

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«АВТОДОР»)

Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006
тел.: (495) 727-11-95, факс: (495) 249-07-72
e-mail: info@ruhw.ru
www.ruhw.ru

Директору по развитию
ООО «Энерготэк»

А.А. Силаеву

02.12.2024 № 28539-ТП

на № _____ от _____

173502, Новгородская область, Новгородский
р-н, тер. Зона П2, зд. 12/1, помещ. 2

Уважаемый Александр Алексеевич!

Рассмотрев материалы, представленные письмом от 19.11.2024 № 441, продлеваем согласование стандарта организации ООО «Энерготэк» СТО 34311042-0001-2024 «Трубы защитные ПРОТЕКТОРФЛЕКС из полимерной композиции повышенной термостойкости для прокладки электрических кабелей. Описание и методика расчета» для добровольного применения на объектах Государственной компании сроком на три года с даты настоящего согласования.

Ежегодно в наш адрес необходимо направлять аналитический отчет:

- с результатами мониторинга и оценкой применения материалов в соответствии с требованиями согласованных стандартов на объектах Государственной компании и прочих объектах;

- по взаимодействию с ФАУ «РОСДОРНИИ» о включении продукции по СТО 34311042-0001-2024 в Реестр новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения (в случае соответствия критериям включения).

Контактное лицо: заместитель директора Департамента проектирования, технической политики и инновационных технологий Ильин Сергей Владимирович, тел. (495) 727-11-95, доб. 33-07, e-mail: S.Ilyn@russianhighways.ru.

Заместитель председателя правления
по технической политике



В.А. Ермилов

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЭНЕРГОТЭК»**

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СТО 34311042-0001-2024**

**ТРУБЫ ЗАЩИТНЫЕ «ПРОТЕКТОРФЛЕКС»
ИЗ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ
ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ
ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

ОПИСАНИЕ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА

Издание официальное

**Санкт-Петербург
2024**

СОДЕРЖАНИЕ

	Лист
1. Введение	3
2. Нормативные ссылки	4
3. Обозначения и сокращения	5
4. Общая информация о трубах ПротекторФлекс®	6
4.1. Конструкция и классификация труб	6
4.2. Область применения труб	7
4.3. Преимущества труб	8
4.4. Типоразмеры труб	10
4.5. Обозначение труб	11
5. Типы и описание труб ПротекторФлекс®	13
5.1. Термостойкие токопоисковые трубы ПротекторФлекс® ОМП	13
5.2. Термостойкие трубы с внутренним негорючим слоем ПротекторФлекс® БК	15
5.3. Термостойкие трубы с внутренним негорючим слоем и защитной оболочкой ПротекторФлекс® ПРО	17
5.4. Термостойкие защитные трубы ПротекторФлекс® СТ	20
5.5. Термостойкие УФ-стойкие не распространяющие горение трубы ПротекторФлекс® НГ	22
5.6. Термостойкие гофрированные УФ-стойкие не распространяющие горение трубы ПротекторФлекс® ПК	23
6. Характеристики труб ПротекторФлекс®	26
6.1. Диаметр, толщина стенки, кольцевая жесткость труб	26
6.2. Предельное усилие тяжения труб	28
6.3. Расчетная масса труб	30
6.4. Радиус изгиба труб	32
6.5. Способы соединения труб	33

7. Комплектующие для труб ПротекторФлекс®	34
7.1. Уплотнители ПротекторФлекс® УВК	34
7.2. Воронки ПротекторФлекс® ВЗК	35
7.3. Заглушки ПротекторФлекс® ЗУП	37
7.4. Переходы ПротекторФлекс® ТАП	37
7.5. Муфты электросварные Энерготэк МЭС	38
8. Основные методы прокладки электрических кабелей в трубах ПротекторФлекс®	40
8.1. Общая информация о прокладке кабелей в трубах	40
8.2. Траншейная прокладка труб	41
8.3. Бестраншейная прокладка труб методом ГНБ	43
8.4. Бестраншейная прокладка труб методом прокола	46
8.5. Прокладка труб по конструкциям	47
9. Механический расчет для выбора труб ПротекторФлекс®	48
9.1. Механический расчет для прокладки траншейным способом	48
9.2 Механический расчет для прокладки методом ГНБ	50
9.3. Механический расчет для прокладки по конструкциям	55
10. Типовые решения прокладки электрических кабелей в трубах ПротекторФлекс®	58

1. Введение

1.1. Альбом проектных решений и технических рекомендаций с применением труб ПротекторФлекс® предназначен для специалистов, которые занимаются проектированием, монтажом и эксплуатацией силовых кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ.

1.2. При строительстве кабельных линий до 500 кВ следует использовать гладкостенные полимерные трубы. Применение гофрированных труб в сетях 6-500 кВ допустимо исключительно в местах заходов кабельных линий в концевые распределительные устройства электрических станций и подстанций в случаях, когда кабельная линия имеет значительные изгибы трассы.

1.3. Альбом содержит основную информацию, необходимую для применения на объектах полимерных термостойких труб ПротекторФлекс®.

1.4. Трубы ПротекторФлекс® специально разработаны для нужд прокладки кабелей классов номинального напряжения 6-500 кВ траншейными, бестраншейными методами, в частности методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ), а также по искусственным сооружениям.

1.5. Трубы ПротекторФлекс® производятся из полимерной композиции повышенной термостойкости, являются многослойными и позволяют обеспечить:

- надежную и безаварийную работу кабельных линий;
- достоверные испытания и поиск места повреждения кабелей;
- экономичность, удобство и безопасность монтажных работ;
- возможность ремонта, демонтажа и перекладки кабельных линий;
- сохранение всех геометрических и прочностных характеристик труб в случае перегрузки и перегрева кабельных линий;
- предотвращение повреждения кабельных линий в случае просадки грунта или дорожного покрытия.

1.6. Полимерные многослойные трубы марки ПротекторФлекс® являются уникальным инновационным техническим решением. Замена предусмотренных проектной документацией труб ПротекторФлекс® на другие трубы может привести к снижению эффективности, надежности, безопасности, ремонтпригодности кабельной линии.

1.7. Полимерные трубы серии ПротекторФлекс® выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015 и ТУ 2248-001-34311042-2015.

1.8. Полимерные трубы ПротекторФлекс® внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11 декабря 2015 года).

1.9. Наиболее актуальная информация по трубам ПротекторФлекс® всегда есть на сайте компании в сети Интернет: www.energotek.ru

2. Нормативные ссылки

Применение полимерных труб при строительстве кабельных линий, отражено в следующих нормативно-технических документах:

- ГОСТ Р 70751-2023 Трубы термостойкие полимерные для прокладки силовых кабелей напряжением от 1 до 500 кВ. Общие технические условия.
- ГОСТ Р 70819-2023 Производство электромонтажных работ. Прокладка кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 35 кВ включительно в земле (в траншее).
- СП 341.1325800.2017 Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением
- СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.
- ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок.
- СТО ПАО «ФСК ЕЭС» 56947007-29.060.20.071-2011 (изм.1) Силовые кабельные линии напряжением 110-500 кВ. Условия создания. Нормы и требования
- СТО ПАО «ФСК ЕЭС» 56947007-29.060.20.020-2009 Методические указания по применению силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10 кВ и выше.
- СТО ПАО «Россети» 34.01-21.1-001-2017 (изм.1) Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ. Требования к технологическому проектированию.
- Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе».
- СТО ПАО «Россети» 34.01-2.3.3-038-2021 Трубы для прокладки кабельных линий напряжением свыше 1 кВ. Общие технические требования.
- СТО ПАО «Россети» 34.01-2.3.3-037-2020 Трубы для прокладки кабельных линий напряжением выше 1 кВ. Методика входного контроля на объектах электросетевого строительства.
- ТР-102-2024 Альбом проектных решений и технических рекомендаций по проектированию кабельных линий 6-330кВ.

3. Обозначения и сокращения

ГНБ – горизонтально направленное бурение

ж/б – железобетонный

КЛ – кабельная линия

ОМП – определение места повреждения

ПВД – полиэтилен высокого давления

ПВХ - поливинилхлорид

ПГС – песчано-гравийная смесь

ПНД – полиэтилен низкого давления

ПП – полипропилен

ПУЭ – правила устройства электроустановок

СПЭ – сшитый полиэтилен

4. Общая информация о трубах ПротекторФлекс®

4.1. Конструкция и классификация труб

4.1.1. Полимерные трубы марки ПротекторФлекс® выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015 и ТУ 2248-001-34311042-2015.

4.1.2. Трубы ПротекторФлекс® производятся методом экструзии из полимерной композиции повышенной термостойкости и имеют гладкую наружную и внутреннюю поверхности.

4.1.3. Полимерные трубы марки ПротекторФлекс® имеют многослойную конструкцию. Число слоев может достигать четырех. Трубы классифицируются по числу слоев и их функциональному назначению.

4.1.4. Требования к внутренним и внешним слоям полимерных труб различны. Только многослойная конструкция трубы позволяет достичь необходимых свойств трубы отдельно для внутреннего слоя, контактирующего с кабелем, основного слоя, несущего механическую нагрузку и отвечающего за отвод тепла от кабеля, а также для наружных покрытий, контактирующих с окружающей средой (как на стадии прокладки трубы, так и в процессе ее эксплуатации).

4.1.5. Многослойная труба ПротекторФлекс® дает возможность снизить стоимость кабельной линии для Заказчика, поскольку при производстве такой трубы дорогостоящие узкоспециальные полимерные компоненты используются не по всей толщине стенки, а лишь в определенных слоях.

4.1.6. Трубы ПротекторФлекс® классифицируются:

- по области применения;
- по внешнему диаметру трубы D и толщине ее стенки e ;
- по кольцевой жесткости SN и предельному усилию тяжения F_{MAX} ;
- по длительно допустимой температуре эксплуатации;
- по стойкости внутреннего и наружного слоев к воздействию пламени;
- по наличию дополнительной защитной оболочки повышенной твердости;
- по наличию функции определения места повреждения кабеля в трубе.

4.1.7. При классификации труб ПротекторФлекс® не используется понятие стандартного размерного отношения SDR , поскольку оно является характеристикой напорных трубных систем (систем, имеющих высокое внутреннее давление), тогда как кабельные трубы являются безнапорными и не имеют внутреннего давления.

4.1.8. Ассортимент ПротекторФлекс® состоит из пяти марок термостойких многослойных полимерных труб:

- труба ПротекторФлекс® СТ для кабелей до 500 кВ;
- труба ПротекторФлекс® БК для кабелей до 500 кВ;
- труба ПротекторФлекс® НГ для кабелей до 500 кВ;
- труба ПротекторФлекс® ПРО для кабелей до 500 кВ;
- гофрированная труба ПротекторФлекс® ПК до 500 кВ.

4.1.9. Ассортимент комплектующих для труб ПротекторФлекс® включает:

- уплотнитель кабеля ПротекторФлекс® УВК;
- воронки для защиты кабеля ПротекторФлекс® ВЗК;
- заглушки защитные ПротекторФлекс® ЗУП;
- переходы ПротекторФлекс® ТАП
- другие изделия.

4.2. Область применения труб

4.2.1. Гладкостенные термостойкие полимерные трубы ПротекторФлекс® предназначены для монтажа силовых кабельных линий классов напряжения до 500 кВ, обеспечения их высокоэффективной и надежной работы, защиты от механических повреждений и пожаров, снижения сроков строительства, ремонта или замены кабельных линий.

4.2.2. Для монтажа и защиты низковольтных (до 1 кВ) и/или слаботочных кабельных систем выгодно принять нерассмотренные в этом альбоме:

- спиральные трубы ПЛ КС;
- спиральные негорючие трубы ПЛ КН;
- гладкостенные полимерные термостойкие трубы ПЛ ПС;
- гладкостенные полимерные термостойкие негорючие трубы ПЛ ПН.

4.2.3. Термостойкие трубы ПротекторФлекс® могут использоваться:

- для обеспечения монтажа силовых кабельных линий методами горизонтально-направленного бурения или прокола грунта, позволяющими свести к минимуму открытые земляные работы и снизить сроки строительства;
- для прокладки кабельных линий в траншеях с целью их механической защиты и защиты от воздействия агрессивной окружающей среды;
- для прокладки кабельных линий в траншеях, в условиях поэтапного строительства, когда подготовка трассы линии и прокладка кабеля существенно разнесены по времени;
- для прокладки кабельных линий под автодорогами, железными дорогами, площадями, скверами;
- для защиты кабельных линий в местах их пересечения с инженерными сетями или другими кабельными линиями;
- для защиты кабелей в местах их выхода из воды на берег;
- для обеспечения быстрого ремонта или замены кабельной линии;
- для прокладки кабельных линий в блочной канализации с целью достижения 100% герметичности трубных блоков, обеспечения их эффективного охлаждения, защиты от распространения пожара;
- для прокладки кабельных линий по автомобильным и железнодорожным мостам с учетом повышенных требований пожарной безопасности;
- для организации заходов (и выходов) кабельных линий на (или за) территорию электрических станций, подстанций и других кабельных сооружений;
- для организации проходов кабельных линий через стены и перекрытия в помещениях и кабельных сооружениях;
- для защиты кабельных линий от последствий короткого замыкания в случае

прокладки взаиморезервирующих кабелей в стесненных условиях по одной трассе.

4.2.4. Трубы ПротекторФлекс® применяют при траншейной укладке без использования песчаной засыпки, при прокладке в неустойчивых и подвижных грунтах, а также при применении бестраншейных технологий.

4.3. Преимущества труб

4.3.1. Трубы ПротекторФлекс® внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11 декабря 2015 года).

4.3.2. До появления полимерных труб ПротекторФлекс® при строительстве кабельных линий использовались стальные и асбоцементные трубы, бетонные и керамические, а также неспециализированные полимерные трубы (ПНД, ПВД, ПП и другие). Полимерные многослойные защитные термостойкие трубы серии ПротекторФлекс® специально разработаны для применения в кабельных сетях, и по этой причине трубы ПротекторФлекс® лишены недостатков, присущих устаревшим трубным системам (см. табл.4.1).

4.3.3. Основу труб ПротекторФлекс® составляет специальная полимерная композиция повышенной термостойкости, учитывающая все требования, которые предъявляются к трубам для прокладки кабельных линий. Различные полиэтилены, которые используются в системах водоснабжения (полиэтилен низкого давления ПНД, полипропилен ПП) или в изоляции кабелей (сшитый полиэтилен СПЭ), принципиально не могут быть применены в качестве материала для кабельных труб – это видно из табл.4.2, где дан сравнительный анализ указанных материалов.

4.3.4. Полимерные трубы ПротекторФлекс® являются термостойкими при температурах до 110°C на протяжении всего срока эксплуатации. Термостойкость означает, что даже в условиях постоянного воздействия температуры 110°C труба сохраняет свои физико-химические и механические свойства на протяжении срока службы, который составляет не менее 50 лет. При этом температура внешней оболочки кабельных линий классов напряжения 6-500 кВ длительно достигает 80-90°C, а в режиме кратковременных перегрузок - достигает 105-110°C.

4.3.5. Полимерные трубы ПротекторФлекс® серий ПРО, БК обладают внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, благодаря чему исключается распространение пламени вдоль трубы за пределы зоны короткого замыкания, а также исключается возможность слипания кабеля с трубой при коротком замыкании.

4.3.6. Полимерные гладкостенные трубы ПротекторФлекс® НГ и гофрированные трубы ПротекторФлекс® ПК обладают внутренним и наружным слоями, стойкими к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, благодаря чему исключается распространение пламени внутри и снаружи трубы от стороннего источника возгорания.

