

**В.В. Бычков**, ведущий специалист;  
**Р.Г. Кузнецов**, зам. начальника отдела разработок;  
**А.В. Лобанов**, канд. техн. наук, генеральный директор;  
 ООО НПП «Спецкабель»

## О нормировании требований на монтажные кабели в комплексе стандартов на взрывобезопасность

**Аннотация.** Рассмотрены два вопроса, связанные с прочтением требований ГОСТ IEC 60079 – 14. Первый – о рабочих напряжениях искробезопасных цепей в целом и искробезопасных кабелей в частности. Второй – о нормировании электрической ёмкости и индуктивности, а также отношения индуктивности к электрическому сопротивлению в кабелях для искробезопасных систем взрывозащиты. Выявлена необходимость разработки двух стандартов. В одном из них должны быть сформулированы требования, предъявляемые в документах на все виды взрывозащиты к кабелям, прокладываемым во взрывоопасных зонах всех классов; в другом стандарте типа «Общие технические условия (ОТУ)» – требования к кабелям монтажным, прокладываемым во взрывоопасных зонах. В качестве базовых конструкций для стандарта типа «ОТУ» предложено выбрать широкую линейку кабелей марок «Скаб®».

**Ключевые слова:** взрывоопасные зоны; системы взрывозащиты; искробезопасная электрическая цепь «i»; кабели монтажные для взрывоопасных зон.

**Abstract.** Two questions concerning the GOST IEC 60079–14 requirements are considered. The first one is about the operating voltages of spark-proof electric circuits in general and spark-proof cables in particular. The second question is about the rating of capacitance, inductance and the relationship between inductance and electrical resistance in cables for spark-proof explosion protection systems. As follows from the analysis it is necessary to develop two standards: the first one specifying the requirements to be applied in all types of explosion protection systems and intended for all types of cables installed in explosion hazard areas of all classes; the other standard of «General Technical Specifications» type shall state the requirements for the installation cables used in explosion hazard areas. It is recommended to select the wide range of СКАБ cables as basic construction for the «General Technical Specifications» standard.

**Key words:** explosion hazard areas; explosion protection systems; spark-proof electric circuit «i»; installation cables for explosion hazard areas.

Материал поступил в редакцию 13.07.2018  
 Бычков В.В. E-mail: bychkov@spscable.ru

Под термином «монтажные кабели» в настоящее время подразумевается обширный диапазон кабельных конструкций, которые ещё называют инструментальными или универсальными кабелями для контрольно-измерительных приборов, аппаратуры, систем сбора и передачи данных. Монтажные кабели широко применяются в сетях промышленной автоматики, в том числе во взрывоопасных зонах химической, нефтехимической, нефтегазовой отраслей.

Исторически сложилось так, что термин «электрооборудование» в общепромышленном применении включает в себя электрические кабели, а тот же термин в понимании специалистов по взрывобезопасности электрические кабели в себя не включает.

Покажем это на примерах. Определение термина «электрооборудование» в общепромышленном применении в стандарте [1] представлено следующим образом:

«Электрооборудование – это оборудование, используемое для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии.

**Примечание.** Примерами электрического оборудования могут быть электрические машины, трансформаторы, коммутационная аппаратура и аппаратура управления,

измерительные приборы, защитные устройства, электропроводки, электроприёмники.»

Согласно этому определению кабели в виде электропроводок относятся к электрооборудованию.

Международный словарь [2] определяет «электрооборудование для взрывоопасных сред» так:

«Электрооборудование для взрывоопасных сред – это электрооборудование, конструкцией которого исключена возможность воспламенения окружающей взрывоопасной среды в указанных условиях».

Для предотвращения воспламенения окружающей взрывоопасной среды в комплексе стандартов IEC 60079, распространяющихся на электрооборудование, предназначенное для работы во взрывоопасных средах, предусмотрено несколько видов взрывозащиты (например, взрывонепроницаемая оболочка «d», искробезопасная электрическая цепь «i» и др.). Большинство специалистов по взрывобезопасности считает, что ни один из разработанных видов взрывозащиты не может быть применён к электрическим кабелям. Поэтому формально электрические кабели не подпадают под определение электрооборудования.

