

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭНЕРГОТЭК»

**АЛЬБОМ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ
ТР-101-2016**

**Альбом проектных решений и технических рекомендаций
по проектированию, строительству и эксплуатации
систем электроснабжения**

**с применением труб защитных «ПРОТЕКТОРФЛЕКС®»
из полимерной композиции повышенной термостойкости
для прокладки электрических кабелей**

Издание официальное

**Санкт-Петербург
2018**

**Альбом проектных решений и технических рекомендаций
по проектированию, строительству и эксплуатации
систем электроснабжения**

**с применением труб защитных «ПРОТЕКТОРФЛЕКС®»
из полимерной композиции повышенной термостойкости
для прокладки электрических кабелей**

| | | | |
|-----|---|----|----|
| 8. | ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В ТРУБАХ ПРОТЕКТОРФЛЕКС® | 38 | 36 |
| | 8.1. Общая информация о прокладке кабелей в трубах | 38 | 36 |
| | 8.2. Траншейная прокладка труб | 40 | 38 |
| | 8.3. Бестраншейная прокладка труб методом ГНБ | 42 | 40 |
| | 8.4. Бестраншейная прокладка труб методом прокола | 45 | 43 |
| | 8.5. Прокладка труб по конструкциям | 46 | 44 |
| 9. | ПРАВИЛА ВЫБОРА ТРУБ ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПРОКЛАДКИ | 47 | 45 |
| | 9.1. Выбор труб для траншейного метода | 47 | 45 |
| | 9.2. Выбор труб для бестраншейных методов | 49 | 47 |
| | 9.3. Выбор труб для прокладки по конструкциям | 51 | 49 |
| 10. | ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В ТРУБАХ ПРОТЕКТОРФЛЕКС® | 55 | 53 |
| | 10.1. Пересечения и параллельная прокладка с существующими кабельными линиями | 55 | 53 |
| | 10.2. Пересечения и параллельная прокладка с трубопроводами | 58 | 56 |
| | 10.3. Пересечения и параллельная прокладка с теплопроводом | 61 | 59 |
| | 10.4. Пересечение железных и автомобильных дорог | 64 | 62 |
| | 10.5. Пересечение водоемов и болотистой местности | 72 | 70 |
| | 10.6. Переход из трубы в лоток | 74 | 72 |
| | 10.7. Переход из трубы в трубу | 75 | 73 |
| | 10.8. Переход из трубы на вертикальный участок | 76 | 74 |
| | 10.9. Заходы трубы в здания и кабельные проходки | 77 | 75 |
| | 10.10. Прокладка в трубных блоках | 79 | 77 |
| | 10.11. Прокладка по мостам и путепроводам | 82 | 80 |
| | 10.12. Установка воронок и герметизация торцов труб | 83 | 81 |

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Альбом проектных решений и технических рекомендаций с применением труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® предназначен для специалистов, которые занимаются проектированием, монтажом и эксплуатацией кабельных линий классов номинального напряжения от 6 до 500 кВ.

1.2. При строительстве кабельных линий 6-500 кВ следует использовать гладкостенные полимерные трубы. Базовая область применения гофрированных труб относится к низковольтным (до 1 кВ) и слаботочным кабельным сетям и выходит за рамки материалов данного альбома. 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 гладкостенных полимерных труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС®. Применение на объектах гофрированных труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® в альбоме не рассмотрено.

1.4. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® специально разработаны для нужд прокладки кабелей классов 6-500 кВ как траншейными, так и бестраншейными методами, в частности методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ).

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

- надежную и безаварийную работу кабельных линий;
- 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 и не имеют аналогов на момент создания настоящего альбома. Замена предусмотренных проектной документацией труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® на другие трубы приведет к снижению эффективности, надежности, безопасности, ремонтпригодности кабельной линии.

1.7. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® производятся ООО "ЭнергоТЭК" в Санкт-Петербурге. Поставка осуществляется напрямую или через региональные представительства компании.

1.8. Полимерные трубы серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

1.9. 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).

1.10. Наиболее актуальная информация по трубам ПРОТЕКТОРФЛЕКС® всегда есть на сайте компании в сети Интернет: www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Применение полимерных труб при строительстве инженерных сетей, и в том числе при строительстве кабельных линий, отражено в следующих документах.

2.1. Государственные Стандарты (ГОСТ):

- ГОСТ Р 50838-2009 Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия.
- ГОСТ 32415-2013 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия.
- ГОСТ ИСО 161-1-2004 Трубы из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Номинальные наружные диаметры и номинальные давления. Метрическая серия.
- ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009 Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 1-1. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100 %-ный коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Общие положения.

2.2. Сводь Правил (СП):

- СП 40-102-2000 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования.
- СП 42-101-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.

2.3. Стандарты организации (СТО):

- СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 Освоение подземного пространства. Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения.
- СТО 56947007-29.060.20.071-2011. Силовые кабельные линии напряжением 110-500 кВ. Условия создания. Нормы и требования // Стандарт ПАО «ФСК ЕЭС»
- ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

3. ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГНБ – горизонтально направленное бурение

ж/б – железобетонный

КЛ – кабельная линия

ПВД – полиэтилен высокого давления

ПГС – песчано-гравийная смесь

ПНД – полиэтилен низкого давления

ПП – полипропилен

ПУЭ – правила устройства электроустановок

СПЭ – сшитый полиэтилен

ПРОТЕКТОР ФЛЕКС®
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

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.

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 слоев, 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 температуре термостойкости T ;
- по степени горючести.

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 четырех видов термостойких многослойных полимерных труб:

- труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ для кабелей до 110 кВ;
- труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК для кабелей до 110 кВ;
- труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ для кабелей до 110 кВ;
- труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО для кабелей 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;
- другие изделия.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

4.2. Область применения труб

4.2.1. Гладкостенные термостойкие полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® предназначены для монтажа силовых кабельных линий классов напряжения от 6 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:

- термостойкие гофрированные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® КОР;
- термостойкие негорючие гофрированные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® КОРН;
- гладкостенные полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® серии ПЭ.

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, когда в условиях поэтапного финансирования вначале надо подготовить трассу линии и завершить земляные работы, и только после этого закупить кабель и осуществить его протяжку;
- для прокладки кабельных линий в траншеях с целью их механической защиты;
- для прокладки кабельных линий под автомагистралями, 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 защиты кабелей от опасных веществ и мусора;
- для обеспечения быстрого ремонта или замены кабельной линии в случае такой необходимости;
- 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 и подстанций;
- для организации заходов кабельных линий в подвалы с учетом необходимости обеспечения 100% герметичности с целью исключения затопления помещений.

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. Допускается прокладка ПРОТЕКТОРФЛЕКС® в скальных, гравийно-галечных, щебенистых и других грунтах с включением твердых пород (свыше 15%).

4.2.5. Область применения труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® следующая:

- Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ - для прокладки в траншее или методом ГНБ кабельных линий 6-110 кВ;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

- Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК - для прокладки кабелей 6-110 кВ в блочной канализации или в иных случаях, где важны свойства нераспространения горения;
- Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ - для прокладки кабелей 6-110 кВ по мостам и эстакадам, в кабельных галереях и помещениях, или в иных случаях, где особенно важны свойства нераспространения горения;
- Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО - для прокладки в траншее или методом ГНБ кабельных линий 6-500 кВ.

4.2.6. Область применения комплектующих ПРОТЕКТОРФЛЕКС®:

- Уплотнитель ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК - для защиты торцов трубы с проложенным кабелем от проникновения воды и грунта, для обеспечения 100% герметичности;
- Воронка ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК - для механической защиты оболочки кабеля в местах выхода кабеля из трубы;
- Заглушка ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ЗУП - для защиты торцов резервных кабельных труб от проникновения воды и грунта, обеспечения 100% герметичности.

ПРОТЕКТОРФЛЕКС®
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

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 110⁰С длительно (и до 180⁰С кратковременно). Термостойкость означает, что даже в условиях постоянного воздействия температуры 110⁰С труба сохраняет свои физико-химические и механические свойства на протяжении всего срока службы, который составляет не менее 50 лет. Эталонные кривые длительной механической прочности полимерных труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® даны на рис.1.1. Эталонные кривые длительной прочности получены по методике ГОСТ 32415-2013.

4.3.5. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® из-за высокой термостойкости могут успешно эксплуатироваться за пределами одного нормативного срока службы кабельной линии, который составляет 30-40 лет. В частности, температура внешней оболочки кабельных линий классов напряжения 6-500 кВ длительно достигает 80-90⁰С, а в режиме кратковременных перегрузок - достигает 105-110⁰С. В диапазоне температур 80-110⁰С термостойкость полимерных труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® сохраняется более 100 лет, и они будут надежными кабельными каналами для нескольких поколений силовых кабелей, то есть могут быть повторно использованы, когда через 30-40 лет работы старый отслуживший свой срок кабель будет заменен на новый кабель.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

Таблица 4.1. Преимущества труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС в сравнении с устаревшими системами.

| Параметры | ПРОТЕКТОР-ФЛЕКС® | Сталь | Асбесто-цемент | Бетон | Керамика |
|---|------------------|-----------|----------------|--------------|--------------|
| Применение подъемных механизмов при монтаже | не требуется | требуется | требуется | требуется | требуется |
| Прокладка методом ГНБ | да | нет | нет | нет | нет |
| Скорость монтажа | высокая | средняя | низкая | низкая | низкая |
| Компенсация вихревых токов | не требуется | требуется | не требуется | не требуется | не требуется |
| Электромеханическая защита | не требуется | требуется | не требуется | не требуется | не требуется |
| Коррозионная стойкость | высокая | нет | высокая | высокая | высокая |
| Поворот трассы без фасонных изделий | да | нет | нет | нет | нет |
| Шероховатость внутренней поверхности | низкая | средняя | выше средней | высокая | низкая |

Таблица 4.2. Преимущества труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® в сравнении с другими полимерами.

| Параметры | ПРОТЕКТОР-ФЛЕКС® | ПНД | ПП | СПЭ |
|---|------------------|---------|---------|-------------|
| Длительная температура эксплуатации, °С | +110 | +40 | +80 | +95 |
| Стойкость к горению | да | нет | нет | нет |
| Прокладка методом ГНБ | да | да | нет | нет |
| Сварка встык или электромуфтами | да | да | да | нет |
| Прочность | высокая | низкая | средняя | высокая |
| Износостойкость | высокая | низкая | средняя | высокая |
| Гибкость | высокая | высокая | низкая | отсутствует |

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

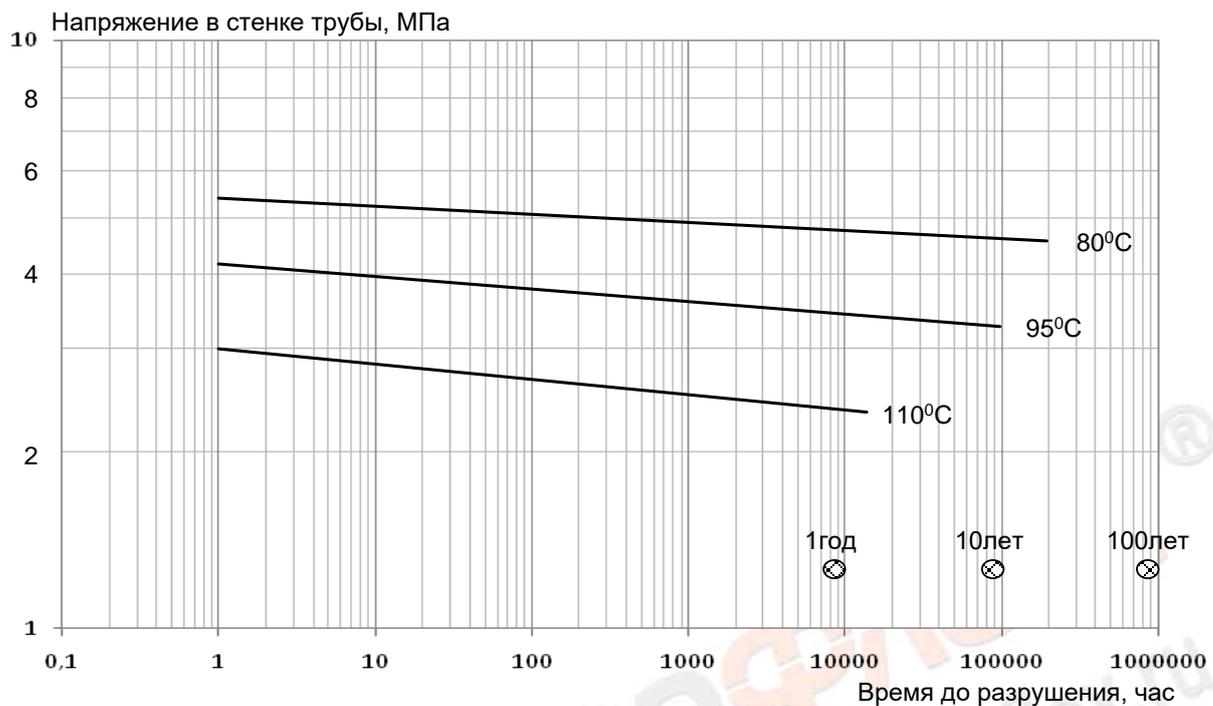


Рисунок 4.1. Эталонные кривые длительной прочности полимерной композиции повышенной термостойкости ПРОТЕКТОРФЛЕКС®.

4.3.6. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® серий НГ, БК, ПРО являются негорючими. Негорючие трубы предназначены для снижения рисков возгорания при коротком замыкании в кабельной линии (серии НГ, БК, ПРО), а также при наличии рядом с линией стороннего источника огня (только серия НГ).

4.3.7. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® серий СТ, ПРО имеют маркерный слой. Маркерный слой дает возможность оценить характер грунтов, качество бурового канала (при ГНБ), условия протяжки труб и необходимость их корректировки.

4.3.8. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® серии ПРО имеют внешний защитный слой, позволяющий свести к минимуму повреждения трубы при ее установке в грунт методом горизонтально-направленного бурения, прокола, или иными.

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

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

4.4. Типоразмеры труб

4.4.1. Трубы серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ, БК, НГ выпускаются следующих типовых внешних диаметров D : 32; 40; 50; 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; 160; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630 мм. Трубы серии ПРО с диаметрами 32; 40; 50; 63; 75; 90; 125; 140; 180 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.

4.4.4. 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 $F_{1\text{МАХ}}$, 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.

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

4.5. Обозначение труб

4.5.1. Условное обозначение трубы состоит из слова «труба», торгового наименования «ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ», «ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК», «ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ» или «ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО», через тире - номинального наружного диаметра D и номинальной толщины стенки трубы e в миллиметрах, значения кольцевой жесткости SN в кН/м^2 , значения предельного усилия тяжения $F_{\text{МАХ}}$ в кН , ограничения по максимальной длительной рабочей температуре эксплуатации T , номера технических условий.

4.5.2. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ:

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

(труба СТ номинальным наружным диаметром 110 мм, номинальной толщиной стенки 9,4 мм, кольцевой жесткостью 64 кН/м^2 , предельным усилием тяжения 62 кН , максимальной рабочей температурой эксплуатации 95°C).

4.5.3. 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/м^2 , предельным усилием тяжения 62 кН , максимальной рабочей температурой эксплуатации 95°C).

4.5.4. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ:

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

(труба НГ номинальным наружным диаметром 110 мм, номинальной толщиной стенки 9,4 мм, кольцевой жесткостью 64 кН/м^2 , предельным усилием тяжения 62 кН , максимальной рабочей температурой эксплуатации 95°C).

4.5.5. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО:

***Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО – 110/9,4 SN64 F62 T110°C
ТУ 2248-003-34311042-2015***

(труба ПРО номинальным наружным диаметром 110 мм, номинальной толщиной стенки 9,4 мм, кольцевой жесткостью 64 кН/м^2 , предельным усилием тяжения 62 кН , максимальной рабочей температурой эксплуатации 110°C).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

5. ТИПЫ И ОПИСАНИЕ ТРУБ ПРОТЕКТОРФЛЕКС®

5.1. Трубы защитные термостойкие ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ до 110 кВ



5.1.1. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ - это трехслойные термостойкие трубы из полимерного компаунда со специальным внутренним инспекционным слоем, предназначенным для контроля повреждения КЛ.

Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводятся скользящие добавки.

Внешний слой красного цвета используется для контроля качества монтажных работ методом ГНБ и является сигнальным для обозначения КЛ.

5.1.2. Основное назначение труб серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ - прокладка в траншее или методом ГНБ кабельных линий 6-110 кВ.

5.1.3. Технические характеристики труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ:

- рабочая (длительная) температура от -70°C до $+95^{\circ}\text{C}$;
- максимальная (кратковременная) температура до $+180^{\circ}\text{C}$;
- термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- свариваются встык (стандартное оборудование, специальные режимы сварки);
- не подвержены коррозии;
- могут комплектоваться концевыми воронками;
- могут комплектоваться кольцевыми муфтами, обеспечивающими герметичность;
- изготавливаются прямыми отрезками длиной 13 м (или иными);
- срок эксплуатации – не менее 50 лет.

