ГОРЕНИЕ И ВЫГОРАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Ю.Ларин, д.т.н., главный научный сотрудник ОАО "ВНИИКП",
Д.Холодный, к.ф-м.н., доцент НИУ "МЭИ" / kholodny.dim@yandex.ru

УДК 621.315.21, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.67.6.40.48

Представлено теоретическое решение задачи для определения скорости и времени выгорания кабельных изделий диаметром менее 2 см.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Несколько слов об общих положениях, используемых при решении поставленной задачи. Настоящая работа – одна из первых попыток связать теорию горения и взрыва с физическими процессами, характеризующими горение оптических кабелей (ОК). ОК имеют ряд конструктивных особенностей, которые влияют на процесс их горения при различных условиях прокладки. Если горение электрических кабелей исследовано достаточно подробно [1–15], то поведение ОК в условиях пожара мало изучено не только с точки зрения эксперимента [16], но и в аспекте теории развития процесса горения [17, 18].

Отсутствие в конструкции ОК токопроводящих жил существенно влияет на картину развития пожара (в данном случае рассматриваются ОК, не содержащие металлических элементов). Реакция горения, как правило, экзотермична и является необратимой в реальных условиях [19]. В физике горения различают две причины возникновения процесса: самовоспламенение и вынужденное горение (зажигание).

Большая часть конструкций ОК не содержит токопроводящих жил, которые могут стать причиной возникновения пожара (самовоспламенение). С другой стороны, в случае внешнего воздействия возникновение процесса горения

можно характеризовать как принудительное зажигание. Для лучшего понимания того, что происходит при горении ОК, кратко суммируем основные положения, характеризующие этот процесс.

СЛАГАЕМЫЕ ГОРЕНИЯ ОК

В качестве материалов, используемых для изготовления ОК, применяются синтетические твердые вещества. Несмотря на большой опыт работы по огнезащите природных и, особенно, искусственных материалов, их основная масса является потенциально опасной с точки зрения причин возникновения пожаров [19].

При контакте твердых горючих веществ с источником тепла, нагретого до высокой температуры, происходит теплообмен. В реальных условиях горения существует три вида теплообмена: конвекция, радиация и кондукция, однако, как правило, один из них является доминирующим. При воспламенении от открытого пламени преобладает конвективный теплообмен. Самовозгорание от тлеющих частиц (искры, горящие капли жидкости) происходит в основном за счет теплообмена через теплопроводность.

Материал нагревается от источника тепла как инертное тело до температуры начала разложения, сопровождающегося выделением в окружающую среду летучих продуктов в парогазообразной

фазе. Параллельно с этим происходят перемешивание летучих продуктов разложения с воздухом и образование парогазовоздушной смеси. Если мощность источника тепла велика, то при достижении горючими продуктами разложения концентрации, равной нижнему концентрационному пределу воспламенения, происходит зажигание парогазовоздушной смеси, а при постоянном образовании этой смеси наблюдается устойчивое пламенное горение [9, 20].

Общая продолжительность процесса воспламенения складывается из нагрева материала, газификации и стадии нагрева углеродистого остатка при появлении гетерогенного воспламенения. Время воспламенения зависит от интенсивности источника нагрева, вида материала, температуры поверхности и окружающей среды [19]:

$$\tau_{\text{в}} = A/q^n (c), \quad (1)$$

где q – интенсивность теплового потока, кВт/м^2 ; A , n – эмпирические константы.

После воспламенения твердого материала в то место, где был источник тепла, послуживший причиной воспламенения, перемещается фронт пламени.

Линейная скорость распространения пламени, равная расстоянию, преодолённому фронтом пламени в единицу времени, является важной количественной характеристикой процесса распространения пламени по поверхности твердых материалов. Передача части тепла, выделяющегося в зоне пламени, к поверхности горящего материала является причиной распространения пламени по поверхности твердых веществ. Передача тепла от факела пламени к поверхности осуществляется за счет лучеиспускания, конвекции и теплопроводности (кондукции), причем соотношение количества тепла, поступающего за счет этих видов теплопередачи, существенно зависит как от вида материала, так и от геометрических факторов. Это и является причиной зависимости скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов от условий горения.

