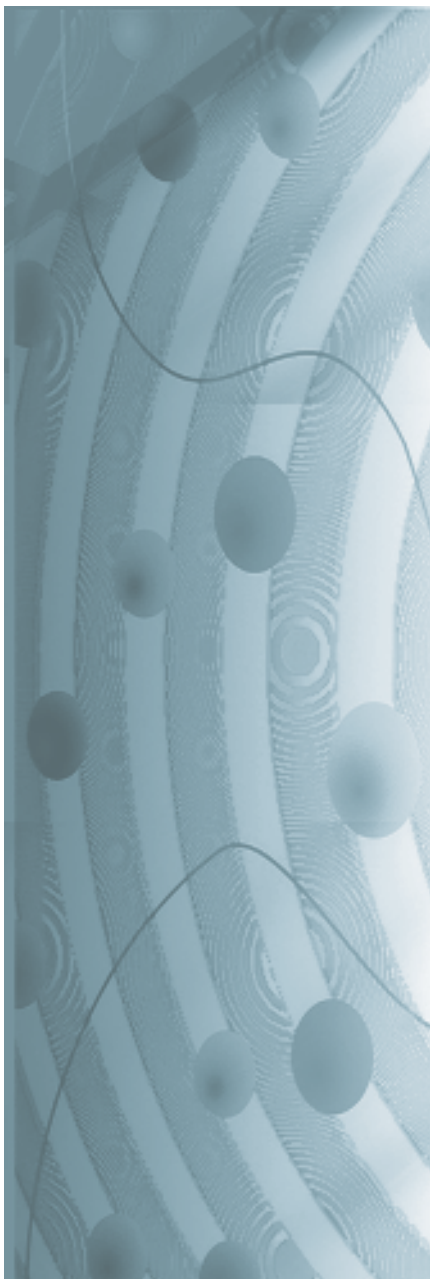


Герметизация фидерного тракта

Дорезюк Н.И., к.т.н., генеральный директор ООО "Кабельные радиосистемы +"
Соловьев В.В., менеджер по маркетингу герметизирующих материалов



Специалистам в области телекоммуникаций, радиовещания, телевидения известно, что фидерный тракт - это кабельная (реже - волноводная) линия, которая соединяет антенну с приемопередатчиком. Как правило, кабельная линия состоит из **основного фидера**, т. е. радиочастотного кабеля с малыми потерями, армированного с двух сторон радиочастотными соединителями и **двух** (реже одного) гибких кабельных вставок - **джамперов**, выполненных из радиочастотного кабеля меньшего диаметра с соединителями, имеющего значительно меньший, чем основной фидер, радиус изгиба. Такая комбинация кабелей необходима для оптимизации требований по наименьшему затуханию и удобству присоединения кабеля к аппаратуре. Чем руководствоваться при вы-

боре фидера, джамперов и соединителей, изложено в [1-3].

Однако при любом выборе этих составляющих фидерного тракта в их последовательной сборке имеются уязвимые места с точки зрения попадания влаги. Поскольку фидер эксплуатируется в условиях значительных перепадов температур, давления и влажности окружающей среды, необходимо очень серьезно подходить к обеспечению влагостойкости тракта. Попадание влаги в фидерный тракт может свести на нет выполнение основной функции фидера - передачи сигнала между антенной и приемопередатчиком с наименьшими потерями и искажениями. Уязвимыми местами являются места заделок кабелей в соединителях и сочленения фидера с джамперами, джампера с антенной (иногда и приемопередатчика, если они уста-