В связи с вышеизложенным наблюдается некоторая недооценка кабелей, как таковых (и монтажных, в том числе) в качестве источника взрывоопасности, поскольку основные требования стандартов распространяются на электрооборудование, а к кабелям относятся только дополнительные требования, имеющие смысл чуть ли не второстепенных. Дополнительные требования выражены в виде отдельных ограничений, не позволяющих сформулировать полноценные технические требования, которые были бы достаточны для разработки новых конструкций кабелей – оптимизированных для применения в различных видах взрывозащиты.

Для обоснования изложенных соображений рассмотрим требования к кабелям, применяемым в искробезопасных сетях, установленные, в основном, в двух стандартах: ГОСТ 31610.11–2014 [3] и ГОСТ ИЕС 60079-14–2013 [4].

Первое и, пожалуй, главное замечание заключается в том, что в перечисленных стандартах отсутствует указание на номинальное действующее значение напряжения переменного тока в искробезопасной цепи, которое можно было бы установить без проведения соответствующих испытаний.

Согласно п. 10.1.1 стандарта [3] «электрическую цепь можно не подвергать типовому испытанию с применением искрообразующего механизма, если её структура и электрические параметры достаточно хорошо определены, а искробезопасность можно оценить по характеристикам искробезопасности методами, приведёнными в Приложении А [3] (см. рисунки А.1 – А.6 или таблицы А.1 и А.2)». Приведённая ссылка допускает принципиальную возможность косвенного (без проведения испытаний) установления значения действующего напряжения для кабеля.

Казалось бы, действующее значение напряжения переменного тока частотой 50 Гц можно рассчитать на основании нормируемого в табл. 5 стандарта [3] максимально допустимого значения амплитудного напряжения в зависимости от толщины разделяющей изоляции, при этом в п. 6.3.3 стандарта [3] установлено, что «для синусоидальных напряжений амплитудное значение определяется, как произведение эффективного (действующего) значения номинального напряжения на  $\sqrt{2}$ ».

Однако на кабели, представляющие внешний участок искробезопасной цепи, требования табл. 5 стандарта [3] формально не распространяются. В перечислении 2 Примечания к п. 6.3.6 стандарта [3] для пояснения табл. 5 указано, что «в настоящем стандарте твёрдая изоляция – это изоляция заводского изготовления, например, пластины, изоляционные трубки или изоляция на проводах». Но в тексте самого стандарта о кабелях упоминается только в п. 6.3.12 стандарта [3] при использовании их в виде внутренней проводки.

Из рис. 2 стандарта [3] видно, на каком конкретно участке применяется кабель внешней проводки. Он прокладывается на участке между выходными клеммами части искробезопасной цепи 4, не являющейся искробезопасной, и клеммами для подключения искробезопасной нагрузки 2, длинами по несколько сотен метров, достигая двух–трёх километров в отдельных случаях.

Если допустить, что требования табл. 5 к максимальному амплитудному напряжению, в зависимости от твёрдой изоляции между электродами распространяется на кабели внешней прокладки, то можно рассчитать номинальное действующее значение напряжения переменного тока частотой 50 Гц, прикладываемого к токопроводящим жилам при использовании в цепях с взрывозащитой вида «искробезопасная электрическая цепь «i»».

В качестве примера проведём расчёт номинального действующего напряжения для кабеля с сечением токопроводящей жилы 1,0 мм<sup>2</sup> и номинальной толщиной изоляции 0,4 мм. Так как в цитированной табл. 5 амплитудное напряжение нормируется, как максимально допустимое для указанной толщины изоляции, то мы должны чётко понимать, что эта величина (толщина изоляции) является минимально допустимой для данного значения напряжения.

В кабельной технике принято на основании известных формул нормировать допустимое отклонение, зависящее от номинального значения толщины изоляции. Оно практически не зависит от типа кабеля, так как является скорее технологическим параметром, характеризующим процесс наложения изоляции методом экструзии. Поэтому одна и та же формула применяется для разных типов кабелей. Например, для силовых кабелей эта формула приводится в стандарте [5] и имеет вид:

$$\Delta_{\text{мин}} = 0,1 + 0,1\delta_{\text{из}} \quad (1)$$

где  $\delta_{\text{из}}$  = 0,4 мм – номинальная толщина изоляции.