5.1.4. Возможности труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ:

- создание однородных, равномерных и упорядоченных по длине и по сечениям кабельных каналов с возможностью механизированной протяжки (замены) кабелей в этих каналах;
- прокладка кабеля без вскрытия полотна;
- прокладка кабеля методами горизонтально-направленного бурения и проколом;
- сохранение защитных свойств при повышенном нагреве кабеля;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

- отсутствие вихревых токов, которые приводят к повышению температуры в конструкции;
- увеличение срока службы кабеля;
- обеспечение защитных мер от проникновения влаги и грязи внутрь кабельных каналов;
- дополнительная защита кабеля от механических повреждений;
- улучшенная ремонтпригодность как самого кабельного канала, так и проложенных в нём кабелей;
- возможность ввода кабелей и их замены в кабельных каналах и переходных колодцах во время и после окончания строительства, построение резервных каналов кабельной канализации;
- удобство при строительстве временных коммуникаций на строящемся объекте;
- легкость и высокая скорость монтажа;
- быстрый и удобный ремонт кабеля;
- расширенный температурный диапазон эксплуатации.

5.1.5. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.1.6. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11.12.2015).

5.1.7. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ:

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

(труба серии СТ 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).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

5.2. Трубы защитные термостойкие негорючие ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК до 110 кВ



5.2.1. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК - это двухслойные негорючие термостойкие трубы из полимерного компаунда со специальным внутренним негорючим слоем.

Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводятся скользящие добавки. Внутренний слой является также инспекционным и предназначен для контроля повреждения КЛ.

5.2.2. Основное назначение труб серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК - прокладка кабелей 6-110 кВ в блочной канализации.

5.2.3. Технические характеристики труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК:

- рабочая (длительная) температура от -70°C до $+95^{\circ}\text{C}$;
- максимальная (кратковременная) температура до $+180^{\circ}\text{C}$;
- негорючие;
- термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- свариваются встык (стандартное оборудование, специальные режимы сварки);
- не подвержены коррозии;
- могут комплектоваться концевыми воронками;
- могут комплектоваться кольцевыми муфтами, обеспечивающими герметичность;
- изготавливаются прямыми отрезками длиной 13 м (или иными);
- срок эксплуатации – 50 лет.

5.2.4. Возможности труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК:

- создание однородных, равномерных и упорядоченных по длине и по сечениям кабельных каналов с возможностью механизированной протяжки (замены) кабелей в этих каналах;
- прокладка кабеля без вскрытия полотна;
- прокладка кабеля методами горизонтально-направленного бурения и проколом;
- сохранение защитных свойств при повышенном нагреве кабеля;
- отсутствие вихревых токов, которые приводят к повышению температуры в конструкции;
- увеличение срока службы кабеля;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

- обеспечение защитных мер от проникновения влаги и грязи внутрь кабельных каналов;
- дополнительная защита кабеля от механических повреждений;
- улучшенная ремонтпригодность как самого кабельного канала, так и проложенных в нём кабелей;
- возможность ввода кабелей и их замены в кабельных каналах и переходных колодцах во время и после окончания строительства, построение резервных каналов кабельной канализации;
- удобство при строительстве временных коммуникаций на строящемся объекте;
- легкость и высокая скорость монтажа;
- быстрый и удобный ремонт кабеля;
- расширенный температурный диапазон эксплуатации.

5.2.5. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.2.6. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11.12.2015).

5.2.7. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК:

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

(труба серии 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).

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

5.3. Трубы термостойкие негорючие ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ до 110 кВ



5.3.1. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ - это трехслойные негорючие термостойкие трубы из полимерного компаунда со специальным внутренним негорючим слоем и внешним негорючим слоем, обладающим повышенной стойкостью к воздействию ультрафиолета. Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводятся скользящие добавки.

5.3.2. Основное назначение труб серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ - прокладка кабелей 6-110 кВ по мостам и эстакадам, в кабельных галереях и помещениях.

5.3.3. Технические характеристики труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ:

- рабочая (длительная) температура от -70°C до +95°C;
- максимальная (кратковременная) температура до +180°C;
- негорючие;
- термостойкие на протяжении всего срока эксплуатации;
- сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- повышенная стойкость к ультрафиолетовому излучению;
- свариваются встык (стандартное оборудование, специальные режимы сварки);
- не подвержены коррозии;
- могут комплектоваться кольцевыми муфтами, обеспечивающими герметичность;
- изготавливаются прямыми отрезками длиной 13 м (или иными);
- срок эксплуатации – 50 лет.

5.3.4. Возможности труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ:

- создание однородных, равномерных и упорядоченных по длине и по сечениям кабельных каналов;
- создание кабельных каналов на открытом воздухе при воздействии солнечного света;
- прокладка кабеля по мостам, путепроводам, в тоннелях;
- сохранение защитных свойств при повышенном нагреве кабеля;
- отсутствие вихревых токов, которые приводят к повышению температуры в конструкции;
- увеличение срока службы кабеля;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

- обеспечение защитных мер от проникновения влаги и грязи внутрь кабельных каналов;
- дополнительная защита кабеля от механических повреждений;
- улучшенная ремонтпригодность как самого кабельного канала, так и проложенных в нём кабелей;
- удобство при строительстве временных коммуникаций на строящемся объекте;
- легкость и высокая скорость монтажа;
- быстрый и удобный ремонт кабеля;
- расширенный температурный диапазон эксплуатации.

5.3.5. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.3.6. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11.12.2015).

5.3.7. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ:

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

(труба серии НГ 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).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

5.4. Трубы защитные термостойкие негорючие ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО до 500 кВ



5.4.1. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО - это многослойные негорючие термостойкие трубы из полимерного компаунда с дополнительным слоем красного цвета повышенной прочности для защиты трубы при протяжке методом горизонтально-направленного бурения.

Под внешним защитным слоем расположен маркерный слой белого цвета для визуального контроля повреждения трубы при проведении монтажных работ.

Внутренний негорючий слой предназначен для предотвращения горения трубы или припайки кабеля при коротком замыкании. Для уменьшения трения при тяжении кабеля в состав внутреннего слоя вводят скользящие добавки.

5.4.2. Основное назначение труб серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО - прокладка в траншее или методом ГНБ кабельных линий 6-500 кВ.

5.4.3. Технические характеристики труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО:

- рабочая (длительная) температура: от -70°C до +110°C;
- максимальная (кратковременная) температура: до +180°C;
- сохраняют механическую прочность на протяжении всего срока эксплуатации;
- не подвержены коррозии;
- свариваются встык (стандартное оборудование, специальные режимы сварки);
- могут комплектоваться концевыми воронками;
- могут комплектоваться кольцевыми муфтами, обеспечивающими герметичность;
- срок эксплуатации: 50 лет.

5.4.4. Возможности труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО:

- создание однородных, равномерных и упорядоченных по длине и по сечениям кабельных каналов с возможностью механизированной протяжки (замены) кабелей в этих каналах;
- прокладка кабеля без вскрытия полотна;
- прокладка кабеля методами горизонтально-направленного бурения и проколом;
- сохранение защитных свойств при повышенном нагреве кабеля;
- отсутствие вихревых токов, которые приводят к повышению температуры в конструкции;
- увеличение срока службы кабеля;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

- обеспечение защитных мер от проникновения влаги и грязи внутрь кабельных каналов;
- дополнительная защита кабеля от механических повреждений;
- улучшенная ремонтпригодность как самого кабельного канала, так и проложенных в нём кабелей;
- возможность ввода кабелей и их замены в кабельных каналах и переходных колодцах во время и после окончания строительства, построение резервных каналов кабельной канализации;
- удобство при строительстве временных коммуникаций на строящемся объекте;
- легкость и высокая скорость монтажа;
- быстрый и удобный ремонт кабеля;
- расширенный температурный диапазон эксплуатации.

5.4.5. Трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2248-003-34311042-2015.

5.4.6. Полимерные трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО внесены Министерством Строительства РФ в государственные сметные нормативы, Федеральные сметные цены на материалы, применяемые в строительстве (Приказ № 899/пр от 11.12.2015).

5.4.7. Пример условного обозначения трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО:
Труба ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО – 110/9,4 SN64 F62 T95°C
ТУ 2248-003-34311042-2015

(труба серии ПРО 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).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

ТР-101-2016

Лист

23

6.2. Предельное усилие тяжения труб

Таблица 6.2. Предельное усилие тяжения $F_{1\text{MAX}}$ (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 $F_{1\text{MAX}}$, 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 $0,5F_{1\text{MAX}}$

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

Продолжение таблицы 6.2

| Наружный диаметр D, мм | Кольцевая жесткость SN, кН/м ² | | | | | |
|------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | 48 | 64 | 96 | 128 | 192 | 256 |
| | Предельное усилие тяжения F _{1MAX} , 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 $0,5F_{1MAX}$

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

ТР-101-2016

Лист

25

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 980 кг/м³ с учетом половины основных допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр. В том случае, если плотность материала труб ρ отличается от 980 кг/м³, данные таблицы умножают на коэффициент $K = \rho/980$.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

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 980 кг/м³ с учетом половины основных допусков на толщину стенки и средний наружный диаметр. В том случае, если плотность материала труб ρ отличается от 980 кг/м³, данные таблицы умножают на коэффициент $K = \rho/980$.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

6.4. Эксплуатационные характеристики труб

6.4.1. Основные физико-механические характеристики полимерных труб типа ПРОТЕКТОРФЛЕКС® указаны в табл.6.4.

6.4.2. Категория стойкости к горению труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК, НГ, ПРО соответствует ПВ-0 по ГОСТ 53313-2009.

6.4.3. Стойкость труб серий ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК, НГ, ПРО к воздействию нагретой проволоки составляет 960⁰С по ГОСТ 53313-2009.

6.4.4. Стойкость труб типа ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ к воздействию нагретой проволоки составляет 850⁰С по ГОСТ 53313-2009. Трубы серии СТ не являются негорючими.

Таблица 6.4. Физико-механические характеристики труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС®.

| Наименование показателя | Значение |
|--|------------------------|
| Средний коэффициент линейного теплового расширения 20 – 70 ⁰ С, К ⁻¹ | 1,8 · 10 ⁻⁴ |
| Температура размягчения по Вика, не менее ⁰ С | 125 |
| Теплопроводность, Вт/(К*м) | 0,50 |
| Тепловое сопротивление, К*м/Вт | 2 |
| Модуль упругости при сжатии, МПа | 950 |
| Модуль упругости при изгибе, МПа | 650 |
| Модуль упругости при растяжении, МПа | 850 |
| Предел текучести при растяжении, МПа | 20,5–21,7 |
| Разрушающее напряжение при растяжении, МПа | 37 |
| Относительное удлинение при разрыве | 250% |
| Твердость поверхности труб по Шору Д, не менее | 61 |
| Коэффициент эквивалентной равномернозернистой шероховатости | 0,004 |

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

6.5. Радиус изгиба труб

6.5.1. 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 $r = 20 \cdot D$.

6.5.2. Согласно опыту прокладки, минимальный радиус изгиба трубы зависит, в том числе, и от температуры среды на момент прокладки трубы, а также от класса кольцевой жесткости трубы SN. Итоговые рекомендации представлены в табл.6.5.

Таблица 6.5. 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 | 125D | 85D | 50D |
| от 4 до 8 | 75D | 50D | 30D |
| более 16 | 50D | 35D | 20D |

6.6. Электрическая прочность труб

6.6.1. Электрическая прочность труб приведена в табл.6.6. Ее определение проведено в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61386.1 2014 п.11.3.1 при различных видах воздействия.

Таблица 6.6. Электрическая прочность труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС®.

| Вид воздействия | Удельная прочность материала, кВ/мм, не менее |
|---|---|
| Пробивное переменное напряжение частоты 50 Гц | 37 |
| Выдерживаемое в течение 4 часов переменное напряжение частоты 50 Гц | 6 |
| Выдерживаемое импульсное напряжение | 11 |

ПРОТЕКТОРФЛЕКС®
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

ТР-101-2016

Лист

30

6.7. Способы соединения труб

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

- при помощи сварки встык;
- при помощи электромуфт.

Пример соединения труб
сваркой встык:



Пример соединения труб
с установкой
электромуфт:



| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

7. КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ДЛЯ ТРУБ ПРОТЕКТОРФЛЕКС®

7.1. Уплотнители ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК



7.1.1. Уплотнитель высоковольтного кабеля серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК предназначен для защиты трубы, в которой размещен кабель, от заполнения водой или грунтом, а также от заиливания. Применение уплотнителей УВК позволяет обеспечить возможность беспрепятственного ремонта или замены кабельной линии, проложенной в трубах.

7.1.2. Уплотнитель серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК состоит из однотипных элементов и имеет звеньевую структуру. Конструкция является разборной, что позволяет устанавливать уплотнитель не предварительно, а уже после размещения кабеля в трубе. Монтаж представляет собой поочерёдное и равномерное затягивание болтовых соединений каждого из звеньев, что приводит к расширению материала уплотнителя и заполнению тем самым зазора между кабелем и трубой.

7.1.3. Технические характеристики уплотнителей ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК:

- обеспечивают 100% герметичность трубы с проложенным в ней кабелем;
- сохраняют герметичность при давлении до 5 атмосфер;
- имеют разборную конструкцию, предполагающую многоразовое использование;
- монтаж осуществляется по месту без предварительной установки;
- позволяют отцентрировать кабель в трубе, защищая его оболочку от механических повреждений;
- рабочая длительная температура от -70°C до $+110^{\circ}\text{C}$;
- не подвержены коррозии;
- не образуют замкнутого металлического контура;
- упругие элементы выполнены из термостойких резин повышенной прочности;
- металлические элементы выполнены из нержавеющей стали;
- срок эксплуатации – 50 лет.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

7.1.4. Уплотнители серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК выпускаются согласно техническим условиям ТУ 2531-001-34311042-2015.

7.1.5. Пример условного обозначения уплотнителя ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК:

Уплотнитель ПРОТЕКТОРФЛЕКС® УВК 225 ТУ 2531-001-34311042-2015
(уплотнитель для трубы внешним диаметром 225 мм)



| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

7.2. Воронки ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК



7.2.1. Воронки защитные кабельные серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК предотвращают повреждения оболочки кабеля в местах его выхода из трубы:

- в процессе монтажа кабеля;
- в процессе его эксплуатации.

7.2.2. Воронки ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК устанавливаются на трубу сваркой встык или при помощи электромuft.

7.2.3. Технические характеристики воронок ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК:

- позволяют защитить оболочку кабеля от механических повреждений;
- рабочая длительная температура от -70°C до $+110^{\circ}\text{C}$;
- не подвержены коррозии;
- срок эксплуатации – 50 лет.

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

7.2.5. Пример условного обозначения воронок ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ВЗК:

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

(воронка для трубы внешним диаметром 225 мм)

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

7.3. Заглушки ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ЗУП



7.3.1. Заглушки защитные удлиненные серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ЗУП обеспечивают герметичность рабочих и резервных полимерных труб в случаях, когда в них нет проложенного кабеля.

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

7.3.3. Технические характеристики заглушек ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ЗУП:

- 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

(заглушка для трубы внешним диаметром 225 мм)

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

8.1.8. Отдельные полимерные трубы, как правило, следует последовательно сварить между собой для образования протяженных монолитных трубопроводов. Высота сварного шва во избежание повреждения наружной оболочки кабеля при его протяжке 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.



| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

8.2. Траншейная прокладка труб

8.2.1. Размещение кабельных линий в трубах, расположенных в траншеях, является распространенным способом строительства (рис.8.1).

8.2.2. Трубы, используемые для траншейной прокладки, 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 глубине прокладки в траншее и степени уплотнения грунта засыпки;
- термостойкость T должна с запасом отвечать режимам работы кабельной линии с учетом возможности (или невозможности) перегрузок по току.

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 из 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 выполнять 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 6-35 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. Рекомендуется, чтобы ширина траншеи была не менее чем на 40 см больше, чем ширина трубопровода или группы трубопроводов.

8.2.6. При прокладке кабельного трубопровода траншейным методом для обеспечения благоприятных условий охлаждения кабельной линии рекомендуется использовать песок или ПГС песка или ПГС (с содержанием песка к гравию в соотношении 50/50):

- в качестве подушки под трубу толщиной не менее 10 см;
- в качестве начальной засыпки трубы сверху толщиной не менее 20 см.

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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

8.2.8. В исключительных случаях при наличии проектного обоснования сверху трубопроводов могут дополнительно устанавливаться ж/б плиты (рис.8.1).

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® СТ (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО (до 500 кВ).

