

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ КАБЕЛИ для атомных станций

**А.Воронцов**, к.т.н., зам. начальника отделения ОАО "ВНИИКП"  
**Ю.Ларин**, д.т.н., зам. главного конструктора кабелей для АЭС ОАО "ВНИИКП"  
**М.Шолуденко**, к.т.н., зав. лабораторией ОАО "ВНИИКП"  
**И.Овчинникова**, к.т.н., зав. лабораторией ОАО "ВНИИКП"

Надежность АЭС определяется всеми без исключения узлами, в том числе и телекоммуникационными кабелями, входящими в комплекс системы управления. В статье рассмотрена проблема создания специальных типов телекоммуникационных кабелей для атомных станций. Приведены некоторые конструкции электрических и оптических кабелей связи, рекомендованных для использования на АЭС.

Развитие атомной энергетики России происходит в рамках Федеральной программы "Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 гг. и на перспективу до 2020 г.". Программа утверждена Правительством Российской Федерации. Она предусматривает инвестиции в атомную энергетику на сумму 128,23 млрд. руб., причем 110,43 млрд. руб. инвестируется бюджетом, а свыше 18 млрд. руб. инвестируют частные компании. Программа была разработана еще в 2007 году, но ее принятию помешал кризис, охвативший российскую экономику. В 2013 году на реализацию Федеральной целевой программы предполагается выделить 17,5 млрд. руб. (15,4 млрд. руб. из федеральных средств и 2,1 млрд. руб. – из частных).

В настоящее время на десяти российских АЭС вырабатывается 16% производимой в России электроэнергии. В рамках реализации программы предусматривается не только модернизация и техническое перевооружение уже существующих энергоблоков АЭС, но и строительство 30–32 новых. Предполагается, что внедрение программы позволит увеличить долю продукции атомных станций до четверти всей электроэнергии, вырабатываемой в России. При этом значительное внимание должно быть уделено

повышению надежности и экологической безопасности станций.

В связи с возможностью катастрофических последствий аварий на АЭС проблема надежности становится самой важной при разработке элементов АЭС и, в частности, кабельной техники. Качество кабеля серьезно влияет на уровень безопасности и надежности АЭС. По оценке специалистов службы пожарной безопасности России, электрические кабели и провода как причина пожара занимали в 2003 году первое место среди электротехнических изделий по количеству пожаров, размеру материального ущерба и числу погибших при пожарах людей [1]. По этой причине постоянно ужесточаются требования к кабельной продукции по показателям пожарной безопасности.

До середины 80-х годов прошлого столетия основным требованием пожарной безопасности было нераспространение горения одиночным кабелем при испытании по стандарту МЭК 332-1 (ГОСТ 12176-76). В настоящее время Федеральными нормами пожарной безопасности НПБ 248-97 предъявляется широкий комплекс требований, включающих нераспространение горения кабелей, проложенных пучком, нормирование дымообразования и выделения хлористого водорода

при горении и тлении, коррозионная активность и токсичность продуктов горения, а в некоторых случаях огнестойкость. Для АЭС требования нераспространения горения для одиночного кабеля недостаточно. Но в последнее десятилетие для силовых кабелей в этой области наметился прогресс. Остальные кабельные изделия (кабели связи, в том числе и оптические, контрольные и пр.) поставлялись на станции по произвольному выбору проектировщиков системы Минатома.

При создании специальных типов телекоммуникационных кабелей для атомных станций, в том числе и оптических, можно выделить две проблемы.

Первая проблема – информационная. Проектировщики АЭС в малой степени представляют возможности кабельной промышленности и не имеют информации о новейших разработках в этой области. Анализ документов, поступающих от научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов Минатома, показывает, что в проектные решения закладываются телекоммуникационные кабели, не удовлетворяющие требованиям даже 4-го класса безопасности.