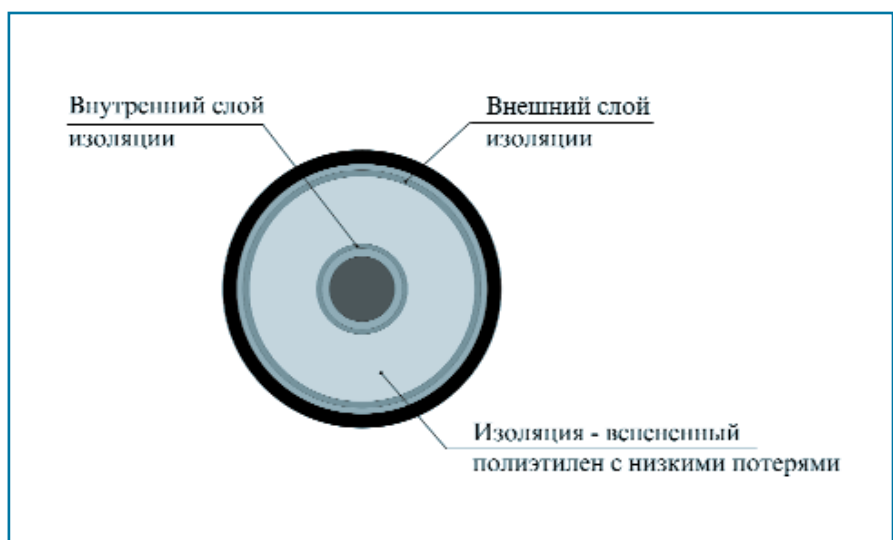


Рис. 1. Трехслойная изоляция фидерных кабелей финского производства

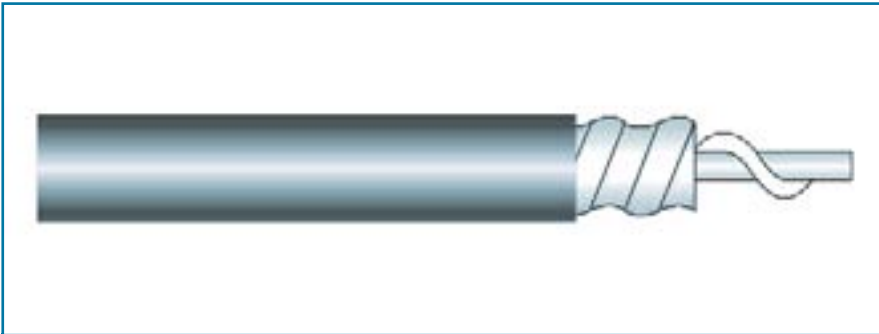


Рис. 2. Конструкция фидерного кабеля с кордельной изоляцией

новлены в незащищенных от влаги помещениях).

Правильно выбранные для фидеров и джамперов современные кабели и соединители являются продольно и поперечно влагогерметичными. В частности, широко применяемые для систем связи, радио и телевидения кабели производства **NK Cables** (Финляндия) торговых марок **Ohmax** и **TELLU** имеют великолепные свойства по влагостойкости, конструктивно обеспеченные благодаря тому, что:

- изоляция представляет собой мелкоячеистую структуру из вспененного физическим способом полиэтилена с закрытыми порами, причем сама изоляция имеет прочную адгезию с внутренним проводником и закрыта от проникновения влаги верхним и нижним слоями из тонкого слоя сплошного полиэтилена (т.е. пористая изоляция "запечатана" в тончайшую трубку из полиэтилена - так называемая **трехслойная изоляция**);
- внешний проводник представляет герметичную сварную медную трубку с кольцевым гофрированием, плотно (с вдавливанием) обжимающую изоляцию;
- защитная оболочка из полиэтилена наложена на внешний проводник с обжатием.

Следует отметить, что аналогичные зарубежные кабели других производителей имеют не трехслойную, а двухслойную изоляцию, что является недостатком по сравнению с кабелями производства **NK Cables**.

С точки зрения влагостойкости нежелательно применять для фидеров кабели с кордельной изоляцией, потому что даже при отсутствии прямого попадания влаги при перепаде температур окружающей среды внутри образуется конденсат, к тому же

практически вся полость кабеля между внешним проводником из герметичной медной трубки и внутренним трубчатым проводником занята воздухом (диэлектрика внутри - всего 10%). Для этих кабелей надо применять особые меры по герметизации и желательнее при эксплуатации нагнетать внутрь осушенный воздух под небольшим избыточным давлением.

На рис. 1 дан поперечный разрез влагостойкого кабеля с трехслойной изоляцией производства **NK Cables**, на рис. 2 - невлагостойкая конструкция кабеля с кордельной изоляцией.