Прогрев близлежащих участков поверхности перед фронтом пламени за счет излучения, конвекции и кондукции приводит к разложению и газификации твердого материала (рис.1) [19, 25].

Выделяющиеся продукты пиролиза смешиваются с воздухом, образуя однородную

Рис.1. Схема распространения пламени по поверхности твердого материала

газовоздушную смесь. Скорость перемещения пламени по поверхности материала должна быть равна скорости образования горючей смеси над поверхностью материала. Скорость распространения пламени по поверхности твердого тела зависит от его ориентации в пространстве, геометрических характеристик горящего материала, а также скорости и направления воздушного потока (ветра). При увеличении скорости ветра в направлении распространения пламени скорость движения фронта пламени сначала растет линейно, а затем подчиняется степенной или даже экспоненциальной зависимости. Механизм влияния ветра аналогичен механизму влияния угла наклона материала [19]. Ориентация в пространстве (угол наклона) существенно влияет на скорость распространения пламени. Положительный угол наклона и его увеличение приводят к резкому возрастанию скорости и наоборот.

Геометрический фактор (в простейшем случае – толщина образца материала) оказывает основное влияние на скорость распространения пламени. Образцы материалов делят на термически тонкие и термически толстые. Такое деление основано на сравнении геометрической (физической) толщины образца с термической толщиной. Если физическая толщина образца превышает термическую толщину, то его называют термически толстым, если наоборот – термически тонким [19]. При горении твердого материала для продолжения процесса горения

Рис.2. Схема модели горения кабельной изоляции, приведенная к модели пламени предварительно не перемешанной смеси

перед фронтом пламени температура прогре того слоя определенной толщины должна быть выше начальной температуры к моменту поступления пламени на данный участок поверхности. Температура образца со стороны, противоположной той, по которой распространяется пламя, перед фронтом пламени для термически толстого образца равна начальной температуре, а для термически тонкого — выше.

При увеличении толщины термически тонких образцов материала снижение скорости распространения пламени происходит главным образом вследствие увеличения тепловых потоков от поверхности горения вглубь материала, связанных с прогревом его внутренних объемов. Для термически толстых образцов материала скорость распространения пламени не будет зависеть от их толщины, если физическая толщина превышает термическую. Большинство материалов растительного происхождения в виде термически толстых образцов в горизонтальном или вертикальном (сверху вниз) положении на воздухе при нормальной температуре не способны к самостоятельному распространению пламени. Так, даже по вертикальному образцу

потребительской бумаги толщиной 0,7 мм горение сверху вниз не распространяется.

Скорость воздушного потока влияет, помимо других факторов, на скорость доставки в зону пламени газообразных горючих компонентов термического разложения твердой фазы и скорость их превращения в конечные продукты.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

У полиэтилена адиабатическая температура горения выше, чем у природных материалов, главным образом, за счет большего содержания водорода в составе и практическом отсутствии влаги (к тому же он плавится, а жидкая фаза за счет конвекции быстрее прогревается). Согласно формуле Менделеева, высшую (Q_v , кДж/кг) и низшую (Q_n , кДж/кг) теплоту горения твердых и жидких горючих смесей определяют следующим образом: $Q_v = 339,4[C] + 1257[H] - 108,9([O] - [S])$; $Q_n = 339,4[C] + 1257[H] - 108,9([O] - [S]) - 25,19[H] + [W]$, где $[C]$, $[H]$, $[S]$, $[W]$ — содержание в горючем веществе углерода, водорода, серы и влаги, % масс. Для полиэтилена $Q_v \approx 47\,000$ кДж/кг. Действительная или практическая температура горения всегда будет ниже из-за наличия потерь на физический и химический недожог, потерь на излучение факела пламени, кондуктивно-конвективных потерь тепла в окружающую среду.

Расчет температуры горения производят на основе уравнения теплового баланса, и в простейшем случае он возможен только методом последовательного приближения. Для расчета температуры горения необходимо знание объема и состава продуктов горения, низшей теплоты горения и других термодинамических параметров [21].

В [18] предложена модель процесса горения не перемешанной предварительно горючей смеси, соответствующей реальному механизму горения (рис.2).