Расчёт показывает, что допустимое отклонение составляет 0,14 мм. Минимально допустимую толщину изоляции рассчитаем по формуле:

$$\delta_{\text{измин}} = \delta_{\text{из}} - \Delta_{\text{мин}} \quad (2)$$

Как следует из расчёта, минимально допустимая толщина изоляции составляет 0,26 мм.

Так как напряжение будет прикладываться между двумя токопроводящими жилами с минимальной толщиной изоляции  $\delta_{\text{измин}}$ , то толщина слоя твёрдой изоляции будет рассчитываться по формуле:

$$t = 2\delta_{\text{измин}} \quad (3)$$

Расчётное значение толщины слоя твёрдой изоляции составляет 0,52 мм, ближайшее табличное значение равно 0,5 мм. По табл. 5 стандарта [3] выбираем при минимальной толщине слоя твёрдой изоляции 0,5 мм максимально допустимое значение амплитудного напряжения, равное 60 В.

В соответствии с вышеизложенным, номинальное действующее напряжение составляет:

$$U_{\text{н0}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Результаты расчёта показывают, что номинальное действующее значение напряжения должно быть не более 42 В.

Однако это ещё не всё. В п. 6.3.3 стандарта [3] установлено: «Напряжение, которое учитывают при применении таблицы 5 или Приложения F – это напряжение между любыми двумя токопроводящими частями электрических цепей, для которых электрические зазоры влияют на вид защиты рассматриваемой цепи, например, это напряжение между: – искробезопасной цепью и искроопасной частью этой же цепи, или; – искробезопасной цепью и искроопасными цепями, или; – между искробезопасными цепями, электрически не связанными между собой».

Как следует из вышеизложенного, напряжение, примерно равное 42 В, должно складываться из напряжений двух смежных цепей. Каким же образом должно перераспределиться это напряжение между двумя цепями, чтобы можно было установить номинальное действующее напряжение

в кабеле, предусмотренном для использования в системе взрывозащиты вида «искробезопасная электрическая цепь «i»?»

В продолжении п. 6.3.3 стандарта [3] поясняется, что для электрических цепей, гальванически не связанных между собой внутри оборудования, это должна быть наибольшая из сумм амплитудных значений напряжений этих цепей. При этом, если одно из напряжений составляет менее 20 % от другого, то его не учитывают.

Подобный подход, допустимый при монтаже кабеля с известными параметрами, оказывается неприемлемым при нормировании параметров кабеля при его конструировании. Уже для трёхпарного кабеля может сложиться противоречивая ситуация. Допустим, что в трёхпарном кабеле к первой паре должно прикладываться напряжение 30 В, ко второй – 10 В, к третьей – 30 В. Если взять сумму напряжений в первой и второй парах, в третьей и второй парах, то можно установить значение напряжений, равное 30 В и выбрать соответствующее значение толщины изоляции.

Однако сумма напряжений в первой и третьей парах составляет 60 В, что вдвое превышает ранее выбранное значение напряжения и является недопустимым. Следовательно, нормирование должно производиться на основании максимально возможных сумм напряжений в парах кабеля. А так как заранее неизвестно, к какой паре будет приложено максимальное напряжение, то максимальное значение напряжения относится к кабелю в целом (то есть, одинаковое к любой паре жил). Соответственно, минимальная толщина изоляции выбирается на основании табл. 5 стандарта [3].

Тогда окончательное значение напряжения в каждой паре будет равно:

$$U_n = \frac{U_{но}}{2} = 21В \quad (5)$$

Поясним результаты проведённого расчёта.

В настоящее время наиболее распространённой является конструкция монтажных кабелей на действующее напряжение 660 В с номинальной толщиной изоляции 0,7 мм. При заказе кабелей, предназначенных для эксплуатации в составе искробезопасных цепей, чтобы не разрабатывать новую конструкцию, производители монтажных кабелей устанавливают произвольно номинальное действующее напряжение искробезопасной цепи, в которой он может эксплуатироваться, из диапазона от 40 до 300 В по фактическим данным. Однако, как видно из приведённого расчёта, эта величина не может быть произвольной, она жёстко связана с допустимой минимальной толщиной изоляции кабеля.