Правильно выбранные для фидеров и джамперов радиочастотные **соединители** имеют влагостойкую конструкцию. Это подтверждается испы-

таниями по методике **IP 68** (соединители с кабелем выдерживаются в воде под давлением 2,5 атм, что эквивалентно погружению на глубину 25 м). Эта методика принята в Европе и все производители подтверждают влагостойкость своих изделий (соединителей и джамперов) именно по этой методике. Влагостойкость соединителей обеспечивается применением круглых прокладок из силиконовой (кремнийорганической) резины, так называемых **O-Ring**, число которых у разных производителей составляет от 3 до 6. Резиновые прокладки размещаются внутри соединителя в местах возможного проникновения влаги. Наиболее защищены от влаги соединители фирмы **Teracom** (Швеция), одна из конструкций которых приведена на рис. 3.

Хорошая влагозащита предусмотрена также в соединителях фирмы **Spinner** (Германия), которые исходя из соотношения "цена-качество" широко применяются в современных системах сотовой и другой радиосвязи.

Многие поставщики соединителей, например, **Spinner** и **WISI** (Германия), предусматривают дополнительную защиту соединителя от проникновения влаги путем ввода в его полость через отверстие в корпусе специальных герметизирующих компаундов, наиболее распро-

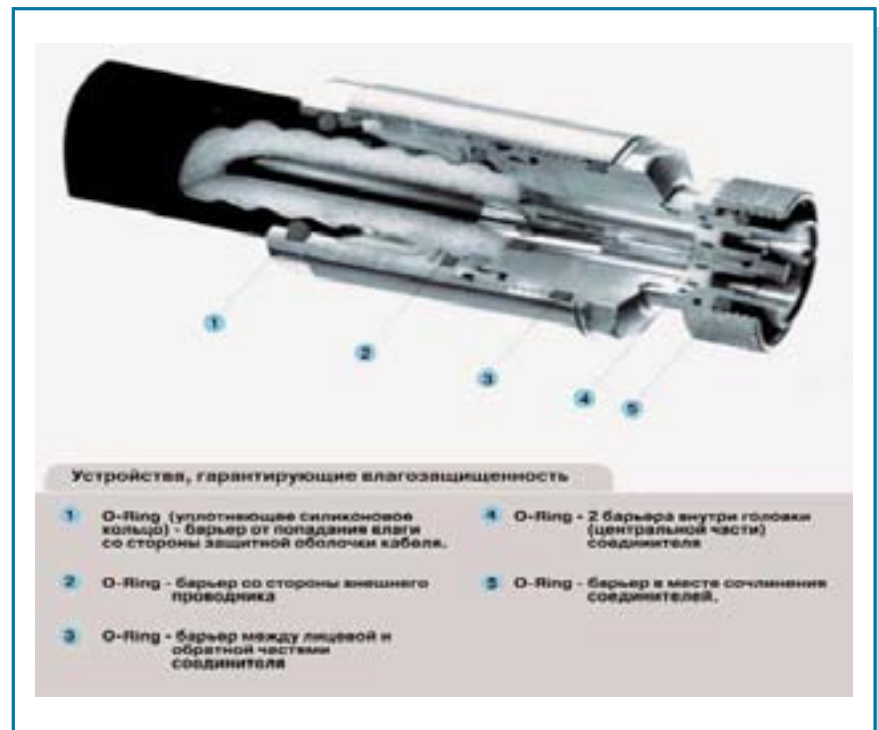


Рис. 3. Применение силиконовых прокладок в соединителе для обеспечения влагостойкости

Название	Диапазон рабочих температур	Материал	Коэффициент термоусадки	Температура термоусадки	Пожаро опасность
MDFA	от -35°C до +130°C	полиэтилен	до 4,5	+135°C (мин.)	не горюч от Ø27 мм и выше
MDFA-F 471	от -55°C до +130°C	полиэтилен	до 4,5	+135°C (мин.)	не горюч от Ø27 мм и выше
HDTA	от -55°C до +130°C	полиэтилен	до 4	+135°C (мин.)	не горюч