Если переформулировать поставленную задачу при допущении, что высокотемпературная зона близка к цилиндрической форме, то она будет заключаться в следующем: найти распределение температуры в стержне или цилиндре, в котором движется газозвушная среда, состоящая как из продуктов разложения изоляции, так и продуктов горения, с постоянной скоростью v , если на его боковой поверхности происходит теплообмен со средой, находящейся при температуре T_0 , а внутри действует тепловой источник с линейной плотностью $\psi(T(y,t)) = \psi(T) = k(T)$

$(T_b - T) = \Phi(y, t)$, в стационарном случае $\Phi(y)$ (рис.3). Здесь $k(T)$ – константа скорости химической реакции горения, а T_b – максимальная температура горения [19].

Для учета конвективных тепловых потоков от перемешиваемых испаряющихся продуктов разложения полимера и воздуха до момента возгорания и продуктов сгорания и воздуха, выходящих из высокотемпературной зоны после сгорания, а также излучения газовой смеси и продуктов сгорания и частиц сажи, когда в пламени они присутствуют, вводится коэффициент "с":

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - v \frac{\partial T}{\partial y} + c(T - T_0) + \Psi(T(y, t)) \quad (2)$$

или

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - v \frac{\partial T}{\partial y} + c(T - T_0) + \Phi(y, t) \quad (3)$$

$$0 \ll y \ll L, 0 < t < \infty, \quad (4)$$

где a – коэффициент температуропроводности, L – высота столба пламени, равная высоте виртуального стержня (цилиндра), в объеме которого происходит процесс горения. При $\Phi \neq 0$ это уравнение описывает одномерный тепловой процесс в стержне с объемным тепловыделением, в движущейся с постоянной скоростью v сплошной среде с теплоотводом с боковой поверхности этого стержня. Аналогичное уравнение используется для анализа конвективного массопереноса с объемной химической реакцией первого порядка [24].

Для приближения постоянного объемного теплового источника, когда тепловыделение не зависит от координаты и температуры:

$$\psi(T(y, t)) = \Phi(y, t) = \Phi_0 = \frac{P_{\text{средн}} / L}{\sigma \rho C_p} + \frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} T_0, \quad (5)$$

где $P_{\text{средн}}$ – выделяемая тепловая энергия в [Вт] во время горения в объеме виртуального цилиндра радиусом R_0 и высотой L ; α – коэффициент теплопередачи с виртуальной поверхности цилиндра, представляющей поверхность видимой части пламени; P – периметр поперечного сечения столба пламени; $\sigma = \pi \cdot R_0^2$ – площадь поперечного сечения столба пламени; C_p – усредненная теплоемкость газовой смеси и продуктов горения. Диаметр кабеля в общем случае может не совпадать с диаметром столба пламени. При этом:

$$P_{\text{средн}} = (\Phi_0 \sigma C_p - \alpha P T_0) L = \Phi_0 V \rho C_p - \alpha P T_0 L, \quad (6)$$

где V – объем виртуального цилиндра (рис.3).

Рис.3. Схематическая иллюстрация пламени, горящего над горизонтально расположенным кабелем: при T_{max} происходит максимальное тепловыделение

Линейная плотность источника мощности $P_{\text{средн}}/L$ может быть определена из решения уравнения (3) при условии, что температура вдоль столба пламени не превысит температуру сгоревших газов T_b . Такая оценка плотности теплового потока, испускаемого горящими продуктами разложения полимера и уже сгоревшими газами, позволяет грубо оценить скорость выгорания кабельного изделия при известном внешнем диаметре и общем объеме полимерной изоляции на единицу длины кабельного изделия. При расчете в первом приближении принимается, что мощность теплового источника $\Phi_0 = \text{const}$, а конвективный теплообмен происходит со средой, находящейся при температуре $T_0 = 600$ К, то есть горение происходит в некотором ограниченном пространстве [21].

В общем случае для нелинейного теплового источника $\Phi_0(y, t)$ уравнение (3) имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - v \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} (T - T_0) + \frac{F(y)}{\sigma \rho C_p}, \quad (7)$$

где $F(y, t)$, [Вт/м] – линейная плотность источника мощности внутри объема газовой смеси $(F(y, t) \Delta y)$, [Вт] – количество тепла, выделяемого в единицу времени в элементе Δy ; $T(y, 0) = f(y)$ – начальная температура в области $0 < y < L$, над поверхностью кабеля; $T(0, t) = T_{\text{sub}}$, $t > 0$ – температура газовой смеси на горячей поверхности кабеля; $T(L, t) = T_{\text{up}}$,

$t > 0$ – температура сгоревших и уже частично остывших газов на расстоянии L от горячей поверхности кабеля.