4.3.7. Трубы ПротекторФлекс® серии ПРО имеют дополнительный внешний защитный слой повышенной твердости и стойкости к истиранию, позволяющий свести к минимуму повреждения трубы при ее установке в скальных, гравийно-галечных, щебенистых и других грунтах с включением твердых пород, а также

методом горизонтально-направленного бурения при повышенной протяженности канала (более 200 м).

4.3.8. Все полимерные трубы марки ПротекторФлекс® обладают повышенной теплопроводностью стенки, что улучшает условия охлаждения проложенного в трубе кабеля и повышает длительно допустимый ток его жилы.

4.3.9 Трубы ПротекторФлекс® с модификацией ОМП, благодаря пониженному электрическому сопротивлению стенки, позволяют определить факт повреждения оболочки кабеля, проложенного в трубе, и точно локализовать его место.

Таблица 4.1. Преимущества труб ПротекторФлекс® в сравнении с устаревшими системами.

Параметры	ПротекторФлекс®	Сталь	Бетон
Прокладка методом ГНБ	Да	Да	Нет
Определение места повреждения оболочки кабеля, проложенного в трубе*	Да	Да	Нет
Электрохимическая защита	Не требуется	Требуется	Не требуется
Прокладка кабеля до 500 кВ	Да	Да	Да
Термостойкость	Да	Да	Да
Стойкость к воздействию открытого пламени	Да	Да	Да
Скорость монтажа	Высокая	Средняя	Низкая
Компенсация вихревых токов	Не требуется	Требуется	Не требуется
Коррозионная стойкость	Высокая	Низкая	Высокая
Длительный срок эксплуатации (более 50 лет)	Да	Нет	Нет

* Возможность определения места повреждения кабеля в трубе указана для токопоисковых труб ПротекторФлекс® ОМП.

Таблица 4.2. Сравнение труб ПротекторФлекс® с трубами из различных полимерных материалов.

Параметры	ПротекторФлекс®	ПНД	ПП	ПВХ
Длительная температура эксплуатации, °С	+110	+40	+60	+40
Термостойкость	Да	Нет	Нет	Нет
Прокладка методом ГНБ	Да	Да	Нет	Нет
Определение места повреждения оболочки кабеля, проложенного в трубе*	Да	Нет	Нет	Нет
Сварка встык или с применением электромуфт	Да	Да	Да	Нет
Прочность	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая
Износостойкость	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая
Гибкость	Высокая	Высокая	Низкая	Отсутствует
Стойкость к воздействию открытого пламени	Да	Нет	Нет	Нет

* Возможность определения места повреждения кабеля в трубе указана для токопоисковых труб ПротекторФлекс® ОМП.

4.4. Типоразмеры труб

4.4.1. Трубы серий ПротекторФлекс® БК, СТ, НГ выпускаются следующих типовых внешних диаметров D : 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630 мм.

4.4.2. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются с внешним диаметром D : 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630 мм. Трубы серии ПРО с диаметрами 63; 75; 90 мм не изготавливаются.

4.4.3. Трубы ПротекторФлекс® модификации ОМП выпускаются с внешним диаметром D : 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560 мм. Трубы серии ОМП с диаметрами 63; 75; 90, 630 мм не изготавливаются.

4.4.3. Трубы ПротекторФлекс® производятся прямыми отрезками длиной по 13 м (или иной согласованной длины). Трубы внешнего диаметра D до 110 мм могут сматываться в бухты согласованной длины.

4.4.3. Гофрированные трубы ПротекторФлекс® ПК выпускаются с кольцевой жесткостью SN 6 кН/м² и внешним диаметром D : 110, 160 и 200 мм.

4.4.4. Трубы ПротекторФлекс® выпускаются следующих типовых значений кольцевой жесткости SN : 4; 6; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 192; 256 кН/м².

4.4.5. Трубы ПротекторФлекс® имеют толщину стенки e , которая зависит от внешнего диаметра трубы D и кольцевой жесткости трубы SN . Соответствие данных величин указано в табл.6.1.

4.4.6. Трубы ПротекторФлекс® имеют предельное усилие тяжения F_{MAX} , которое зависит от внешнего диаметра трубы D и кольцевой жесткости трубы SN . Соответствие данных величин указано в табл.6.2.

4.4.7. Трубы ПротекторФлекс® имеют массу, которая зависит от внешнего диаметра трубы D и кольцевой жесткости трубы SN . Соответствие данных величин указано в табл.6.3.

4.5. Обозначение труб

4.5.1. Условное обозначение трубы состоит из слова «труба», торгового наименования «ПротекторФлекс®», марки трубы, например «БК», через тире – наличие функции ОМП, значение номинального наружного диаметра D и номинальной толщины стенки трубы e в миллиметрах, значения кольцевой жесткости SN в кН/м², значения предельного усилия тяжения F_{MAX} в кН, ограничения по максимальной длительной рабочей температуре эксплуатации T , технологическое поколение функции ОМП, номера технических условий.

4.5.2. Пример условного обозначения трубы ПротекторФлекс® БК:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК – 110/9,4 SN64 F62 T95°C
ТУ 2248-003-34311042-2015***

(труба БК номинальным наружным диаметром 110 мм, номинальной толщиной стенки 9,4 мм, кольцевой жесткостью 64 кН/м², предельным усилием тяжения 62 кН, максимальной рабочей температурой эксплуатации 95°C).

4.5.3. Пример условного обозначения трубы ПротекторФлекс® БК-ОМП:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T95°C /2/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

(труба БК с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе номинальным наружным диаметром 160 мм, номинальной толщиной стенки 11,0 мм, кольцевой жесткостью 32 кН/м², предельным усилием тяжения 110 кН, максимальной рабочей температурой эксплуатации 95°C, второе технологическое поколение функции ОМП).

4.6. Технические характеристики труб

4.6.1. Основные технические характеристики труб ПротекторФлекс® представлены в таблицах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3. Основные технические характеристики труб ПротекторФлекс®

Наименование показателя	Значение для труб			
	СТ/ СТ-ОМП	БК/ БК-ОМП	НГ	ПРО/ ПРО-ОМП
Климатическое исполнение и категория размещения	УХЛ1, М1			
Средний коэффициент линейного теплового расширения 20–70 °С, К ⁻¹	1,8 x 10 ⁻⁴			
Температура размягчения по Вика, °С, не менее	125			
Теплопроводность, Вт/(м·К), не менее	0,50			
Предел текучести при растяжении, МПа, не менее	21			21,7
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, не менее	37			
Модуль упругости при растяжении, МПа, не менее	850			
Термостабильность при 200 °С, мин, не менее	180			
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350			
Сопротивление изоляции**, МОм, не более	0,1			
Твердость поверхности трубы по Шору D, не менее	65			69
Стойкость к маслам, бензину, грунтовым водам	Стойкие			
Стойкость внутреннего слоя к воздействию открытого пламени	ПВ-2	ПВ-0		
Стойкость к зажиганию нагретой проволокой, °С	850	960		
Изменение длины трубы после прогрева, %, не более	3			
Минимальный радиус изгиба при 20 °С, не менее	20D*			
Срок службы, лет, более	50			

*D — наружный диаметр трубы

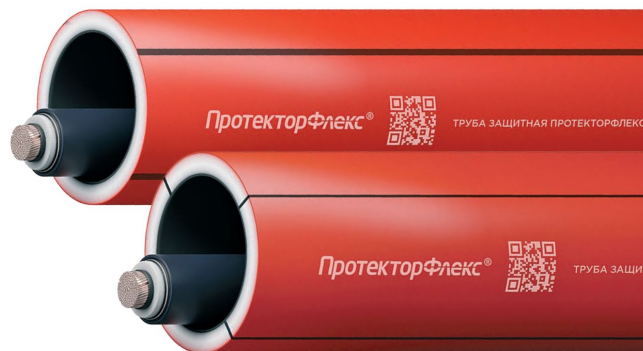
** для токопоисковых труб

Таблица 4.4. Основные технические характеристики труб ПротекторФлекс® ПК

Механические характеристики	Значение
Номинальная кольцевая жесткость, кН/м ²	6
Сопротивление сжатию, Н	450
Сопротивление удару	Легкие (Код L)
Сопротивление изгибу	Гибкие
Минимальный радиус изгиба	6D*

5. Типы и описание труб ПротекторФлекс®

5.1. Термостойкие токопоисковые трубы ПротекторФлекс® ОМП



5.1.1. Токопоисковые трубы — модификация линейки термостойких труб ПротекторФлекс® с возможностью определения мест повреждений оболочек кабелей в трубе.

5.1.2 Трубы ПротекторФлекс® ОМП предназначены для механической защиты высоковольтных кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ при их прокладке в грунте любым из известных способов (горизонтально направленное бурение, прокол, открытая прокладка и др.).

5.1.3. Преимущества токопоисковых труб ПротекторФлекс® ОМП:

- Позволяют выявить факт повреждения оболочки кабеля в рамках приемо-сдаточных испытаний кабельной линии;
- Позволяют выявить факт повреждения оболочки кабеля в рамках периодических испытаний кабельной линии в процессе ее эксплуатации;
- Позволяют точно локализовать место повреждения оболочки кабеля;
- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Стойкие к короткому замыканию в кабеле;
- Свариваются встык;
- Гибкие, позволяют создавать повороты без применения фасонных изделий и колодцев;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.1.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 95 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.1.5. Токопоисковые трубы ПротекторФлекс® ОМП, благодаря пониженному сопротивлению стенки трубы, не препятствуют выходу испытательного тока в грунт во время проведения испытаний по определению мест повреждения кабельной линии, в отличие от обычной полимерной трубы.

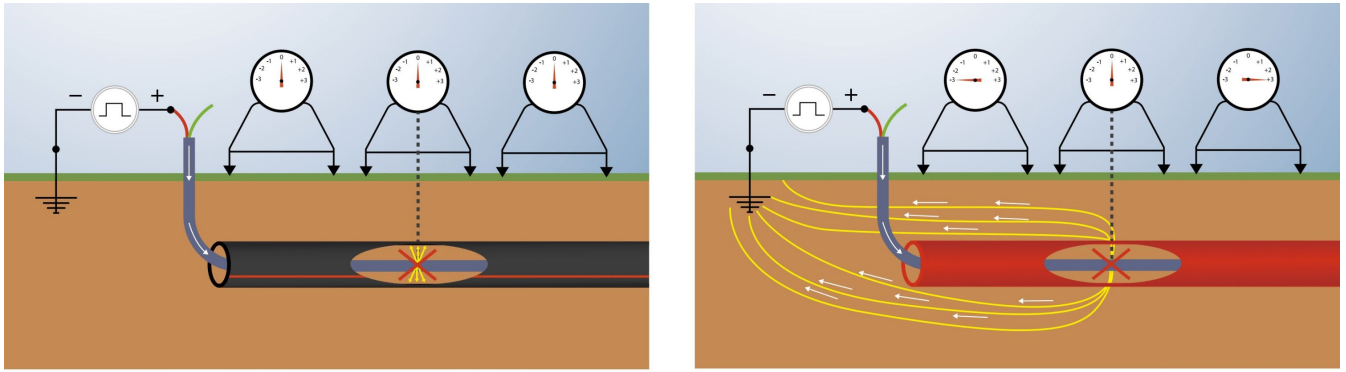


Рисунок 5.1. Испытания оболочки кабеля:

В обычных полимерных трубах. Обычная труба препятствует определению факта и места повреждения кабеля в трубе

В токопоисковых трубах ПротекторФлекс® ОМП. ОМП-труба не препятствует определению факта и места повреждения кабеля в трубе.

5.1.6. Токопоисковые трубы могут быть выполнены в следующих модификациях:

- ПротекторФлекс® СТ-ОМП (токопоисковые термостойкие, до 500 кВ);
- ПротекторФлекс® БК-ОМП (токопоисковые с внутренним слоем ПВ-0, термостойкие, до 500 кВ);
- ПротекторФлекс® ПРО-ОМП (токопоисковые с внутренним слоем ПВ-0, с защитной оболочкой, термостойкие, до 500 кВ).

5.1.7 Труба может быть изготовлена в двух технологических поколениях:

- Поколение 1 – с токопоисковыми точечными мостами (рис. 5.1, а);
- Поколение 2 – с токопоисковыми мостами в виде полос (рис. 5.1, б).



Рисунок 5.2. Поколения токопоисковой трубы ОМП:

Труба ОМП
технологического поколения 1

Труба ОМП
технологического поколения 2

5.1.8. Трубы ПротекторФлекс® ОМП выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.1.8. Трубы ПротекторФлекс® ОМП соответствуют техническим требованиям ПАО «Россети», рекомендованы для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» и включены в реестр аттестованного оборудования и материалов.

5.1.9. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® ОМП:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T95°C /1/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

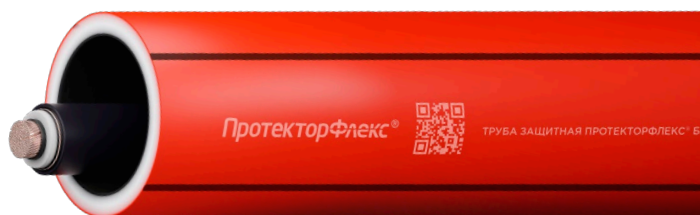
***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T95°C /2/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T110°C /1/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с наружным защитным слоем повышенной прочности с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

5.2. Термостойкие трубы с внутренним негорючим слоем ПротекторФлекс® БК



5.2.1. Полимерные трубы ПротекторФлекс® БК — трехслойные термостойкие трубы из полимерного компаунда со специальным внутренним негорючим слоем. Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводятся скользящие добавки. Наружный слой – сигнальный для обозначения кабельной линии.

5.2.2. Назначение труб серии ПротекторФлекс® БК – механическая защита высоковольтных кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ при их прокладке в грунте любым из известных способов (горизонтально направленное бурение, прокол, открытая прокладка и др.), а также для устройства блочной канализации.

5.2.3. Преимущества труб ПротекторФлекс® БК:

- Внутренний слой, стойкий к воздействию открытого пламени категории ПВ-0;
- Стойкие к короткому замыканию в кабеле;
- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Свариваются встык и электросварными муфтами;
- Гибкие, позволяют создавать повороты без применения фасонных изделий и колодцев;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.2.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 95 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.2.5. Доступная модификация – ПротекторФлекс® БК-ОМП (токопоисковая модификация с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе).

5.2.6. Конструкция трубы трехслойная:

- Внутренний слой – черного цвета, стойкий к воздействию открытого пламени;
- Основной слой – несущий, бесцветный;
- Наружный слой – сигнальный, красного цвета.

Трубы с номинальным наружным диаметром до 90 мм производятся в однослойном исполнении.