Принцип построения искробезопасных цепей заключается в ограничении и занижении нормируемого действующего значения напряжения или, другими словами, внесения избыточности толщины изолирующих элементов (в кабелях – это избыточность толщины изоляции токопроводящих жил). Но так как напряжения в большинстве искробезопасных цепей достаточно низкие, то толщина изоляции существующих конструкций может быть снижена. Поэтому экономически целесообразно проведение

разработки оптимальной конструкции монтажных кабелей для применения в искробезопасных цепях. Для чего и нужен приведённый пример расчёта.

Одновременно считаем целесообразным в один из стандартов на взрывобезопасность, например, в стандарт [4], внести следующее требование: «Кабели для искробезопасных цепей индуктивного и активного омического характера должны быть рассчитаны на номинальное рабочее напряжение переменного тока частотой 50 Гц, выбираемое из ряда 20; 30; 40 В». Это требование позволит рассчитывать минимально допустимую толщину изоляции кабеля, исходя из выбранного напряжения, на которое рассчитывается кабель.

Вторым вопросом, вызывающим непонимание, является формулировка требований к электрическим параметрам кабелей в п. 16.2.2.2 стандарта [4]. Процитируем требования этого пункта:

«16.2.2.2 Электрические параметры кабелей.

Электрические параметры ( $C_c$  и  $L_c$ ) или ( $C_c$  и  $L_c/R_c$ ) всех используемых кабелей должны определяться в соответствии с перечислениями а), б) или с):

а) наиболее неблагоприятные электрические параметры, указанные изготовителем кабеля;

б) электрические параметры, определяемые путём замеров, выполненных на образце;

Примечание: в Приложении «Н» приведён метод определения соответствующих параметров;

с) 200 пФ/м или 1 мкГн/м или 30 мкГн/Ом, где в соединении задействованы 2 или 3 жилы монтажного кабеля обычной конструкции (с экраном или без)».

Если взглянуть на требования к электрическим параметрам кабелей, изложенным в перечислениях а), б), с) с точки зрения использования их при конструировании кабелей, то окажется, что применение первых двух для этой цели невозможно. Конструирование кабелей для искробезопасных цепей возможно только на основании требования по перечислению с).

Для подтверждения этого проанализируем каждую позицию перечисления с использованием схематического изображения поперечного сечения одной экранированной пары кабеля, представленной на рис. 1.

Для анализа необходимо рассмотреть различные варианты подключения элементов конструкции кабеля:

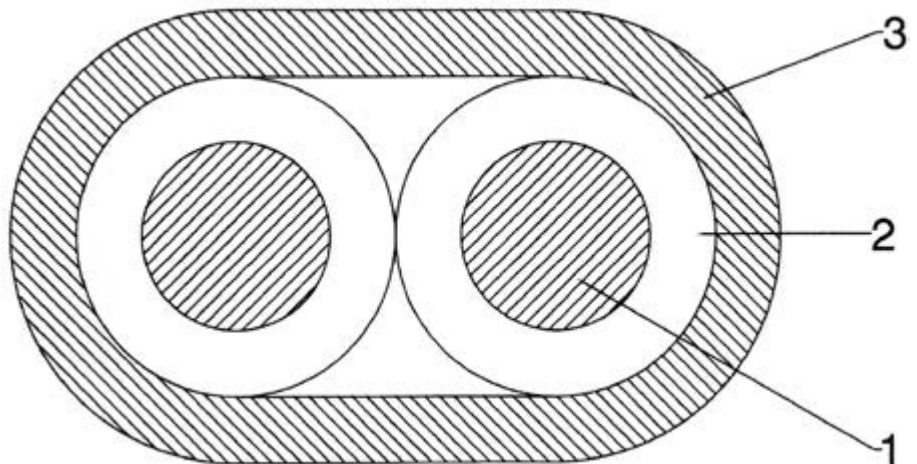


Рис. 1. Схематическое изображение одной экранированной пары монтажного кабеля в поперечном сечении:

1 – токопроводящая жила;

2 – изоляция;

3 – экран, наложенный в виде обмотки металлополимерной лентой



1) жила рассматривается по отношению к другой жиле, а экран в рассмотрении не участвует, т.е. не подключён и не заземлён;

2) жила рассматривается по отношению к другой жиле, соединённой с экраном;

3) две жилы, соединённые между собой, рассматриваются по отношению к экрану.

