

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

224-1

**18-20 ноября 2021 года**

---

**УДК 621.315.2**

М.А. Муравьев, аспирант гр. А9-27 (НИ ТПУ)

г. Томск

Научный руководитель Леонов А.П., к.т.н., доцент (НИ ТПУ)

**РАЗРАБОТКА КАБЕЛЯ ДЛЯ СВЯЗИ БЛОКОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ  
С ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ В СИСТЕМАХ АЭС**

**Аннотация:** в работе рассмотрены основные конструкционно-технические решения кабеля, предназначенного для применения в условиях гермозоны реактора АЭС.

Атомная промышленность - одно из приоритетных направлений развития энергетики в мире. На сегодняшний день российские атомные станции вырабатывают 17 % от всей электроэнергии в стране. В рамках развития отрасли предусмотрено строительство новых АЭС, в том числе плавучих [1].

Для обеспечения безопасной работы атомных станций к компонентам систем предъявляются специальные требования, в том числе для кабелей, предназначенных для работы в гермозоне АС.

Гермозона – называют часть АЭС, которая имеет защитную оболочку реактора [2]. Кабели, которые эксплуатируют в гермозоне АЭС, должны обеспечивать работоспособность систем в нормальном и аварийном ремах работы реакторной установки (РУ), в том числе при нарушении теплоотвода режима «малой» и «большой» течи.

В аварийном режиме «большой течи», температура окружающей среды может повышаться с 60 до 215<sup>0</sup>С в течение 70 секунд, с последующим снижением температуры до 150<sup>0</sup>С в течение 5 минут и с дальнейшим снижением температуры до 60<sup>0</sup>С в течение 24 часов. В результате чего в воздухе образуется парогазовая смесь, содержащая борную кислоту, а мощность дозы радиационного облучения может составлять до 100 Гр/ч [2].

Для некоторых групп терморадиационностойких кабелей, эксплуатируемых в гермозоне, могут предъявляться дополнительных требования по эксплуатационным характеристикам:

- виброустойчивость и сейсмостойкость;
- повышенная защищенность от электромагнитных помех;

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

224-2

**18-20 ноября 2021 года**

---

---

– огнестойкость и нераспространение горение при групповой прокладке и не выделение коррозионно-активных газообразующих продуктов при горении и тлении [3].

Радиочастотные кабели, предназначенные для передачи импульсных и токовых сигналов малой мощности от высоковольтных детекторов ионизирующих излучений к измерительной аппаратуре внутри и вне гермозоны АЭС, всем вышеперечисленным требованиями:

1. Термостойкость – это стойкость к воздействию повышенной температуры, до  $+215^0\text{C}$  в течение 5 мин и  $+150^0\text{C}$  в течение 24 часов;

2. Стойкость к воздействию радиационного излучения, чтобы с дозой облучения до 100 Гр/ч, в течении 24 часов;

3. Герметизация – исключение проникновения паровоздушной смеси, содержащей борную кислоту, в подизоляционное пространство;

4. Огнестойкость – работоспособность кабеля продолжать выполнение заданных функций при воздействии и после воздействия источником пламени в течение заданного периода времени, категории нг-FRHF;

5. Вибро- и сейсмоустойчивость – способность кабеля продолжать выполнения требуемых функций в условиях вибрации, возникающих от удара самолета, падающего на АЭС, и воздушной ударной волны;

6. Повышенная электромагнитная защищенность – экранирование электромагнитных помех, соответствующих IV группе жесткой электромагнитной обстановки;

7. Обеспечение антивибрационных свойств – обеспечение низкого уровня напряжения электрических шумов при вибрации в диапазоне частот от 0,5 до 120 Гц.

В результате анализа существующих аналогов радиочастотных кабелей и специальных технических требований у существующих аналогов радиочастотных кабелей применяемых для АЭС, была разработана конструкция радиочастотного герметизированного, экранированного, антивибрационного кабеля, огнестойкого и не распространяющего горение, рисунок 1.