Таблица. 1. Технические характеристики ТУТ фирмы 3М

Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм	Толщина стенок после усадки, мм	Толщина клеевого слоя после термоусадки, мм
12,0	3,0	2,5	0,7
19,0	6,0	3,3	0,8
27,0	6,0	3,3	0,8
32,0	7,5	3,3	0,8
38,0	12,0	3,3	0,8
50,0	18,0	3,3	0,8
70,0	26,0	3,3	0,8
90,0	36,0	3,3	0,8
120,0	40,0	3,3	0,8

Таблица. 2. ТУТ MDT-A\MDT-A-F 471 -Номенклатура

Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм	Толщина стенок после усадки, мм	Толщина клеевого слоя после термоусадки, мм
12,0	3,0	3,2	0,7
19,0	6,0	3,3	0,8
30,0	8,0	4,8	0,8
38,0	12,0	4,8	0,8
48,0	15,0	4,8	0,8
85,0	26,0	4,8	0,8
115,0	38,0	4,8	0,8

Таблица. 3. ТУТ HDT-A Номенклатура

страненным из которых в России является герметик **Plast 2000** (Sprinnet, Германия). Этот компаунд имеет хорошую адгезию к металлическим частям соединителя и оболочки кабеля. Процесс заполнения полости соединителя зависит от температуры и влажности окружающей среды, в нормальных климатических условиях компаунд заполняет соединитель достаточно быстро. **Plast 2000** выпускается в тубиках объемом 20 и 70 куб. см. Типичный расход этого герметика в соединителях для кабеля 1/2" - 4 куб. см, для 5/8" - 6 куб. см, 7/8" - 7 куб. см, 1 1/4" - 15 куб. см, 1 5/8" - 20 куб. см, 2 1/4" - 28 куб. см.

После установки соединителей на кабели место заделки герметизи-

руют с помощью термоусаживающихся трубок (ТУТов). Эти трубки выпускаются как отечественными, так и зарубежными производителями, имеют широкую номенклатуру и варианты исполнения: отечественные - без, и импортные - с подклеивающим слоем. Основное свойство этих трубок - при нагревании усаживаться до требуемого диаметра, тем самым обеспечивая герметизацию конструкции, находящейся под трубкой. Обычный коэффициент усадки по диаметру составляет 2 (отечественные трубки) и 3-4 (импортные трубки). Рабочий диапазон ТУТов производства Raychem (Бельгия) - от -60°C до +70°C, 3М (США) - от -55°C до +130°C, России - от -60°C до +90°C.

Номенклатура рекомендуемых ТУТов дана ниже. Выбор трубок по диаметрам диктуется диаметрами кабеля и соединителя. Широкая гамма размеров трубок позволяет выбрать оптимальный вариант для герметизации данного конкретного соединителя и кабеля.

ТУТ фирмы 3М, США

MDT-A - среднестенная трубка с клеевым подслоем, специально разработана для обеспечения надежной и гибкой изоляции соединений и мест повреждения кабелей, клеевой подслоем обеспечивает отличную герметизацию.

MDT-A-F 471 - модифицированная трубка MDT-A для изоляции соединений и мест повреждений кабелей с расширенным диапазоном рабочих температур.

HDT-A - толстостенная трубка с клеевым подслоем - наиболее прочная, для использования в тяжелых условиях, обеспечивает очень прочную и долговечную изоляцию мест соединения с отличной герметизацией за счет клеевого подслоя.

Трубки поставляются длиной 1 м.

ТУТ фирмы Tусо Electronics Raychem, Бельгия

MWTM - среднестенная трубка с клеевым подслоем, специально разработана для обеспечения надежной и гибкой герметизации соединений и мест повреждения кабелей, клеевой подслоем обеспечивает отличную адгезию.

Трубки поставляются длиной 1 м.

Отечественные ТУТ

Трубки выпускаются по ТУ 95 1613-87, выполнены из радиационномодифицированного полиэтилена, не имеют клеевого подслоя, поэтому рекомендуются для применения с клеем-расплавом, например, марки КР-1, который накладывают "горячим способом". Условное обозначение трубок при заказе состоит из букв ТУТ и двух групп цифр, где числитель обозначает внутренний диаметр трубки до, а знаменатель - после усадки.

Поставляется в бухтах.