Выражение $c(T - T_0) + \Phi(y, t)$ из формулы (2) при установившемся горении может быть представлено в виде:

$$c(T - T_0) + \Phi(y, t) = -\frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} T + \left\{ \frac{F(y)}{\sigma \rho C_p} + \frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} T_0 \right\}. \quad (8)$$

Таким образом, уравнение (3) может быть решено при следующих параметрах:

$$c = -\frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} \quad (9)$$

$$\Phi(y, t) = \frac{F(y)}{\sigma \rho C_p} + \frac{\alpha P}{\sigma \rho C_p} T_0. \quad (10)$$

В условиях конвективного рассеяния тепла $c < 0$, то есть величина "с" является отрицательной.

Коэффициент теплопередачи α характеризует:

а) конвективный перенос $q_k = \alpha_k(T) \times (T - T_0)$,

б) исходящий лучистый поток q_l от стенок виртуального цилиндра, линеаризованный или приведенный к $q_l = \alpha_p(T) \times (T - T_0)$.

Выражение для источника мощности $\Phi(y)$ может характеризовать не только тепловой источник, связанный с химической реакцией горения, но и объемное излучение газовой среды в зоне горения.

Разогрев от излучения внутри столба пламени работает как фон. Этот разогрев может учитываться с искусственным повышением окружающей внешней температуры T_0 , которая выше температуры окружающей среды – если горение происходит в ограниченном пространстве, где от стенок, например, канала или туннеля происходит обратное отражение теплового потока. Величина $\alpha T_0 / \sigma \rho C_p$ считается постоянной и в зависимости от конкретных условий горения может повышать или понижать температуру горения.

Источником тепловыделения в области факела, схематично представленном цилиндром, является химическая реакция горения, в общем случае зависящая от температуры. Сама температура в одномерном случае в установившемся процессе не зависит от времени и является функцией координаты y (рис.3).

Уравнение (7) решается в общем виде при граничных условиях первого рода с помощью функции Грина [24]. Решение для источникового члена можно записать:

$$T_n(y, t) = \iint_0^L \Phi(\xi, \tau) G(y, \xi, t) \cdot \quad (11)$$

где функция Грина представлена в виде:

$$G(y, \xi, t) = \frac{2}{L} \exp \left[\left(\frac{v(\xi - y)}{2a} + \left(c - \frac{v^2}{4a} \right) t \right) \right] \times \times \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left(\frac{n\pi y}{L} \right) \sin \left(\frac{n\pi \xi}{L} \right) \exp \left(-\frac{a\pi^2 n^2}{L^2} t \right). \quad (12)$$

Двойной интеграл приводит к выражению:

$$T_n(y, t) = \frac{2\pi\Phi_0}{L^2} \exp \left(\frac{-yv}{2a} \right) \times \sum_{n=1}^{\infty} n \times \sin \left(\frac{n\pi y}{L} \right) \times \times \frac{1 - (-1)^n \times \exp \left(\frac{vL}{2a} \right)}{\left(\frac{v}{2a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2} \times \frac{\exp[\beta_n t] - 1}{\beta_n}, \quad (13)$$

где $1/\beta_n$ – постоянная времени, $\beta_n = \left(c - \frac{v^2}{4a} - \frac{a\pi^2 n^2}{L^2} \right)$.

Аналогично находятся выражения, учитывающие начальные и граничные условия [22]. После учета начальных и граничных условий 1-го рода можно определить вид температурного профиля при горении полимерной изоляции. По градиенту температуры вблизи начала координат, то есть у поверхности кабельного изделия, можно определить тепловой поток, возвращающийся к полимерному материалу от факела пламени (рис.3). Масса испарившихся продуктов разложения должна обеспечить тепловыделение при сгорании, достаточное не только для поддержания постоянной температуры горения, но и возвращения необходимого тепла обратно к поверхности для испарения той же массы вещества, что и секундой ранее.