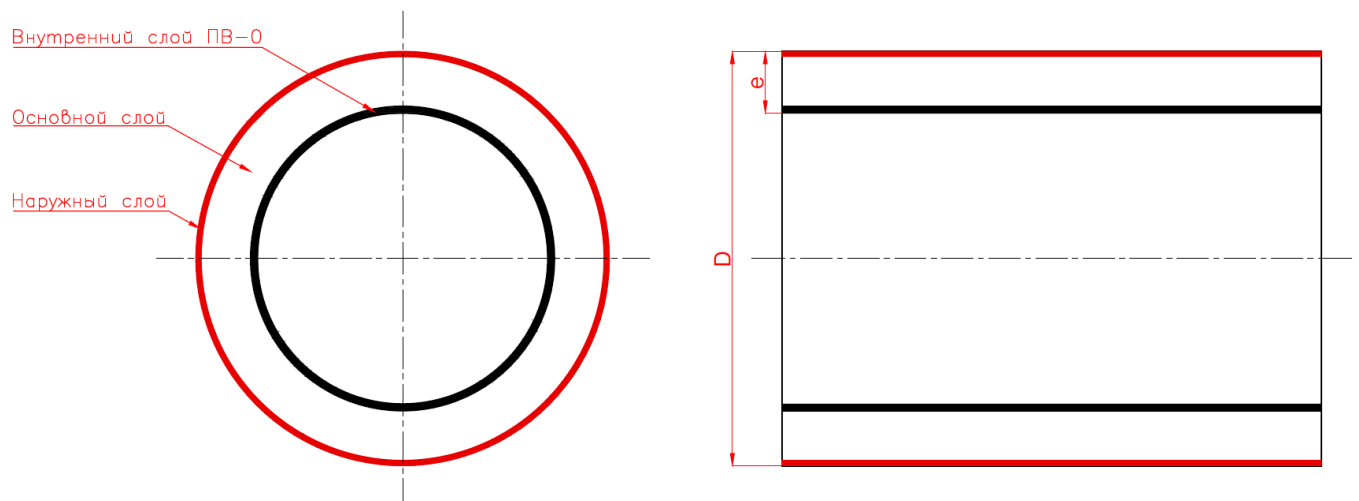


Рисунок 5.2. Конструкция трубы:

D – наружный диаметр трубы; e – толщина стенки трубы.

5.2.7. Трубы ПротекторФлекс® БК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.2.8. Трубы ПротекторФлекс® БК и БК-ОМП соответствуют техническим требованиям ПАО «Россети», рекомендованы для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» и включены в реестр аттестованного оборудования и материалов.

5.2.9. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® БК:

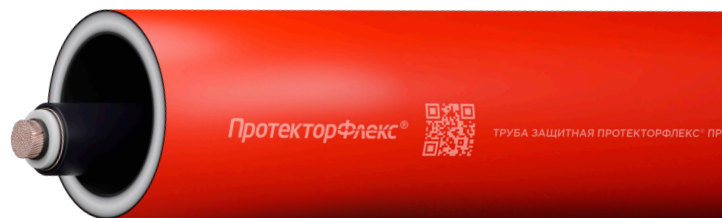
**Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК 160/8,1 SN12 F80 T95°C
ТУ 2248-003-34311042-2015**

Пример для технического задания – Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.

**Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T95°C /2/
ТУ 2248-003-34311042-2015**

Пример для технического задания – Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.

5.3. Термостойкие трубы с внутренним негорючим слоем и защитной оболочкой ПротекторФлекс® ПРО



5.3.1. Полимерные трубы ПротекторФлекс® ПРО — многослойные термостойкие трубы из полимерного компаунда со специальным внутренним негорючим слоем и дополнительным слоем повышенной прочности для защиты трубы от процарапывания и истирания при прокладке КЛ методом горизонтально направленного бурения.

5.3.2. Назначение труб серии ПротекторФлекс® ПРО – механическая защита высоковольтных кабельных линий до 500 кВ. Рекомендуются для прокладки силовых кабелей в тяжелых условиях (скальные грунты, грунты с включениями искусственного происхождения) и в случае прокладки методом горизонтально направленного бурения при повышенной протяженности канала (более 200 м).

5.3.3. Преимущества труб ПротекторФлекс® ПРО:

- Обладают дополнительным слоем повышенной прочности;
- Обладают повышенной устойчивостью к процарапыванию и распределению точечных нагрузок от камней и острых предметов;
- Внутренний слой, стойкий к воздействию открытого пламени категории ПВ-0;
- Стойкие к короткому замыканию в кабеле;
- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Свариваются встык и электросварными муфтами;

- Гибкие, позволяют создавать повороты без применения фасонных изделий и колодцев;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.3.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 110 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.3.5. Доступная модификация – ПротекторФлекс® ПРО-ОМП (токопоисковая модификация с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе).

5.3.6. Конструкция трубы четырехслойная:

- Внутренний слой – черного цвета, стойкий к воздействию открытого пламени;
- Основной слой – несущий, бесцветный;
- Дополнительный маркерный слой – черного цвета;
- Наружный слой – повышенной прочности, сигнальный, красного цвета.

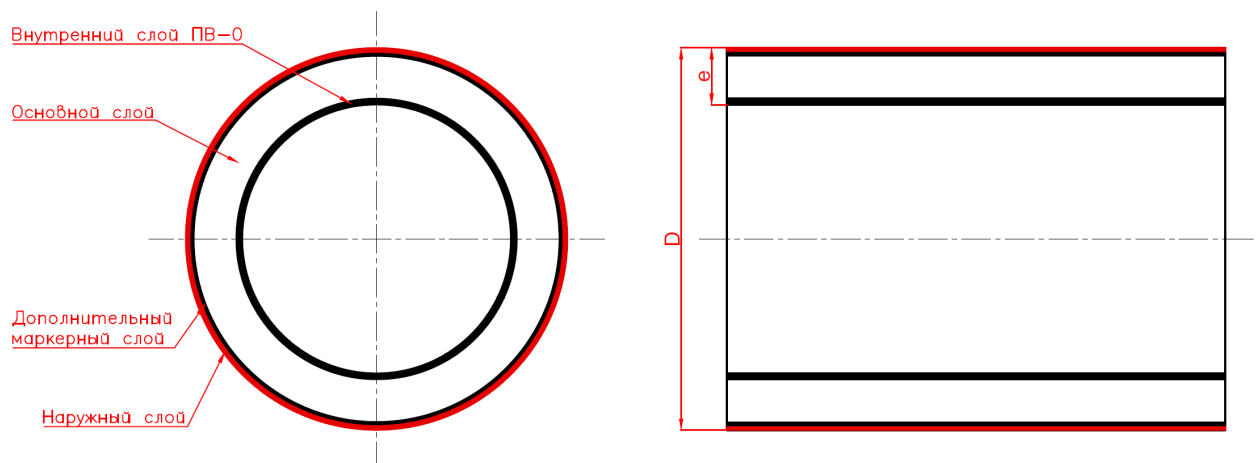


Рисунок 5.3. Конструкция трубы.

D – наружный диаметр трубы; e – толщина стенки трубы.

5.3.7. Маркерный слой трубы ПротекторФлекс® ПРО позволяет контролировать проведение монтажных работ и давать оценку качества выполненных работ по прокладке трубы в соответствии со степенью повреждения маркерного слоя (см. рис. 5.4).

Если при монтаже трубы нет сквозного повреждения маркерного слоя, значит, кабелевод смонтирован в соответствии с технологией прокладки и без снижения рабочих характеристик. Если маркерный слой имеет сквозное повреждение, необходимо оценить степень допустимости такого повреждения для конкретных условий прокладки и эксплуатации кабелевода.



Рисунок 5.4. Степень повреждения трубы:

Труба не повреждена, эксплуатация допустима	Труба имеет незначительное повреждение, эксплуатация возможна	Труба повреждена, эксплуатация ограничена
---	---	---

5.3.7. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.3.8. Трубы ПротекторФлекс® ПРО и ПРО-ОМП соответствуют техническим требованиям ПАО «Россети», рекомендованы для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» и включены в реестр аттестованного оборудования и материалов.

5.3.9. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® ПРО:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО 160/15,4 SN96 F145 T110°C
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с наружным защитным слоем повышенной прочности для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T110°C /1/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с наружным защитным слоем повышенной прочности с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

5.4 Термостойкие защитные трубы ПротекторФлекс® СТ



5.4.1. Полимерные трубы ПротекторФлекс® СТ — это трехслойные термостойкие трубы из полимерного компаунда повышенной термостойкости с внешним маркерным слоем красного цвета. Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводятся скользящие добавки.

5.4.2. Назначение труб серии ПротекторФлекс® СТ – использование в качестве защитного футляра при пересечении автомобильных и железных дорог, а также для механической защиты высоковольтных кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ на объектах, где отсутствуют требования по стойкости трубы к короткому замыканию в кабеле. Могут быть проложены любым известным способом (горизонтально направленное бурение, прокол, открытая прокладка и др.)

5.4.3. Преимущества труб ПротекторФлекс® СТ:

- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Свариваются встык и электросварными муфтами;
- Гибкие, позволяют создавать повороты без применения фасонных изделий и колодцев;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.4.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 110 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.4.5. Доступная модификация – ПротекторФлекс® СТ (токопоисковая модификация с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе).

5.4.6. Конструкция трубы трехслойная:

- Внутренний слой – черного цвета;
- Основной слой – несущий, бесцветный;
- Наружный слой – сигнальный, красного цвета.

Трубы с номинальным наружным диаметром до 90 мм производятся в однослойном исполнении.

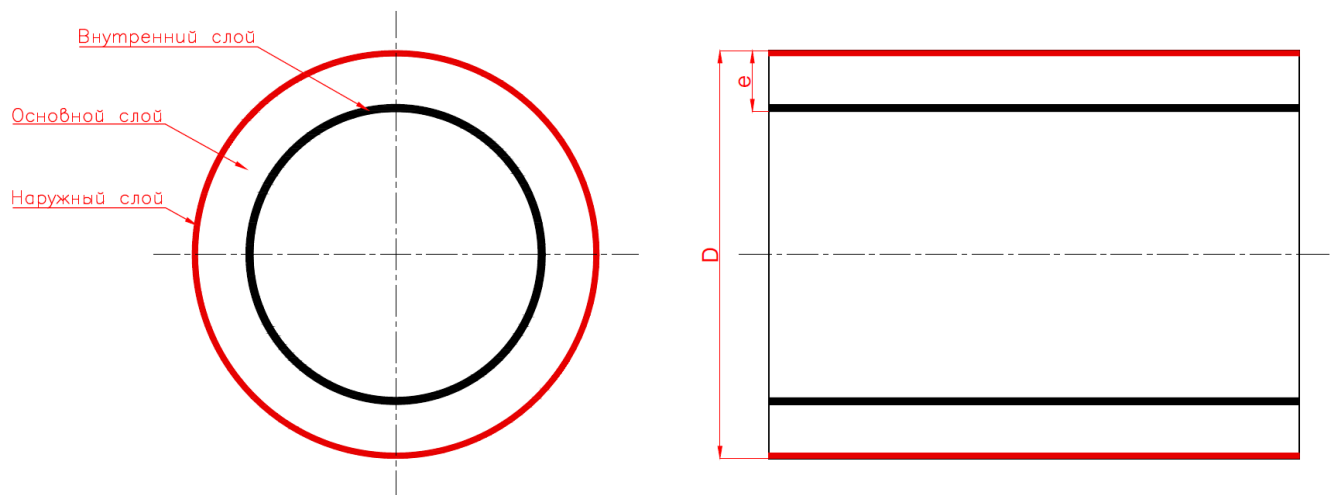


Рисунок 5.5. Конструкция трубы.

D – наружный диаметр трубы; e – толщина стенки трубы.

5.4.7. Трубы ПротекторФлекс® СТ выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.4.8. Трубы ПротекторФлекс® СТ и СТ-ОМП соответствуют техническим требованиям ПАО «Россети», рекомендованы для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» и включены в реестр аттестованного оборудования и материалов.

5.2.9. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® СТ:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ 160/10,1 SN24 F100 T95°C
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ-ОМП 160/11,0 SN32 F110 T95°C /2/
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая с возможностью определения места повреждения кабеля в трубе для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

5.5. Термостойкие УФ-стойкие не распространяющие горение трубы ПротекторФлекс® НГ



5.5.1. Полимерные трубы ПротекторФлекс® НГ — трехслойные термостойкие трубы из полимерного компаунда с внутренним и наружным негорючими слоями. Наружный слой обладает повышенной стойкостью к ультрафиолету.

5.5.2. Назначение труб серии ПротекторФлекс® НГ – механическая защита высоковольтных кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ при их прокладке по искусственным сооружениям (мостам, виадукам, путепроводам и в тоннелях).

5.5.3. Преимущества труб ПротекторФлекс® НГ:

- Внутренний и наружный слой, стойкие к воздействию открытого пламени категории ПВ-0;
- Обладают повышенной стойкостью к УФ-излучению;
- Стойкие к короткому замыканию в кабеле;
- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Свариваются встык и электросварными муфтами;
- Гибкие, позволяют создавать повороты без применения фасонных изделий и колодцев;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.5.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 95 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.5.5. Конструкция трубы трехслойная:

- Внутренний слой – черного цвета, стойкий к воздействию открытого пламени;
- Основной слой – несущий, бесцветный;
- Наружный слой – белого цвета, стойкий к воздействию открытого пламени, повышенной УФ-стойкости.

Трубы с номинальным наружным диаметром до 90 мм производятся в однослойном исполнении.

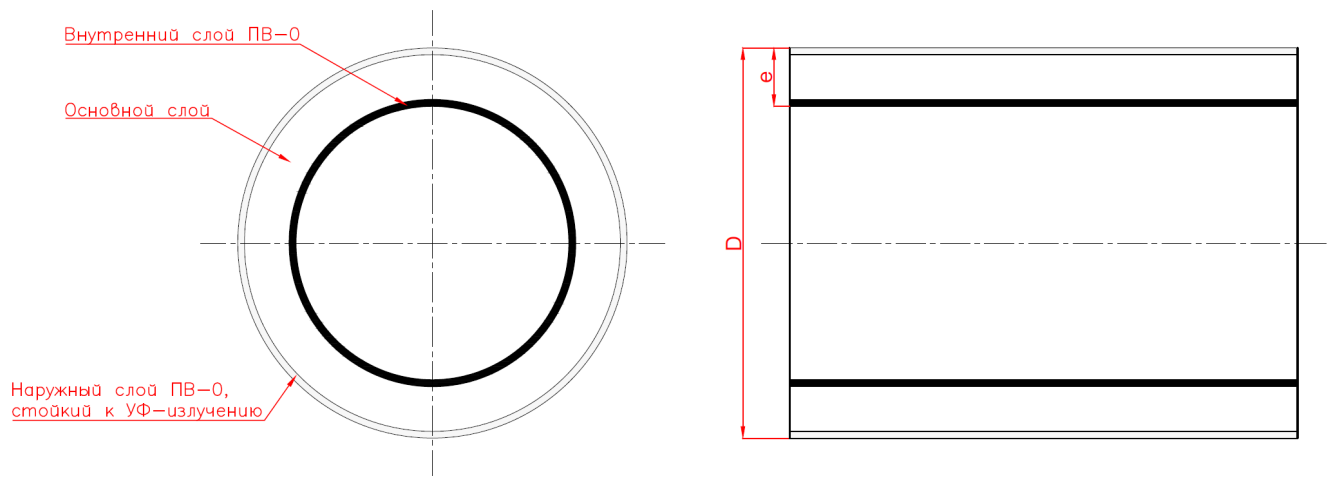


Рисунок 5.6. Конструкция трубы.

D – наружный диаметр трубы; e – толщина стенки трубы.

5.5.6. Трубы ПротекторФлекс® НГ выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.5.7. Трубы ПротекторФлекс® НГ соответствуют техническим требованиям ПАО «Россети», рекомендованы для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» и включены в реестр аттестованного оборудования и материалов.

5.5.8. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® НГ:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ 160/8,9 SN16 F90 T95°C
ТУ 2248-003-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Труба полимерная гладкая термостойкая, УФ-стойкая, с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с наружным слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.*

5.6. Термостойкие гофрированные УФ-стойкие не распространяющие горение трубы ПротекторФлекс® ПК



5.6.1. Полимерные трубы ПротекторФлекс® ПК — двухслойные термостойкие трубы повышенной гибкости из полимерного компаунда со специальным внутренним негорючим слоем и наружным негорючим слоем, обладающим повышенной стойкостью к воздействию ультрафиолета.

5.6.2. Назначение труб серии ПротекторФлекс® ПК – механическая защита высоковольтных кабельных линий классов номинального напряжения до 500 кВ при их прокладке в условиях, где к трубам предъявляются требования повышенной гибкости, стойкости к УФ-излучению и негорючести.