Под словом «рассмотрение» подразумевается способ образования электрической ёмкости элементами конструкции экранированной пары при теоретическом исследовании или при подключении к прибору в процессе измерения.

Проанализируем изменение электрической ёмкости в зависимости от способа подключения элементов конструкции экранированной пары. При измерении индуктивности подключение экрана в качестве измеряемого объекта наряду с токопроводящими жилами не производят, единственным вариантом является подсоединение двух токопроводящих жил шлейфом, поэтому в данной статье измерение индуктивности не рассматривается.

Экспериментально подтверждено, что электрическая ёмкость, измеренная по варианту 2), примерно в два раза выше измеренной по варианту 1). При этом ёмкость, измеренная по варианту 3), примерно в два раза выше ёмкости, измеренной по варианту 2) и примерно в четыре раза выше измеренной по варианту 1). Отсюда следует, что перечислению а) соответствует вариант 3) подсоединения элементов конструкции экранированной пары.

При этом нужно понимать, что такое подсоединение характерно для особого случая искробезопасных цепей, в которых предусматривается возможность электрического пробоя изолированных жил между собой и отсутствуют предохранители, разрывающие цепь для предотвращения длительного существования аварийного режима.

Особенностью такого подхода является то, что ответственность за правильность выбора кабеля, а точнее его параметров – ёмкости и индуктивности, ложится на разработчиков системы взрывозащиты. Они обязаны рассчитать максимально возможные значения погонной ёмкости и индуктивности так, чтобы указанные параметры удовлетворяли общим требованиям по ёмкости и индуктивности цепи определённой длины.

В пункте 16.2.2.2 стандарта [4], после перечислений а) и б) в примечании дана ссылка: «В Приложении Н приведён метод определения соответствующих параметров».

Оценку максимальной внешней индуктивности ( $L_o$ ) производят по характеристикам искробезопасности и таблицам для индуктивных цепей соответствующей подгруппы электрооборудования с использованием значения максимального тока системы ( $I_o$ ), умноженного на коэффициент безопасности 1,5 (для искробезопасной электрической цепи «i» с уровнем защиты «ib»).

Оценку максимальной внешней ёмкости ( $C_o$ ) производят по характеристикам искробезопасности и таблицам для ёмкостных цепей с использованием значения максимального напряжения системы ( $U_o$ ), умноженного на коэффициент безопасности 1,5 (для искробезопасной электрической цепи «i» с уровнем защиты «ib»).

При этом следует учитывать требование п. 16.2.4.2 стандарта [4]: «общее значение индуктивности и ёмкости оборудования, входящего в систему, в сумме с индуктивностью и ёмкостью кабеля должны быть менее  $L_o$  и  $C_o$  источника питания, соответственно».

Что касается перечисления б), то оно строится на тех же основаниях, что и перечисление а), отличаясь тем, что значения параметров  $L_c$  и  $C_c$  задаются на основании

измерений по методике, изложенной в Приложении «J» стандарта [4]. В методике указывается, что измерение должно производиться между сочетанием металлических элементов в кабеле, создающих максимальные значения параметров  $L_c$  и  $C_c$ . В нашем рассмотрении это будет соответствовать варианту 3).

Перечисление с) даёт нормируемые параметры кабелей для искробезопасных цепей, имеющих ограничение для времени существования аварийного режима, например, в виде плавких предохранителей, и соответствует в нашем рассмотрении рабочему подключению токопроводящих жил кабелей по варианту 1).

Таким образом, при расчёте конструкций кабелей монтажных для искробезопасных цепей должны быть использованы значения электрической ёмкости и индуктивности, удовлетворяющие требованиям перечисления с) п.16.2.2.2 стандарта [4] (для электрической ёмкости – не более 200 нФ на длине 1 км, для индуктивности – не более  $10^{-3}$  Гн на длине 1 км), при этом нормироваться в изготавливаемых кабелях должны те же самые параметры.