Клей-расплав КР-1 (ТУ 2242-001-17618537-99) представляет собой однородную каучукоподобную массу в виде стержней, прутков диаметром 15-40 мм и длиной 150-400 мм.

Отечественная номенклатура в ТУТ включает широкую гамму размеров: от 10 до 195 мм (диаметр до усадки) и соответственно от 5 до 102 мм (диаметр после усадки).

Приведенные выше ТУТы отличаются не только температурой эксплуатации, но и такими параметрами, как толщина стенок, равномерность, коэффициент усадки, поставочная длина, цена и пр.

Выбор оптимальную по параметрам трубку помогут консультации со специалистами.

Приняв все меры к обеспечению влагостойкости радиочастотных кабелей, соединителей и мест их заделки, тем не менее, обезопасить тракт от проникновения влаги необходимо и в местах сочленений фидеров, джамперов и аппаратуры.

В этой области существуют разные подходы к герметизации, учитывающие прежде всего условия, при которых проводят монтаж оборудования, удобство эксплуатации и проведения регламентных работ. Наиболее часто используют метод герметизации путем обмотки мест сочленения сначала **лентами из резиновой мастики типа ScotchFill** (производитель 3М, США), М 14-16 (Россия), затем поверх мастичных лент накладывают обмотку из всепогодных ориентированных ПВХ-лент типа **Scotch Super 33+**, **Scotch 23T** (самовулканизирующаяся лента). При обмотке мест стыка лентами необходимо строго следовать инструкции, поскольку место герметизации стыков должно иметь с двух сторон конусность для стекания воды при вертикальной подвеске кабелей.

Параметры лент для герметизации стыков и сочленений приведены в таблице 7.

Иногда места стыков и сочленений герметизируют с помощью ТУТов, но неудобство их использования очевидно, поскольку трубку надо надеть на джампер до монтажа и затем это место нагреть равномерно с помощью термопистолетов. К тому же

Название	Диапазон рабочих температур	Материал	Коэффициент термоусадки	Температура термоусадки	Пожаро-опасность
MWTM	от -60°C до +70°C	полиэтилен	до 4	+125°C (мин.)	не указана

Таблица 4. Технические характеристики ТУТ фирмы Raychem

Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм
10,0	3,0
12,0	3,0
16,0	5,0
25,0	8,0
35,0	12,0
50,0	16,0
63,0	19,0
70,0	26,0
75,0	22,0
90,0	36,0
95,0	29,0
115,0	34,0
120,0	40,0
140,0	42,0
160,0	50,0
164,0	80,0
180,0	60,0
195,0	102,0

Таблица 5. MWTM Номенклатура

при большой разнице в диаметрах стыкующихся соединителей и кабелей трудно подобрать нужную трубку. Стыковка, например, джампера с антенной происходит на высоте мачты, и в этих условиях особенно важ-

ны время и простота процедуры герметизации. Учитывая эту специфику, существуют устройства для герметизации стыков и сочленений, не требующие никаких инструментов, быстро и просто устанавливаемые на

Название	Диапазон рабочих температур	Материал	Коэффициент термоусадки	Температура термоусадки	Пожаро-опасность
ТУТ	от -60°C до +90°C	полиэтилен	2	+125°C (мин.)	не указана

Таблица 6. Технические характеристики отечественных ТУТ

№ п/п	Марка	Производитель	Параметры
1	Scotch Fill	3М, США	Изоляционная мастика, 38мм x 1,5мм x 3,2мм. Температура эксплуатации от -60 до +85°C. Критическое удлинение 1000%*
2	Scotch Super 33+	3М, США	ПВХ-ориентированная изолянта, 19мм x 20,1мм x 0,177мм. Температура при монтаже - не ниже минус 18°C, максимальный нагрев - до +105°C. Критическое удлинение 250%.
3	Scotch 88T	3М, США	ПВХ-ориентированная изолянта, 19мм x 11мм x 0,21мм. Температура при монтаже не ниже минус 18°C, максимальный нагрев до +105°C. Критическое удлинение 250%.
4	Scotch 23T	3М, США	Самовулканизирующаяся лента 19мм x 9,5мм x 0,762мм. Выдерживает температуру до 130°C. Сжимается в 10 раз
5	221213	Andrew, США	Комплект из 6 рулонов резиновой мастики (653мм x 60мм x 3мм), 2 ленты ПВХ (19мм x 20,1мм x 0,177мм) и 1 ПВХ лента (51мм x 0,177 x 5м)
6	МГ 14-16	Россия, Москва	Резиновая мастика герметизирующая лента, 45мм x 2мм x 2м
7	Абрис	Россия, Дзержинск	Лента - резиновая мастика (аналог ScotchFill), сменная партия