5.6.3. Преимущества труб ПротекторФлекс® ПК:

- Внутренний и наружный слой, стойкие к воздействию открытого пламени категории ПВ-0;
- Обладают повышенной стойкостью к УФ-излучению;
- Стойкие к короткому замыканию в кабеле;
- Термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- Сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Соединяются при помощи стыковых муфт или при помощи переходов ПротекторФлекс® ТАП;
- Гибкие, позволяют создавать повороты кабельной линии на участках, где радиуса изгиба гладких труб недостаточно;
- Срок службы не менее 50 лет.

5.6.4. Рабочая температура:

- длительно, на весь срок службы трубы от -70 до 110 °С;
- в режиме перегрузок КЛ до 120 °С (в течение 8 часов в день);
- в режиме короткого замыкания до 250 °С на жиле кабеля и 350 °С на экране кабеля.

5.6.5. Конструкция трубы двухслойная:

- Внутренний слой – гладкий, белого цвета, стойкий к воздействию открытого пламени;
- Наружный слой – гофрированный, черного цвета, стойкий к воздействию открытого пламени, повышенной УФ-стойкости.

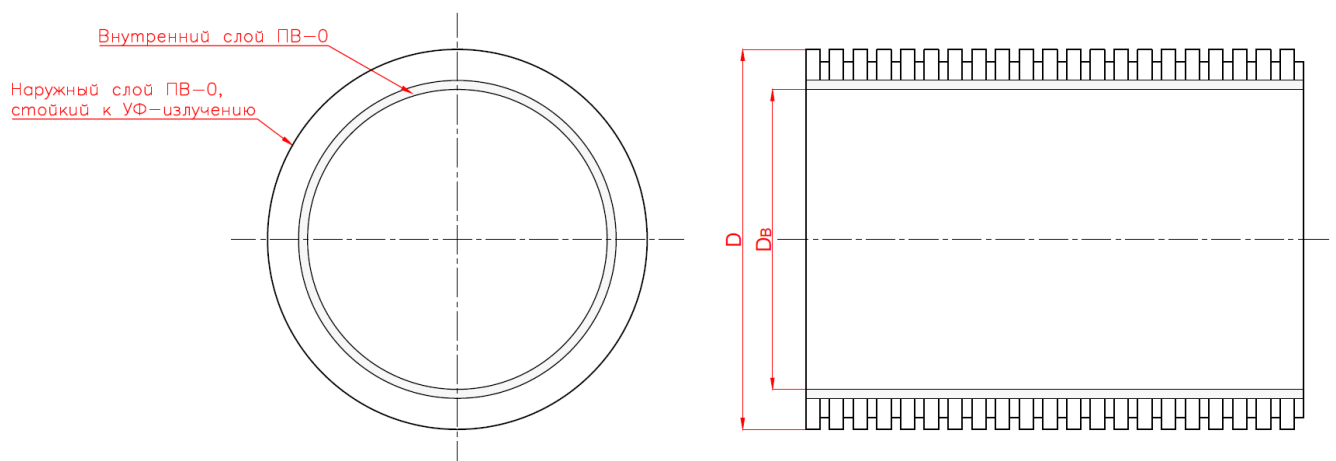


Рисунок 5.2. Конструкция трубы.

D – наружный диаметр трубы; $D_{в}$ – наружный диаметр трубы.

5.6.7. Трубы ПротекторФлекс® ПК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-001-34311042-2015.

5.6.8. Пример условного обозначения и описания для технического задания трубы ПротекторФлекс® ПК:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПК 110 SN6 T110°C
ТУ 2248-001-34311042-2015***

Пример для технического задания – Труба полимерная гофрированная двухслойная термостойкая, УФ-стойкая, не распространяющая горение, с внутренним слоем стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, с наружным слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0, для прокладки и защиты кабельных линий до 500 кВ.

6. Характеристики труб ПротекторФлекс®

6.1. Диаметр, толщина стенки, кольцевая жесткость труб

Таблица 6.1. Толщина стенки трубы e (мм) в зависимости от диаметра трубы D (мм) и кольцевой жесткости SN (кН/м²).

Наружный диаметр D , мм	Кольцевая жесткость SN , кН/м ²						
	4	6	8	12	16	24	32
	Номинальная толщина стенки e , мм						
32	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
40	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
50	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
63	2,2	2,6	2,8	3,2	3,5	4,0	4,3
75	2,7	3,0	3,3	3,8	4,2	4,7	5,2
90	3,2	3,7	4,0	4,6	5,0	5,7	6,2
110	3,9	4,5	4,9	5,6	6,1	6,9	7,6
125	4,5	5,1	5,6	6,3	6,9	7,9	8,6
140	5,0	5,7	6,2	7,1	7,8	8,8	9,6
160	5,7	6,5	7,1	8,1	8,9	10,1	11,0
180	6,4	7,3	8,0	9,1	10,0	11,3	12,4
200	7,1	8,1	8,9	10,1	11,1	12,6	13,8
225	8,0	9,1	10,0	11,4	12,5	14,2	15,5
250	8,9	10,2	11,1	12,7	13,9	15,7	17,2
280	10,0	11,4	12,5	14,2	15,5	17,6	19,3
315	11,2	12,8	14,0	15,9	17,5	19,8	21,7
355	12,7	14,4	15,8	18,0	19,7	22,3	24,4
400	14,3	16,2	17,8	20,2	22,2	25,2	27,5
450	16,0	18,3	20,0	22,8	24,9	28,3	31,0
500	17,8	20,3	22,3	25,3	27,7	31,5	34,4
560	20,0	22,7	24,9	28,3	31,0	35,3	38,6
630	22,5	25,6	28,0	31,9	34,9	39,7	43,4

Примечание:

1. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. Для труб ПротекторФлекс® ПРО в таблице указан диаметр без учета толщины защитного покрытия.

Продолжение таблицы 6.1

Наружный диаметр D, мм	Кольцевая жесткость SN, кН/м ²					
	48	64	96	128	192	256
	Номинальная толщина стенки e, мм					
32	2,5	2,7	3,1	3,4	3,8	4,1
40	3,1	3,4	3,9	4,2	4,7	5,2
50	3,9	4,3	4,8	5,3	5,9	6,4
63	4,9	5,4	6,1	6,6	7,5	8,1
75	5,9	6,4	7,2	7,9	8,9	9,7
90	7,0	7,7	8,7	9,5	10,7	11,6
110	8,6	9,4	10,6	11,6	13,0	14,2
125	9,8	10,7	12,0	13,1	14,8	16,1
140	10,9	11,9	13,5	14,7	16,6	18,0
160	12,5	13,6	15,4	16,8	19,0	20,6
180	14,0	15,3	17,3	18,9	21,3	23,2
200	15,6	17,0	19,3	21,0	23,7	25,8
225	17,6	19,2	21,7	23,6	26,6	29,0
250	19,5	21,3	24,1	26,3	29,6	32,2
280	21,8	23,9	27,0	29,4	33,2	36,1
315	24,6	26,8	30,4	33,1	37,3	40,6
355	27,7	30,3	34,2	37,3	42,0	45,7
400	31,2	34,1	38,5	42,0	47,4	51,5
450	35,1	38,3	43,4	47,3	53,3	58,0
500	39,0	42,6	48,2	52,5	59,2	64,4
560	43,7	47,7	54,0	58,8	66,3	72,1
630	49,2	53,7	60,7	66,2	74,6	81,2

Примечание:

1. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. Для труб ПротекторФлекс® ПРО в таблице указан диаметр без учета толщины защитного покрытия.

6.2. Предельное усилие тяжения труб

Таблица 6.2. Предельное усилие тяжения F_{MAX} (кН) трубы в зависимости от диаметра трубы D (мм) и кольцевой жесткости SN (кН/м²).

Наружный диаметр D , мм	Кольцевая жесткость SN , кН/м ²						
	4	6	8	12	16	24	32
	Предельное усилие тяжения F_{MAX} , кН						
32	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	4,0	4,3
40	3,6	4,1	4,5	5,1	5,5	6,2	6,8
50	5,7	6,4	7,0	7,9	8,6	9,7	11
63	9	10	11	13	14	15	17
75	13	14	16	18	19	22	24
90	18	21	23	26	28	32	34
110	27	31	34	38	42	47	51
125	35	40	45	50	55	60	65
140	45	50	55	62	68	75	83
160	60	65	70	80	90	100	110
180	75	85	95	105	115	125	135
200	90	100	115	125	140	155	170
225	115	130	140	160	175	195	215
250	140	160	175	200	215	245	265
280	180	200	220	250	270	305	330
315	225	255	280	315	345	385	420
355	285	325	355	400	435	490	535
400	365	410	450	510	550	625	675
450	460	520	570	640	700	790	855
500	570	640	700	790	865	975	1060
560	710	805	880	990	1080	1220	1330
630	900	1020	1110	1260	1370	1550	1680

Примечание:

1. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. При затяжке полимерной трубы в грунт усилия тяжения следует ограничивать безопасным уровнем $0,5 \cdot F_{\text{MAX}}$

Продолжение таблицы 6.2

Наружный диаметр D, мм	Кольцевая жесткость SN, кН/м ²					
	48	64	96	128	192	256
	Предельное усилие тяжения F _{MAX} , кН					
32	4,9	5,3	5,9	6,4	7,1	7,6
40	7,6	8,2	9,2	10	11	12
50	12	13	14	16	17	19
63	19	20	23	25	27	29
75	27	29	32	35	39	42
90	38	42	47	50	56	60
110	57	62	70	75	83	90
125	75	80	90	95	105	115
140	93	100	115	125	135	145
160	120	130	145	160	175	190
180	155	170	185	200	225	240
200	190	205	230	250	275	295
225	240	260	290	315	350	375
250	300	320	360	390	430	465
280	370	400	450	485	540	580
315	470	510	570	615	685	735
355	600	650	725	780	870	935
400	760	820	920	990	1100	1180
450	960	1040	1160	1260	1400	1500
500	1190	1290	1440	1550	1720	1850
560	1490	1610	1800	1950	2160	2320
630	1880	2040	2280	2460	2730	2940

Примечание:

1. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. При затяжке полимерной трубы в грунт усилия тяжения следует ограничивать безопасным уровнем $0,5 \cdot F_{MAX}$

6.3. Расчетная масса труб

Таблица 6.3. Расчетная масса M трубы (кг) длиной 1 метр в зависимости от диаметра трубы D (мм) и кольцевой жесткости SN (кН/м²).

Наружный диаметр D , мм	Кольцевая жесткость SN , кН/м ²						
	4	6	8	12	16	24	32
	Расчетная масса 1 м труб, кг						
32	0,120	0,137	0,146	0,163	0,180	0,197	0,217
40	0,184	0,206	0,228	0,250	0,276	0,307	0,338
50	0,288	0,315	0,350	0,390	0,430	0,475	0,514
63	0,445	0,514	0,548	0,625	0,675	0,757	0,814
75	0,637	0,699	0,771	0,872	0,961	1,060	1,166
90	0,908	1,032	1,106	1,263	1,359	1,536	1,663
110	1,332	1,529	1,649	1,871	2,032	2,263	2,475
125	1,748	1,971	2,142	2,394	2,594	2,938	3,180
140	2,160	2,450	2,659	3,018	3,279	3,664	3,971
160	2,815	3,190	3,474	3,927	4,267	4,813	5,184
180	3,557	4,028	4,372	4,955	5,386	6,047	6,582
200	4,384	4,963	5,400	6,101	6,660	7,473	8,118
225	5,519	6,263	6,816	7,726	8,415	9,477	10,262
250	6,817	7,781	8,429	9,542	10,374	11,620	12,653
280	8,562	9,720	10,598	11,957	12,963	14,580	15,882
315	10,815	12,247	13,322	15,022	16,448	18,432	20,059
355	13,775	15,536	16,941	19,144	20,846	23,409	25,426
400	17,483	19,688	21,490	24,242	26,480	29,786	32,266
450	21,941	24,980	27,129	30,710	33,347	37,599	40,854
500	27,112	30,764	33,628	37,875	41,203	46,451	50,389
560	34,072	38,470	41,984	47,421	51,597	58,282	63,269
630	43,135	48,776	53,072	60,037	65,320	73,666	80,008

Примечания:

1. Трубы ПротекторФлекс[®] ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. Для труб ПротекторФлекс[®] ПРО масса указана без учета защитного покрытия.
3. Масса 1 м труб рассчитана при средней плотности материала 950 кг/м³ с учетом половины основных допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр. В том случае, если плотность материала труб ρ отличается от 950 кг/м³, данные таблицы умножают на коэффициент $K = \rho/950$.

Продолжение таблицы 6.3

Наружный диаметр D, мм	Кольцевая жесткость SN, кН/м ²					
	48	64	96	128	192	256
	Расчетная масса 1 м труб, кг					
32	0,241	0,257	0,292	0,314	0,343	0,368
40	0,373	0,403	0,451	0,484	0,530	0,578
50	0,577	0,633	0,693	0,758	0,826	0,887
63	0,910	0,995	1,109	1,184	1,320	1,411
75	1,298	1,400	1,555	1,678	1,859	2,000
90	1,845	2,013	2,242	2,422	2,679	2,869
110	2,768	2,999	3,332	3,605	3,970	4,287
125	3,576	3,870	4,279	4,634	5,136	5,524
140	4,450	4,815	5,392	5,806	6,448	6,898
160	5,833	6,290	7,027	7,575	8,419	9,023
180	7,335	7,961	8,878	9,580	10,633	11,432
200	9,081	9,801	10,990	11,817	13,124	14,101
225	11,516	12,465	13,884	14,948	16,576	17,825
250	14,174	15,354	17,143	18,502	20,481	22,008
280	17,727	19,257	21,465	23,153	25,723	27,618
315	22,495	24,295	27,199	29,321	32,501	34,914
355	28,532	30,957	34,489	37,217	41,210	44,287
400	36,222	39,253	43,719	47,173	52,407	56,228
450	45,816	49,561	55,403	59,764	66,269	71,165
500	56,473	61,192	68,348	73,667	81,756	87,806
560	70,861	76,702	85,667	92,351	102,503	110,086
630	89,744	97,094	108,324	116,959	129,676	139,392

Примечания:

1. Трубы ПротекторФлекс® ПРО выпускаются диаметром 110 мм и более.
2. Для труб ПротекторФлекс® ПРО масса указана без учета защитного покрытия.
3. Масса 1 м труб рассчитана при средней плотности материала 950 кг/м³ с учетом половины основных допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр. В том случае, если плотность материала труб ρ отличается от 950 кг/м³, данные таблицы умножают на коэффициент $K = \rho/950$.

6.4. Радиус изгиба труб

6.4.1. Согласно СП 40-102-2000 минимальный радиус изгиба трубы r_{\min} можно оценить по формуле:

$$r_{\min} = \frac{ED}{2\sigma}, \quad (6.1)$$

где E – модуль упругости при растяжении, МПа;

σ – предел текучести при растяжении, МПа;

D – наружный диаметр трубы, мм.

Например, при $E = 850$ МПа и $\sigma = 21$ МПа минимальный радиус изгиба будет составлять величину $r = 20 \cdot D$.

6.4.2. Согласно опыту прокладки, минимальный радиус изгиба трубы зависит от температуры среды на момент прокладки трубы, зависимость показана на графике на рис. 6.1. Итоговые рекомендации представлены в табл. 6.4.

