

# Требования к трубам для прокладки силовых кабельных линий

*Почти год назад на страницах журнала «КАБЕЛЬ-news» была опубликована статья [1], в которой был поднят вопрос о тех первоочередных требованиях, которые следует предъявлять к трубам для прокладки силовых кабельных линий 6—500 кВ. В новом материале хотелось бы продолжить поднятую в статье тему.*

**Михаил ДМИТРИЕВ, ПКБ «Росэнергомонтаж», доцент, к.т.н., Санкт-Петербург**

**В** статье [1] отмечалось, что в последнее время кабели размещают в трубах холодного водоснабжения, выполненных из полиэтилена низкого давления ПНД, предназначенного для работы в температурном диапазоне до 40°C [2]. Допустимость такого технического решения никем не проверялась, соответствующих испытаний не проводилось, опыт эксплуатации не анализировался.

Вместе с тем есть основания считать, что прокладка кабельных линий в ПНД-трубах является нежелательной. Дело в том, что современные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена в нормальном режиме имеют температуру до 90°C, а с учётом возможных перегрузок и коротких замыканий — ещё больше. Столь существенное различие в рабочих температурах кабелей (90°C) и труб (до 40°C), в которых они прокладываются, может привести к нежелательным последствиям, например, к слипанию кабеля и трубы или к деформации трубы, в результате чего кабель нельзя будет извлечь из трубы в случае такой необходимости.

Несоответствие характеристик ПНД-труб холодного водоснабжения условиям совместной работы с силовыми кабельными линиями 6—500 кВ подтвердили и участники заседания Ассоциации электрообеспечения городов России «ПРОГРЕССЭЛЕКТРО», которое проходило в начале июня 2014 года в Нижнем Новгороде. Тогда же один из специалистов обратил внимание на то, что, например, в Московской

кабельной сети для прокладки кабелей применяют так называемые двустенные гофрированные трубы, которые, по его мнению, больше подходят для этих целей, нежели ПНД.

Какими характеристиками всё же должны обладать полимерные трубы для прокладки кабельных линий? Попробуем разобраться, для чего последовательно рассмотрим все те трубы, которые производители систем водоснабжения и систем водоотведения (канализации) вот уже не первый год пытаются «приладить» для нужд электроэнергетики: дренажные (гофрированные), холодного и горячего водоснабжения.

## **ДРЕНАЖНЫЕ ТРУБЫ**

Всем имеющим дачные участки известны современные дренажные трубы (рис. 1). Они предназначены для сбора и отведения воды с участков в дренажные колодцы, в пруды и канавы. Дренажные трубы диаметром 50—200 мм можно найти в любом строительном магазине. Такие трубы выполняются гофрированными, что придаёт им гибкость, необходимую при монтаже и позволяющую продавать их удобными для покупателей бухтами. Трубы более высокого диаметра в бухту смотать сложнее, и они продаются прямыми кусками определённой длины.

Дренажные трубы в большинстве своём имеют перфорацию — небольшие отверстия или надрезы, благодаря которым вода из грунта попадает внутрь трубы и далее уже в систему водоотведения.

**Рис. 1. Дренажная гофрированная труба с перфорацией, обмотанная геотекстилем**



С целью предотвращения попадания мелких частиц грунта внутрь трубы снаружи она оборачивается геотекстилем (на рис. 1 это светло-серая ткань).

Чаще всего дренажные трубы выполняются чёрного цвета, но изготовить можно и любые другие. Также на рынке в ассортименте представлены различные соединители для труб, тройники и переходники, заглушки и воронки, смотровые колодцы.

Простота производства привела к высокой конкуренции на рынке дренажных и канализационных труб, и с течением времени предприниматели стали искать новые возможности для сбыта гофрированных труб. Например, гофрированные трубы оказались удобны для выполнения скрытой электропроводки в сетях низкого напряжения 0,4 кВ (рис. 2). Так, в настоящее время почти в любом магазине электротоваров в наличии имеется гофрированная труба серого цвета диаметром от одного до нескольких сантиметров, упакованная в бухты по 50 или 100 метров. Разумеется, такая труба уже не имеет перфорации и не обмотана геотекстилем, а для удобства протяжки кабеля внутри трубы предусмотрена специальная тонкая стальная проволочка, которая получила название «кондуктор».