Для устранения этой проблемы был разработан документ "Номенклатура кабельных изделий для атомных станций". 25 декабря 2012 года введен в действие стандарт организации СТО 1.1.1.01.001.0902-2912 "Кабельные изделия для атомных электростанций. Технические требования эксплуатирующей организации", разработанный ОАО "Электрогорский научно-исследовательский центр по безопасности атомных электростанций" (ОАО "ЭНИЦ") при участии ОАО "Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности" (ОАО "ВНИИКП"). Этот документ впервые определил требования, распространяющиеся на кабельные изделия, технические задания и технические условия при проведении аттестации и при формировании технической части конкурсной документации в рамках закупочных процедур для всех действующих, строящихся и проектируемых АЭС различного типа и назначения. Этот СТО можно считать на сегодняшний день основополагающим документом для формирования концепции создания специального класса телекоммуникационных кабелей для АЭС. Он определяет общие технические требования (ОТТ), порядок разработки и освоения в производстве. Появление этого документа позволяет

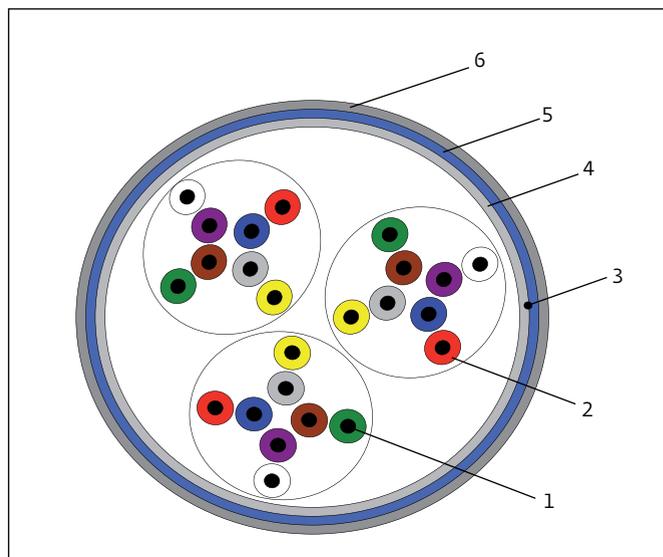
частично решить первую проблему и обеспечить решение главной задачи – комплексного подхода к организации поставок кабельных изделий специально для атомной промышленности. Это исключит поставку на предприятия Минатома случайной продукции.

Вторая проблема – техническая. Что могут предложить Росатому кабельные заводы, выпускающие оптические кабели связи? В ОАО "ВНИИКП" разработан проект ОТТ к телекоммуникационным кабелям связи, учитывающий режимы работы при нормальных условиях эксплуатации, нарушении теплоотвода, "малой" течи, "большой" течи, а также классы безопасности элементов АЭС. В ОТТ учтены следующие показатели:

- срок службы выбирается из требований эксплуатации АЭС. Пока ни один из разработанных кабелей связи не рассчитан на использование в течение столь длительного времени. Необходима разработка методов ускоренных испытаний применительно к специфике АЭС;
- огнестойкость на сегодняшний день определяется Техническим регламентом "О требованиях пожарной безопасности" (Федеральный закон №123-ФЗ от 22 июля 2008 г.). Учитывая важность безаварийной эксплуатации АЭС, требования к кабелям связи должны быть самыми жесткими;
- радиационная стойкость – один из самых больших вопросов волоконной оптики [2]. Однако и он имеет решения: использование для передачи сигналов смешанного канала на основе одно- и многомодового волокон, специальных типов оптических волокон и пр. [3]. В строго регламентированных случаях огнестойкость и радиационная стойкость могут иметь несколько уровней в зависимости от места прокладки и возможных режимов эксплуатации;
- сейсмостойкость заслуживает самого пристального изучения. Существующие ГОСТ достаточно детально разъясняют процедуру испытаний изделий на сейсмостойкость. Расчетно-экспериментальные методы находятся в стадии апробации [4-7].

В настоящее время кабельная промышленность не готова в полном объеме к поставкам коммуникационных кабелей для АЭС, которые бы строго удовлетворяли всем предъявляемым требованиям. Однако имеющиеся перспективные разработки позволяют устранить этот недостаток в кратчайшие сроки.