Постоянный тепловой источник Φ_0 плохо аппроксимирует реальную температурную зависимость $\psi(T(y, t)) = k(T) (T_b - T)$, в том числе с поправкой на тепловые потери [9, 22].

В работе были использованы нелинейные зависимости функции тепловыделения $\Phi(y)$ вида:

$$\Phi_c(y) = \Phi_0 \times \left(A_c - B_c \left(\operatorname{ch} \frac{y - R}{w} \right) \right), \quad (14.a)$$

$$\Phi_{se}(y) = \Phi_0 \times B_{se} \sin \left(\frac{\pi \times y}{L} \right) \left(e^{-\frac{y}{w}} \right), \quad (14.б)$$

$$\Phi_{sh}(y) = \Phi_0 \cdot \left(A_{sh} - B_{sh} \sin \left(\pi \frac{y - h}{S} \right) \left(e^{-\frac{y - h}{w}} \right) \right), \quad (14.в)$$

где R, w, s, h, A и B – коэффициенты. Данные варианты приближений позволяют решить уравнение (11) не только в интегральной форме

с помощью современных средств программирования, но и в явной форме.

Замена функции источника Φ_0 на $\Phi(y)$ нелинейного вида дает температурную зависимость по центральной оси столба пламени, с градиентом температуры, достаточным для поддержания процесса горения, то есть поддержания максимальной температуры T_b . Расчеты были выполнены для приближения теплового источника к $\Phi_c(y)$ как наиболее оптимальному варианту для стационарного режима горения кабельного изделия. Образцом являлось кабельное изделие диаметром 10 мм по полимерной изоляции с диаметром жилы 5 мм. Высота столба пламени L при этом составляла 4 см, температура сгоревших газов T_b – 1430 К. Величина Φ_0 принималась равной 5000, скорость распространения потока $v=5-10$ мм/с. При этом решение уравнения (7) для квадратичного приближения источника выделяемой мощности при горении $\psi(T(y,t)) = \bar{a}T + \bar{b}T^2$ [23] совпадало по форме с зависимостью $T(y)$ в районе температуры T_b .

Найденное распределение температуры позволяет оценить тепловой поток, возвращающийся на поверхность кабеля $J(y) = -\sigma \cdot \lambda \cdot \text{grad}(T(y))$ при $y=0$, достаточный для нагрева, разложения

и испарения полимерного материала, необходимого (но не больше) для поддержания процесса горения.

Представленный подход позволяет найти координату "y" максимума температуры горения. Решение для квадратичного приближения [21] не дает указанной координаты, зато оно точно описывает температурный профиль вблизи максимума температуры горения. Нетрудно путем сдвига по координате нелинейного решения в квадратичном приближении убедиться в его совпадении с решением $T(y)$ вблизи температуры T_b . Остается только проверить величину градиента температуры у поверхности кабельного изделия при $y=0$. Указанный градиент соответствует примерно 1/20 от мощности теплового источника.

Величина источника мощности находится простым интегрированием в пределах от 0 до L . В представленных размерах видимого столба пламени мощность источника составила порядка 20 Вт, а возвращаемая мощность к поверхности кабельного изделия $\approx 1,1$ Вт. При увеличении температуры окружающей среды она может иметь меньшее значение.

Следует отметить, что в представленной модели легко можно менять размеры горящего кабельного изделия, по крайней мере, в пределах 1-20 мм. Размеры факела при горении кабельного изделия, расположенного горизонтально, не трудно определить экспериментально, что на самом деле минимизирует вероятность ошибки в определении скорости выгорания и оценке величины выделяемой мощности при его горении. Преимуществом данного подхода, несмотря на относительную простоту, является возможность в общем виде использовать математические выражения для оценки скорости выгорания полимерной изоляции кабельного изделия.

Удельная скорость (интенсивность) тепловыделения при горении равна

$$q_T = Q_H \times v_m, \quad (15)$$

где Q_H – низшая теплота горения горючего вещества, [кДж/кг]; q_T – удельная интенсивность тепловыделения [Вт/м²]; v_m – массовая скорость выгорания, [кг/(м²·с)].