Таблица 7. Ленты для герметизации

Выводы и рекомендации

1. При построении фидерного тракта желательно выбирать влагостойкие радиочастотные кабели и соединители.
2. Фидерный тракт необходимо тщательно защищать от проникновения влаги.
3. Существует много качественных материалов для герметизации соединителей и сочленений фидерного тракта с аппаратурой.
4. Оптимальный вариант герметизации фидерного тракта могут подобрать профессионалы, специализирующиеся в этой области.



Рис. 4. Муфта для герметизации места сочленения двух кабелей с гелеобразным уплотнением по периметру

стыки. К ним относятся устройства холодной усадки фирмы 3М (США) и гелевая муфта фирмы Tусо Electronics Raychem (Бельгия).

Устройство холодной усадки представляет собой радиально растянутую трубку, удерживаемую цилиндрическим каркасом в виде уложенных по спирали и соединенных друг с другом полосок из полиэтилена, концы которых выведены из трубки. Трубка надевается на место стыка, конец внутренней полоски выдергивается и трубка осаживается на стык, обеспечивая плотное обжатие места стыка. Под каждый стандартный стык, например, джампер 1/2"- кабель 7/8", джампер 1/2"- кабель 1 1/4" и т.д. используется трубка холодной усадки своего размера. Для выравнивания большого перепада диаметров в комплект поставляемых трубок холодной усадки входит полоска из вспененного материала. Ее накладывают на кабель меньшего диаметра перед тем, как одеть трубку. Это создает определенные неудобства при сочленении фидеров и джамперов, выполняемых на высоте. Именно поэтому устройство холодной усадки не нашло широкого применения при монтаже систем радиосвязи.

Гелевая муфта представляет собой пластмассовую муфту, состоящую из двух защелкивающихся полуцилиндров с отверстиями для ввода стыкуемых кабелей. Внутри муфты имеются выемки, куда помещают-

ся соединители стыкуемых кабелей. Особенность этой муфты заключается в том, что места стыков полуцилиндров и мест ввода кабелей имеют канавки, в которые вставлены не засыхающие гелеобразные полоски, обеспечивающие влагозащиту места стыка. Эта муфта многоразовая, что очень удобно в эксплуатации, когда требуется отсоединение и повторное соединение кабелей, например, при замене антенны, регламентных испытаниях параметров фидерного тракта и т.п. Состав геля не рассекречивается, технология новая и пока на российском рынке эти муфты только начинают предлагаться.

Внешний вид гелевой муфты показан на рис. 4.

В настоящее время могут быть предложены муфты на стандартное сочленение фидерного кабеля 7/8" с джампером 1/2" (максимальный диаметр соединителей - 43 мм). Температура эксплуатации муфты от -30°C до + 80°C (тест на более низкую температуру еще не проводился).

Литература:

1. Мальков Б.В., Дорезюк Н.И. Состояние и перспективы развития отечественных и зарубежных радиочастотных коаксиальных кабелей с малым затуханием, Антенны, № 7 (53) 2001 г., стр.59-69;
2. Дорезюк Н.И. Радиочастотные кабели для систем мобильной радиосвязи, Вестник связи, № 2, 2002 г., стр.34-38;
3. Дорезюк Н.И. Рекомендации по выбору и эксплуатации фидеров, Информост, № 5 (23), 2002 г., стр.11-15



ООО "КАБЕЛЬНЫЕ РАДИОСИСТЕМЫ +"

141009, г. Мытищи Московской обл.,

ул. Карла Маркса, д. 4 а, офис 503

тел./ факс: (095) 583-34-92, 728-90-99

<http://www.crs.ru>

E-mail: info@crs.ru