Одной из первых разработок в этой области являются кабели марок КУПмнг(А)-НФ,

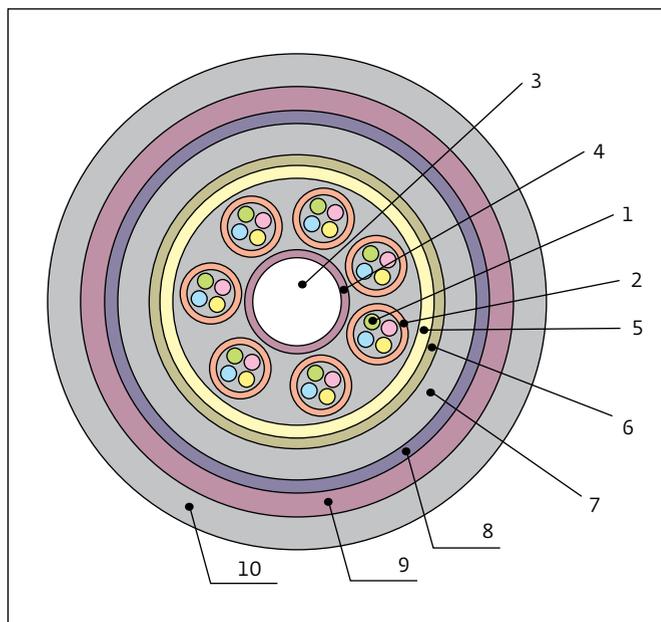


**Рис.1.** Кабели для цепей управления и контроля с изоляцией и в оболочке из полимерных композиций, не содержащих галогенов, марок КУППнг(A)-HF и КУППлнг(A)-HF (ТУ 3561-411-00217053-2009):

- 1 – ТПЖ диаметром 0,80 мм (сечение 0,5 мм<sup>2</sup>). Число пар в кабеле – 2; 4; 8; 12; 16; 20; 32 или 40;
- 2 – изоляция из полимерной композиции, не содержащей галогенов;
- 3 – поясная изоляция, обмотка из ПЭТФ лент (намотана спирально с перекрытием);
- 4 – экран-обмотка из алюмополимерных лент (намотана спирально с перекрытием);
- 5 – контактная медная луженая проволока;
- 6 – оболочка из полимерной композиции, не содержащей галогенов, серого цвета

КУППмнг(A)-FRHF по ТУ 3561-441-00217053-2012 и КУППнг(A)-FRHF, КУППлнг(A)-FRHF по ТУ 3561-442-00217053-2012 для цепей управления и контроля [8]. Эти кабели (рис.1) универсальны. Они могут применяться в системах связи и системах противопожарной защиты общепромышленного применения классов 2, 3 и 4 по классификации НП-001-97, в том числе для присоединения измерительных преобразователей и исполнительных механизмов к программно-техническим средствам АСУТП, для прокладки внутри основных технологических сооружений АЭС и для эксплуатации вне герметичной оболочки атомных станций.

Эти кабели предназначены для передачи сигналов с рабочим напряжением до 250 В переменного тока частотой 50 Гц или напряжением до 350 В постоянного тока до 300 мА. Натокпроводящие жилы кабелей с индексом нг-HF



**Рис.2.** Кабель оптический огнестойкий пожаробезопасный:

- 1 – оптические волокна;
- 2 – трубка из полимерного материала (варианты: полибутилентерфталат, полиэфирэфиркетон, кремнийорганическая резина, полиамид);
- 3 – центральный силовой элемент из стеклопластика пониженной пожароопасности;
- 4 – обмотка из водонабухающей ленты или нити;
- 5 – обмотка водонабухающей лентой или нитями вокруг сердечника;
- 6 – арамидные упрочняющие нити;
- 7 – внутренняя оболочка из пожаробезопасной полимерной композиции;
- 8 – водоблокирующая лента;
- 9 – гофрированная стальная броня или алюминиевая лента;
- 10 – защитный шланг из пожаробезопасной полимерной композиции