Интенсивность тепловыделения при горении P [Вт] равна:

$$P = Q_H \times v_m \times S, \quad (16)$$

где S – эффективная площадь горения.

Интенсивность тепловыделения P относится ко всей зоне горения, которая ограничена в модели виртуальным цилиндром, где и происходит химическая реакция горения и входит в формулу. Удельная интенсивность тепловыделения q_T связана с интенсивностью тепловыделения P :

$$q_T = \frac{P - \text{выделяемая тепловая энергия}}{S - \text{эффективная площадь горения поверхности кабеля}}.$$

Таким образом, массовая скорость выгорания v_m [кг/(м²·с)] попадает в решение дифференциального уравнения, участвуя в "источниковом" члене $\Phi(y, t)$ или $P = P_{\text{средн}}$ (7):

$$v_m = \frac{P}{Q_H \times (1 - \xi) \times S}, \quad (17)$$

где $\xi = 0,3 - 0,5$ – коэффициент потерь при сгорании на недожог и потери на излучение.

Массовая скорость выгорания будет зависеть от диаметра кабеля, то есть она не константа "на все случаи жизни". Величина площади S весьма неоднозначна, особенно при круговом горении, она может быть равна $S \approx 2\pi \times R_0 \times \sigma^{1/2}$ (рис.3).

Время полного выгорания

$$t = m / v_m \times S, \quad (18)$$

где m – масса выгоревшего фрагмента кабеля под столбом пламени.

В теории горения введены два параметра: действительная и приведенная площади горения [23]. Приведенная массовая скорость выгорания – это количество вещества, выгорающего в единицу времени с единицы площади пожара. Но площади пожара для куба и для листа отличаются. Поэтому связь между действительной и приведенной скоростями выражается соотношением:

$$V_{П.р.} = V \times K_{П.}, \quad (19)$$

где $K_{П.}$ – коэффициент поверхности горения. В рассмотренном случае (рис.3) при $R_0 = 5$ мм скорость выгорания $v_m = 6$ г/(мм²·с), а время выгорания при $K_{П.} = 4$ составляет 230 с.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифры приведены для конкретного случая, но, как уже упоминалось, общее решение задачи для скорости и времени выгорания позволяет оперировать в расчетах с кабельными изделиями диаметром менее 2 см. При дальнейшем увеличении диаметра высок риск образования турбулентного пламени. Это легко показать, если решать задачу для уравнения теплопроводности в цилиндрических координатах для столба пламени при его упрощенном представлении в виде цилиндра с охлаждением с поверхности, то есть с граничными условиями третьего рода. Температура при малых диаметрах меняется по радиусу в соответствии с функциями Бесселя вблизи малых аргументов, а градиенты температуры при этом весьма незначительны, что не приводит к значительной турбулентности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смелков Г.И., Пехотников В.А., Рябинов А.И. Проблемы пожарной безопасности кабельных потоков // Кабели и провода. 2005. № 2 (291). С. 8-14.
2. Каменский М.К., Байков В.А., Быстрицкая Е.Б. Оценка долговечности пожаробезопасных кабелей // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 16-18.
3. Мещанов Г.И., Холодный С.Д. Физико-механическая модель процесса горения электрических кабелей при групповой прокладке // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 10-14.
4. Мещанов Г.И., Каменский М.К., Фрик А.А. Развитие производства и расширение областей применения новых типов пожаробезопасных кабелей в России // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 5-8.

