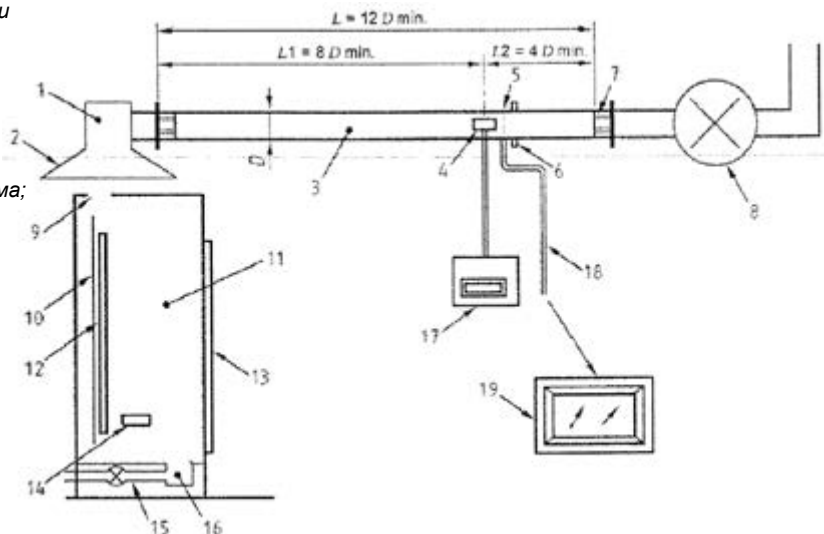


Таблица 1

Критерии классификации кабелей по реакции кабелей на воздействие огня

| Класс | Метод испытаний | Критерии классификации | Дополнительные критерии классификации |
|------------------|---------------------|--|--|
| A _{ca} | EN ISO 1716 | Удельная теплота сгорания PCS ≤ 2,0 МДж/кг | — |
| B _{1ca} | EN 50339 (30 кВт) | FS ≤ 1,75 м – распространение пламени | Образование дыма и наличие горящих капель или частиц и коррозионная активность газов |
| | | THR _{1200c} ≤ 10 МДж – общее тепловыделение в процессе опыта | |
| | | Peak HRR ≤ 20 кВт – максимальное тепловыделение | |
| | | FIGRA ≤ 120 Вт/с – отношение максимума тепловыделения к времени его достижения | |
| | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 мм – распространение пламени | |
| B _{2ca} | EN 50399 (20,5 кВт) | FS ≤ 1,5 м | Образование дыма и наличие горящих капель или частиц и коррозионная активность газов |
| | | THR ₁₂₀₀ ≤ 15 МДж | |
| | | Peak HRR ≤ 30 кВт | |
| | | FIGRA ≤ 150 Вт/с | |
| | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 мм | |
| C _{ca} | EN 50399 (20,5 кВт) | FS ≤ 2,0 м | Образование дыма и наличие горящих капель или частиц и коррозионная активность газов |
| | | THR ₁₂₀₀ ≤ 30 МДж | |
| | | Peak HRR ≤ 60 кВт | |
| | | FIGRA ≤ 300 Вт/с | |
| | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 мм | |
| D _{ca} | EN 50399 (20,5 кВт) | THR _{1200c} ≤ 70 МДж | Образование дыма и наличие горящих капель или частиц и коррозионная активность газов |
| | | Peak HRR ≤ 400 кВт | |
| | | FIGRA ≤ 1300 Вт/с | |
| | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 мм | |
| E _{ca} | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 мм | — |
| F _{ca} | Не предьявляется | | |

огня. Система классификации введена официально в странах ЕС и является обязательной для производителей и поставщиков кабельной продукции. Перечень классов по реакции на воздействие огня и классификационные критерии установлены в стандарте EN 13501-6:2014 [12] и приведены в табл. 1. При этом в качестве дополнительных критериев принимают во внимание измеренные параметры дымообразования, образование горящих капель или частиц, показатели коррозионной активности газообразных продуктов горения.

В соответствии с принятыми критериями кабели подразделяются на семь классов, характеризующихся разным уровнем воздействующих факторов при испытании и измеренными значениями критериев. Основные классификационные критерии основаны на результатах измерения динамических характеристик горения.

Отличие от значений параметров тепловыделения, измеренных при испытании материалов, заключается в том, что при испытании готового кабеля представляется возможным оценить влияние всех материалов и компонентов, входящих в конструкцию кабеля.

Принятая в странах ЕС система классификации кабелей может оказать ограничительное действие на экспорт кабелей из России. В этой связи целесообразно дополнить комплекс испытательного оборудования испытательного центра пожарной безопасности кабелей ОАО «ВНИИКП» для осуществления испытаний кабелей по европейским нормам.