Идея применения гофрированных труб при монтаже кабельно-проводниковой продукции, успешно реализованная в сетях 0,4 кВ, привела к тому, что появились фирмы, предлагающие такие трубы уже не только для сетей 0,4 кВ, но и для 6 кВ и выше. Разумеется, перед выходом на рынок силовых кабельных линий 6—500 кВ обычные гофрированные трубы потребовали «доработки». Её необходимость была связана с тем, что в отличие от сетей 0,4 кВ в сетях 6—500 кВ рабочая температура кабелей значительна: для бумажно-пропитанной изоляции —

70°C, для изоляции из сшитого полиэтилена — 90°C. Таким образом, «доработка» гофрированных труб должна была заключаться в придании им термостойких свойств. Итогом работы стал выход на кабельный рынок двустенных гофрированных труб (рис. 3).

В сети интернет и в каталогах на подобную двустенную гофрированную трубу указывается, что она имеет два слоя:

- внешний, выполненный из ПНД (полиэтилен низкого давления);
- внутренний, выполненный из ПВД (полиэтилен высокого давления).

Также указывается, что эта труба предназначена для работы в диапазоне температур до 90°C. Именно прямое указание в каталогах на рабочую температуру до 90°C вроде бы и позволяет применять трубу для прокладки силовых кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена, если бы не одно важное «но».

Как известно, температура плавления полиэтилена низкого давления ПНД по ГОСТ 16338 составляет 135°C. Температура же плавления полиэтилена высокого давления ПВД по ГОСТ 16337 составляет всего 103°C, т.е. ПВД ещё меньше подходит для работы вместе с силовыми кабельными линиями, чем ПНД, которому посвящена статья [1].

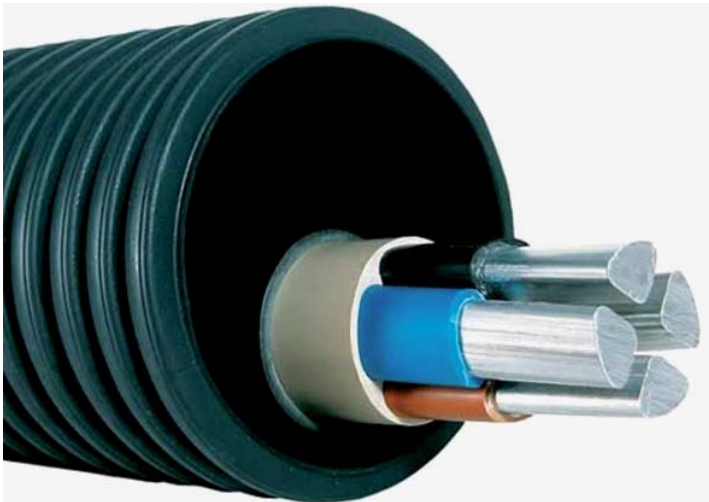
На самом деле появление у гофрированной трубы внутреннего слоя из ПВД не имеет никакого отношения к решению задачи придания трубе термостойкости, необходимой для использования трубы совместно с силовыми кабелями 6—500 кВ.

Внутренний слой из ПВД — это всего лишь своеобразная основа, на которую наклеивается внешний слой из ПНД, что позволяет увеличить кольцевую жёсткость трубы, не теряя её гибкости. Однако при этом применение мягкого и вязкого ПВД-слоя создаёт дополнительное сопротивление при протяжке

**Рис. 2. Электропроводка 0,4 кВ, выполненная гофрированными трубами**





**Рис. 3. Двустенная гофрированная труба, предлагаемая для силовых кабелей****Рис. 4. Кабельная линия 0,4 кВ, уложенная в двустенную гофрированную трубу**

кабеля внутри трубы, что может привести к нежелательным последствиям. Поэтому попытка ряда фирм выдать наличие ПВД-слоя за специальное преимущество двустенных труб, важное при прокладке силовых кабелей, на самом деле является нечестным, а указание в каталогах температуры эксплуатации 90°C — откровенным вводом в заблуждение.

Предлагаемая на рынке двустенная гофрированная труба, материал которой плавится уже при 103°C, никак не может использоваться совместно

с кабельными линиями, имеющими длительно допустимую температуру 90°C (при перегрузках и коротких замыканиях температура ещё больше). Поэтому применение двустенных гофрированных труб для прокладки кабельных линий 6—500 кВ является ошибочным техническим решением, причина которого кроется в неверно указанной в каталоге рабочей температуре 90°C.