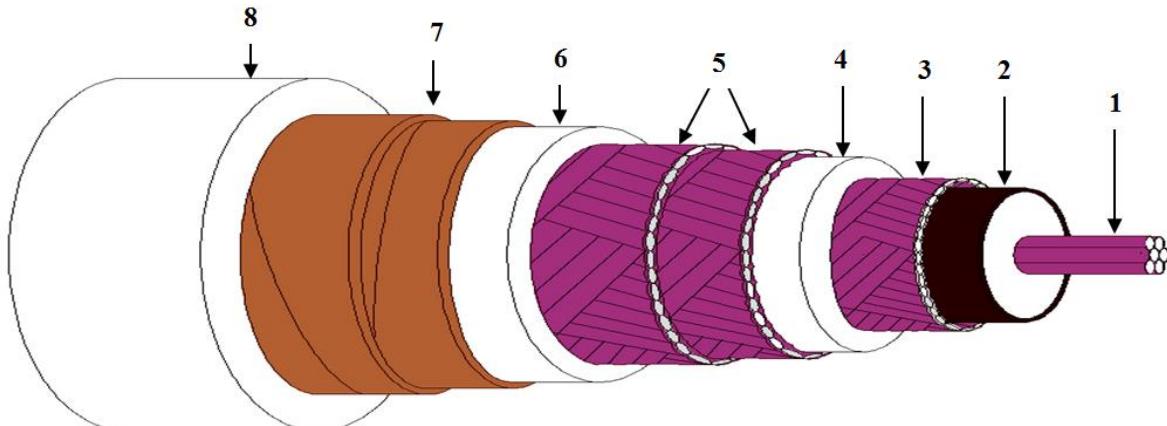


Рисунок 1 – Конструкция кабеля:

- 1 – Внутренний проводник; 2 – изоляция из сшитого ПЭ с полупроводящим слоем из сшиваемого полупроводящего ПЭ;  
3 – внешний проводник; 4 – разделительная оболочка;  
5 – экран в виде двойной оплетки; 6 – разделительная оболочка;  
7 – огнестойкий барьер; 8 – внешняя оболочка кабеля.

Требуемый к кабелям для АЭС, технический результат, достигнут следующими конструкторско-техническими решениями:

- Внутренний и внешний проводник из медных посеребренных проволок с заполнением герметизирующим составом, не распространяющим горение, обеспечивает работоспособность токопроводящих элементов при высоких температурах без больших потерь и исключает проникновение парогазовой смеси в кабель;
- Сплошная изоляция из сшитого радиационно-стойкого полиэтилена, обеспечивает стойкость к воздействию кратковременной повышенной температуре до  $+215^0\text{C}$  в течение 5 мин и  $+150^0\text{C}$  в течение 24 часов;
- Полупроводящий слой из сшиваемого полупроводящего полиэтилена обеспечивает низкий уровень напряжения электрических шумов при вибрации;
- Разделительные оболочки кабеля из сшиваемого безгалогенного огнестойкого компаунда, ограничивает «доступ» кислорода при горении, обеспечивая огнестойкость и не распространение горения;
- Экраны в виде оплеток из медно-посеребренной проволоки и стали-медно-посеребренных проволок, обеспечивают необходимые экранные свойства, уровень защиты от электромагнитных помех, высокую механическую прочность кабеля;

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

224-4

**18-20 ноября 2021 года**

---

---

• Огнестойкий барьер, выполненный в виде двух стеклослюдянных лент, создает дополнительную стойкость к воздействию пламени и работоспособность кабеля в течение 180 мин;

• Оболочка из сшиваемого теплостойкого безгалогенного компаунда, обеспечивает защиту от прямого негативного воздействия окружающей среды, и при горении не выделяет опасные для здоровья вещества.

Данная конструкция является перспективной решением, в части применения внутри герметичной оболочки АЭС, включая аварийный режим «большой течи», позволяющий повысить надежность системы связи блоков измерительной аппаратуры АЭС.

Список литературы:

1. Кабель для атомной промышленности. [Электронный ресурс] URL: <https://kabel-s.ru/blog/primenie-kabeley-i-provodov/kabel-dlya-atomnoy-promyshlennosti/>
2. ПНСТ 167-2016. Общие технические требования. Изделия кабельные для атомных станций. – Москва. Стандартинформ. – 2016. – 24 с.
3. СТО 1.1.1.001.0902-2013. Технические требования эксплуатирующей организации. Кабельные изделия для атомных электростанций. – 2014. – 55 с.

Информация об авторах:

Муравьев Максим Алексеевич, аспирант гр. А9-27, НИ ТПУ, Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, [mam44@tpu.ru](mailto:mam44@tpu.ru), [maksim.muravyov@okbkr.ru](mailto:maksim.muravyov@okbkr.ru)