5. **Смелков Г.И., Рябиков А.И., Пельцер В.Б.** Проблемы обеспечения пожаробезопасных потоков в городских коллекторах // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 20–25.
6. **Золотарев В.М., Карпушенко В.П., Ганьшина Л.В.** Системный подход к освоению производства пожаробезопасных кабельных изделий в ЗАО "Завод "Южкабель" // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 26–30.
7. **Сорочкин Б.В.** Активы пассивной огнезащиты // Кабели и провода. 2007. № 4 (305). С. 33–36.
8. **Аблеев Р.И.** Актуальные проблемы в разработке и производстве негорючих полимерных компаундов для кабельной индустрии // Кабель-news. 2009. № 6–7. С. 64–69.
9. **Мещанов Г.И., Холодный С.Д.** Анализ особенностей горения полимерной изоляции кабелей при их групповой прокладке // Кабели и провода. 2010. № 5 (224). С. 10–14.
10. **Плюхар А., Борисов А.В.** Наполнитель с огнезащитными свойствами для кабельных ПВХ-компаундов // Полимерные материалы. 2010. № 10. С. 34–35.
11. **Каменский М., Фрик А.** Реализация требований пожарной безопасности в нормативной базе на силовые кабели // Кабель-news. 2011. № 1. С. 25–30.
12. **Вэй М., Мэрфи Д., Бэрри К., Мид Дж.** Безгалогеновые антиперены для оболочек проводов и кабелей // Полимерные материалы. 2012. № 10 (161). С. 38–40.
13. **Вэй М., Мэрфи Д., Бэрри К., Мид Дж.** Безгалогеновые антиперены для оболочек проводов и кабелей // Полимерные материалы. 2012. № 10 (162). С. 41–50.
14. **Каменский М.К., Крючков А.А., Савин Д.В., Степанов Т.А., Троицкая Г.А., Фрик А.А., Шувалов М.Ю.** Математическое моделирование и экспериментальное исследование процессов, развивающихся при горении безгалогенных полимерных композиций, применяемых в конструкциях пожаробезопасных кабельных изделий // Кабели и провода. 2012. № 8 (337). С. 3–9.
15. **Игнатьева Н.Е.** Новое требование пожарной безопасности к огнестойким кабелям и кабельным линиям // Каталог пожарной безопасности. 2013. № 1 (14). С. 146.
16. **Геча Э.Я., Ларин Ю.Т., Овчинникова И.А., Смирнов Ю.В.** Результаты испытаний прототипов отечественных кабелей специального назначения на воздействие открытого пламени // Кабели и провода. 2012. № 2 (357). С. 3–9.
17. **Замятин И.А., Ларин Ю.Т., Холодный С.Д.** Некоторые теоретические вопросы расчета оптических кабелей, работающих при повышенной температуре во время пожара // Кабели и провода. 2010. № 3 (322). С. 36–37.
18. **Замятин Ю.Т., Ларин Ю.Т., Холодный С.Д.** О некоторых вопросах применения оптических кабелей в жилых зданиях // Кабели и провода. 2013. № 6 (343). С. 6–10.
19. **Казаков О.Г. и др.** Теория горения и взрыва.: учебник и практикум / Под общ. ред. А.В.Тотая, О.Г.Казакова. – М.: Юрайт, 2014. 295 с.
20. **Мещанов Г.И., Холодный С.Д.** Анализ особенностей горения полимерной изоляции кабелей при их групповой прокладке // Кабели и провода. 2010. № 6 (225). С. 10–14.
21. **Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р.** Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 352 с.
22. **Ларин Ю.Т., Холодный Д.С.** Время выгорания кабельной изоляции (исследование горючести

- и огнестойкости полимерных материалов). – М.: Ламберт, 2016. 74 с.
23. **Замятин И.А., Ларин Ю.Т., Холодный Д.С.** О мерах пожарной безопасности и экологии при проектировании кабельных сетей жилых зданий // Кабели и провода. 2013. № 2 (343). С. 10–15.
24. **Полянин А.Д., Зайцев В.Ф.** Справочник по линейным уравнениям математической физики. Точные решения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 432 с.
25. **Девисилов В.А., Дроздова Т.И., Тимофеева С.С.** Теория горения и взрыва. – М.: Форум, 2012. 352 с.

MCN Telecom завершил тестирование собственных сим-карт

Новый федеральный оператор MCN Telecom объявил об успешном завершении предварительного тестирования собственных сим-карт. Старт продаж услуг мобильной связи для корпоративного сегмента намечен на сентябрь 2017 года.

В течение двух недель технические специалисты осуществляли проверку сим-карт MCN Telecom по определенным качественным параметрам. Выяснилось, что входящие и исходящие звонки с мобильных и фиксированных номеров, а также внутри виртуальной АТС MCN Telecom проходят. Качество передачи голоса отличное, SMS-сообщения отправляются и доставляются без задержек. Обрывов и недозвонов во время тестирования не выявлено.