Единственная технически обоснованная область применения гофрированных двустенных труб в электроэнергетике — это выполнение электропроводки в сетях до 1 кВ (рис. 4, 5). Только в сетях до 1 кВ температурный режим кабелей отвечает реальным характеристикам ПНД/ПВД-труб.

Даже если представить, что производителям двустенных гофрированных ПНД/ПВД-труб действительно удалось бы довести рабочую температуру труб до рекламируемых значений в 90°C (с применением ПВД-слоя это невозможно), то и в этом случае такие трубы всё равно не могли бы применяться в кабельных сетях 6—500 кВ.

Причина очень проста — эти гофрированные трубы не могут быть проложены методом горизонтально направленного бурения (ГНБ), ставшего незаменимым при прокладке кабелей 6—500 кВ, ведь для использования ГНБ труба должна быть стойкой к растяжению (важно при затяжке трубы в грунт) и

**Рис. 5. Кабельные линии 0,4 кВ, уложенные в двустенную гофрированную трубу и располагаемые в траншее**

обладать достаточной кольцевой жёсткостью (чтобы её не сдавил грунт).

### **ТРУБЫ ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Согласно п. 6.11.4 Стандарта СТО «Силовые кабельные линии напряжением 110—500 кВ. Условия создания. Нормы и требования» [3] при прокладке кабельных линий в трубах рекомендуется использовать полиэтиленовые трубы низкого давления, выполненные по ГОСТ 18599-2001 «Трубы напорные из полиэтилена» [2]. В настоящее время применение таких труб является массовым.

В соответствии с этим ГОСТ полиэтиленовые трубы низкого давления (ПНД) предназначены для длительной эксплуатации в диапазоне температур до 40°C, поскольку являются трубами холодного водоснабжения. Вместе с тем у кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена рабочая температура достигает 90°C, а с учётом перегрузок и того выше. Почему же ПНД-трубы активно применяются вопреки явному несоответствию их характеристик условиям работы кабельных линий?

ПНД-трубы (рис. 6) обладают рядом свойств, которые оказались востребованы в кабельном сетевом строительстве: они относительно недорогие, имеют хорошую кольцевую жёсткость (при правильном выборе толщины стенки), без особого труда могут быть спаяны друг с другом для образования протяжённого участка. Из всех труб, которые были на рынке на момент разработки стандарта [3], лишь ПНД-трубы по совокупности характеристик могли быть использованы для прокладки кабельных линий методом горизонтально направленного бурения.

Также следует отметить, что при создании стандарта [3] прокладка кабелей в трубах подразумевалась на относительно небольших участках, таких, как проколы под дорогами, железнодорожными путями, водоёмами. Разработчики [3] вряд ли могли предполагать, что столь популярной станет прокладка кабелей в проколах длиной вплоть до 1000 метров и даже больше, где условия охлаждения кабелей уже совсем не такие благоприятные, как на небольших участках.

В условиях дорогостоящих протяжённых проколов несоответствие рабочей температуры ПНД-трубы и кабельной линии не может быть оставлено без внимания. Поэтому разработка и внедрение в сетях специальных термостойких кабельных труб — это актуальная задача, решив которую удастся завершить период вынужденного применения ПНД-труб водоснабжения, долгие годы не имевших альтернативы в электросетевом строительстве.

Если труба холодного водоснабжения не является термостойкой, то труба горячего водоснабжения уже лишена такого недостатка. Так, например, ко-