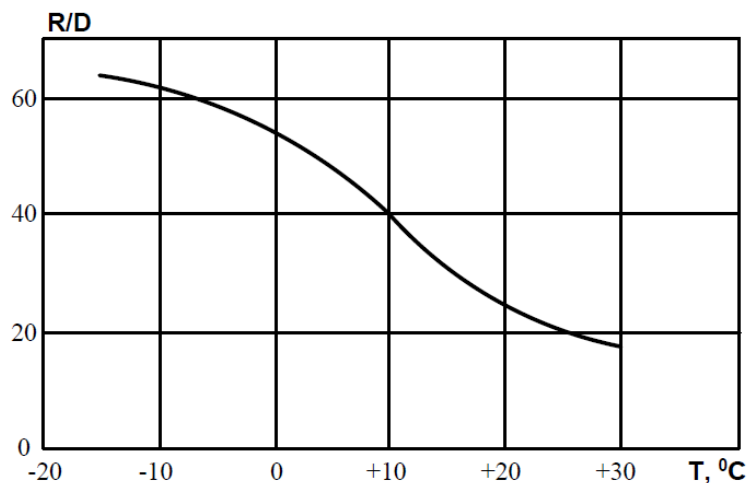


Рисунок 6.1 - Допустимый радиус изгиба при монтаже и укладке в зависимости от температуры окружающего воздуха

Таблица 6.4. Минимально допустимый радиус изгиба труб ПротекторФлекс® в зависимости от кольцевой жесткости и температуры среды при укладке.

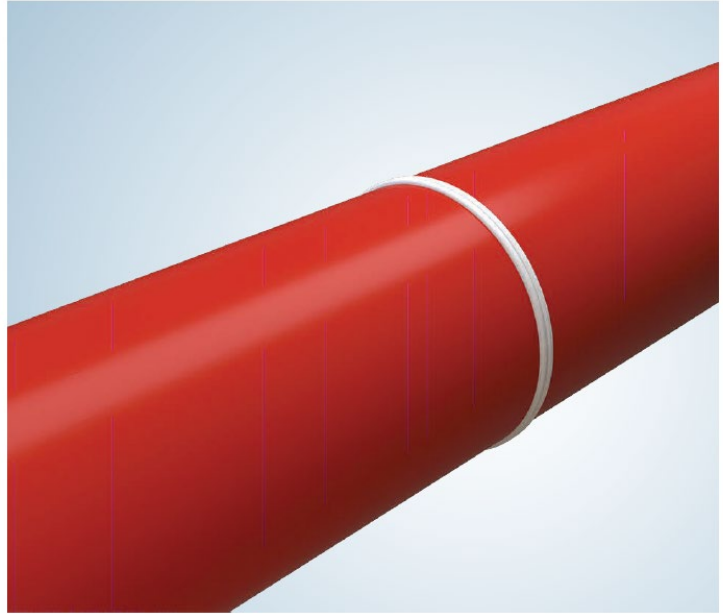
Кольцевая жесткость SN, кН/м ²	Температура при укладке		
	0°C	10°C	20°C
	Минимально допустимый радиус изгиба		
менее 2	125·D	85·D	50·D
от 4 до 8	75·D	50·D	30·D
более 16	50·D	35·D	20·D

6.5. Способы соединения труб

6.5.1. Для образования однородного протяженного участка трассы трубы ПротекторФлекс® могут быть соединены друг с другом следующими основными способами:

- при помощи сварки встык;
- при помощи электросварных муфт.

Пример соединения труб
сваркой встык:



Пример соединения труб
при помощи
электросварных муфт:



7. Комплектующие для труб ПротекторФлекс®

7.1. Уплотнители ПротекторФлекс® УВК

7.1.1. Уплотнитель высоковольтного кабеля ПротекторФлекс® УВК предназначен для герметизации пространства между кабелем и трубой. Применение уплотнителя позволяет исключить заполнение труб грунтовыми водами и их заиливание, а также обеспечить возможность беспрепятственного извлечения кабеля с целью его ремонта или замены.

7.1.2. Уплотнитель кабеля состоит из однотипных элементов и имеет звеньевую структуру (либо имеет модульную структуру при количестве уплотняемых кабелей более 1 шт.). Конструкция является разборной, что позволяет произвести монтаж уплотнителей по месту без предварительной установки.



Рисунок 7.1 Исполнения уплотнителя ПротекторФлекс УВК:

УВК для герметизации
одного кабеля в трубе

УВК-3 для герметизации
трех кабелей в трубе

7.1.3. Монтаж представляет собой поочередное и равномерное затягивание болтовых соединений каждого из звеньев, что приводит к расширению уплотнителя и заполнению пространства между кабелем и трубой.

Уплотнители используются совместно с гладкостенными и двустенными гофрированными трубами.

7.1.4. Технические характеристики уплотнителей ПротекторФлекс® УВК:

- обеспечивают герметичность трубы с проложенным в ней кабелем (степень защиты IP68 по ГОСТ 14254-2015);
- имеют разборную конструкцию, предполагающую многократное использование;
- монтаж осуществляется по месту без предварительной установки;
- позволяют отцентрировать кабель в трубе, защищая его оболочку от механических повреждений;
- рабочая длительная температура от -45°C до $+110^{\circ}\text{C}$;
- не подвержены коррозии;
- не образуют замкнутый металлический контур;
- упругие элементы выполнены из термостойкого эластомера;
- металлические элементы выполнены из нержавеющей стали;

- срок службы – 50 лет.

7.1.5. Уплотнители ПротекторФлекс® УВК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2531-001-34311042-2015.

7.1.6. Пример условного обозначения и описания для технического задания уплотнителя ПротекторФлекс® УВК:

***Уплотнитель кабеля ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК 160
ТУ 2531-001-34311042-2015***

***Уплотнитель кабеля ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК-3 225
ТУ 2531-001-34311042-2015***

Пример для технического задания – *Уплотнитель кабеля полимерный герметичный термостойкий.*

7.2. Воронки ПротекторФлекс® ВЗК



7.2.1. Полимерные защитные воронки ПротекторФлекс® ВЗК предотвращают повреждения оболочки кабеля при его затяжке в трубу и снижают механическое воздействие кромки трубы на оболочку кабеля по концам труб при эксплуатации кабельной линии.

7.2.2. При затяжке кабеля в трубу концы трубных участков активно воздействуют на оболочку и торец кабеля и способны вызывать их значительные деформации. Острая кромка трубы при затяжке в нее кабеля оставляет на оболочке кабеля продольные порезы и повреждает герметизирующие капы, устанавливаемые на торцах кабелей.

Кромка трубы воздействует на оболочку не только при протяжке, но и после завершения прокладки кабельной линии. Кабель под своим весом и весом расположенного сверху грунта и техники опирается на кромку трубы, и она продавливает оболочку, что вызывает поперечную деформацию.

Воронки для защиты кабеля ПротекторФлекс® ВЗК минимизируют повреждения оболочки кабеля, возникающие при протяжке и в процессе дальнейшей эксплуатации кабельной линии.



Рисунок 7.2 Принцип действия воронки ВЗК:

Труба без воронки

Труба с воронкой

7.2.3 Воронки ПротекторФлекс® ВЗК используются совместно с гладкостенными трубами и устанавливаются методом стыковой сварки или с помощью электросварных муфт, рис. 7.3



Рисунок 7.3 Способы монтажа воронок ВЗК:

При помощи стыковой сварки

При помощи электросварных муфт

7.2.4. Технические характеристики воронок ПротекторФлекс® ВЗК:

- обеспечивают надежную защиту кабеля от повреждения во время монтажа и эксплуатации;
- не подвержены коррозии;
- не образуют замкнутый металлический контур;
- термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- предотвращают повреждения герметизирующих кап на торцах кабеля;
- рабочая длительная температура от -70°C до $+95^{\circ}\text{C}$;
- срок эксплуатации – 50 лет.

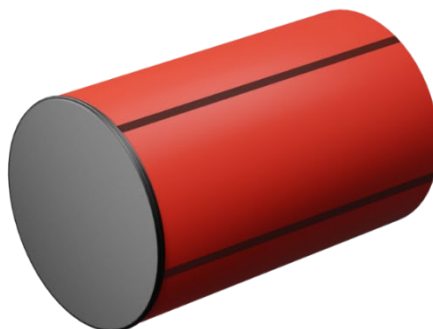
7.2.5. Защитные концевые воронки ПротекторФлекс® ВЗК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-004-34311042-2015.

7.2.6. Пример условного обозначения и описания для технического задания воронок ПротекторФлекс® ВЗК:

Воронка ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК 225 ТУ 2248-004-34311042-2015

Пример для технического задания – *Воронка полимерная термостойкая для защиты оболочки кабеля*

7.3. Заглушки ПротекторФлекс® ЗУП



7.3.1. Заглушки ПротекторФлекс® ЗУП предназначены для герметизации торцов резервных и рабочих кабельных труб для исключения их заиливания (вследствие попадания в трубу воды и грунта).

7.3.2. Заглушка ПротекторФлекс® ЗУП устанавливаются на трубу сваркой встык или при помощи электромуфта.

7.3.3. Технические характеристики заглушек ПротекторФлекс® ЗУП:

- обеспечивают надежную герметизацию (степень защиты IP68 по ГОСТ 14254-2015);
- не подвержены коррозии;
- срок эксплуатации – 50 лет.

7.3.4. Защитные заглушки ПротекторФлекс® ЗУП выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-005-34311042-2015.

7.3.5. Пример условного обозначения заглушек ПротекторФлекс® ЗУП:

Заглушка ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ЗУП 225 ТУ 2248-005-34311042-2015

Пример для технического задания – *Заглушка полимерная герметичная приварная.*

7.4. Переходы ПротекторФлекс® ТАП



7.4.1. Переходы ПротекторФлекс® ТАП предназначены для организации герметичного соединения гладкостенных с гофрированными и асбестоцементными трубами.

7.4.2. Соединение с гладкостенными трубами происходит при помощи сварки встык. Гофрированные или АСБ трубы заводятся в раструб с последующей герметизацией места соединения при помощи термоусаживаемой трубки. Переход

обеспечивает надежное механическое соединение труб между собой и сохраняет существующую герметичность кабелевода.

7.4.3. Технические характеристики переходов ПротекторФлекс® ТАП:

- обеспечивают герметичное соединение в том числе с АСБ трубами, сварка с которыми невозможна;
- с внутренним слоем, стойким к воздействию открытого пламени категории ПВ-0;
- термостойкие;
- не подвержены коррозии;
- срок эксплуатации – 50 лет.

7.4.4. Защитные заглушки ПротекторФлекс® ЗУП выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-011-34311042-2017.

7.4.5. Пример условного обозначения заглушек ПротекторФлекс® ЗУП:

Переход ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ТАП БК 110/БК 160 ТУ 2248-011-34311042-2017

Переход ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ТАП БК 110/АСБ 110 ТУ 2248-011-34311042-2017

Пример для технического задания – *Переход полимерный термостойкий.*

7.5. Муфты электросварные Энерготэк МЭС



7.5.1. Электросварные муфты Энерготэк МЭС предназначены для сварки полимерных гладкостенных труб между собой, герметичного соединения гладкостенных труб с патрубками кабельных колодцев, а также для присоединения расширительных воронок и заглушек к торцам гладкостенных труб в стесненных условиях.

7.5.2. Сварка труб с применением муфт МЭС осуществляется за счет нагрева закладной спирали при прохождении через нее электрического тока. При этом происходит одновременный процесс плавления внутренней части муфты и наружной поверхности трубы, в результате чего происходит их спекание в монолитное соединение.

7.5.3. Могут быть сварены любым типом сварочного аппарата для электромуфтовой сварки. Параметры сварки автоматически передаются со штрих-кода муфты. Для сварки допустимо применять аппараты с постоянным выходным напряжением 39,4 В путем ручного ввода времени сварки. Время сварки указано на этикетке со штрих-кодом.

7.5.4. Технические характеристики муфт Энерготэк МЭС:

- обеспечение герметичного соединения труб (степень защиты IP68 по ГОСТ 14254-2015);
- допустимая температура монтажа: от -10 до 45 °С;
- наличие режима автоматического процесса сварки;
- наличие внутреннего упора для облегчения процесса центровки и фиксации труб внутри муфты;
- открытая нагревательная спираль для прямой передачи тепла в трубу;
- наличие индикатора для визуального контроля сварки;
- не подвержены коррозии;
- срок эксплуатации – 50 лет.

7.5.5. Защитные заглушки ПротекторФлекс® ЗУП выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-011-34311042-2017.

7.5.6. Пример условного обозначения заглушек ПротекторФлекс® ЗУП:

***Муфта электросварная ЭНЕРГОТЭК МЭС 110 IP68
ТУ 22.21.29-001-39082310-2022***

Пример для технического задания – *Муфта электросварная герметичная со степенью защиты IP68.*

8. Основные методы прокладки электрических кабелей в трубах ПротекторФлекс®

8.1. Общая информация о прокладке кабелей в трубах

8.1.1. При строительстве трехфазной кабельной линии 6-500 кВ применяются:

- трехфазные группы однофазных кабелей;
- трехфазные кабели (только на классы 6-35 кВ).

При прокладке трехфазной группы однофазных кабелей каждая фаза кабеля, как правило, прокладывается в отдельной трубе. В редких случаях кабели 6-35 кВ малых сечений жилы допускается прокладывать по три фазы в одной трубе.

8.1.2. При строительстве трехфазной кабельной линии 6-500 кВ, выполненной однофазными кабелями, могут предусматриваться резервные трубы.

Резервная труба прокладывается ввиду возможного повреждения при монтаже какой-то из основных труб, а также в целях оперативной протяжки нового кабеля во время ремонта КЛ.

8.1.3. Для каждой цепи КЛ, как правило, необходимо предусмотреть не менее одной резервной трубы. По требованию заказчика при длине трубных переходов более 100 м в резервную трубу следует заложить резервный кабель, при этом длина концов кабеля должна обеспечивать выполнение монтажа соединительных муфт. Герметизацию концов резервного кабеля следует выполнять в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

8.1.4. Кроме основных и резервных труб может быть предусмотрена прокладка еще одной трубы (как правило меньшего диаметра), необходимой для размещения в ней кабелей связи.

8.1.5. Трубы могут быть уложены как вплотную друг к другу, так и на расстоянии. Способ их взаимного расположения должен определяться с учетом:

- метода прокладки;
- условий охлаждения кабелей и их допустимой токовой нагрузки;
- допустимой ширины трассы.

8.1.6. Основными методами прокладки труб являются:

- траншейная прокладка в грунте;
- бестраншейная прокладка в грунте методом ГНБ;
- бестраншейная прокладка в грунте методом прокола;
- укладка по конструкциям.

8.1.7. Участки КЛ в трубах должны быть запроектированы преимущественно прямолинейно. Если это невозможно, то повороты должны осуществляться в специальных кабельных камерах или кабельных каналах.

8.1.8. Отдельные полимерные трубы следует последовательно сварить между собой для образования протяженных монолитных трубопроводов. Высота сварного шва во избежание повреждения наружной оболочки кабеля при его протяжке и эксплуатации не должна превышать 5 мм. Смещение кромок труб допускается не

более чем на 10% толщины стенки трубы. Соединение труб также возможно с применением специальных электромуфт.

8.1.9. До начала работ по прокладке труб в грунте всегда следует производить максимально детальную инженерную разведку местности с целью определения точного местоположения и глубины залегания уже существующих инженерных коммуникация и кабельных линий - как пересекаемых, так и близлежащих.

8.2. Траншейная прокладка труб

8.2.1. Размещение кабельных линий в трубах, расположенных в траншеях, является распространенным способом строительства (рис.8.1). Более подробные чертежи представлены в ТР-102-2024 – «Альбом проектных решений и технических рекомендаций по проектированию кабельных линий 6-330 кВ», доступный на официальном сайте компании и [по ссылке](#).