В мае 2017 года MCN Telecom получил лицензию от Роскомнадзора на оказание услуг мобильной связи и публично подтвердил запуск первого MVNO для бизнеса по модели Full на сетях Tele2. Федеральный оператор

объединил мобильную, фиксированную и внутрикорпоративную связь (услуга "виртуальная АТС"), чтобы помочь абонентам, желающим сэкономить на корпоративном общении, не потерять в качестве, а получить дополнительный телеком-сервис.

При подключении услуги мобильной связи MCN Telecom на смартфоне абонента появятся два номера: городской и мобильный. Звонить можно с любого и в обоих направлениях. Чтобы связаться с коллегой, достаточно будет набрать на смартфоне короткий номер через "звездочку" (например, *1001, *1002 и пр.).

"Присоединившись к нашей телекоммуникационной платформе, абоненты смогут безлимитно общаться не только внутри облачной АТС, но и между фиксированными и мобильными номерами. Это идеальное решение для географически распределенных офисов, удаленных сотрудников и персонала. Для тех, кто находится большую часть времени на выезде и в командировках. Данное пакетное реше-

ние поможет снизить затраты на связь компаниям, для которых оптимизация расходов наряду с качеством услуг является приоритетной задачей", – говорит генеральный директор MCN Telecom Александр Мельников.

Группа компаний MCN Telecom – новый федеральный оператор связи и разработчик программных продуктов. Работает на телекоммуникационном рынке с 2000 года. Компания предоставляет услуги телефонии в России и Венгрии. На сегодняшний день построены узлы связи и получена номерная емкость во всех крупных городах России, а также в Венгрии, Словакии, Германии и Австрии. Группа компаний имеет прямые стыки с крупными операторами связи. На текущий момент сдана в коммерческую эксплуатацию собственная МГ/МН сеть в Центральном, Сибирском, Северо-Западном, Дальневосточном и Уральском федеральных округах.

По информации MCN Telecom

"Система-112" начала работу в Тульской области и Республике Коми

В сетях местной телефонной связи и сетях подвижной радиотелефонной связи Тульской области и Республики Коми началась постоянная эксплуатация "Системы-112". Соответствующие приказы № 398 и 399 размещены на сайте Минкомсвязи России. С этого дня граждане могут использовать единый бесплатный номер 112 для обеспечения круглосуточного вызова экстренных оперативных служб. Пользователи услуг связи Тульской области и Республики Коми в сетях местной телефонной связи и сетях подвижной радиотелефонной связи помимо единого номера 112 также могут вызвать экстренные службы по трехзначным номерам 101, 102, 103, 104. В сетях местной телефонной связи

по-прежнему действуют двужаночные номера 01, 02, 03, 04.

Напомним, что в соответствии с требованиями приказа Минкомсвязи России № 607, с 1 мая 2017 года в регионах, где "Система-112" вводится в постоянную эксплуатацию, должна действовать система автоматического определения местонахождения абонента при совершении вызова по номеру 112. Данное решение позволит дежурно-диспетчерской службе определить место происшествия и сократить время реагирования. Для оценки реализации операторами связи и "Системой-112" в субъекте РФ положений этого приказа была также разработана соответствующая программа и методика.

В настоящее время "Система-112" введена в постоянную эксплуатацию в 11 субъек-

тах РФ: Воронежской, Калужской, Курской, Московской, Новосибирской и Тульской областях, Республиках Коми и Татарстан, Санкт-Петербурге, Хабаровском крае и Ханты-Мансийском автономном округе – Югра. Опытная эксплуатация системы ведется на территории более 30 субъектов РФ. До конца 2017 года "Систему-112" планируется запустить во всех регионах России в соответствии с ФЦП "Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру 112 в Российской Федерации на 2013–2017 годы". Заказчиком-координатором ФЦП является МЧС России.

*По информации
пресс-службы Минкомсвязи России*

Bakutel

5-8 ДЕКАБРЯ 2017

БАКУ ЭКСПО ЦЕНТР
БАКУ, АЗЕРБАЙДЖАН

23-я Азербайджанская Международная
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

www.bakutel.az

Поддержка

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА,
СВЯЗИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Организатор

Тел. : +994 12 4474774
Факс : +994 12 4478558
E-mail : telecoms@ceo.az

#BakuTel

www.facebook.com/BakuTel