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ
ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Номенклатура показателей пожарной опасности полимерных композиций и методы их определения в России и странах ЕС в основном аналогичны. Нормированные

показатели – горючесть, кислородный индекс, коэффициент дымообразования и показатели коррозионной активности.

При конструировании кабелей, не распространяющих горение, выбор материалов предварительно осуществляют по категории стойкости к горению по ГОСТ 28517 и по значению кислородного индекса (КИ). Для оценки пожарной опасности кабеля большое значение имеет теплота сгорания полимерных материалов, значение которой в нормативной документации, как правило, отсутствует. При этом для расчета «пожарной нагрузки» в кабельных сооружениях руководствуются значениями нижней теплоты сгорания, определяемой калориметрическим методом, при котором сгорание полимерной композиции происходит в среде чистого кислорода. Поэтому эти значения удельной теплоты сгорания можно использовать для ориентировочных оценок.

В последние годы в мировой практике для оценки пожаробезопасных свойств полимерных композиций используют современные методы, позволяющие оценить характеристики материалов, непосредственно определяющие стойкость кабелей к воздействию пламени. К таким характеристикам относится потеря массы при горении, скорость тепловыделения, массовая скорость выгорания материала.

Наиболее совершенным методом определения указанных характеристик является метод, описанный в международном стандарте ISO 5660-1. Испытания проводят на установке, называемой кон-калориметр, которая в настоящее время является наиболее совершенным прибором для исследований динамики горения полимерных материалов.

Ниже представлены результаты выполненных в ОАО «ВНИИКП» сравнительных испытаний полимерных композиций, не содержащих галогенов, и ПВХ пластикутов пониженной пожарной опасности, которые используются для производства пожаробезопасных кабелей.

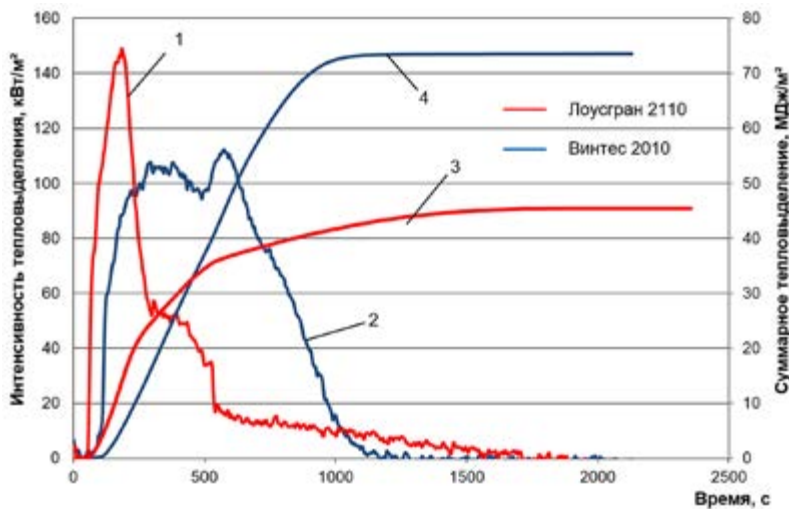


Рис. 3. Графики изменения интенсивности тепловыделения (кривые 1 и 2) и суммарного тепловыделения (кривые 3 и 4) при горении композиций для оболочек марок Лоусгран 2110 и Винтес 2010

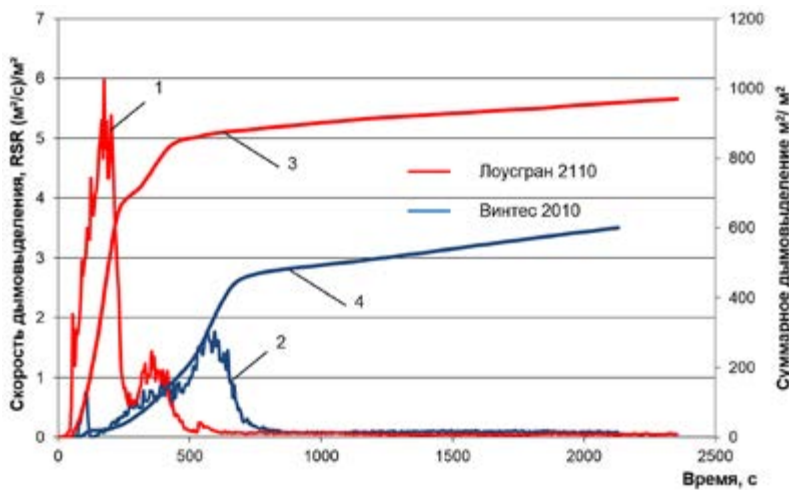


Рис. 4. Графики изменения скорости дымовыделения (кривые 1 и 2) и суммарного дымовыделения (кривые 3 и 4) при горении композиций для оболочек марок Лоусгран 2110 и Винтес 2010

На рис. 3 приведены графики изменения интенсивности тепловыделения и суммарного тепловыделения при горении ПВХ пластика марки Лоусгран 2110 и безгалогенной композиции Винтес 2010.