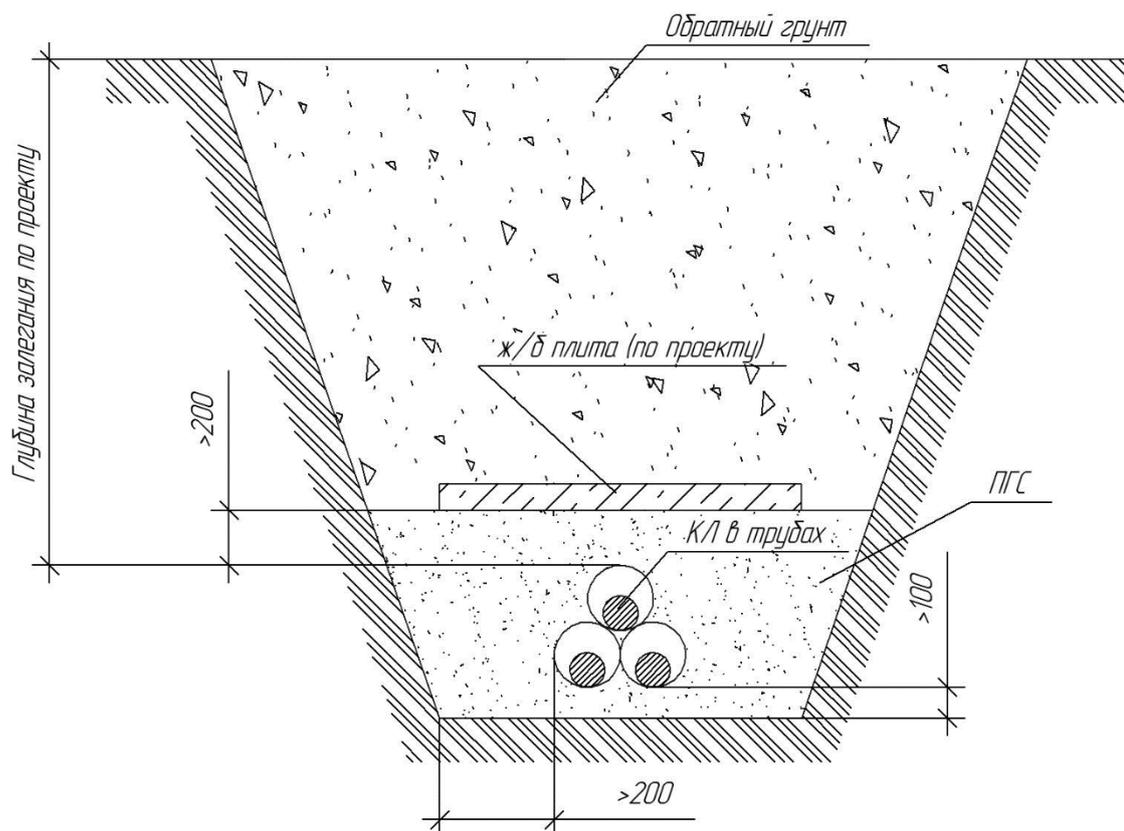


Рисунок 8.1. Поперечный разрез одноцепной КЛ, выполненной однофазными кабелями, проложенными в трубах траншейным методом.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

8.3. Бестраншейная прокладка труб методом ГНБ

8.3.1. Метод ГНБ (горизонтально направленного бурения) –это управляемый бестраншейный метод прокладки подземных коммуникаций, основанный на использовании специальных буровых комплексов (установок) - см рис.8.2.

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

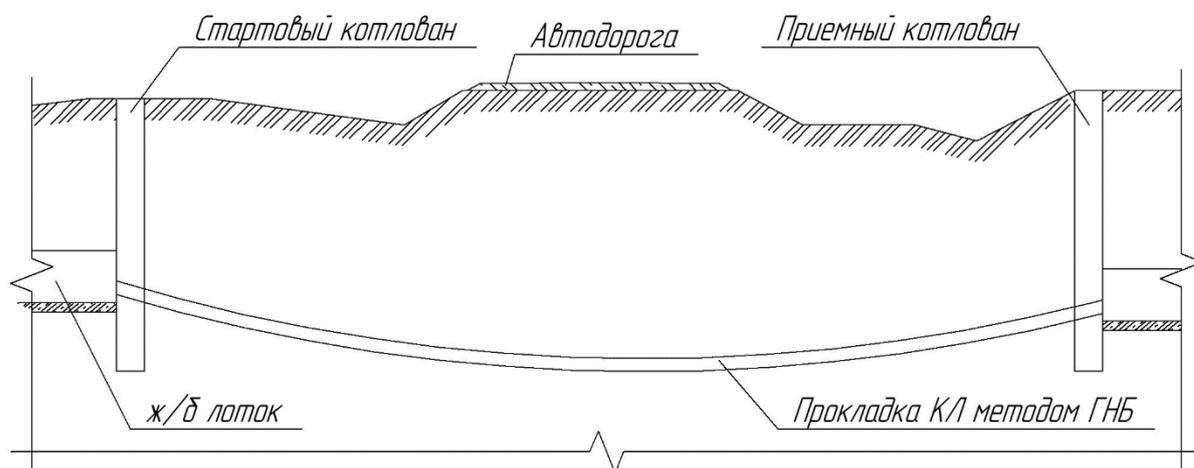


Рисунок 8.2. Продольный профиль трассы КЛ, проложенной методом ГНБ.

8.3.3. Метод ГНБ эффективно применяется, как правило, в скальных 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 не рекомендуется менее 8 кН/м^2 ;

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

- предельное усилие тяжения каждой трубы $F_{I\text{MAX}}$ с учетом числа труб в пучке N должно обеспечить выполнение условия $F \leq 0.5 \cdot N \cdot F_{I\text{MAX}}$, где F - усилия буровой машины при протаскивании пучка трубопроводов, 0.5 - коэффициент запаса.
- термостойкость T должна с запасом отвечать режимам работы кабельной линии с учетом возможности (или невозможности) перегрузок по току.

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 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 по концам;
- начальная засыпка стартового и приемного котлована песком или ПГС, а также уплотнение засыпки;
- окончательная засыпка котлованов обратным грунтом.

8.3.8. При использовании метода ГНБ согласно СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 диаметр расширителя рекомендуется выбирать следующим образом:

- для трасс длиной менее 50 м - по условию $D_{\text{рш}} \geq 1.2D_{\text{ЭКВ}}$;
- для трасс длиной от 50 до 100 м - по условию $D_{\text{рш}} \geq 1.3D_{\text{ЭКВ}}$;
- для трасс длиной от 100 до 300 м - по условию $D_{\text{рш}} \geq 1.4D_{\text{ЭКВ}}$;
- для трасс длиной более 300 м - по условию $D_{\text{рш}} \geq 1.5D_{\text{ЭКВ}}$,

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

- для одиночного трубопровода $D_{\text{ЭКВ}} = D$;
- для пучка из трех трубопроводов $D_{\text{ЭКВ}} = 2.15 \cdot D$;
- для пучка из четырех трубопроводов $D_{\text{ЭКВ}} = 2.41 \cdot D$.

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 6-35 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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

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® СТ (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО (до 500 кВ).

Применение труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК (до 110 кВ) также возможно, но его следует ограничить участками ГНБ небольшой протяженности преимущественно с легким сценарием бурения.

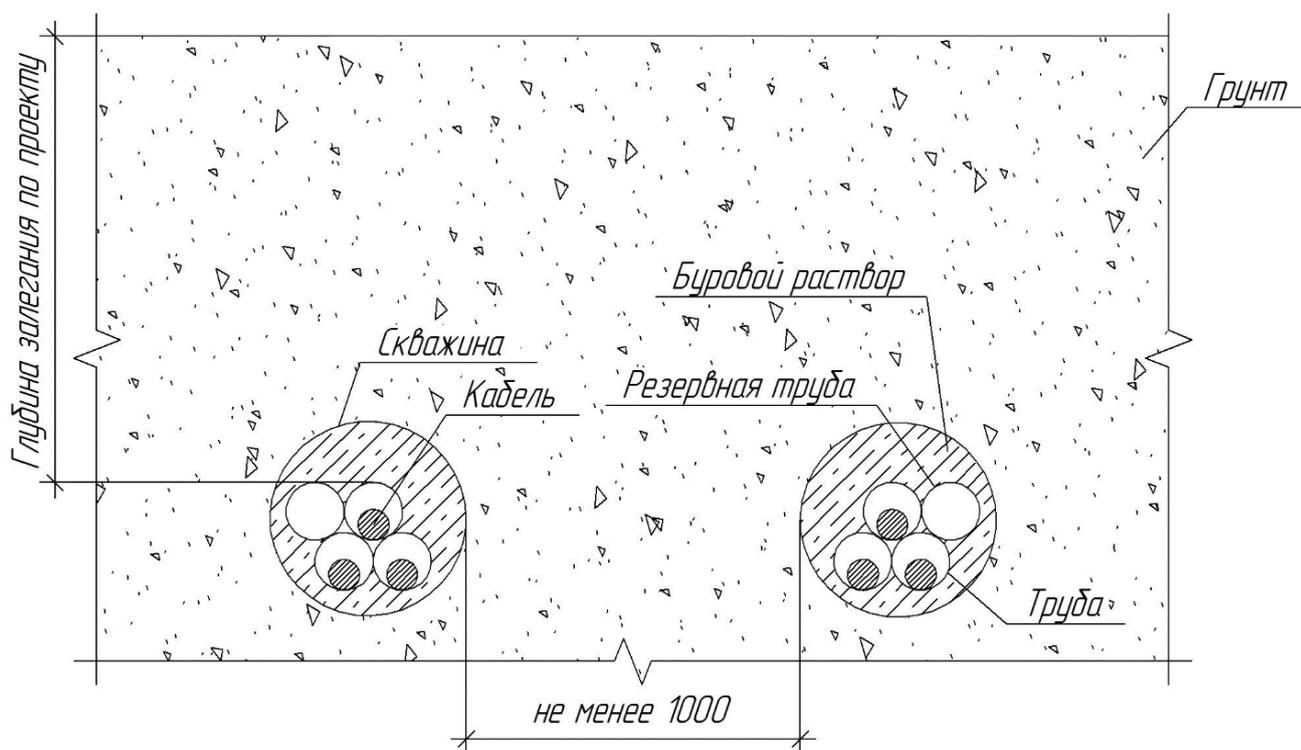


Рисунок 8.3. Поперечный разрез двухцепной КЛ, выполненной однофазными кабелями, проложенными в трубах методом ГНБ.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

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® СТ (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО (до 500 кВ).

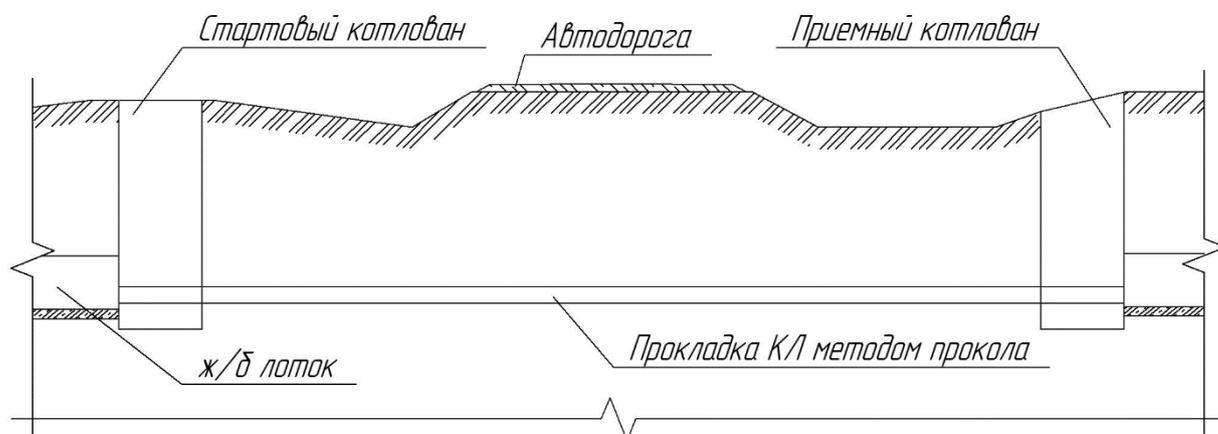


Рисунок 8.4. Продольный профиль трассы КЛ, проложенной методом прокола.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

8.5. Прокладка труб по конструкциям

8.5.1. К случаям прокладка 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 быть негорючими как в случае 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;
- термостойкость T должна с запасом отвечать режимам работы кабельной линии с учетом возможности (или невозможности) перегрузок по току.

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.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

9. ПРАВИЛА ВЫБОРА ТРУБ ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПРОКЛАДКИ

9.1. Выбор труб для траншейного метода

9.1.1. Определить значение секущего модуля грунта E'_s в зависимости от условий прокладки трубы - с помощью табл.9.1.

9.1.2. Определить достаточное значение кольцевой жесткости SN на основе информации о максимальной глубине H заложения труб:

- при прокладке под газонами и скверами - по табл.9.2;
- при прокладке под автодорогами - по табл.9.3;
- при прокладке под железными дорогами - по табл.9.4.

Таблица 9.1. Вспомогательные данные по секущему модулю грунта E'_s (МПа)

| Глубина укладки трубы H , м | Состояние грунта, которым засыпана траншея с трубой | | |
|-------------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| | Неуплотненный | Уплотненный вручную | Уплотненный механически |
| | Секущий модуль грунта E'_s , МПа | | |
| 1 | 0,5 | 1,2 | 1,5 |
| 2 | 0,5 | 1,3 | 1,8 |
| 3 | 0,6 | 1,5 | 2,1 |
| 4 | 0,7 | 1,7 | 2,4 |
| 5 | 0,8 | 1,9 | 2,7 |
| 6 | 1,0 | 2,1 | 3,0 |

Таблица 9.2. Предельная глубина заложения труб H (м) при прокладке без нагрузки от транспорта (прокладка под газонами, скверами).

| Кольцевая жесткость SN (кН/м ²) | Секущий модуль грунта E'_s , МПа | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| | Предельная глубина прокладки H (м) | | | | | | |
| 8 | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 2,9 | 3,3 |
| 12 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 2,9 | 3,4 | 3,8 |
| 16 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,2 |
| 24 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,3 | 4,7 | 5,1 |
| 32 | 3,5 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,1 | 5,5 | 5,9 |
| 48 | 5,2 | 5,6 | 6,1 | 6,5 | 6,9 | 7,3 | 7,7 |
| 64 | 7,0 | 7,4 | 7,8 | 8,2 | 8,6 | 9,0 | 9,4 |

Таблица 9.3. Предельная глубина заложения труб **H** (м)
при прокладке *под автодорогами*.

| Кольцевая жесткость SN (кН/м ²) | Секущий модуль грунта E'_s , МПа | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| | Предельная глубина прокладки H (м) | | | | | | |
| 16 | | | | | | 1,7 | 2,4 |
| 24 | | | 0,7 | 1,8 | 2,5 | 3,0 | 3,6 |
| 32 | 0,9 | 1,9 | 2,5 | 3,1 | 3,7 | 4,2 | 4,7 |
| 48 | 3,8 | 4,3 | 4,8 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,7 |
| 64 | 5,9 | 6,4 | 6,8 | 7,3 | 7,7 | 8,2 | 8,6 |

Таблица 9.4. Предельная глубина заложения труб **H** (м)
при прокладке *под железными дорогами*.

| Кольцевая жесткость SN (кН/м ²) | Секущий модуль грунта E'_s , МПа | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| | Предельная глубина прокладки H (м) | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | 2,4 |
| 32 | | | | 1,2 | 2,5 | 3,2 | 3,9 |
| 48 | 2,7 | 3,4 | 4,0 | 4,6 | 5,1 | 5,6 | 6,1 |
| 64 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,8 | 7,2 | 7,7 | 8,2 |

9.1.3. При найденном значении кольцевой жесткости SN с помощью табл.6.1 подобрать такой внешний диаметр трубы D , при котором толщина стенки e обеспечит выполнение условия (9.1) беспрепятственной затяжки кабелей в трубу:

$$D > 1.5 \cdot d_{\text{ЭКВ}} + 2 \cdot e, \quad (9.1)$$

где эквивалентный диаметр $d_{\text{ЭКВ}}$ пучка кабелей можно вычислить через диаметр одного кабеля d по выражению:

- $d_{\text{ЭКВ}} = d$ для случая, когда в трубе размещен только один кабель (однофазной или трехфазной конструкции);
- $d_{\text{ЭКВ}} = 2.15 \cdot d$ для случая, когда в трубе сомкнутым треугольником размещены сразу три кабеля (трехфазная группа однофазных кабелей).

9.1.4. Найти предельное усилие тяжения $F_{1\text{MAX}}$, отвечающее диаметру трубы D и ее кольцевой жесткости SN - с помощью табл.6.2. Сама величина $F_{1\text{MAX}}$ для случая траншейной прокладки принципиальной не является, а ее определение необходимо только для того, чтобы корректно заказать трубу.

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

- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО (до 500 кВ).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

9.2. Выбор труб для бестраншейных методов

9.2.1. Оценить значение коэффициента крепости грунта f' по Протодьяконову - с помощью табл.9.5.

9.2.2. Определить по табл.9.6 достаточное значение кольцевой жесткости SN по условиям тяжения трубы (плети труб) на основе информации:

- о максимальной длине L трубного участка трассы кабельной линии;
- о числе N одновременно протягиваемых труб в плети;
- о сценарии бурения грунта f' .

9.2.3. По условию давления грунта на трубу вблизи от стартового и приемного котлованов (рис.9.2) при бестраншейных методах прокладки не рекомендуется использовать трубы кольцевой жесткости SN менее 8 кН/м^2 .