8.2.2. Трубы, используемые для траншейной прокладки, должны обладать необходимыми характеристиками:

- кольцевая жесткость SN должна соответствовать глубине прокладки в траншее и степени уплотнения грунта засыпки;
- внешний диаметр трубы D и толщина стенки e должны обеспечить внутренний диаметр трубы такой величины, чтобы не возникало препятствий для протяжки кабеля в трубу.

8.2.3. Основные этапы прокладки кабельных линий в трубах в траншеях:

- рытье траншеи необходимой глубины и ширины;
- подготовка дна траншеи;
- подготовка необходимого числа трубопроводов путем соединения отдельных труб последовательно друг с другом за счет стыковой сварки или установки электромуфт;
- установка на концах трубопровода защитных воронок;
- укладка трубопровода (одного или нескольких) в траншею;
- начальная засыпка и трамбовка траншеи;
- окончательная засыпка обратным грунтом;
- затяжка кабелей в трубы (может выполняться и до засыпки грунтом);
- установка уплотнителей, герметизирующих трубы по концам.

8.2.4. Глубина траншеи должна быть такой, чтобы все кабели, размещенные в трубах, оказались проложены на глубине:

- не менее 0,7 м для кабельных линий 6-20 кВ;
- не менее 1,0 м для кабельных линий 35 кВ;
- не менее 1,5 м для кабельных линий 110-500 кВ.

8.2.5. Ширина дна траншеи должна обеспечить беспрепятственную укладку трубопроводов с учетом числа и диаметра труб, а также их взаимного расположения друг относительно друга.

8.2.6. При прокладке кабельного трубопровода траншейным методом для обеспечения благоприятных условий охлаждения кабельной линии рекомендуется использовать песчано-гравийную смесь с соотношением песка к гравию 1:1 (допускается 1:1,2) с гравием фракции от 10-15 мм и песка от 1,0-1,5 мм с удельным тепловым сопротивлением $R=1,2 \text{ К}\cdot\text{м}/\text{Вт}$:

- в качестве подушки под трубу толщиной не менее 100 мм;
- в качестве начальной засыпки трубы сверху толщиной не менее 100 мм.

8.2.7. После укладки трубопровода в траншею по мере его засыпки целесообразно проводить механическое уплотнение грунта с целью снизить риски просадки грунта в процессе эксплуатации линии.

8.2.8. В исключительных случаях при наличии проектного обоснования сверху трубопроводов могут дополнительно устанавливаться ж/б плиты.

8.2.9. Финальная засыпка труб, проложенных в траншее, выполняется обратным грунтом.

8.2.10. Для прокладки кабельных линий в траншеях следует использовать полимерные трубы:

- ПротекторФлекс® БК и БК-ОМП (для прокладки кабелей);
- ПротекторФлекс® СТ и СТ-ОМП (в качестве защитного футляра для кабельной трубы, а также для прокладки кабеля на объектах, где отсутствуют требования по стойкости трубы к короткому замыканию в кабеле).

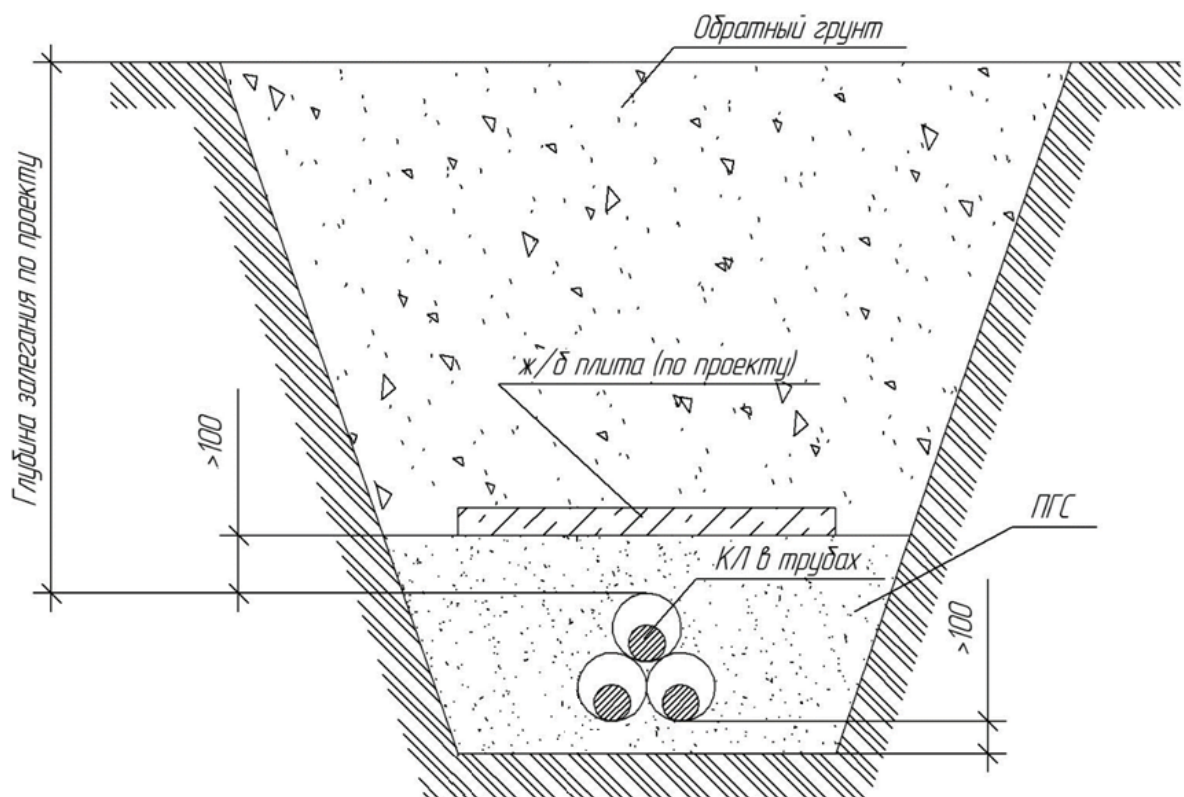


Рисунок 8.1. Поперечный разрез одноцепной КЛ, выполненной однофазными кабелями, проложенными в трубах траншейным методом.

8.3. Бестраншейная прокладка труб методом ГНБ

8.3.1. Метод ГНБ (горизонтально направленного бурения) – это управляемый бестраншейный метод прокладывания подземных коммуникаций, основанный на использовании специальных буровых комплексов (установок) - см рис.8.2. Более подробные чертежи представлены в ТР-102-2024 – «Альбом проектных решений и технических рекомендаций по проектированию кабельных линий 6-330 кВ», доступный на официальном сайте компании и [по ссылке](#).

8.3.2. Размещение кабельных линий в трубах, проложенных методом ГНБ, является распространенным способом строительства электрических сетей.

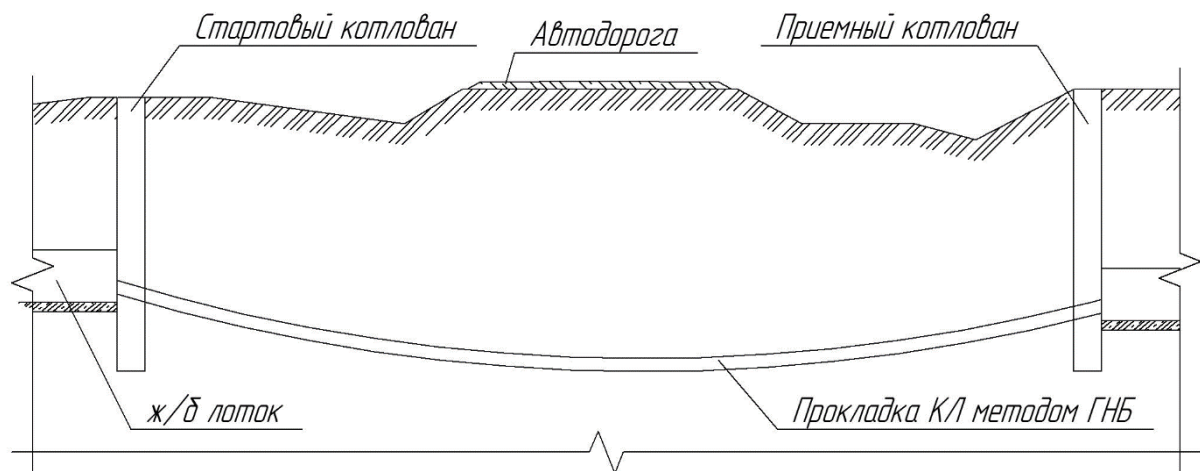


Рисунок 8.2. Продольный профиль трассы КЛ, проложенной методом ГНБ.

8.3.3. Метод ГНБ эффективно применяется, как правило, в нескальных грунтах (пески, супеси, суглинки, глины), в которых при помощи бурового раствора (бентонита или др.) обеспечивается устойчивость стенок скважины. К геологическим условиям, в которых применение метода ГНБ затруднено или невозможно, относятся: подземные воды с большим напором, глинистые грунты текучей консистенции, плывуны, валунные и гравийно-галечниковые грунты, грунты с включениями искусственного происхождения (обломки железобетонных плит, отходы металлургического производства и т.п.), неустойчивые площадки (карст, оползни).

8.3.4. При использовании соответствующего оборудования и бурового инструмента (буровые перфораторы, скважинные моторы, специальные буровые коронки и др.) возможно применение метода ГНБ в скальных грунтах или в грунтах с твердыми включениями.

8.3.5. До начала производства работ методом ГНБ особенно важно произвести детальное исследование свойств грунта, а также определить местоположение всех пересекаемых или близлежащих коммуникаций и кабельных линий.

8.3.6. Трубы, используемые для прокладки методом ГНБ, должны обладать необходимыми характеристиками:

- внешний диаметр трубы D и толщина стенки e должны обеспечить внутренний диаметр трубы такой величины, чтобы не возникало препятствий для протяжки кабеля в трубу;
- кольцевая жесткость SN должна соответствовать давлению грунта, транспорта и бентонита;
- кольцевая жесткость SN не рекомендуется менее 16 кН/м^2 ;
- предельное усилие тяжения каждой трубы $F_{МАХ}$ должно превосходить усилие, с которым буровая машина осуществляет протаскивание пучка трубопроводов.

8.3.7. Основные этапы прокладки кабельных линий в трубах методом ГНБ:

- рытье стартового и приемного котлована;
- подготовка необходимого числа трубопроводов путем соединения отдельных труб последовательно друг с другом за счет из стыковой сварки (применение электромуфт при ГНБ не рекомендуется);
- подготовка пилотной скважины, ее расширение и уплотнение стенок;
- затяжка в скважину (в буровой канал) трубопровода или пучка трубопроводов;
- установка на концах трубопровода воронок для защиты кабеля;
- подготовка песчаной подушки по концам трубопроводов в местах, где из них будут выходить кабели;
- прочистка труб изнутри и затяжка в них кабелей;
- установка уплотнителей, герметизирующих трубы с кабелями;
- установка герметизирующих заглушек для резервных труб;
- начальная засыпка стартового и приемного котлована ПГС, а также уплотнение засыпки;
- окончательная засыпка котлованов обратным грунтом.

8.3.8. При использовании метода ГНБ согласно СП 341.1325800.2017 диаметр расширителя рекомендуется выбирать следующим образом:

- для трасс длиной менее 50 м - по условию $D_{РШ} \geq 1,2D_{ЭКВ}$;
- для трасс длиной от 50 до 100 м - по условию $D_{РШ} \geq 1,3D_{ЭКВ}$;
- для трасс длиной от 100 до 300 м - по условию $D_{РШ} \geq 1,4D_{ЭКВ}$;
- для трасс длиной более 300 м - по условию $D_{РШ} \geq 1,5D_{ЭКВ}$,

где эквивалентный диаметр $D_{ЭКВ}$ пучка трубопроводов можно вычислить через диаметр одной трубы D по выражению:

- для одиночного трубопровода $D_{ЭКВ} = D$;
- для пучка из трех трубопроводов $D_{ЭКВ} = 2,15 \cdot D$;
- для пучка из четырех трубопроводов $D_{ЭКВ} = 2,41 \cdot D$.

8.3.9. Глубина расположения трассы должна быть такой, чтобы все кабели, размещенные в трубах, оказались проложены на глубине:

- не менее 0,7 м для кабельных линий 6-20 кВ;
- не менее 1,0 м для кабельных линий 35 кВ;
- не менее 1,5 м для кабельных линий 110-500 кВ.

8.3.10. Радиус изгиба трассы трубопровода не должен быть менее допустимого радиуса изгиба используемых труб, а также прокладываемых в них кабелей.

8.3.11. При прокладке нескольких КЛ или нескольких цепей КЛ расстояние между скважинами (буровыми каналами), выполняемыми методом ГНБ, должно выбираться с учетом технологической возможности оборудования и точности выполнения работ оператором. Данное расстояние рекомендуется принимать не менее 1 м в свету (рис.8.3).

8.3.12. Для прокладки кабельных линий методом ГНБ следует использовать полимерные трубы:

- ПротекторФлекс® БК и БК-ОМП (для прокладки кабелей);
- ПротекторФлекс® ПРО и ПРО-ОМП (для прокладки кабелей в тяжелых условиях (скальные грунты, грунты с включениями искусственного происхождения) и в случае прокладки методом горизонтально направленного бурения при повышенной протяженности канала (более 200 м));
- ПротекторФлекс® СТ и СТ-ОМП (в качестве защитного футляра для кабельной трубы, а также для прокладки кабеля на объектах, где отсутствуют требования по стойкости трубы к короткому замыканию в кабеле).

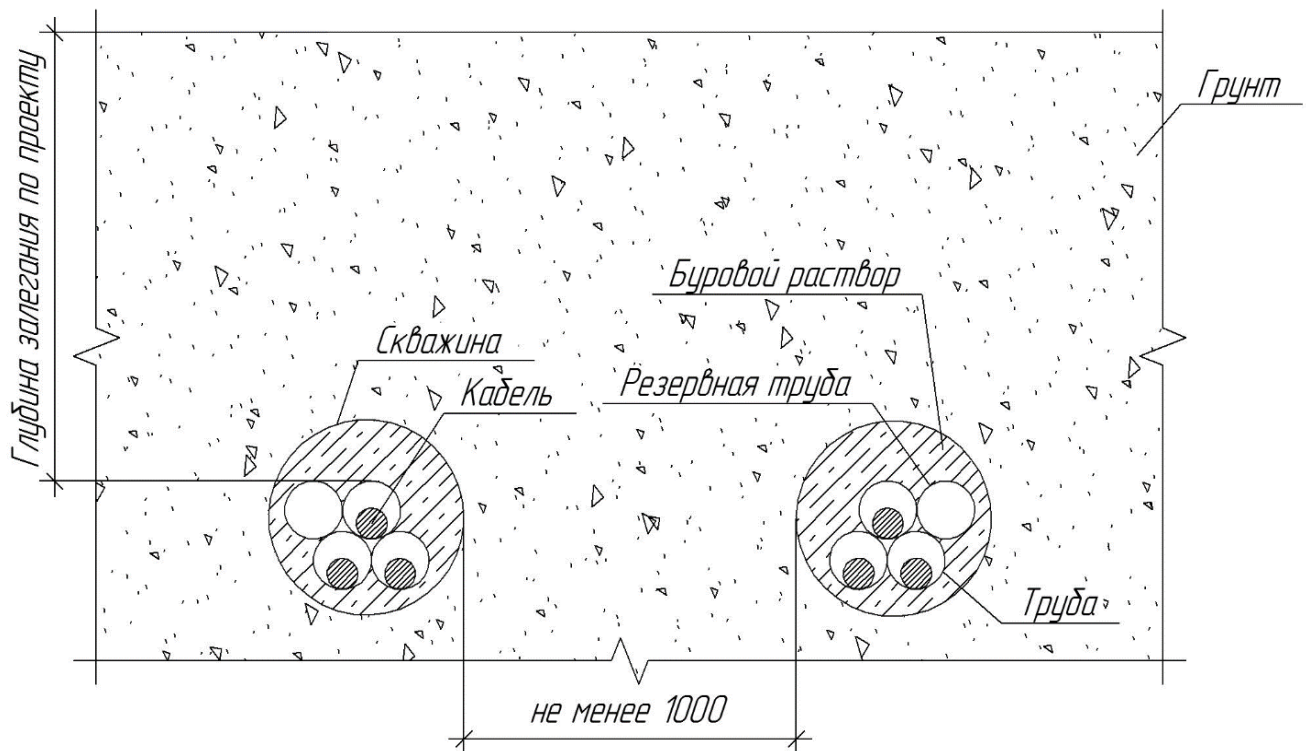


Рисунок 8.3. Поперечный разрез двухцепной КЛ, выполненной однофазными кабелями, проложенными в трубах методом ГНБ.