На рис. 4 приведены графики изменения скорости дымовыделения и суммарного дымовыделения при горении и тлении ПВХ пластика Лоусгран 2110 и безгалогенной композиции Винтес 2010.

Сравнительные результаты испытаний полимерных материалов базовых марок, используемых в производстве пожаробезопасных кабелей, приведены в табл. 2.

Полученные экспериментальные значения в значительной мере характеризуют динамику горения материалов и могут использоваться для оценки распространения горения кабелями при групповой прокладке и дают более полную оценку дымовыделения и тепловыделения в реальных условиях горения.

Так, во ВНИИКП для оценки распространения пламени по вертикально расположенному пучку силовых низковольтных кабелей на основе показателей пожарной опасности полимерных материалов, полученных методом кон-калориметрии, предложен индекс распространения пламени ($I_{пр}$) на основе полученного выражения для теплового потока (Q), создаваемого пламенем при горении n кабелей:

$$Q \propto [0,4 \sum_{i=1}^3 (HRR_i \cdot FIGRA_{300i} \cdot m_i \pi D_i) n]^{1/3}, \quad (1)$$

где HRR_i – средняя скорость тепловыделения i -го полимерного материала в конструкции кабеля [может быть выражена через эффективную теплоту сгорания (Δh_c) и скорость потери массы на единицу поверхности (\dot{m}'');

m_i – масса i -го полимерного материала в конструкции кабеля, кг (таких материалов в классической конструкции силового кабеля три – изоляция, внутренняя и наружная оболочки);

D_i – диаметр поверхности пиролиза i -го полимерного материала, м; для материала изоляции жил секторной формы – диаметр скрутки изолированных жил.

Скорость самостоятельного распространения пламени ($\gamma_{пр}$, м²/Дж^{2/3}кг^{1/3}с) по вертикально расположенному пучку кабелей:

Таблица 2

Сводные результаты испытаний по определению показателей пожарной опасности методом кон-калориметрии

| Показатели | Единицы измерения | Значения показателей | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | | Марки композиций | | | | | |
| | | LS-композиции, Лоусгран | | | HF-композиции, Винтес | | |
| | | 1110 | 2110 | 3110 | 1110 | 2010 | 3020 |
| Пик интенсивности тепловыделения с единицы поверхности | кВт/м ² | 155 | 157 | 159 | 136 | 110 | 62 |
| Удельная теплота сгорания | МДж/кг | 9,4 | 7,7 | 5,4 | 14,9 | 13,2 | 5,1 |
| Суммарная теплота сгорания с единицы поверхности | МДж/м ² | 54,3 | 43,9 | 34,9 | 73,7 | 71,9 | 32,9 |
| Потеря массы | % | 61,2 | 55,7 | 44,7 | 56,7 | 54,1 | 32,1 |
| Средняя удельная скорость потери массы | г/(с·м ²) | 4,0 | 3,4 | 3,0 | 4,0 | 4,2 | 2,7 |
| Суммарное дымовыделение с единицы поверхности | м ² /м ² | 1008 | 910 | 392 | 481 | 452 | 64 |

$$v_{\text{pp}}^{1/2} = \frac{\left[0,4 \sum_{i=1}^3 (\Delta h_{ci} \dot{m}_i^n \cdot \text{FIGRA}_{300i} \cdot r \cdot m_i \pi D_i) n \right]^{1/3}}{\Delta T (k_m \rho_m c_m n + k_n \rho_n c_n m_n)^{1/2}}, \quad (2)$$

где индекс М обозначает металл токопроводящей жилы;
 П – полимерные материалы конструкции кабеля;
 k_n, ρ_n, c_n – удельная теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость материала соответственно;
 m_n – сумма масс полимерных материалов, кг;
 \dot{m}_i – средняя скорость потери массы, кг/(с·м²);
 r – коэффициент, учитывающий снижение пикового тепловыделения изоляции и присутствующий только в слагаемом, характеризующим вклад изоляции.