Таблица 9.5. Рекомендации по выбору коэффициента f' в зависимости от сценария бурения.

| Сценарий | Характеристика сценария | f' |
|----------|--|------|
| Тяжелый | Бентонит не может сформировать стенки канала | 0.1 |
| Средний | Стенки канала более менее сформированы | 0.5 |
| Легкий | Стенки канала хорошо сформированы | 0.8 |

Таблица 9.6. Предельная длина L (м) бурового канала в случае затяжки одной трубы ($N = 1$) / плети из четырех труб ($N = 4$)

| Кольцевая жесткость SN (кН/м^2) | Число труб в плети | | | | | |
|--|---|---------|--------|---------|---------|--------|
| | $N = 1$ | | | $N = 4$ | | |
| | Сценарий, по которому проходит бурение канала | | | | | |
| | Тяжелый | Средний | Легкий | Тяжелый | Средний | Легкий |
| Предельная длина бурового канала L (м) | | | | | | |
| 4 | 38 | 190 | 303 | 26 | 131 | 209 |
| 6 | 43 | 214 | 342 | 29 | 147 | 236 |
| 8 | 47 | 235 | 375 | 32 | 162 | 258 |
| 12 | 53 | 264 | 423 | 36 | 182 | 291 |
| 16 | 58 | 289 | 462 | 40 | 199 | 318 |
| 24 | 65 | 324 | 518 | 45 | 223 | 357 |
| 32 | 70 | 352 | 564 | 49 | 243 | 388 |
| 48 | 79 | 396 | 633 | 55 | 273 | 436 |
| 64 | 86 | 428 | 685 | 59 | 295 | 472 |
| 96 | 96 | 479 | 766 | 66 | 330 | 528 |
| 128 | 103 | 517 | 828 | 71 | 356 | 570 |
| 192 | 115 | 574 | 918 | 79 | 395 | 632 |
| 256 | 123 | 617 | 987 | 85 | 425 | 680 |

9.2.4. При найденном значении кольцевой жесткости SN с помощью табл.6.1 подобрать такой внешний диаметр трубы D , при котором толщина стенки e обеспечит выполнение условия (9.1) беспрепятственной затяжки кабелей в трубу.

9.2.5. Найти предельное усилие тяжения F_{1MAX} , отвечающее диаметру трубы D и ее кольцевой жесткости SN - с помощью табл.6.2. Поиск значения F_{1MAX} нужен не только для того, чтобы корректно заказать трубу, а также для того, чтобы при монтаже труб контролировать допустимость усилий тяжения F , возникающих при затягивании трубы (плети труб) в буровой канал. На всем протяжении процесса затягивания труб должно выполняться условие

$$F \leq 0.5 \cdot N \cdot F_{1MAX} . \quad (9.2)$$

9.2.6. Для прокладки кабельных линий бестраншейными методами следует использовать полимерные трубы:

- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® СТ (до 110 кВ);
- ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПРО (до 500 кВ).

Применение труб ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК (до 110 кВ) также возможно, но его следует ограничить участками небольшой протяженности.

ПРОТЕКТОРФЛЕКС®
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

9.3. Выбор труб для прокладки по конструкциям

9.3.1. В качестве начального определить значение кольцевой жесткости трубы на уровне SN не менее 16 кН/м².

9.3.2. При выбранном значении кольцевой жесткости SN с помощью табл.6.1 подобрать такой внешний диаметр трубы D, при котором толщина стенки e обеспечит выполнение условия (9.1) беспрепятственной затяжки кабелей в трубу.

9.3.3. Вычислить прогиб трубы из-за веса трубы и кабеля

$$dy = \frac{5}{384} \cdot \frac{qX^4}{E \cdot I_z}, \tag{9.3}$$

X – расстояние между соседними узлами крепления трубы (рис.9.1),

E – модуль упругости трубы при изгибе (по данным табл.6.4.),

$I_z = \pi \cdot \frac{(D^4 - (D - 2 \cdot e)^4)}{64}$ – момент инерции трубы диаметра D и стенки e;

q = q_T + q_K – распределенная нагрузка (Н/м) от веса трубы и кабеля,

q_T = m_Tg – нагрузка от веса 1 м трубы массой m_T (по данным табл.6.3),

q_K = m_Kg – нагрузка от веса 1 м кабеля массой m_K (по данным каталога на кабель),

g = 9.81 м/с² – ускорение свободного падения,

все величины в (9.3) следует подставлять в системе единиц СИ: м, кг, с, Н, Па.

Прогиб трубы dy более 0.01 м (один сантиметр) является нежелательным для проложенного в трубе кабеля, и в таких случаях рекомендуется принять меры для уменьшения dy :

- увеличить число узлов крепления и снизить тем самым расстояние X;
- повысить кольцевую жесткость трубы SN.

После смены X и/или SN следует заново выполнить расчеты (п.9.3.2-п.9.3.3) и убедиться в выполнении безопасного для кабеля условия dy < 0.01.

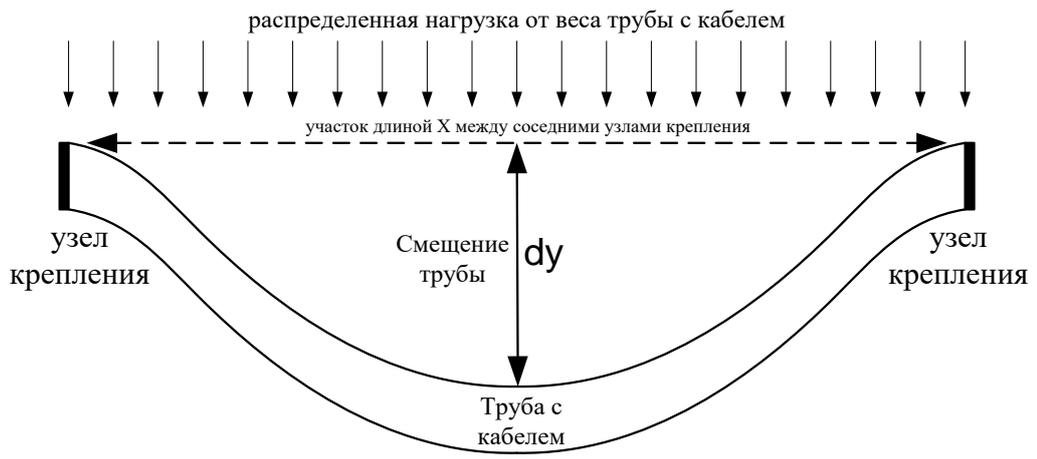


Рисунок 9.1. Прогиб трубы под действием веса трубы с кабелем.

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

9.3.4. Для труб, подверженных боковому давлению ветра, следует вычислить соответствующее смещение трубы. Для расчетов можно воспользоваться формулой (9.3), куда подставлять:

$$q = q_v = C_x \cdot \frac{\rho_v \cdot D}{2} \cdot V^2 - \text{распределенная нагрузка (Н/м) от давления ветра,}$$

$C_x = 0.47$ – коэффициент лобового сопротивления трубы,

$\rho_v = 1.29 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха,

V – скорость ветра, м/с (по табл.9.7),

все величины в (9.3) следует подставлять в системе единиц СИ: м, кг, с, Н, Па.

Скорость ветра можно принимать $V = 25 \text{ м/с}$, что отвечает 10 баллам (табл.9.7).

Циклическое (при порывах ветра) смещение трубы dz более чем на 0.001 м (один миллиметр) является нежелательным для проложенного в трубе кабеля, и в таких случаях рекомендуется принять меры для уменьшения dz :

- увеличить число узлов крепления и снизить тем самым расстояние X ;
- повысить кольцевую жесткость трубы SN .

После смены X и/или SN следует заново выполнить расчеты (п.9.3.2-п.9.3.4) и убедиться в выполнении безопасного для кабеля условия $dz < 0.001$.

9.3.5. Для труб, подверженных ударной нагрузке от волн, следует вычислить соответствующее смещение трубы. Для расчетов можно воспользоваться формулой (9.3), куда подставлять:

$$q = q_v = C_x \cdot \frac{\rho_v \cdot D}{2} \cdot V^2 - \text{распределенная нагрузка (Н/м) от давления воды,}$$

$C_x = 0.47$ – коэффициент лобового сопротивления трубы,

$\rho_v = 1030 \text{ кг/м}^3$ – плотность морской воды,

V – скорость волны, м/с.

Скорость волны существенно зависит от размера акватории, удаленности от берега, глубины. В худшем случае скорость волны может достигать 0.9 от скорости ветра, приведенной в табл.9.7. Экспертно допустимо принять скорость волны на уровне 0.5 от скорости ветра, взятой из табл.9.7. Тогда во время шторма 10 баллов при скорости ветра 25 м/с следует принимать $V = 0.5 \cdot 25 = 12.5 \text{ м/с}$.

Циклическое (при ударах волн) смещение трубы dz более чем на 0.001 м (один миллиметр) является нежелательным для проложенного в трубе кабеля, и в таких случаях рекомендуется принять меры для уменьшения dz :

- увеличить число узлов крепления и снизить тем самым расстояние X ;
- повысить кольцевую жесткость трубы SN ;
- поднять трубопровод с кабелем выше над поверхностью воды, чтобы убрать его из зоны влияния волн.

После смены X и/или SN следует заново выполнить расчеты (п.9.3.2-п.9.3.5) и убедиться в выполнении безопасного для кабеля условия $dz < 0.001$.

9.3.6. Найти предельное усилие тяжения F_{1MAX} , отвечающее диаметру трубы D и ее кольцевой жесткости SN - с помощью табл.6.2. Сама величина F_{1MAX} для прокладки по конструкциям принципиальной не является, а ее определение необходимо только для того, чтобы корректно заказать трубу.

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

Таблица 9.7. Классификация погоды и скорость ветра по принятой в мире шкале Бофорта.

| Баллы Бофорта | Словесное определение силы ветра | Средняя скорость ветра, м/с | Действие ветра на море ^{*)} |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------|---|
| 0 | Штиль | 0-0.2 | Зеркально гладкое море |
| 1 | Тихий | 0.3-1.5 | Рябь, пены на гребнях волн нет. Высота волн до 0,1 м |
| 2 | Легкий | 1.6-3.3 | Короткие волны максимальной высотой до 0,3 м, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными |
| 3 | Слабый | 3.4-5.4 | Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену. Изредка образуются маленькие барашки. Средняя высота волн 0,6 м, максимальная около 0,9 м. |
| 4 | Умеренный | 5.5-7.9 | Волны удлинённые, барашки видны во многих местах. Максимальная высота волн до 1,5 м |
| 5 | Свежий | 8.0-10.7 | Хорошо развитые в длину, но не крупные волны, максимальная высота волн 2,5 м, средняя — 2 м. Повсюду видны белые барашки (иногда образуются брызги) |
| 6 | Сильный | 10.8-13.8 | Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади, вероятны брызги. Максимальная высота волн — до 4 м, средняя — 3 м |
| 7 | Крепкий | 13.9-17.1 | Волны громоздятся, гребни волн срываются, пена ложится полосами по ветру. Максимальная высота волн до 5,5 м |
| 8 | Очень крепкий | 17.2-20.7 | Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра. Максимальная высота волн до 7,5 м, средняя — 5,5 м |
| 9 | Шторм | 20.8-24.4 | Высокие волны (максимальная высота — 10 м, средняя — 7 м). Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться в брызги, которые ухудшают видимость |
| 10 | Сильный шторм | 24.5-28.4 | Очень высокие волны (максимальная высота — 12,5 м, средняя — 9 м) с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам |
| 11 | Жестокий шторм | 28.5-32.6 | Видимость плохая. Исключительно высокие волны (максимальная высота — до 16 м, средняя — 11,5 м). Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море всё покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн везде сдуваются в пену |
| 12 | Ураган | >32.6 | Исключительно плохая видимость. Воздух наполнен пеной и брызгами. Всё море покрыто полосами пены |

^{*)} высота волн в шкале приведена для открытого океана, а не прибрежной зоны

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

$$\Delta = \alpha_T \cdot (T - T_0), \quad (9.4)$$

где

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

T_0 – начальная температура трубы,

T – конечная температура трубы.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|--------|------|--------|-------|------|

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.

9.3.8. 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.

9.3.9. Для прокладки по конструкциям следует применять полимерные трубы серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® НГ.

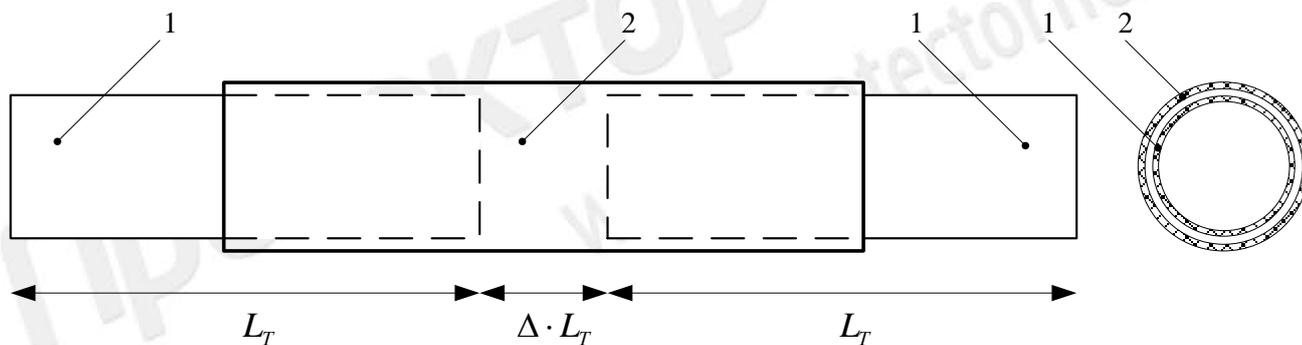


Рисунок 9.2. Пример обустройства узла компенсации теплового удлинения труб при их прокладке по конструкциям (не в грунте):
1 - основная труба, 2 - подвижная труба.

10. ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В ТРУБАХ ПРОТЕКТОРФЛЕКС®

10.1. Пересечения и параллельная прокладка с существующими кабельными линиями

10.1.1. При прокладке кабелей вблизи с существующими КЛ, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры, предотвращающие повреждение последних. Для защиты кабелей, уже находящихся в эксплуатации, вновь сооружаемая КЛ при пересечении или прокладке рядом с ними может быть проложена в трубах.

10.1.2. При прокладке труб для КЛ в земле расстояния в свету между трубами и другими кабелями должны быть не менее:

- 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
- 250 мм между кабелями 20-35 кВ, а также между ними и другими кабелями;
- 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;
- 500 мм между кабелями на напряжение 110-220 кВ и другими кабелями. При параллельной прокладке высоковольтных КЛ с кабелями связи следует производить расчет электромагнитного влияния на последние.

10.1.3. При пересечении КЛ других кабелей, первые должны быть проложены на расстоянии не менее 0,5 м от уже имеющихся в земле кабелей. В стесненных условиях для кабелей до 35 кВ это расстояние может быть уменьшено до 0,15 м.

10.1.4. При выполнении пересечения кабели должны быть защищены трубами на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону.

10.1.5. При пересечении силовых КЛ между собой кабели высшего напряжения прокладывают под кабелями низшего напряжения.

10.1.6. Если трасса КЛ пересекает достаточно протяженное скопление других кабелей, то для предотвращения их повреждения в ходе земляных работ рекомендуется прокладка КЛ в трубах закрытым способом (например, методом ГНБ). При этом расстояние от поверхности трубы до пересекаемых кабелей должно быть выбрано из условия обеспечения их безопасности при выполнении ГНБ.