Понимание вышеизложенных вопросов позволяет правильно сформулировать технические требования к кабельным конструкциям и разрабатывать оптимизированные конструкции кабелей для применения во взрывоопасных зонах.

По мнению авторов, было бы целесообразно собрать разрозненные требования в комплексе стандартов IEC 60079 и разработать на их основе российский государственный стандарт, нормирующий требования к кабелям, предназначенным для прокладки во взрывоопасных зонах. Предлагаемый к разработке стандарт должен содержать требования ко всем типам кабелей, применяемым в производственных помещениях, имеющих взрывоопасные зоны, независимо от их конструктивного исполнения и целевого предназначения – силовым, контрольным, монтажным, коаксиальным (радиочастотным) и другим. Такой стандарт позволил бы упростить процесс разработки кабелей для применения во взрывоопасных зонах с учётом всех предъявляемых требований.

В то же время действующая в стране система сертификации (подтверждения качества изделий третьей стороной) основана на принципах стандартизации, включающих преимущественное формирование требований к группам однородной продукции в виде стандартов «Общие технические условия (ОТУ)», дополняемых техническими условиями на кабели конкретных марок. Первый шаг к этому уже сделан: в текущем периоде в состоянии разработки (на этапе разработки второй редакции) находится проект ГОСТ Р «Кабели силовые и контрольные для применения в электроустановках во взрывоопасных средах. Общие технические условия». Наряду с кабелями силовыми во взрывоопасных зонах широкое применение находят кабели монтажные. Современные перерабатывающие производства применяют в различной форме электрическую энергию. Устройство, в основе которого лежит производство, преобразование, трансформация, передача и распределение электрической энергии называется электроустановкой. Обычно электроустановка состоит из совокупности различных электрических машин и устройств.

Процитируем один абзац из п. 5.11.3 ГОСТ IEC 60079-14–2013 [4]:

«В зависимости от конкретных электрических машин согласно маркировочной табличке машина может включать следующие вспомогательные устройства:

– температурный датчик сопротивления в обмотке статора (датчики, устанавливаемые в пазы, HV для высокого напряжения);

- встроенные температурные датчики в системе обмотки (LV для низкого напряжения);
- температурные датчики подшипников, варианты: резисторы или терморезисторы, возможность считывания данных, сигнальное устройство и возможность отключения контакта;
- нагревательные приборы со своим собственным нагревательным классом;
  - датчики вибрации;
  - счётчик числа оборотов;
  - дополнительные нагревательные приборы для ёмкостей подшипника с маслом;
  - устройства контроля падения давления на воздушных фильтрах.

Перечисленные в цитате контрольные и исполнительные приборы подключаются с помощью одного или нескольких монтажных кабелей. В зависимости от числа подобных машин на производстве и контролирующих и исполнительных устройств складывается потребность в монтажных кабелях; на практике их количество весьма значительно.

Кабели монтажные низкочастотные преимущественно применяются в системах автоматики «токовая петля 4–20 мА», «HART – протокол», системах со скоростью передачи 31,25 кбит/с по IEC 61158–2. Преимущественное использование низкочастотного диапазона определяется огромным количеством датчиков измерения параметров и исполнительных устройств и их оптимальной ценой.

Ужесточение требований взрывобезопасности приводит к расширению области применения устройств противоаварийной защиты в различных отраслях промышленности. Развитие средств промышленной автоматики носит бурно развивающийся характер, что, на наш взгляд, должно вызвать уверенный рост устройств автоматики, в том числе и монтажных кабелей для организации внутрипроизводственной сети. Поэтому следующим шагом, по нашему мнению, должна быть разработка ГОСТ Р «Кабели монтажные для использования в электроустановках во взрывоопасных зонах, в том числе, для подземных выработок. Общие технические условия».