Слагаемые, входящие в Σ в (2), определяют вклад каждого полимерного материала конструкции в итоговую интенсивность горения кабеля в целом.

Индекс распространения пламени (I_{pp} , м²/Дж^{2/3}кг^{1/3}) рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{pp}} = v_{\text{pp}} \cdot \tau \cdot 10^7, \quad (3)$$

где τ – время воздействия пламени, с. При испытании по ГОСТ ИЕС 60332-3-22 – $\tau = 40$ мин;
 10^7 – коэффициент, используемый для удобства анализа коэффициента I_{pp} .

На основе рассчитанного значения индекса используется следующая классификация для оценки способности кабеля выдерживать испытание на нераспространение горения при групповой прокладке:

$I_{\text{pp}} < 1$ – кабель горение не распространяет, длина поврежденной части находится в зоне воздействия пламени горелки;

$1 \leq I_{\text{pp}} < 2,5$ – кабель выдерживает испытание на нераспространение горения, длина поврежденной части находится выше зоны воздействия пламени горелки, но не более 2,5 м;

$I_{\text{pp}} \geq 2,5$ – длина поврежденной пламенем части более 2,5 м, что означает, что кабель не выдерживает испытание на нераспространение горения.

В результате выполненных исследований показано, что на основе показателей пожарной опасности полимерных материалов, полученных методом кон-калориметрии, можно не только подбирать наиболее подходящие материалы для конструирования пожаробезопасных кабелей, но и определять оптимальные толщины полимерных элементов конструкции, изменяя массы соответствующих элементов и рассчитывая на их основе индекс распространения пламени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидным является тот факт, что критерии классификации кабелей по показателям пожарной опасности эволюционируют на протяжении последних десятилетий, чему безусловно способствует развитие и совершенствование испытательной базы. Эффективность и адекватность применения определяемых современными методами характеристик пожарной безопасности материалов и кабельных изделий для определения классов пожарной опасности кабелей доказана и подтверждается не только успешным европейским опытом нормирования и стандартизации, но и отечественными исследованиями и разработками. Безусловно целесообразным и оправданным с технической точки зрения представляется трансформирование европейского опыта и введение классификации кабелей на основе характеристик, получаемых при испытании кабелей по EN 50399, в отечественную НД. Не менее важным, на наш взгляд, является не затронутый в настоящей статье (в силу ограниченности объема) вопрос оценки токсичности продуктов горения кабельных изделий, определяемой на основе проведения испытаний материалов по ГОСТ 12.1.044–89. Существующий с 1989 г. метод испытаний строительных материалов обладает рядом известных недостатков и не используется в мировой практике оценки токсичности кабельного изделия в целом, что также ставит вопрос о необходимости совершенствования подхода к оценке токсичности на основе применения современных методов испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменский М.К., Пешков И.Б. Состояние и перспективы производства электрических кабелей с повышенными показателями пожарной безопасности // Кабели и провода. – 2003. – № 6. – С. 3–8.
2. Сорокин Б.В. Активы пассивной огнезащиты // Кабели и провода. – 2007. – № 4. – С. 33–36.
3. Елагина А.Н., Каменский М.К., Мещанов Г.И. Оценка пожарной безопасности кабельных изделий для АЭС по характеристикам используемых материалов // Электротехника. – 1986. – № 2. – С. 35–38.
4. Каменский М.К., Образцов Ю.В., Фрик А.А. Новое поколение электрических кабелей с улучшенными показателями пожарной безопасности. НТЖ // Кабели и провода. – 2002. – № 6 (277). – С. 19–20.
5. Каменский М.К., Фрик А.А. Силовые кабели, не распространяющие горение при групповой прокладке в кабельных сооружениях. // Энергетик. – 2011. – № 7. – С. 15–17.
6. Йорг Бер. Риск пожара и принцип безопасности кабелей в помещении // EuroWire, ноябрь 2015
7. Дэйвид Б. Киддоу. Материалы нового поколения для пожаробезопасных кабельных сетей // EuroWire, май 2005.
8. Терекс Журно. Реакция кабельных изделий на воздействие огня // EuroWire, июнь 2011.
9. The FIPEC Report. Fire Performance of Electric Cables. New test methods and measurement techniques. Final Report of the European Commission. SMT Programme Sponsored Research Project (SMT4-CT96-2059). Interscience Communications Ltd. UK. 2000. 410 p.
10. European Standard EN 50399:2011 Common test methods for cables under fire conditions – heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test – test apparatus, procedures, results (+A1:2016).
11. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products (Construction Products Regulation).
12. European Standard EN 13501-6:2014 Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from reaction to fire tests on electric cables.