10.1.7. Примеры пересечений КЛ с другими кабелями даны на рис.10.1-10.3.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

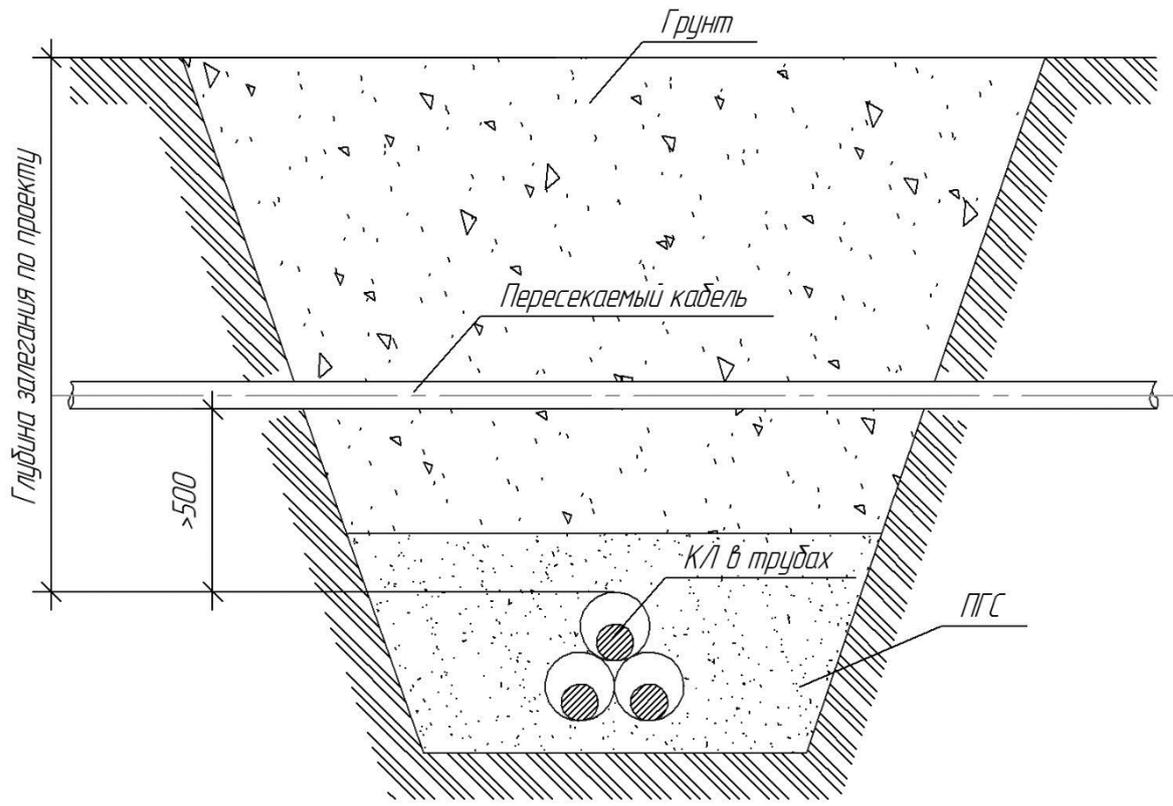


Рисунок 10.1. Пересечение КЛ с существующим кабелем (поперечный разрез).

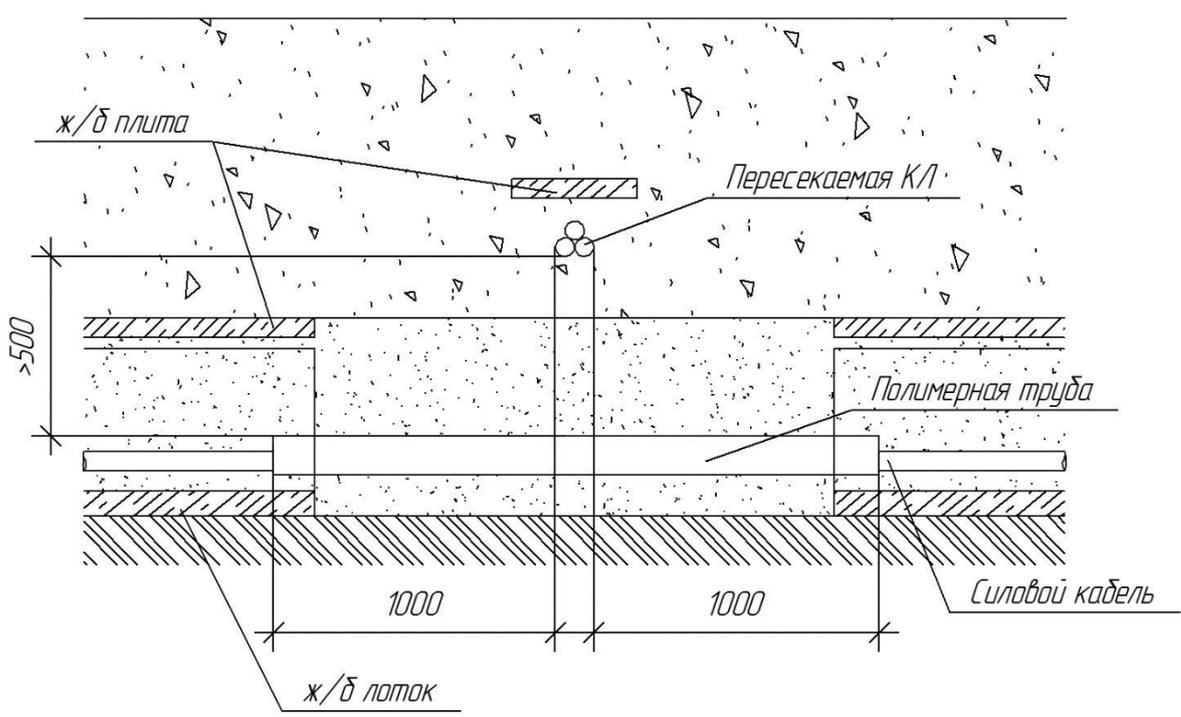


Рисунок 10.2. Пересечение кабелей с существующей КЛ (продольный разрез)

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

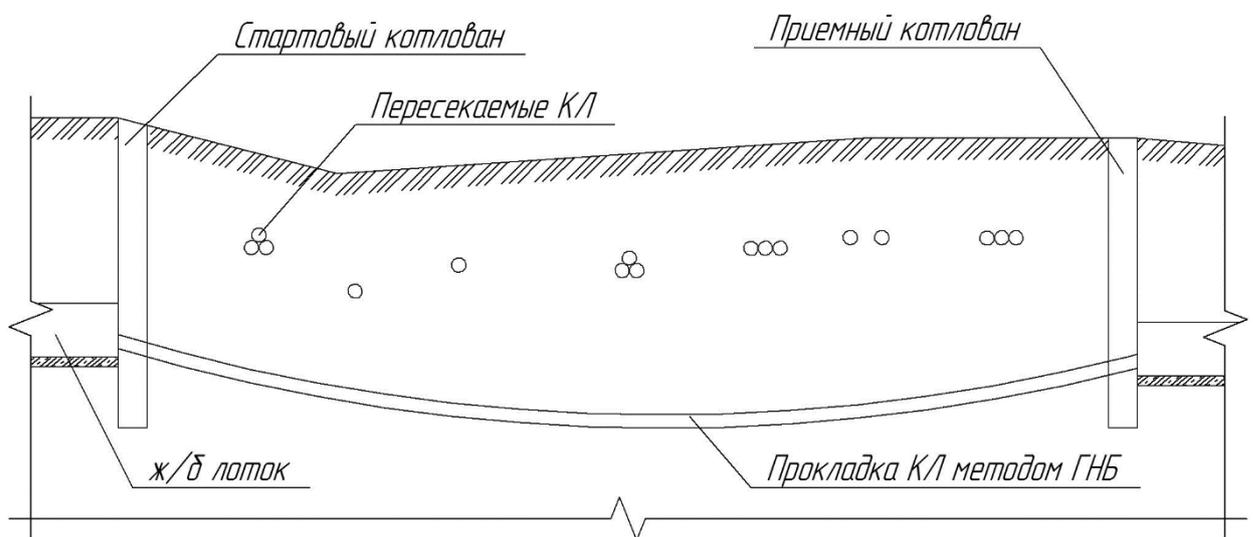


Рисунок 10.3. Профиль трассы КЛ, проложенной закрытым способом, при пересечении с существующими КЛ.

ПРОТЕКТОР ФЛЕКС
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

ТР-101-2016

10.2. Пересечения и параллельная прокладка с трубопроводами

10.2.1. Прокладку КЛ при пересечении с водо-, нефте- и газопроводами следует производить в трубах.

10.2.2. Для стесненных условий при пересечении КЛ с трубопроводами, в том числе нефте- и газопроводами, расстояние между трубами с проложенными в них кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,25 м. При этом кабели должны быть проложены в трубах на расстоянии не менее чем по 2 м в каждую сторону от участка пересечения.

10.2.3. Если трасса КЛ пересекает протяженное скопление трубопроводов, то для предотвращения их повреждения в ходе земляных работ рекомендуется прокладка КЛ в трубах закрытым способом (например, методом ГНБ). При этом расстояние от поверхности трубы до пересекаемых трубопроводов должно быть выбрано из условия обеспечения их безопасности при выполнении ГНБ.

10.2.4. При проектировании трассы КЛ следует по возможности избегать участков параллельной прокладки с трубопроводами. Если это невозможно, кабели должны быть защищены от вероятных механических воздействий.

10.2.5. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий, проложенных в трубах, до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанного расстояния до 0,25 м для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами.

10.2.6. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от КЛ всех классов напряжений, проложенных в трубах, до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МПа) должно быть не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МПа) – не менее 2 м.

10.2.7. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

10.2.8. Примеры пересечений и сближений КЛ с различными трубопроводами даны на рис.10.4-10.7.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

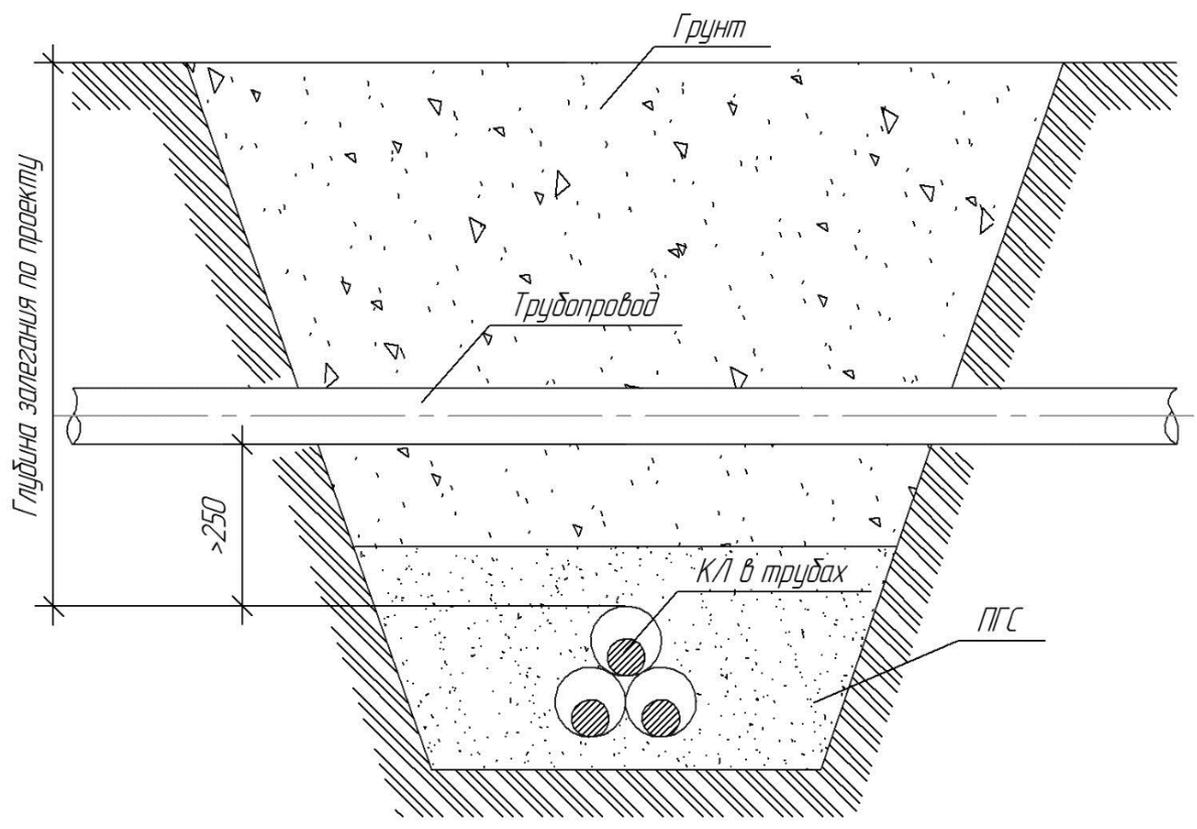


Рисунок 10.4. Пересечение КЛ с трубопроводом (КЛ снизу).

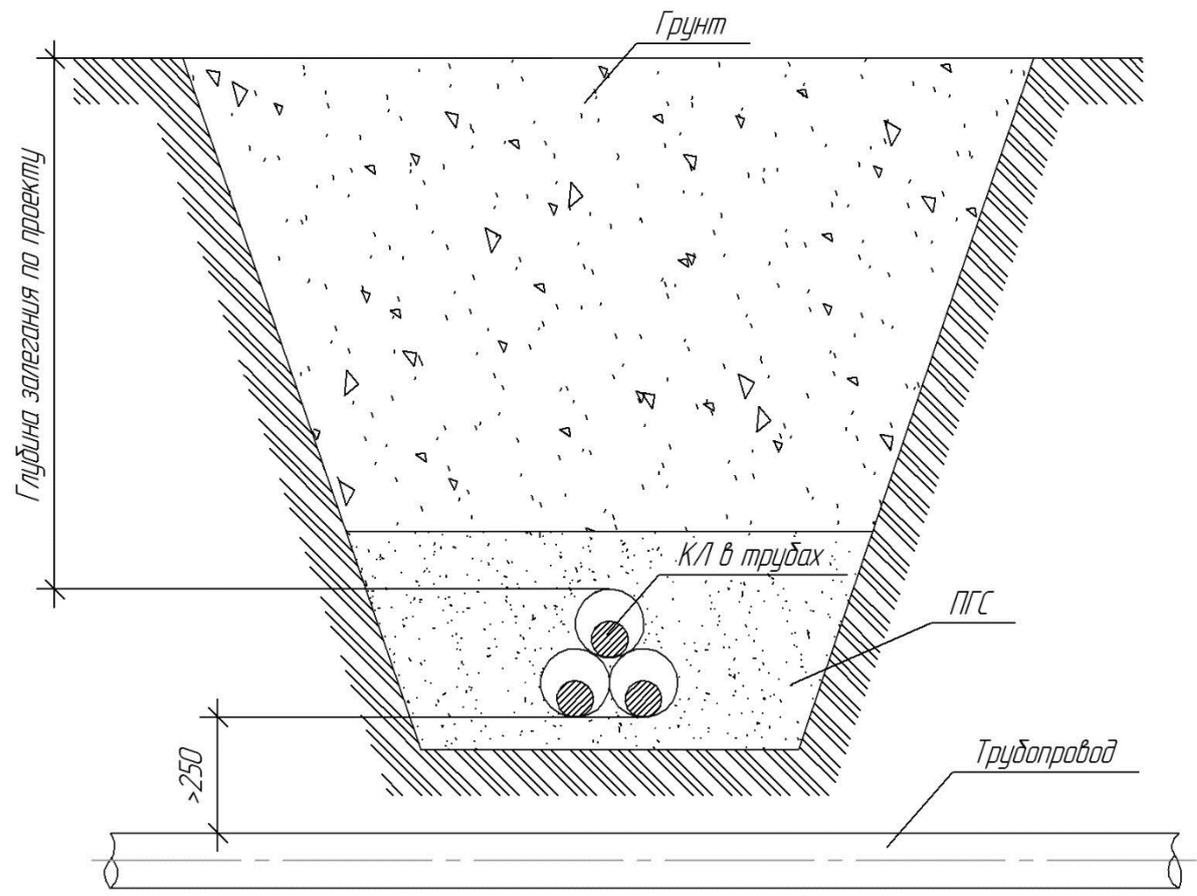


Рисунок 10.5. Пересечение КЛ с трубопроводом (КЛ сверху).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колич. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

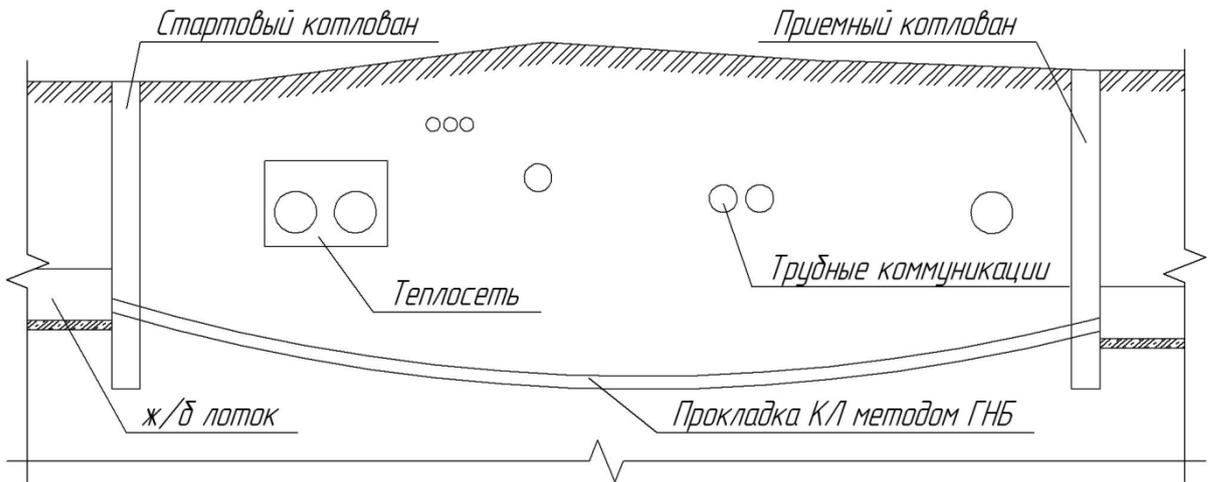


Рисунок 10.6. Профиль трассы КЛ, проложенной закрытым способом, при пересечении со скоплением трубопроводов.