8.4. Бестраншейная прокладка труб методом прокола

8.4.1. Метод прокола – управляемый бестраншейный метод прокладки подземных коммуникаций, основанный на создании скважины за счет уплотнения массива грунта (рис.8.4). Размещение кабельных линий в трубах, проложенных методом прокола, менее распространено в сравнении с ГНБ.

8.4.2. По сравнению с установками ГНБ прокол отличается относительная дешевизна. Создание скважины данным методом не сопровождается значительным уплотнением грунта в окружающем массиве, что позволяет прокладывать или ремонтировать коммуникации в непосредственной близости от соседних. К основным ограничениям данного метода относится невозможность применения для скальных или болотистых грунтов, а также малые диаметры и протяженности скважин. Область применения всех видов прокола ограничивается диаметром 500 мм и длиной до 50, реже до 100 м.

8.4.3. При выполнении прокола в проекте необходимо предусмотреть стартовый и приемный котлован. Размеры котлованов обуславливаются глубиной залегания кабельного трубопровода, размерами оборудования, а также технологическими особенностями данного метода прокладки. Размеры котлованов рекомендуется согласовать с подрядной организацией.

8.4.4. При прокладке нескольких КЛ или нескольких цепей КЛ расстояние между скважинами, осуществляемыми бестраншейным методом, должно выбираться с учетом технологической возможности оборудования и точности выполнения работ оператором. Данное расстояние рекомендуется принимать не менее 1 м в свету.

8.4.5. Для прокладки кабельных линий методом прокола следует использовать полимерные трубы:

- ПротекторФлекс® БК и БК-ОМП (для прокладки кабелей);
- ПротекторФлекс® СТ и СТ-ОМП (в качестве защитного футляра для кабельной трубы, а также для прокладки кабеля на объектах, где отсутствуют требования по стойкости трубы к короткому замыканию в кабеле).

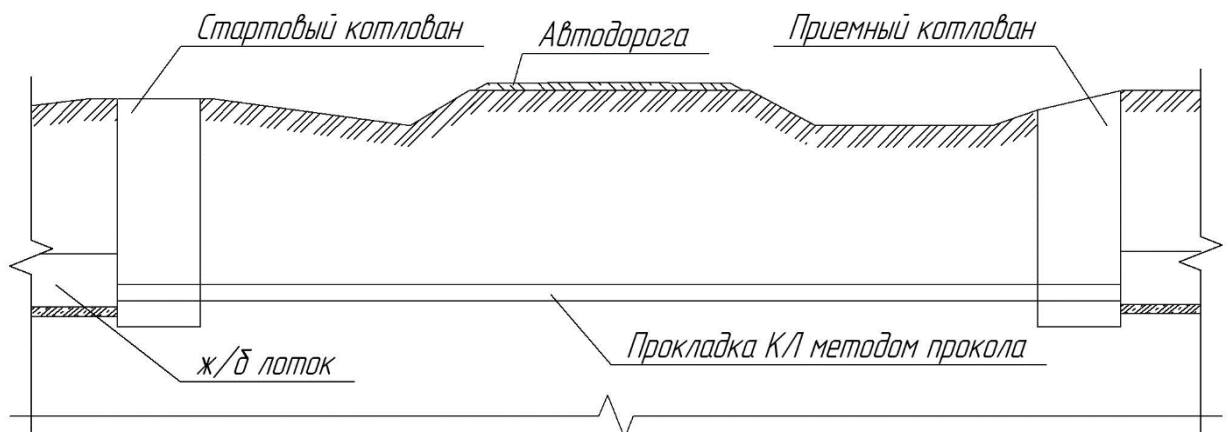


Рисунок 8.4. Продольный профиль трассы КЛ, проложенной методом прокола.

8.5. Прокладка труб по конструкциям

8.5.1. К случаям прокладки полимерных труб по конструкциям относятся:

- прокладка по конструкциям автомобильных мостов;
- прокладка по конструкциям железнодорожных мостов;
- прокладка по эстакадам;
- другие случаи, когда трубы с кабелем проложены не в грунте.

8.5.2. Трубы, используемые для прокладки кабельных линий по конструкциям, обязательно должны иметь внутренний и наружный негорючий слой ПВ-0 для исключения случая возникновения пожара внутри трубы из-за короткого замыкания в кабеле, так и в случае возникновения пожара за пределами трубы по сторонним причинам.

8.5.3. Трубы должны обладать необходимыми характеристиками:

- внешний диаметр трубы D и толщина стенки e должны обеспечить внутренний диаметр трубы такой величины, чтобы не возникало препятствий для протяжки кабеля в трубу;
- кольцевая жесткость SN должна обеспечивать минимальные прогибы/изгибы трубы в условиях всего комплекса механических воздействий;

8.5.4. При прокладке труб по конструкциям особое внимание следует уделить проектным работам, а именно:

- расчету теплового расширения труб в широком диапазоне температур, связанных как с различными режимами работы кабельной линии, так и с воздействием на трубу солнечной радиации;
- обоснованию устройства компенсации теплового расширения труб;
- механическому расчету самих труб и их креплений к конструкциям;
- обоснованию оптимальных расстояний между узлами крепления трубы к конструкциям с учетом кольцевой жесткости SN трубы и толщины стенки e .

8.5.5. При проведении механических расчетов труб и их креплений следует рассмотреть:

- прогиб трубы от собственного веса и веса проложенного кабеля;
- ветровые нагрузки;
- нагрузки от штормовой волны (для конструкций над водой);
- динамические усилия, возникающие между кабелями при коротком замыкании (по согласованию с заводом-изготовителем кабеля).

8.5.6. Для крепления к конструкциям полимерных труб, имеющих внутри один однофазный кабель (пофазная прокладка в трубах), запрещено:

- использовать магнитные материалы;
- допускать образование вокруг трубы замкнутого проводящего контура.

8.5.7. Для прокладки по конструкциям следует применять полимерные трубы серии ПротекторФлекс® НГ.

9. Механический расчет для выбора труб ПротекторФлекс®

Для подбора оптимального значения кольцевой жесткости трубы SN следует проводить механический расчет, учитывающий условия прокладки проекта.

Представленные механические расчеты полимерных труб основаны на методике, описанной в стандарте организации ПАО «Россети» 34.01-2.3.3-038-2021 «Трубы для прокладки кабельных линий напряжением свыше 1 кВ. Общие технические требования».

9.1. Механический расчет для прокладки траншейным способом

Достаточная кольцевая жесткость при прокладке труб в траншее выбирается согласно формуле:

$$q = |0,458 \cdot q - 7,5 \cdot E'_S| \quad (9.1)$$

где: SN – кольцевая жесткость трубы, кН/м²;

q – вертикальная нагрузка на трубу, кН/м²;

E'_S – секущий модуль грунта, МПа.

Вертикальная нагрузка на трубу q зависит от условий прокладки:

1. прокладка в зеленой зоне (нагрузка от транспорта отсутствует):

$$q = q_{\Gamma} \quad (9.2)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.3)$$

2. прокладка под автодорогой:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{ат}} \quad (9.4)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.5)$$

$$q_{\text{ат}} = \frac{20 \cdot g}{2,7 + H} \quad (9.6)$$

3. прокладка под железнодорожным полотном:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{жт}} \quad (9.7)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.8)$$

$$q_{\text{жт}} = \frac{28 \cdot g}{2,7 + H} \quad (9.9)$$

где: q_{Γ} – вертикальная нагрузка на трубу от веса грунта, кН/м²;

$q_{\text{ат}}$ – вертикальная нагрузка на трубу от автотранспорта, кН/м²;

$q_{\text{жт}}$ – вертикальная нагрузка на трубу от железнодорожного транспорта, кН/м²;

ρ_{Γ} – удельный вес грунта, т/м³ (при отсутствии данных принимают 2 т/м³);

g – ускорение свободного падения (принимается равной 9,8 м/с²);

H – глубина прокладки до верхнего края трубы, м.

При комбинированной местности – когда на участке возможна нагрузка и от автотранспорта, и от железнодорожного транспорта – расчет нагрузки

производится для наиболее тяжелого случая «прокладка под железнодорожным полотном».

Секущий модуль E'_s зависит от типа засыпки трубы и выбирается в соответствии с таблицей 9.1.

Таблица 9.1 – Рекомендации по выбору значения секущего модуля E'_s

Глубина засыпки H , м	Засыпка трубы обратным грунтом	Засыпка трубы песком		
		Неуплотненным	Уплотненным вручную	Уплотненным механически
	Секущий модуль грунта E'_s , МПа			
1	0	0,5	1,2	1,5
2	0	0,5	1,3	1,8
3	0	0,6	1,5	2,1
4	0	0,7	1,7	2,4
5	0	0,8	1,9	2,7
6	0	1,0	2,1	3,0

Полученное расчетное значение SN должно быть округлено до ближайшего большего значения из стандартного ряда: 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96 кН/м².

9.1.2 Выбор наружного диаметра трубы D

При выборе наружного диаметра труб D следует придерживаться следующего условия:

$$D \geq D_t = 1,5 \cdot d_{\text{экв}} + 2 \cdot e \quad (9.10)$$

где: D – наружный диаметр трубы, мм;

D_t – минимально допустимый наружный диаметр трубы, мм;

e – толщина стенки трубы, мм;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр пучка размещённых в трубе кабелей, состоящий в общем случае из n кабелей диаметром d каждый:

- при $n = 1$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = d$;
- при $n = 2$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2 \cdot d$;
- при $n = 3$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2,15 \cdot d$;
- при $n = 4$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2,41 \cdot d$.

9.2 Механический расчет для прокладки методом ГНБ

9.2.1 Расчетные случаи для выбора кольцевой жесткости трубы SN (SN_1 , SN_2 , SN_3)

Итоговое значение кольцевой жесткости SN для труб, прокладываемых бестраншейным способом (ГНБ), выбирается из полученных расчетных значений SN_1 , SN_2 , SN_3 , принимая наибольшее из них:

– SN_1 – минимально допустимая кольцевая жесткость по условию давления на трубу от веса грунта и транспорта на концевых участках бурового канала ГНБ, кН/м^2 ;

– SN_2 – минимально допустимая кольцевая жесткость по условию усилия тяжения трубы в буровом канале ГНБ, кН/м^2 ;

– SN_3 – минимально допустимая кольцевая жесткость по условию давления на трубу от веса грунта и бентонита в точке максимального заглубления бурового канала ГНБ, кН/м^2 .

9.2.2 Выбор кольцевой жесткости трубы от веса грунта и транспорта на концевых участках бурового канала (SN_1)

Достаточная кольцевая жесткость SN_1 на концевых участках бурового канала рассчитывается для столба грунта с глубиной залегания не более $H \leq 2$ м согласно формуле:

$$SN_1 \geq 0.458 \cdot q \quad (9.11)$$

где: SN_1 – минимально допустимая кольцевая жесткость по условию давления на трубу на концевых участках бурового канала ГНБ, кН/м^2 ;

q – вертикальная нагрузка на трубу, кН/м^2 .

Вертикальная нагрузка на трубу q зависит от условий прокладки:

1. прокладка в зеленой зоне (нагрузка от транспорта отсутствует):

$$q = q_{\Gamma} \quad (9.12)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.13)$$

2. прокладка под автодорогой:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{ат}} \quad (9.14)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.15)$$

$$q_{\text{ат}} = \frac{20 \cdot g}{2,7 + H} \quad (9.16)$$

3. прокладка под железнодорожным полотном:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{жт}} \quad (9.17)$$

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H \quad (9.18)$$

$$q_{\text{жт}} = \frac{28 \cdot g}{2,7 + H} \quad (9.19)$$

где: q_{Γ} – вертикальная нагрузка на трубу от веса грунта, кН/м^2 ;

$q_{\text{ат}}$ – вертикальная нагрузка на трубу от автотранспорта, кН/м^2 ;

$q_{\text{жт}}$ – вертикальная нагрузка на трубу от железнодорожного транспорта, кН/м²;
 $\rho_{\text{г}}$ – удельный вес грунта, т/м³ (при отсутствии данных принимают 2 т/м³);
 g – ускорение свободного падения (принимается равной 9,8 м/с²);
 H – глубина прокладки до верхнего края трубы, м.

При комбинированной местности – когда на участке возможна нагрузка и от автотранспорта, и от железнодорожного транспорта – расчет нагрузки производится для наиболее тяжелого случая «прокладка под железнодорожным полотном».

Полученное значение SN_1 должно быть округлено до ближайшего большего значения из стандартного ряда: 16, 24, 32, 48, 64, 96 кН/м².

9.2.3. Выбор наружного диаметра трубы D

При выборе наружного диаметра труб D следует придерживаться следующего условия:

$$D \geq D_t = 1,5 \cdot d_{\text{экв}} + 2 \cdot e \quad (9.20)$$

где: D – наружный диаметр трубы, мм;

D_t – минимально допустимый наружный диаметр трубы, мм;

e – толщина стенки трубы, мм;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр пучка размещённых в трубе кабелей, состоящий в общем случае из n кабелей диаметром d каждый:

- при $n = 1$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = d$;
- при $n = 2$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2 \cdot d$;
- при $n = 3$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2,15 \cdot d$;
- при $n = 4$ эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}} = 2,41 \cdot d$.

9.2.4 Выбор кольцевой жесткости трубы по условию усилия тяжения (SN_2)

Кольцевая жесткость SN_2 определяется в зависимости от величины максимально допустимого усилия тяжения трубы $F_{\text{МАХ}}$:

$$F_{\text{МАХ}} = \frac{F}{F/F_{\text{МАХ}}} \quad (9.21)$$

где: F – фактическое усилие тяжения, кН;

$F/F_{\text{МАХ}}$ – коэффициент запаса, о.е. (принимается равным 0,5 о.е.);

Фактическое усилие тяжения трубы, прокладываемой способом ГНБ, которое может быть определено как:

$$F = \frac{1.96}{f' \cdot N} \cdot D_{\text{экв}} \cdot D_{\text{рш}} \cdot 10^{-3} \cdot L_{\text{ГНБ}} \quad (9.22)$$

где: F – фактическое усилие тяжения, кН;

f' – коэффициент крепости пород по М. М. Протоdjяконову определяется по табл. 9.4;

N – число труб в пучке, шт;

$D_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр пучка труб, мм;

$D_{\text{рш}}$ – диаметр расширителя бурового канала, мм;

$L_{\text{ГНБ}}$ – фактическая длина бурового канала, м.