Кабели монтажные для систем промышленной автоматики появились относительно недавно – примерно тридцать лет назад. За это время возникло много производителей подобной продукции, но единый перечень продукции отсутствует. Каждый производитель выпускает продукцию по своим конструкциям, разработанным на основании собственного представления вопроса. Известны кабели, выпускаемые под товарными знаками «Герда®»; «Экси®»; «Скаб®»; «КуПе®»; «КМЭЛ®»; «ТОФЛЕКС®» и некоторыми другими.

Одной из наиболее обширных является серия кабелей, получившая определение «универсальной», под товарным знаком «Скаб®», применяемая для КИПиА в различных интерфейсах в химической, нефтехимической, нефтегазовой отраслях.

Кабели серии «Скаб®» выпускаются на напряжение переменного тока от 250 до 1000 В и обладают всеми необходимыми свойствами для применения во взрывоопасных зонах любого класса:

- использованы полимерные материалы, обеспечивающие нераспространение горения при групповой прокладке с пониженным дымо-, газовыделением для исполнения «нг(A)-LS», в том числе не выделяющие галогенсодержащих кислот для исполнения «нг(A)-HF»;
- для огнестойкого исполнения «нг(A)–FRLS», «нг(A)–FRHF-XL» применяется керамообразующая кремнийорганическая резина, позволяющая обеспечить высокие электрические характеристики, уменьшить габариты кабеля и упростить монтаж;

- выполняется условие по круглому поперечному сечению кабеля – овальность составляет не более 10 %, благодаря использованию заполнения под оболочкой из негигроскопичного экструдированного полимерного материала и дополнительных технологических решений;

- кабели имеют повышенную помехоустойчивость, благодаря общему двойному экрану в виде алюмолавсановой ленты и оплётки из медных лужёных проволок поверх неё, а также варианту исполнения кабелей с индивидуальным экранированием пар и троек;

- минимальный радиус изгиба небронированных кабелей составляет пять максимальных наружных диаметров кабеля, благодаря гибким токопроводящим жилам в диапазоне сечений от 0,5 до 2,5 мм<sup>2</sup>, скрученным из медных лужёных проволок, стойким к коррозии и облегчающим монтаж;

- исполнения с круглой проволочной бронёй в виде оплётки из стальных оцинкованных проволок «КГ» и защитным шлангом поверх брони «К», обеспечивающие стойкость кабеля к повреждению грызунами при открытой прокладке (например, в коробах) и при допустимой прокладке в грунте, бронированные кабели имеют дополнительную взрывозащиту;

- для кабелей исполнения «Ex-і», применяемых в искробезопасных цепях, оболочка выполняется синего (голубого) цвета.

Кабели в полиуретановой оболочке исполнения «250(660)Унг(С)–FRHF-XL» и в оболочке из сшитой полимерной композиции не содержащей галогенов исполнения «1000Пснг(A)–HF-XL» обеспечивают неподвижную эксплуатацию в широком диапазоне температур от минус 70 до плюс 125 °С, монтаж кабеля до температуры минус 40 °С без предварительного подогрева и стойкость к агрессивным средам, что позволяет им работать в условиях сурового арктического и морского климата, на буровых платформах и в горнодобывающих шахтах.

Кроме того, кабели исполнения «1000Пс» имеют специально подобранные параметры сшитой полиэтиленовой изоляции, обеспечивающей волновое сопротивление 100–200 Ом на частоте 1 МГц и позволяющей кабелю работать на максимальных расстояниях в высокоскоростных сетях автоматики по стандарту RS-485 со скоростью до 10 Мбит/с.

Подобное сочетание основных характеристик позволяет использовать эти кабели в качестве базовых конструкций при разработке предлагаемого стандарта «Кабели монтажные для использования в электроустановках во взрывоопасных зонах, в том числе, для подземных выработок. Общие технические условия».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р МЭК 60050-826–2009. Установки электрические. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010.
2. ГОСТ Р МЭК 60050-426–2006. Международный электрический словарь. Часть 426. Электрооборудование для взрывоопасных сред. – М.: Стандартинформ, 2007.
3. ГОСТ 31610.11–2014. Межгосударственный стандарт. Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «і»». – М.: Стандартинформ, 2016.
4. ГОСТ IEC 60079-14–2013. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок. – М.: Стандартинформ, 2014.
5. ГОСТ 31996–2012. Межгосударственный стандарт. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013.