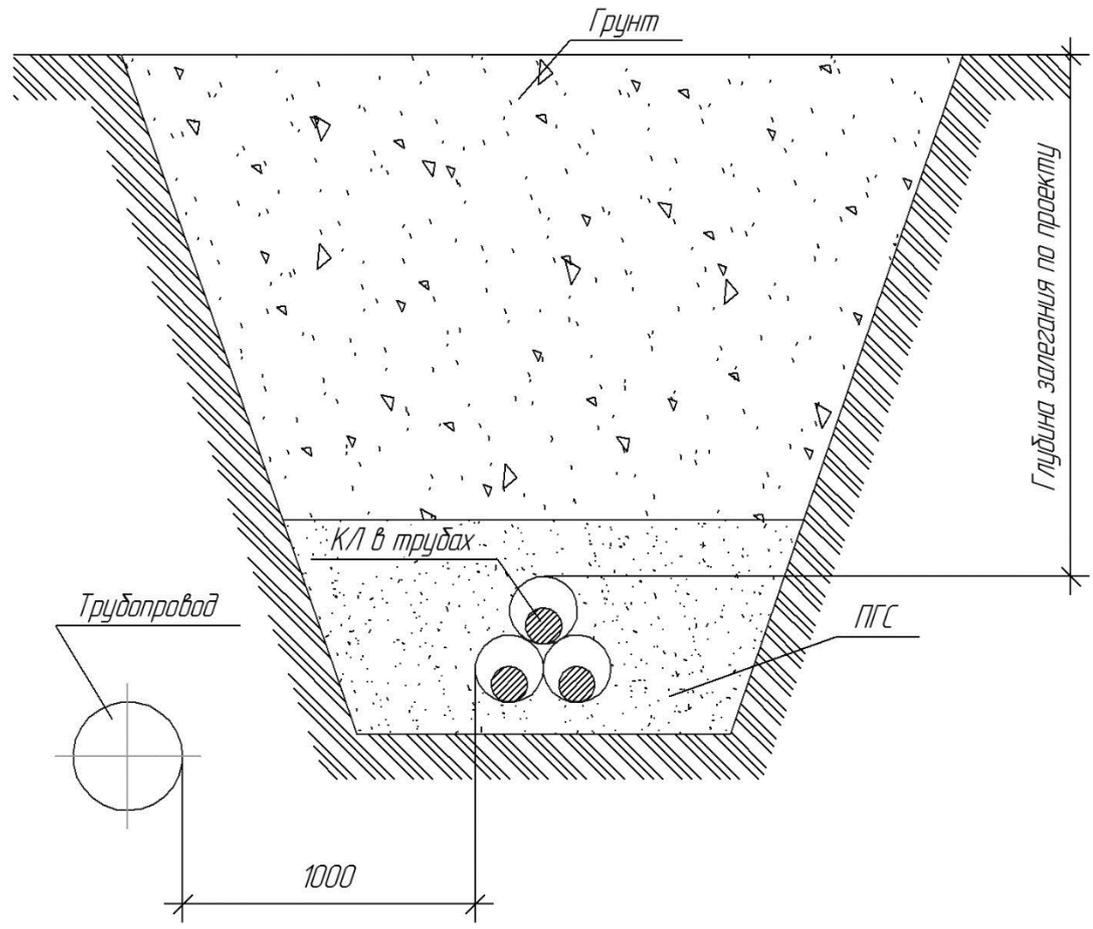


Рисунок 10.7. Параллельная прокладка КЛ с трубопроводом.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

10.3. Пересечения и параллельная прокладка с теплопроводом

10.3.1. Для защиты кабелей от возможных прорывов горячих веществ вновь прокладываемые КЛ при пересечении или параллельной прокладке с теплопроводом рекомендуется прокладывать в трубах.

10.3.2. При прокладке КЛ рядом с теплопроводом необходимо учитывать возможный локальный нагрев окружающего теплопровод грунта. Если длина участка, на котором КЛ и теплопровод проложены параллельно, превышает 10 м, данный нагрев от теплопровода необходимо учесть при выборе сечения кабеля и расчете длительно допустимого тока.

10.3.3. При прокладке КЛ параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м, или теплопровод на всем участке сближения с КЛ должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°C для КЛ до 10 кВ и 5°C для линий 20 – 220 кВ.

10.3.4. При пересечении КЛ до 35 кВ с теплопроводом расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях – не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°C по отношению к высшей летней температуре и на 15°C по отношению к низшей зимней. В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение одного из следующих мероприятий: заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м – для кабелей на напряжение до 20кВ; применение кабельной вставки большего сечения.

10.3.5. При пересечении КЛ 110-220кВ теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях – не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 5°C в любое время года.

10.3.6. Преимущественно КЛ следует прокладывать над теплопроводом, при этом глубина залегания КЛ не должна быть менее допустимой. Если прокладка КЛ над теплопроводом невозможна, то кабели допускается прокладывать под теплопроводом на расстоянии не менее 0,5 м от него.

10.3.7. При пересечении КЛ теплопровода кабели должны быть проложены в трубах на расстоянии не менее чем по 2 м в каждую сторону от участка пересечения.

10.3.8. Примеры пересечений и параллельной прокладки КЛ с теплопроводом даны на рис.10.8-10.11.

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

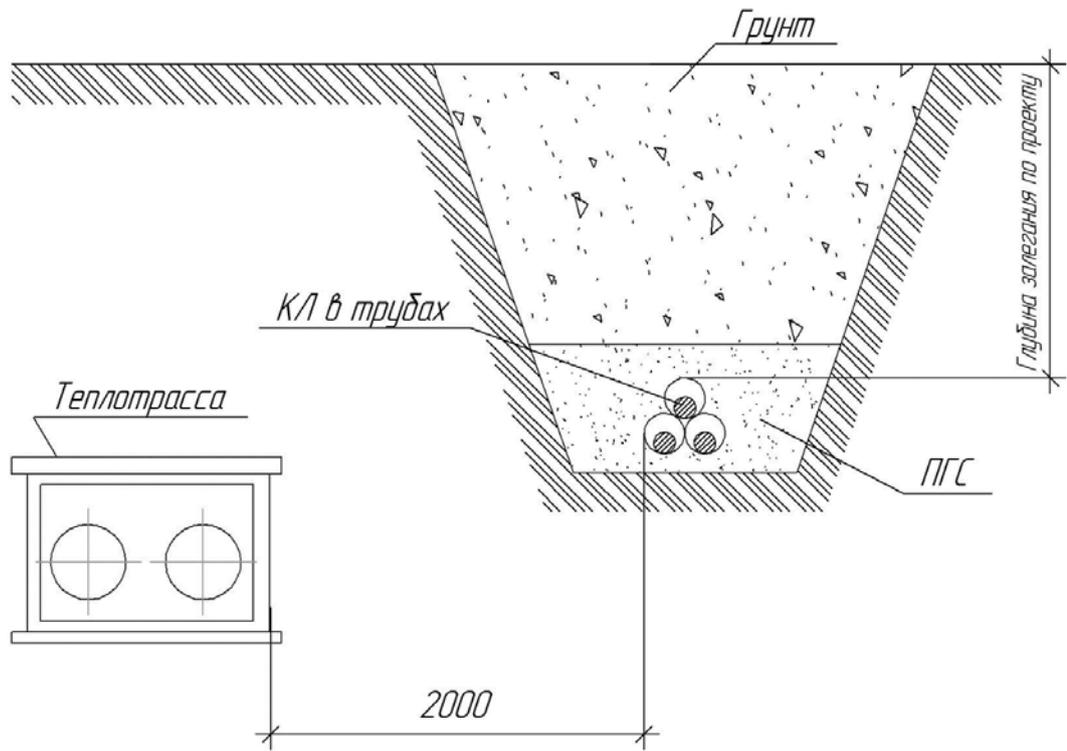


Рисунок 10.8. Параллельная прокладка КЛ с теплотрассой.

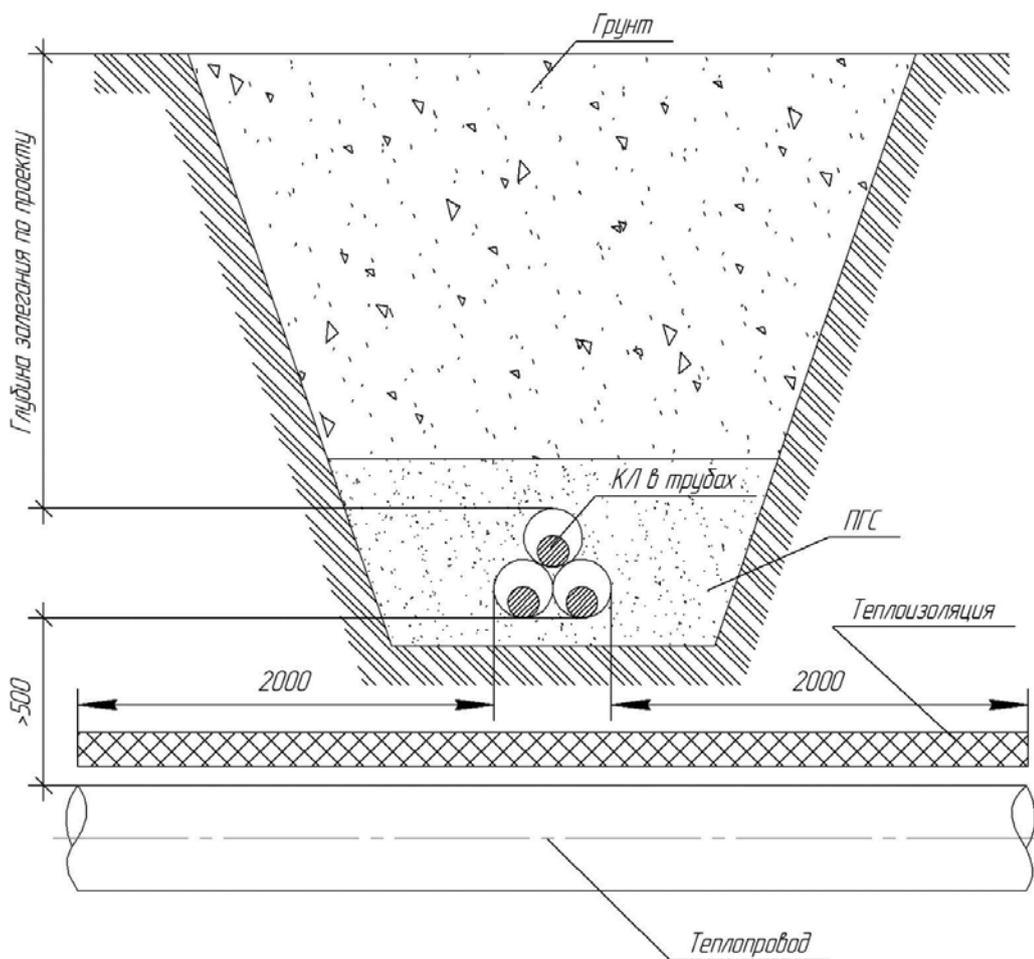


Рисунок 10.9. Пересечение КЛ 35кВ с теплотрассой (КЛ сверху).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

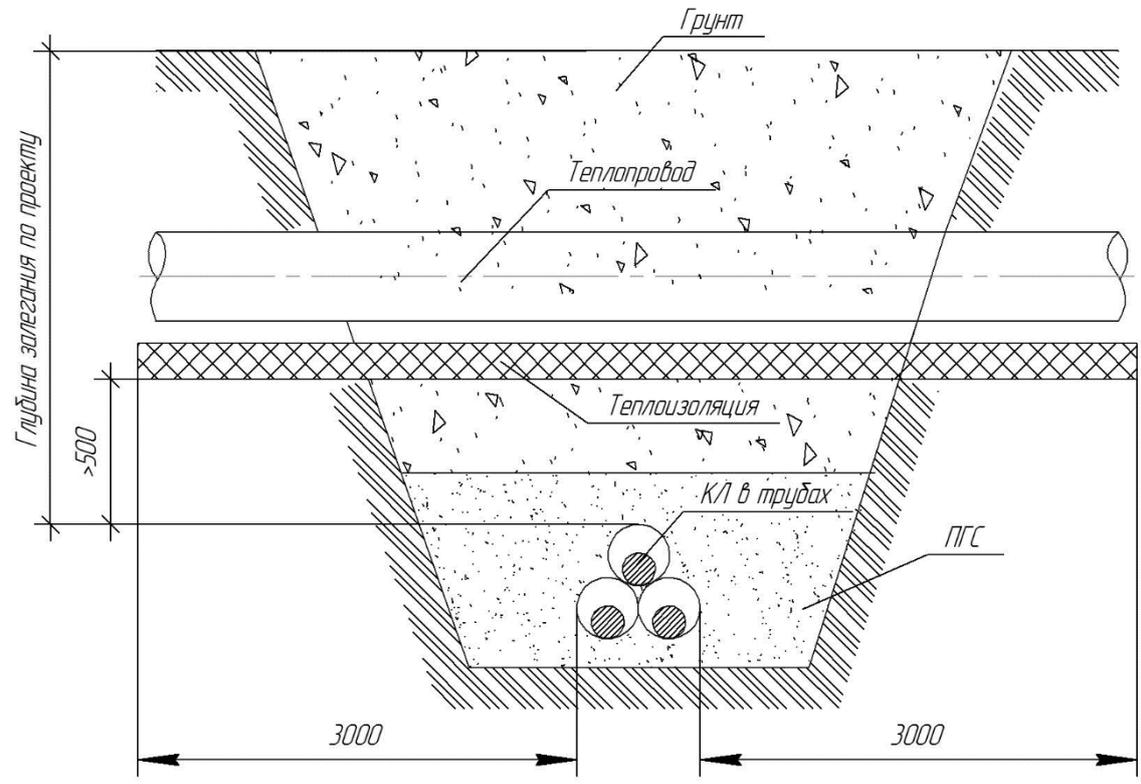


Рисунок 10.10. Пересечение КЛ 110кВ с теплотрассой (КЛ снизу).

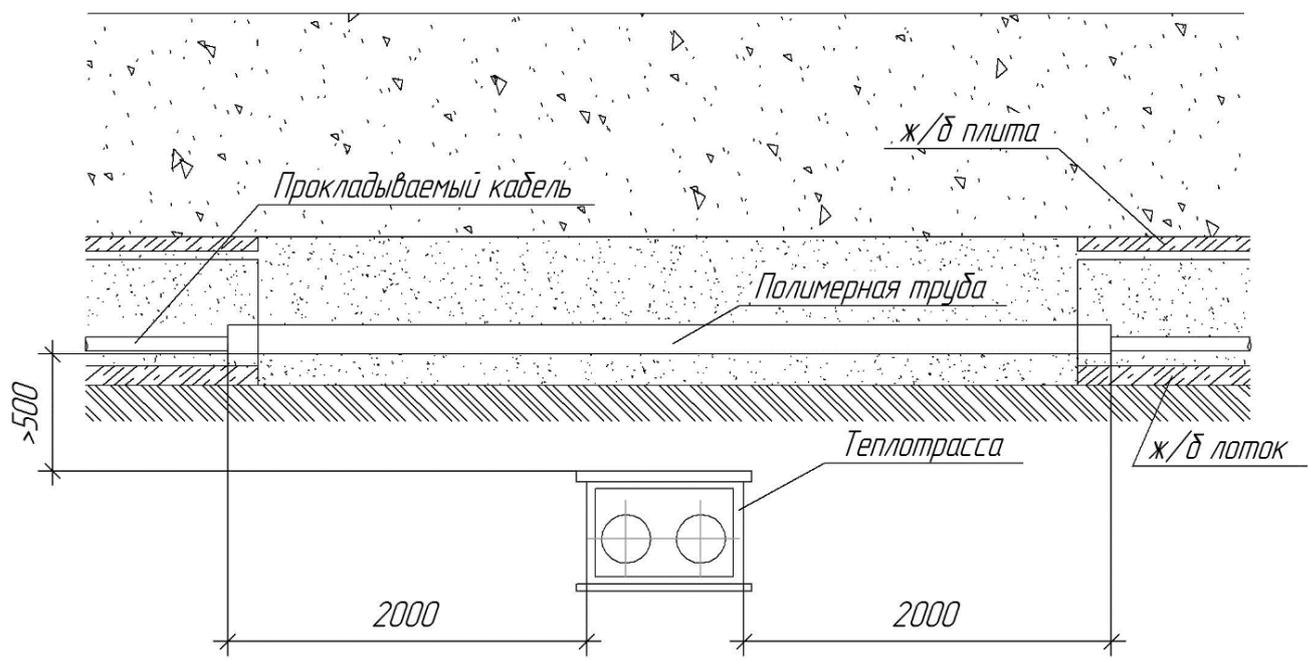


Рисунок 10.11. Пересечение КЛ с теплотрассой (продольный разрез).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

10.4. Пересечение железных и автомобильных дорог

10.4.1. При пересечении КЛ железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в трубах, блоках или туннелях по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

10.4.2. При пересечении КЛ въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т.д. прокладка кабелей должна производиться в трубах.