Диаметр расширителя бурового канала вычисляется следующим образом:

$$D_{\text{рш}} = K_{\text{дш}} \cdot D_{\text{экв}} \cdot 10^{-3} \quad (9.23)$$

где: $K_{\text{дш}}$ – коэффициент расширения бурового канала, определяется по таблице 9.2.

Найденный диаметр $D_{\text{рш}}$ необходимо округлить до ближайшего большего стандартного значения из ряда: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 мм.

Таблица 9.2 – Коэффициент расширения $K_{\text{дш}}$ в зависимости от длины бурового канала ГНБ $L_{\text{ГНБ}}$

Длина бурового канала ГНБ $L_{\text{ГНБ}}$, м	Коэффициент расширения $K_{\text{дш}}$
До 49	1,2
От 50 до 99	1,3
От 100 до 299	1,4
Более 300	1,5

Эквивалентный диаметр пучка труб $D_{\text{экв}}$, каждая из которых с наружным диаметром D , определяется согласно таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Эквивалентный диаметр $D_{\text{экв}}$ пучка из N труб (каждая труба диаметра D)

Число труб N	$D_{\text{экв}}$
1	$1 \cdot D$
2	$2 \cdot D$
3	$2,15 \cdot D$
4	$2,41 \cdot D$
5	$3 \cdot D$
6	$3 \cdot D$
7	$3 \cdot D$
8	$3,3 \cdot D$
9	$3,83 \cdot D$

Таблица 9.4 – Шкала крепости пород по М. М. Протодяконову

f'	Тип породы
2,0	антрацит, галька цементированная, гипс, грунт каменистый грунт мерзлый, известняк очень мягкий, мел, мергель обыкновенный, песчаник разрушенный, сланец мягкий, соль каменная
1,5	галька слежавшаяся с щебнем, глина отвердевшая, грунт щебенистый, сланец разрушенный, уголь каменный крепкий
1,0	грунт глинистый, глина плотная, каменный уголь мягкий, нанос крепкий
0,8	глина песчанистая легкая, гравий, лесс
0,6	земля растительная, песок сырой, суглинок легкий, торф
0,5	гравий мелкий, земля насыпная, осыпи, песок, уголь добытый
0,3	грунт болотистый, грунт разжиженный, пливуны слабые
0,1	пливуны сильные

Полученное значение $F_{\text{МАХ}}$ необходимо сравнить с каталожными значениями предельного усилия тяжения для заданного диаметра трубы и принять ближайшее большее значение. Для принятого каталожного значения $F_{\text{МАХ}}$ определить соответствующее значение кольцевой жесткости SN_2 трубы.

Если кольцевая жесткость SN_2 превосходит значение SN_1 , по которому производился подбор диаметра трубы D , то тогда по каталогу производителя следует заново подобрать наружный диаметр D , при котором толщина стенки трубы e обеспечит выполнение условия согласно формуле (9.20).

9.2.5 Выбор кольцевой жесткости трубы от веса грунта на максимальной глубине бурового канала (SN_3)

Кольцевая жесткость SN_3 на максимальной глубине H_{max} прохождения бурового канала рассчитывается согласно формуле:

$$SN_3 = 0.458 \cdot q_{\Gamma} + \frac{P}{24 \cdot P/P_{\text{max}}} \quad (9.24)$$

где: SN_3 – минимально допустимая кольцевая жесткость по условию давления на трубу веса грунта и бентонита на глубине H_{max} , кН/м²;

q_{Γ} – вертикальная нагрузка на трубу от веса грунта на глубине H_{max} , кН/м²;

P – давление бентонита, кН/м²;

P/P_{max} – коэффициент запаса (принимается равным 0.5).

Вертикальная нагрузка на трубу от веса грунта на глубине H_{max} определяется величиной свода обрушения грунта H_{Γ} на этой глубине:

$$q_r = \rho_r \cdot g \cdot H_r \quad (9.25)$$

где: ρ_r – удельный вес грунта, т/м³ (обычно не более 2 т/м³);
 g – гравитационная постоянная Земли, м/с² (принимается равной 9.8 м/с²);
 H_r – свод обрушения грунта, м.

Свод обрушения грунта зависит от диаметра производимой скважины, а также от характеристик грунта, в котором осуществляется бурение:

$$H_r = \frac{D_{рш}}{2 \cdot f'} \quad (9.26)$$

где: $D_{рш}$ – диаметр расширителя бурового канала, м. Рассчитывается по формуле (2,13);

f' – коэффициент крепости пород по М. М. Протодяконову, определяется по табл. 2.3.

Давление бентонита P определяется как:

$$P = P_{и} + \rho_б \cdot g \cdot H_{max} \quad (9.27)$$

где: $P_{и}$ – избыточное давление бентонита, кН/м² (принимается равным 200 кН/м²);

$\rho_б$ – плотность бентонита, т/м³ (обычно не более 1.5 т/м³);

g – ускорение свободного падения, м/с² (принимается равной 9.8 м/с²);

H_{max} – максимальная глубина прокладки до верхнего края трубы, м.

Полученное значение SN_3 должно быть округлено до ближайшего большего значения из стандартного ряда: 16, 24, 32, 48, 64, 96 кН/м².

Если кольцевая жесткость SN_3 превосходит значение SN_1 , по которому производился подбор диаметра трубы D , то тогда по каталогу производителя следует заново подобрать наружный диаметр D , при котором толщина стенки трубы e обеспечит выполнение условия согласно формуле (9.20).

9.3. Механический расчет для прокладки по конструкциям

9.3.1 Выбор предварительной кольцевой жесткости SN и наружного диаметра трубы D

В качестве предварительной кольцевой жесткости трубы принимается минимальное значение SN из стандартного ряда.

Для предварительного значения кольцевой определяется минимально допустимый наружный диаметр трубы D :

$$D \geq D_t = 1,5 \cdot d_{\text{ЭКВ}} + 2 \cdot e \quad (9.28)$$

где: D – наружный диаметр трубы, мм;

D_t – минимально допустимый наружный диаметр трубы, мм;

e – толщина стенки трубы, мм;

$d_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентный диаметр пучка размещённых в трубе кабелей, состоящий в общем случае из n кабелей диаметром d каждый:

– при $n = 1$ эквивалентный диаметр $d_{\text{ЭКВ}} = d$;

– при $n = 2$ эквивалентный диаметр $d_{\text{ЭКВ}} = 2 \cdot d$;

– при $n = 3$ эквивалентный диаметр $d_{\text{ЭКВ}} = 2,15 \cdot d$;

– при $n = 4$ эквивалентный диаметр $d_{\text{ЭКВ}} = 2,41 \cdot d$.

9.3.2 Проверка прогиба трубы между двумя узлами ее крепления

Прогиб труб трубы между двумя узлами ее крепления определяется как:

$$dY = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot X^4}{E \cdot I_z} \quad (9.29)$$

где: dY – прогиб труб трубы между двумя узлами ее крепления, м (рисунок 9.1);

q – распределенная нагрузка от веса трубы и кабеля(ей), Н/м;

X – максимальное расстояние между соседними узлами крепления трубы, м;

E – модуль упругости трубы при изгибе, МПа (принимается равной 1150 МПа);

I_z – момент инерции трубы, м⁴.

Значение прогиба трубы должно удовлетворять условию:

$$dY \leq 0,01$$

Распределенная нагрузка от веса трубы и кабеля(ей) вычисляется согласно:

$$q = (m_T + m_K \cdot n_K) \cdot g \quad (9.30)$$

где: q – распределенная нагрузка от веса трубы и кабеля(ей), Н/м;

m_T – погонная масса трубы, кг/м;

m_K – погонная масса кабеля, кг/м;

n_K – количество кабелей в трубе, шт.

g – ускорение свободного падения, м/с² (принимается равной 9,8 м/с²).

Момент инерции трубы вычисляется в соответствии с:

$$I_z = \pi \cdot \frac{D^4 - (D - 2 \cdot e)^4}{64} \quad (9.31)$$

где: D – наружный диаметр трубы, м;
 e – толщина стенки трубы, м;
 π – отношение длины окружности к ее диаметру.

9.3.3 Окончательный выбор трубы

При креплении трубы к конструкциям необходимо обеспечить, чтобы при выбранных наружном диаметре трубы D и толщине стенки e прогиб трубы dY в средней части, расположенной между двумя соседними узлами ее крепления, не превосходит предельного значения, принимаемого равным 0,01 м.

В случае, когда рассчитанный в п. 9.3.2 прогиб получился $dY > 0,01$, следует выполнить следующие мероприятия:

- увеличить число узлов крепления трубы и тем самым снизить X ;
- повысить кольцевую жёсткость трубы SN до следующего значения из типового ряда 4, 8, 12, 14, 16, 24, 32, 48, 56, 64, 96 кН/м².

Если для выполнения условия $dY \leq 0,01$ повышено значение SN , то тогда по каталогу производителя следует заново подобрать наружный диаметр D , при котором толщина стенки трубы e обеспечит выполнение условия согласно формуле (9.3.2).

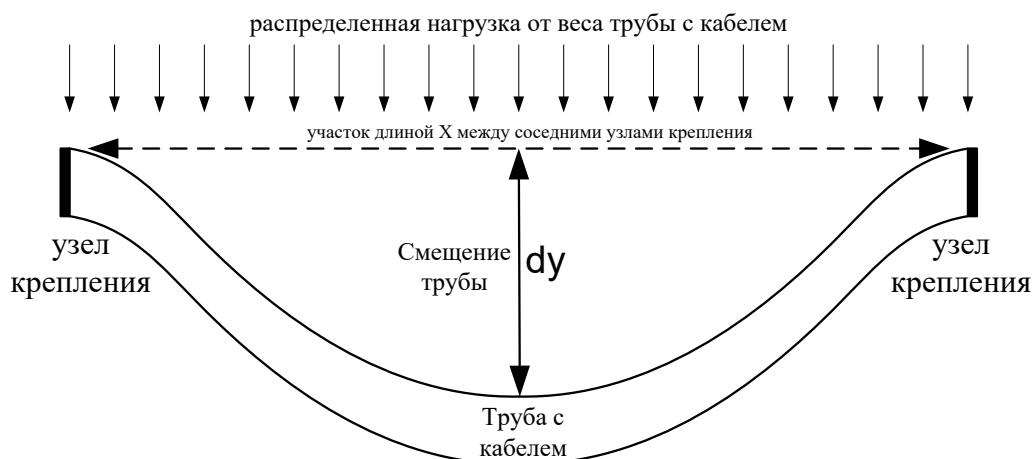


Рисунок 9.1. Прогиб трубы под действием веса трубы с кабелем.

9.3.4. При прокладке полимерных труб по конструкциям расчетом следует определять удлинение труб вследствие их нагрева температурой проложенного кабеля и/или солнечной радиацией. Относительное удлинение составляет

$$\Delta = \alpha_T \cdot (T - T_0), \quad (9.32)$$

где: α_T – коэффициент линейного теплового расширения (по данным табл.6.4.),

T_0 – начальная температура трубы,

T – конечная температура трубы.

Например, при нагреве трубы $\alpha_T = 1.8 \cdot 10^{-4}$ от начальной температуры $T_0 = 20^\circ\text{C}$ до конечной $T = 110^\circ\text{C}$ относительное увеличение длины составит $\Delta = 0.0162$ о.е. При строительной длине трубы $L_T = 13$ м ее абсолютное удлинение составит $\Delta \cdot L_T = 0.21$ м. Участок из пяти соединенных последовательно полимерных труб будет иметь длину $L_T = 65$ м и абсолютное удлинение $\Delta \cdot L_T = 1.05$ м.

9.3.5. При прокладке полимерных труб по конструкциям целесообразно предусматривать компенсацию их линейного удлинения:

- не закреплять трубу жестко, а оставлять ей возможность перемещаться;
- не реже, чем каждые 50-100 м трассы, предусматривать между трубами зазоры достаточной величины (чтобы закрыть зазоры, на них можно надвигать короткие отрезки труб большего диаметра так, как это показано на рис.9.2);
- другие мероприятия.

При прокладке полимерных труб в грунте компенсация линейного удлинения не требуется.

9.3.6. Для прокладки по конструкциям следует применять полимерные трубы серии ПротекторФлекс® НГ.

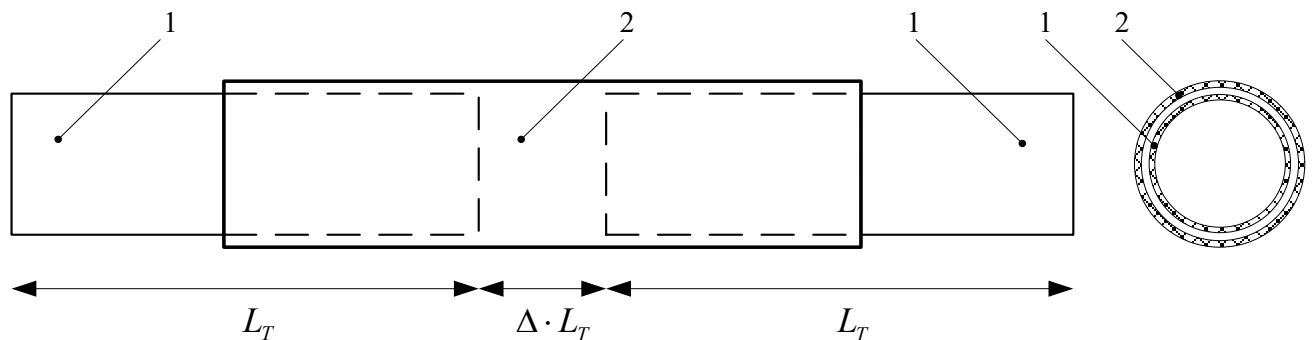


Рисунок 9.2. Пример обустройства узла компенсации теплового удлинения труб при их прокладке по конструкциям (не в грунте):
1 - основная труба, 2 - подвижная труба.

10. Типовые решения прокладки электрических кабелей в трубах ПротекторФлекс®

Типовые решения по прокладке кабельных линий детально рассмотрены в альбоме проектных решений и технических рекомендаций по проектированию кабельных линий 6-330 кВ – ТР-102-2024, который доступен [на официальном сайте компании ООО «Энерготэк»](#).

Данный альбом проектных решений и технических рекомендаций разработан и предназначен для специалистов, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена классов напряжения от 6 до 330 кВ.

В альбоме ТР-102-2024 в том числе приведены чертежи и технические решения по прокладке кабелей номинального напряжения 6-330 кВ в трубах для следующих случаев:

- Прокладка КЛ в трубах траншейным методом;
- Прокладка КЛ в трубах методом ГНБ;
- Прокладка КЛ в трубных блоках;
- Пересечение КЛ с агрессивной средой;
- Пересечение КЛ с другими кабелями;
- Пересечение КЛ с трубопроводом;
- Пересечение КЛ с теплосетью;
- Пересечение КЛ с трубным блоком;
- Пересечение КЛ с тоннелем;
- Пересечение КЛ с электрифицированной и неэлектрифицированной железной дорогой;
- Пересечение КЛ с трамвайными путями;
- Пересечение КЛ с автомобильной дорогой;
- Параллельная прокладка КЛ с автомобильными и железными дорогами;
- Параллельная прокладка КЛ с линиями электропередачи, деревьями, кустарниками и фундаментами зданий;
- Поворот КЛ;
- Переход КЛ из лотка в трубу;
- Переход КЛ из трубы в трубу;
- Ввод КЛ в здание или кабельное сооружение;
- Выходы КЛ к концевым муфтам;
- Прокладка КЛ по мостам и путепроводам.



8 800 500 48 31
www.energotek.ru

ЭнерготЭК – эксперт в области технологий защиты кабельных линий различных классов номинального напряжения, создающий на базе собственных разработок современные и надежные решения для российского рынка электроэнергетики.