**Рис. 6. ПНД-трубы холодного водоснабжения**



**Рис. 7. Китайские трубы «Power Cable Protection Pipe» для защиты силовых кабелей**

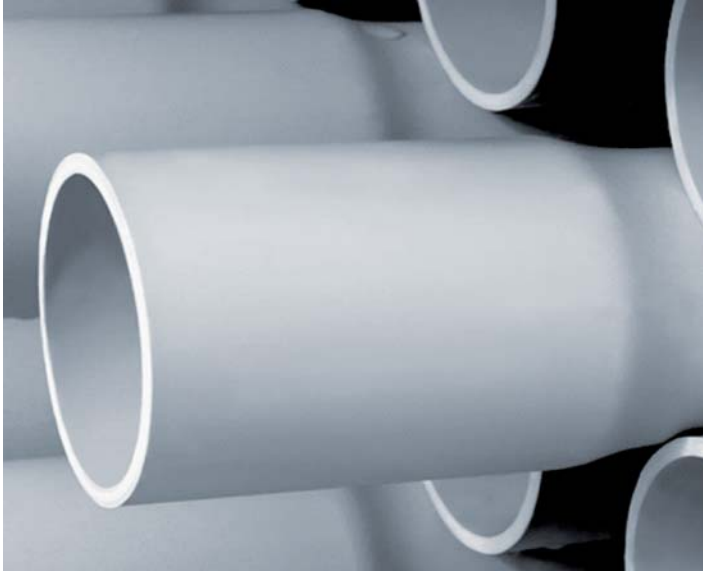


рейские и китайские компании предлагают для прокладки силовых кабелей трубы из поливинилхлорида (ПВХ), хлорированного поливинилхлорида (Х-ПВХ) или полипропилена, называя их в каталогах Power Cable Protection Pipe (трубы для защиты силовых кабелей) (рис. 7), где справедливо указывают рабочие температуры вплоть до 90°C. Другой пример: крупнейший производитель пластиковых труб — американская компания Eagle — для кабельных линий производит трубы только из термостойких полимеров с рабочей температурой 90°C, называя их Electrical conduit (рис. 8).

К сожалению, упомянутые зарубежные трубы не являются гибкими и сложнее свариваются друг с другом в сравнении с ПНД, что в отличие от ПНД не



**Рис. 8. Американские трубы «Electrical conduit» для защиты силовых кабелей.**



позволяет использовать их для нужд горизонтально направленного бурения. Например, для соединения труб Electrical conduit на одном из концов они имеют раструб. Несмотря на названные преимущества и недостатки зарубежных термостойких труб совершенно ясно другое — за границей признают необходимость прокладки кабелей в термостойких трубах, а о применении для этих целей ПНД речи не идёт!

### ТРЕБОВАНИЯ К ТРУБАМ

К настоящему времени для прокладки силовых кабельных линий 6—500 кВ в нашей стране и за рубежом пытались использовать практически весь ассортимент труб, выпускаемых для нужд водоснабжения и канализации. Это были и дренажные гоф-

рированные трубы, и трубы холодного водоснабжения из полиэтилена низкого давления ПНД, и трубы горячего водоснабжения из поливинилхлорида ПВХ. Однако полностью удовлетворить требованиям прокладки силовых кабелей так и не получилось, а ведь эти требования понятны любому кабельщику:

- термостойкость;
- возможность прокладки методом горизонтально направленного бурения (труба должна быть гибкой, прочной, подвергаться стыковой сварке);
- возможность извлечения кабеля из трубы с целью его ремонта или замены.

Может быть, специалистам-энергетикам нужно наконец чётко сформулировать эти три простых требования и дать задание промышленности на разработку труб, которые бы полностью им удовлетворяли?

Ведь нельзя назвать нормальной ситуацию, когда для прокладки кабельных линий, стоимость каждого километра которых с учётом монтажа достигает 50—100 млн рублей, используются явно не подходящие для этих целей дренажные трубы или трубы систем водоснабжения, не имеющие никакого отношения к электротехнике ни по характеристикам, ни по происхождению!

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев М.В. Термическая стойкость кабельных линий 6—500 кВ. Требования к полиэтиленовым трубам. «КАБЕЛЬ-news», 2014, № 1, с. 28—33.
2. ГОСТ 18599-2001 «Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия».
3. СТО 56947007-29.060.20.072-2011 «Силовые кабельные линии напряжением 110—500 кВ. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования» (Москва, ОАО «ФСК ЕЭС», 2011).

А.И.Листратенков

**Т**ЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
**О**СНОВЫ  
**К**ОНСТРУИРОВАНИЯ  
СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ  
и проводов

В книге рассматриваются основные варианты конструктивных исполнений токопроводящих жил (ТПЖ) и кабельных сердечников, которые применяются в производстве силовых кабелей на напряжение переменного тока до 35 кВ и постоянного тока до 75 кВ.

Теоретически обосновывается универсальный метод расчёта параметров ТПЖ, технологической оснастки и кабельных сердечников, а также современная технология изготовления силовых кабелей. Практическое применение универсального метода расчёта показано на примерах. Главная цель разработки теоретических основ конструирования силовых кабелей — обеспечение качества, надёжности, безопасности и заданного срока службы кабельных линий.

Книга предназначена для инженерно-технических работников проектных, заводских и эксплуатационных служб, а также для студентов энергетических вузов.

Цена книги договорная, обращаться по e-mail: [vmilgram@list.ru](mailto:vmilgram@list.ru) или по телефону +7 916 616 3533.