10.4.3. Глубина залегания КЛ под железными и автомобильными дорогами должна быть выбрана с учетом допустимых глубин прокладки кабелей, особенностей грунта, а также возможных механических воздействий и вибраций.

10.4.4. Тип и толщину трубы следует выбирать с учетом возможных механических нагрузок.

10.4.5. Для выполнения пересечений автомобильных, железных дорог, а также улиц и площадей, имеющих, как правило, усовершенствованное покрытие, предпочтение должно отдаваться бестраншейным методам прокладки кабелей. Это необходимо для ускорения процесса строительства и минимизации объема восстановительных работ после прокладки.

10.4.6. При прокладке КЛ в местах пересечений с ж/д путями для большей надежности трубы рекомендуется располагать в стальных футлярах, наполненных бетоном, обеспечивая при этом защиту от чрезмерных механических нагрузок и вибраций. С этой же целью при пересечениях с автомобильными дорогами кабельные трубопроводы могут быть залиты бетоном.

10.4.7. С целью сокращения протяженности трубного участка пересечение выполняется перпендикулярно пересекаемому сооружению.

10.4.8. В местах пересечений с грунтовыми дорогами, по которым курсирует крупногабаритный транспорт (например, гусеничная или военная техника), необходимо предусмотреть проектом защиту труб бетонными плитами. Плиты должны быть выбраны из условия воздействия на них вертикальных механических нагрузок.

10.4.9. При пересечении КЛ электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе железных дорог трубы и блоки должны быть изолирующими, то есть полимерными. Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-90°С к оси пути.

10.4.10. При прокладке КЛ параллельно с железными дорогами кабели, как правило, размещаются вне зоны отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с организациями Министерства путей сообщения, при этом расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги – не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

10.4.11. При прокладке КЛ параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или в трубах из полимерного материала.

10.4.12. Примеры пересечений и параллельной прокладки даны на рис.10.12-10.24.

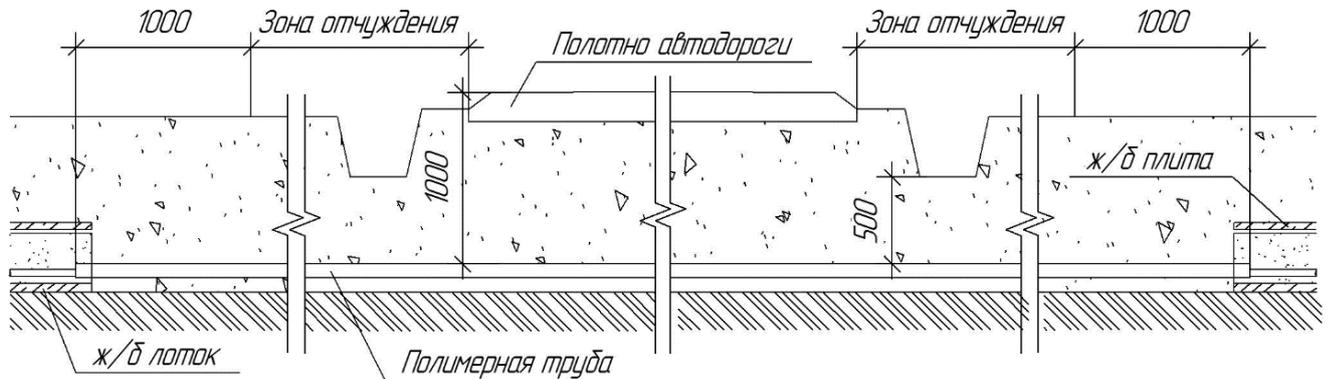


Рисунок 10.12. Пересечение КЛ с автодорогой при наличии зоны отчуждения.

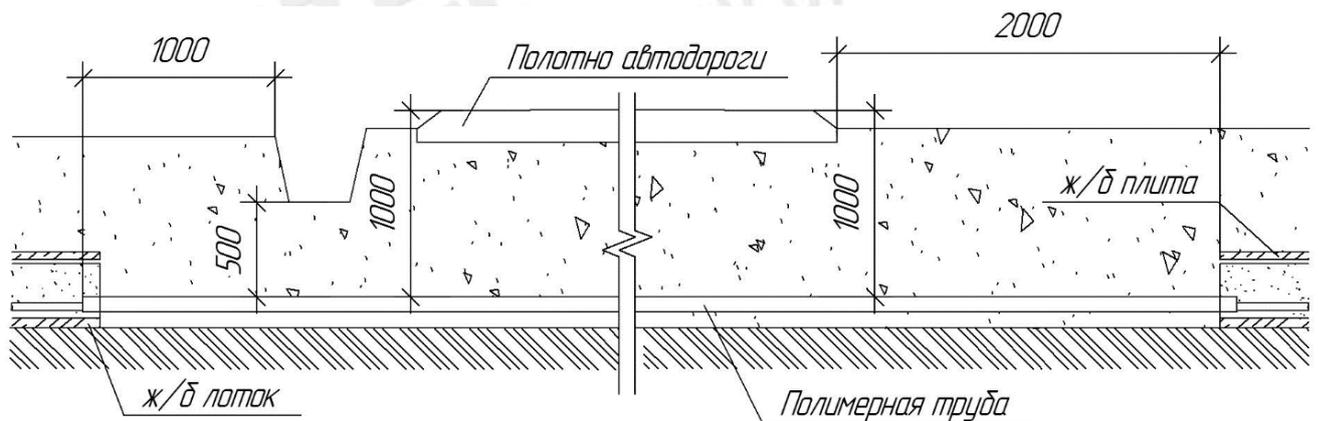


Рисунок 10.13. Пересечение КЛ с автодорогой
(слева – при отсутствии зоны отчуждения и наличии водоотводной канавы,
справа – при отсутствии зоны отчуждения и водоотводной канавы).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

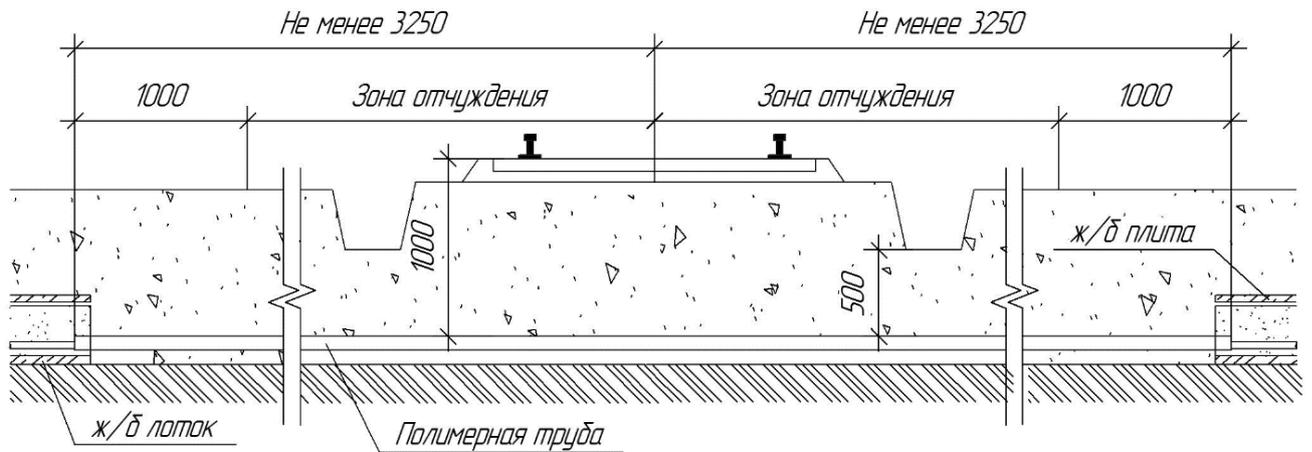


Рисунок 10.14. Пересечение КЛ с не электрифицированной железной дорогой при наличии зоны отчуждения.

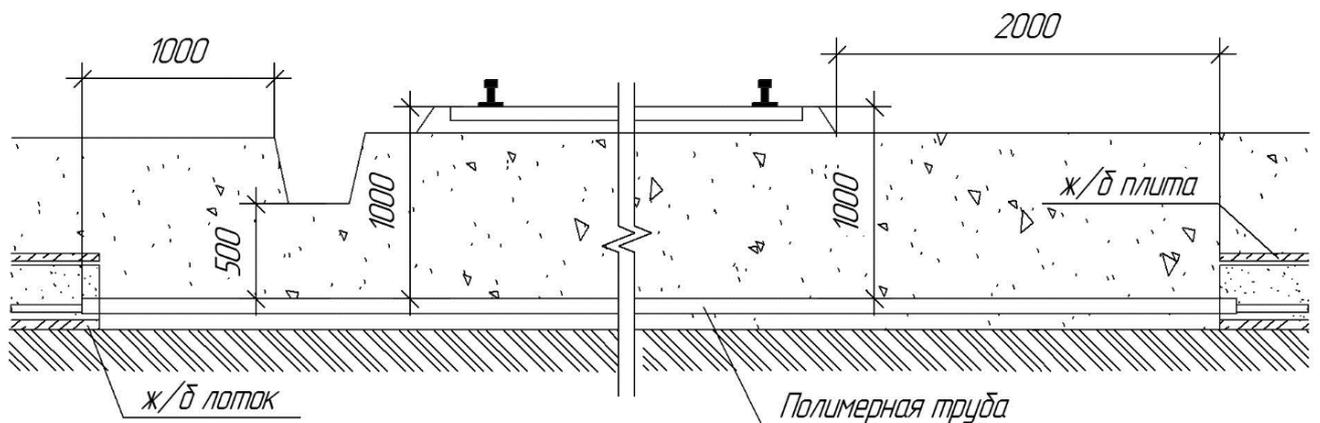


Рисунок 10.15. Пересечение КЛ с не электрифицированной железной дорогой (слева – при отсутствии зоны отчуждения и наличии водоотводной канавы, справа – при отсутствии зоны отчуждения и водоотводной канавы).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

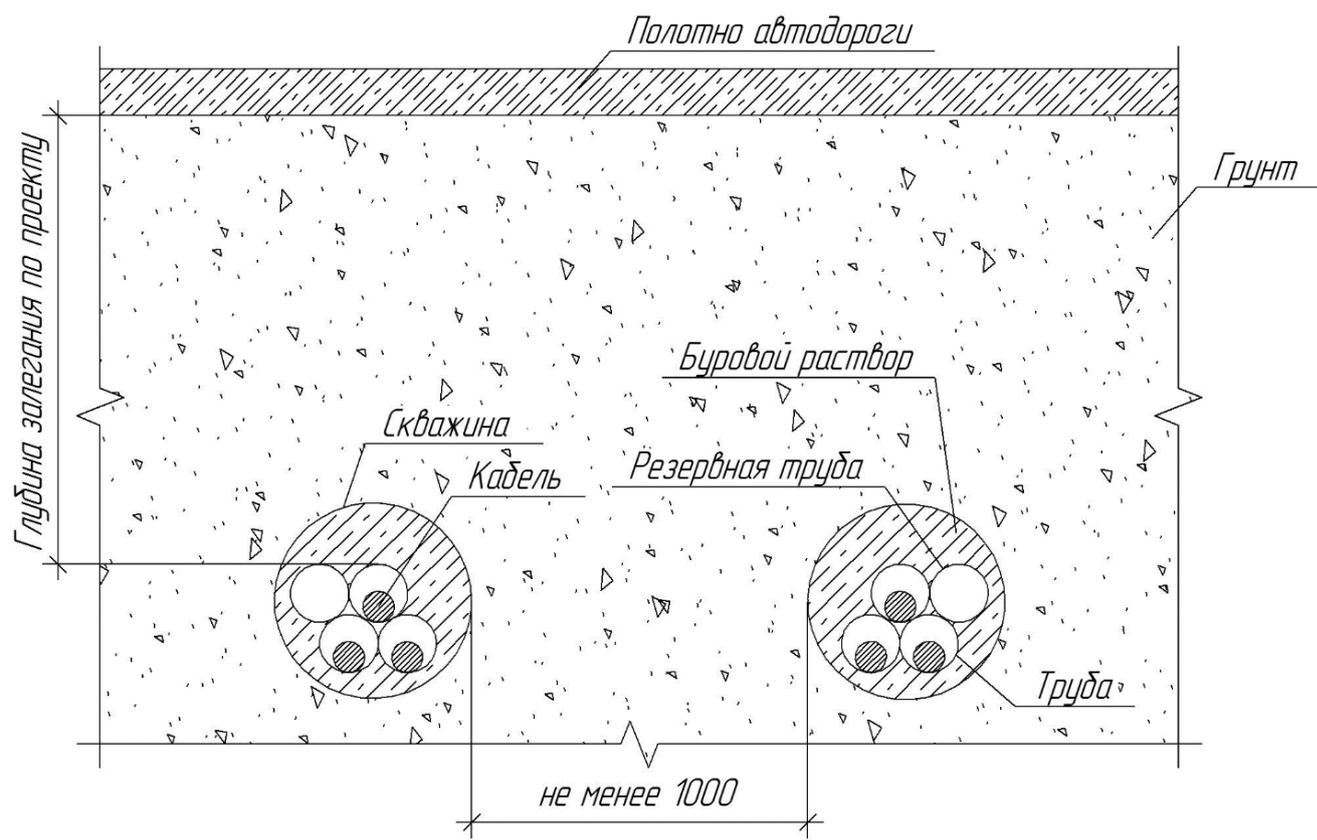


Рисунок 10.16. Прокладка КЛ в трубах под автомобильными дорогами (поперечный разрез).

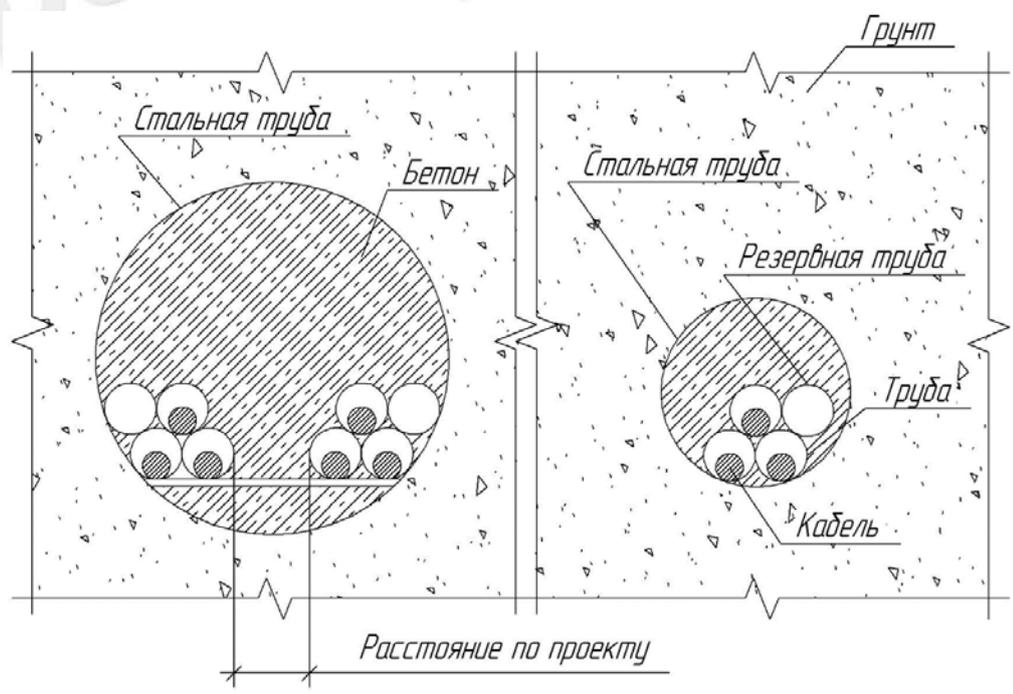


Рисунок 10.17. Прокладка КЛ в трубах под железными дорогами (поперечный разрез).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

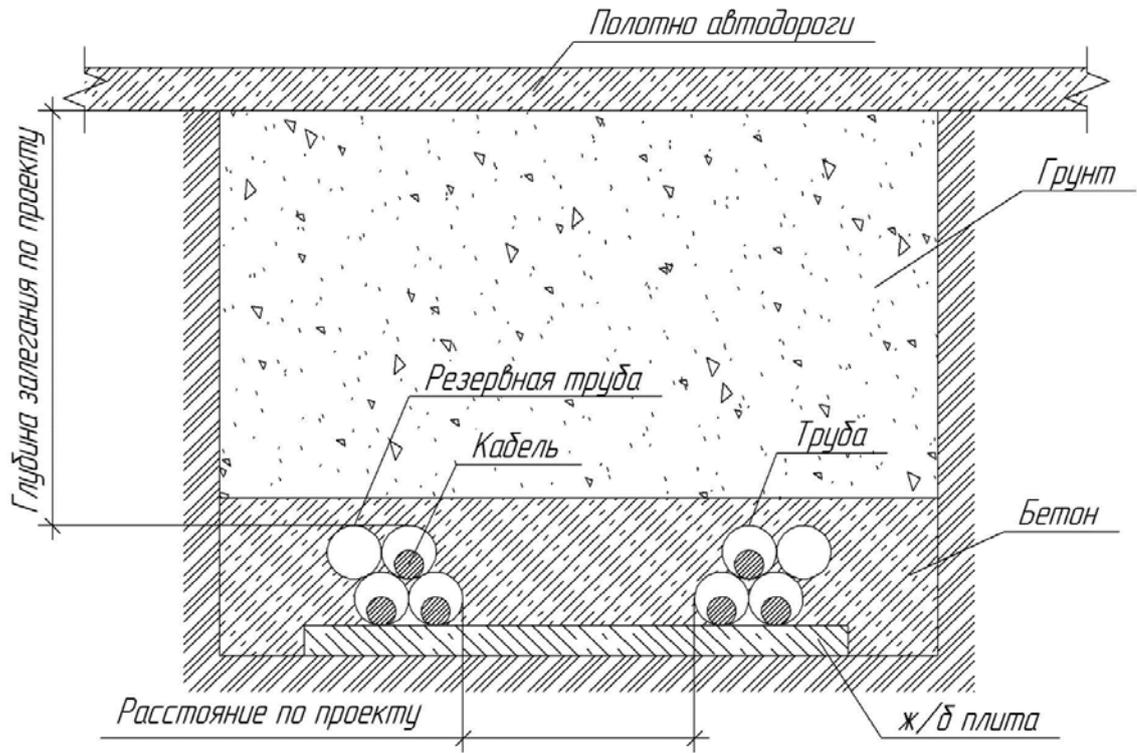


Рисунок 10.18. Прокладка КЛ в трубах под автомобильными дорогами (поперечный разрез).