накладывается изоляция из полимерной композиции, не содержащей галогенов. На токопроводящие жилы кабелей с индексом FRHF перед наложением изоляции накладывается термический барьер в виде обмотки из слюдосодержащей ленты. Изолированные жилы кабелей скручены в пары, которые скручиваются в элементарные пучки из четырех пар, а элементарные пучки, в свою очередь, скручиваются в сердечник. Поверх скрученного сердечника последовательно наложены: поясная изоляция, экран и оболочка из полимерной композиции, не содержащей галогенов.

### Показатели коррозионной активности продуктов, выделяющихся при горении

Содержание газов галогеносодержащих кислот в пересчете на HCl, мг/г, не более	5,0
Удельная проводимость водного раствора с адсорбированными продуктами дымогазовыделения, мксм/мм, не более	10,0
Показатель pH, не менее	4,3

Значения показателей коррозионной активности продуктов дымогазовыделения при горении и тлении материалов изоляции и оболочки из полимерной композиции, не содержащей галогенов, должны соответствовать указанным в таблице. Дымообразование при горении и тлении кабелей не должно приводить к снижению светопрозрачности в испытательной камере более чем на 40%. Огнестойкость кабеля марки КУПП мнг(A)-FRHF должна быть не менее 90 мин. Кабели исполнения HF имеют класс пожарной опасности П 1б.8.1.2.1, а кабели исполнения FRHF – П 1б.4.1.2.1 по ГОСТ Р 53315-2009.

Конструкция пожаростойкого оптического кабеля, который можно применять на АЭС, приведена на рис.2. Интересны частные применения электрооптических кабелей для АЭС. Как, например, в случае плавучей АЭС решить проблему с передачей на сушу энергии, горячей и холодной воды, осуществить связь, управление и т.п.? Если для создания сухопутного кабеля связи достаточно конструктивных предложений, то для подвижных морских АЭС необходимо

создавать комбинированные кабели, совмещающие в себе сразу несколько функций (рис.3). При этом надо учесть, что их прокладывают в береговой зоне, где вероятность повреждения вырастает в десятки раз. Создание таких монстров требует специфических технологий и оборудования для их производства.

Для любой проблемы есть технические решения различной степени готовности и есть специалисты, способные реализовать эти решения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Каменский М.К., Пешков И.Б. Состояние и перспективы производства электрических кабелей с повышенными показателями пожарной безопасности. – Кабели и провода, 2003, №6 (283), с.3-8.
2. Долгов И.И., Ларин Ю.Т. О стойкости отечественных оптических волокон к воздействию ионизирующего излучения. – Кабели и провода, 2007, № (303), с.10-18.
3. Волоконно-оптический кабель. Патент на полезную модель № 50009 по заявке 2005109087 от 30 марта 2005 г. / Долгов И.И., Ларин Ю.Т.
4. Корякин А.Г., Ларин Ю.Т., Холодный С.Д. Сейсмостойкость оптических кабелей. – Кабели и провода, 2011, №3 (328), с.19-23.
5. Корякин А.Г., Ларин Ю.Т., Портнов Э.Л. Расчет сейсмостойкого оптического кабеля на прочность при воздушной прокладке в условиях воздействия сейсмических волн. – Фотон-экспресс, 2012, №2 (98), с.12-14.
6. Корякин А.Г., Ларин Ю.Т. Разработка метода испытаний оптических кабелей на сейсмостойкость. – Кабели и провода, 2012, №5 (336), с.16-18.
7. Корякин А.Г., Ларин Ю.Т. Разработка методики испытаний на надежность сейсмических оптических кабелей связи. – Кабели и провода, 2013, №1 (338), с.18-20.
8. Замятин И.А., Ларин Ю.Т., Овчинникова И.А., Холодный С.Д., Шолуденко М.В. Пожаробезопасные и огнестойкие кабели связи – теория и практика. – Пожарная безопасность, 2013, с.154-156.