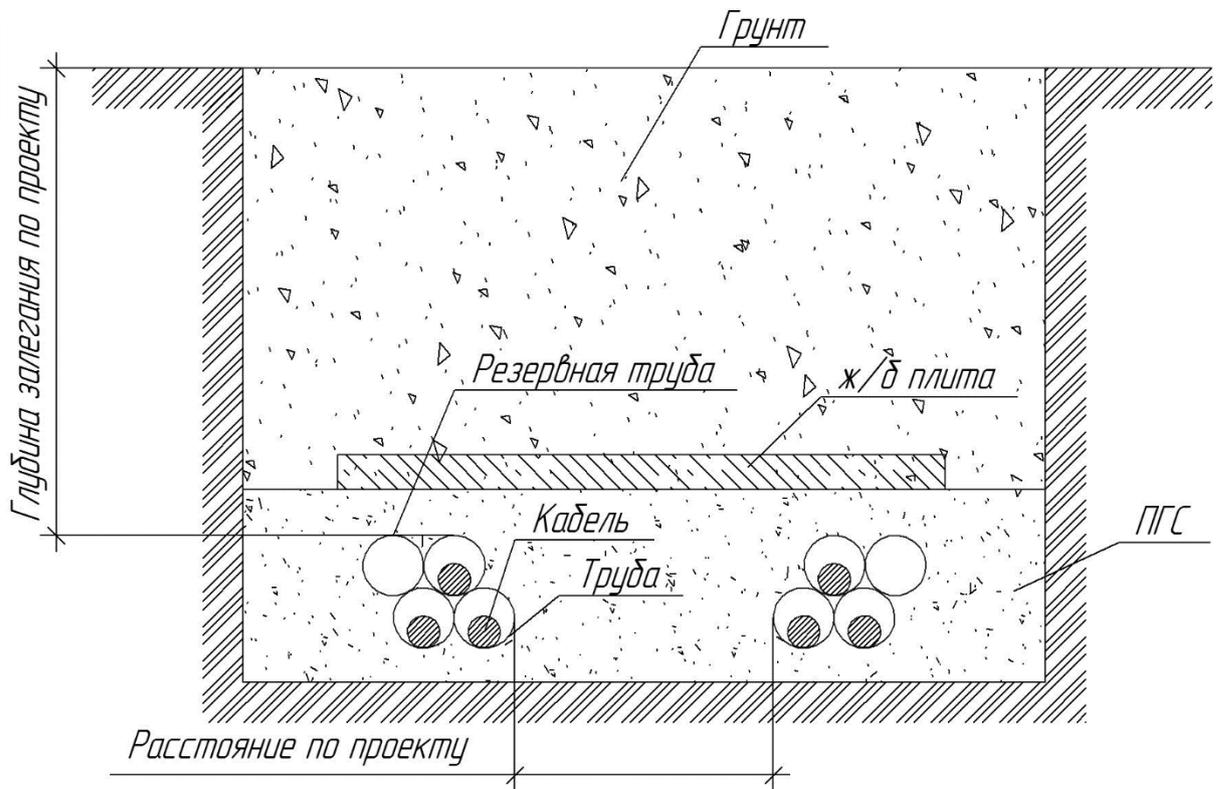


Рисунок 10.19. Защита КЛ, проложенных в трубах, ж/б плитами.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

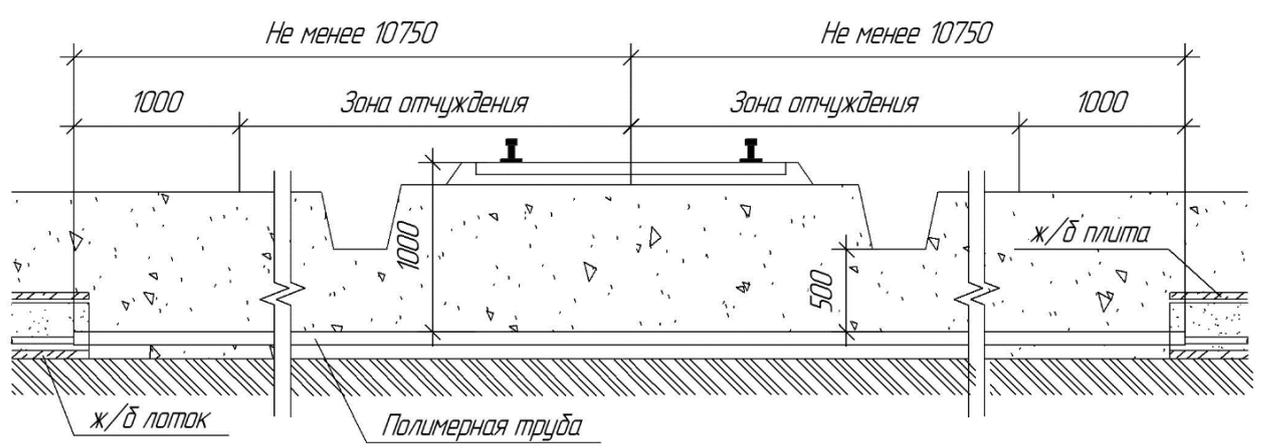


Рисунок 10.20. Пересечение КЛ с электрифицированной железной дорогой при наличии зоны отчуждения.

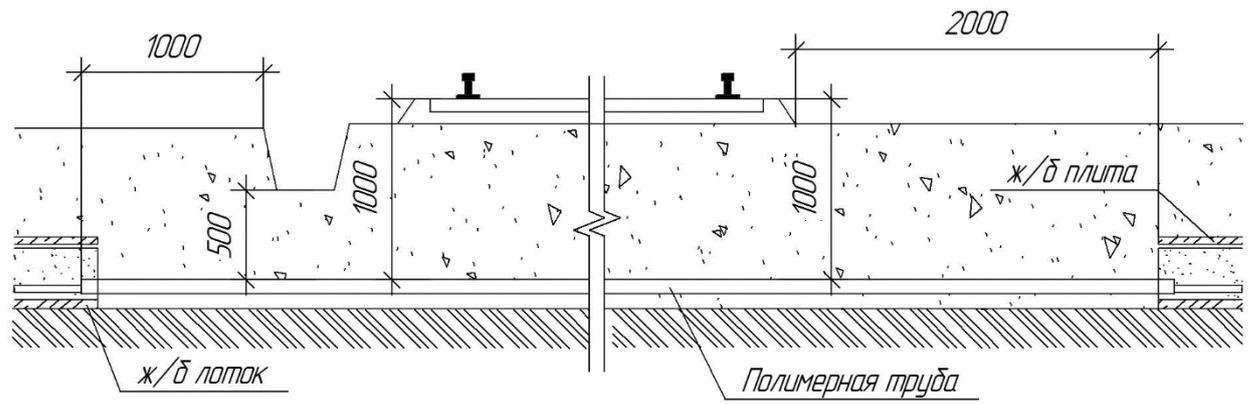


Рисунок 10.21. Пересечение КЛ с электрифицированной железной дорогой (слева – при отсутствии зоны отчуждения и наличии водоотводной канавы, справа – при отсутствии зоны отчуждения и водоотводной канавы).

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

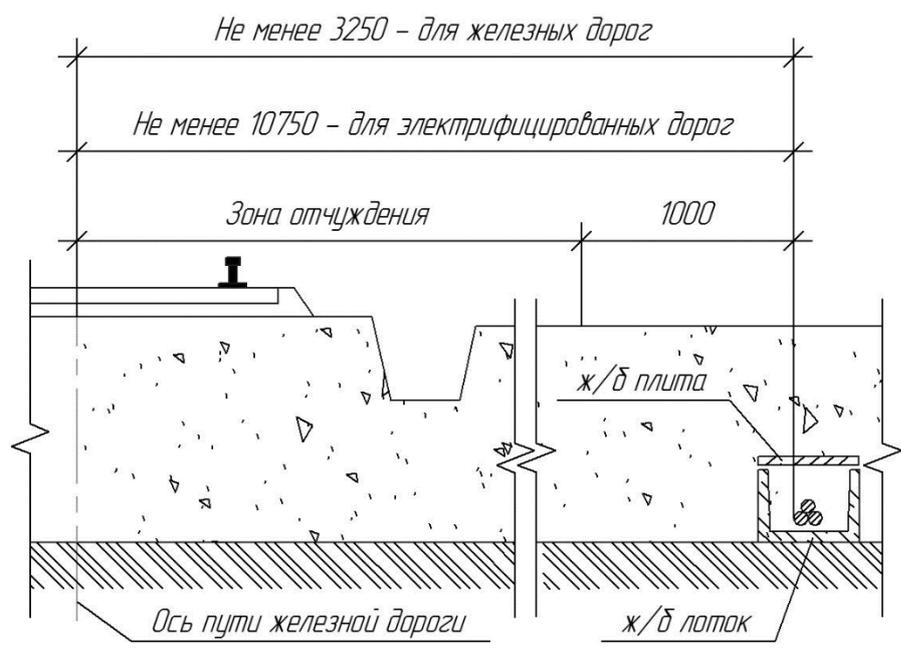


Рисунок 10.22. Прокладка КЛ параллельно железным дорогам вне зоны отчуждения: в ж/б лотках или в полимерных трубах.

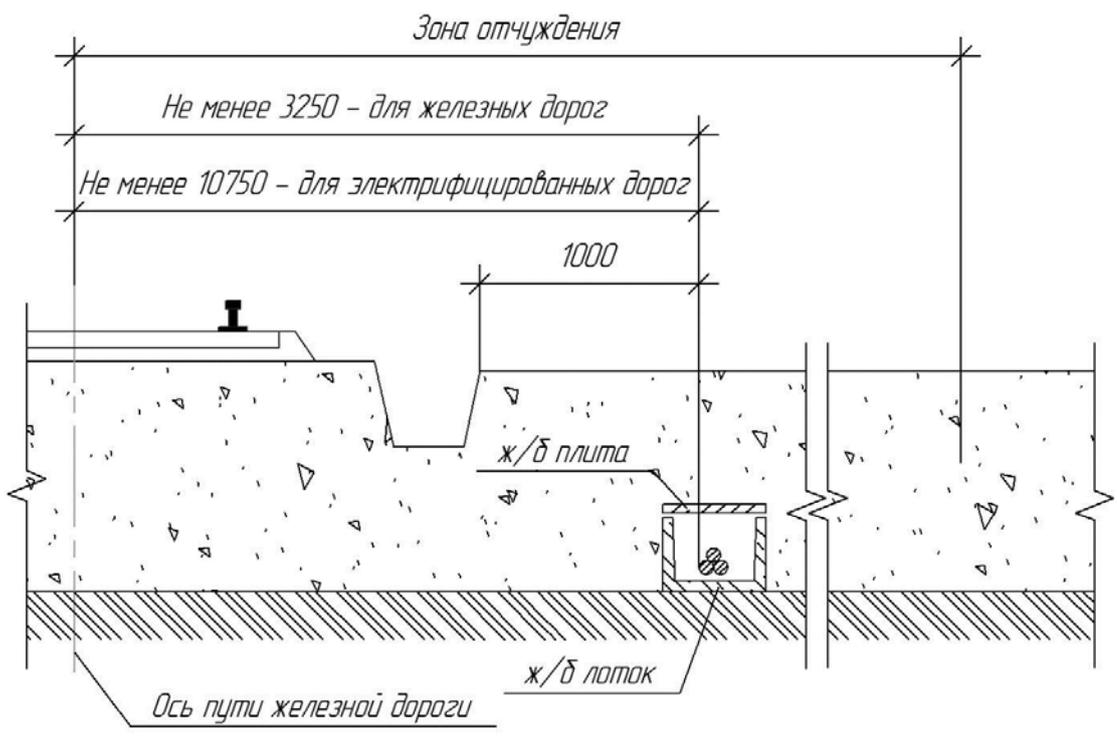


Рисунок 10.23. Прокладка КЛ параллельно железным дорогам в зоне отчуждения: в ж/б лотках или в полимерных трубах.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

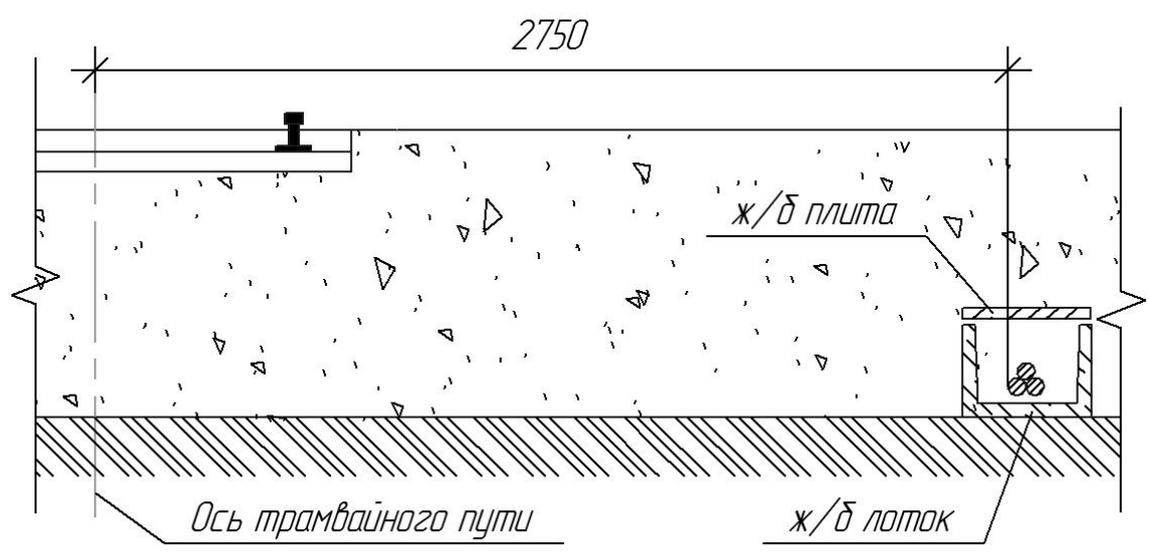


Рисунок 10.24. Прокладка КЛ параллельно трамвайным путям:
в ж/б лотках или в полимерных трубах.

ПРОТЕКТОР
www.protectorflex.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

ТР-101-2016

10.5. Пересечение водоемов и болотистой местности

10.5.1. При пересечении КЛ ручьев и канав прокладка кабелей должна производиться в трубах.

10.5.2. Прокладку под водоемами и в болотистой местности кабелей, не предназначенных для подводной прокладки (не имеющих должной герметизации и элементов конструкции, защищающих кабель от растягивающих усилий), следует проводить бестраншейными способами в трубах.

10.5.3. Глубина и профиль залегания кабельного трубопровода должны выбираться с учетом геологических условий, а также технологических возможностей того или иного метода бестраншейной прокладки.

10.5.4. При определении маршрута и длины участка кабельной трассы, проложенной бестраншейным методом, необходимо учитывать возможность производства кабеля требуемой длины одним строительным отрезком.

10.5.5. Проектом необходимо предусмотреть одну или несколько резервных труб (по требованию заказчика) на каждую цепь прокладываемой КЛ. Герметизацию концов резервных труб проводить при помощи заглушек.

10.5.6. По требованию заказчика необходимо предусмотреть проектом размещение в резервной трубе резервного отрезка кабеля. Длина резервного кабеля должна быть выбрана с учетом возможности последующего монтажа соединительных муфт в местах захода и выхода кабеля в трубы.

10.5.7. При расчете длительно допустимого тока КЛ, проложенной под водоемами, следует учитывать глубину залегания относительно дна водоема, а не уровня воды.

10.5.8. Примеры пересечений даны на рис.10.25-10.26.

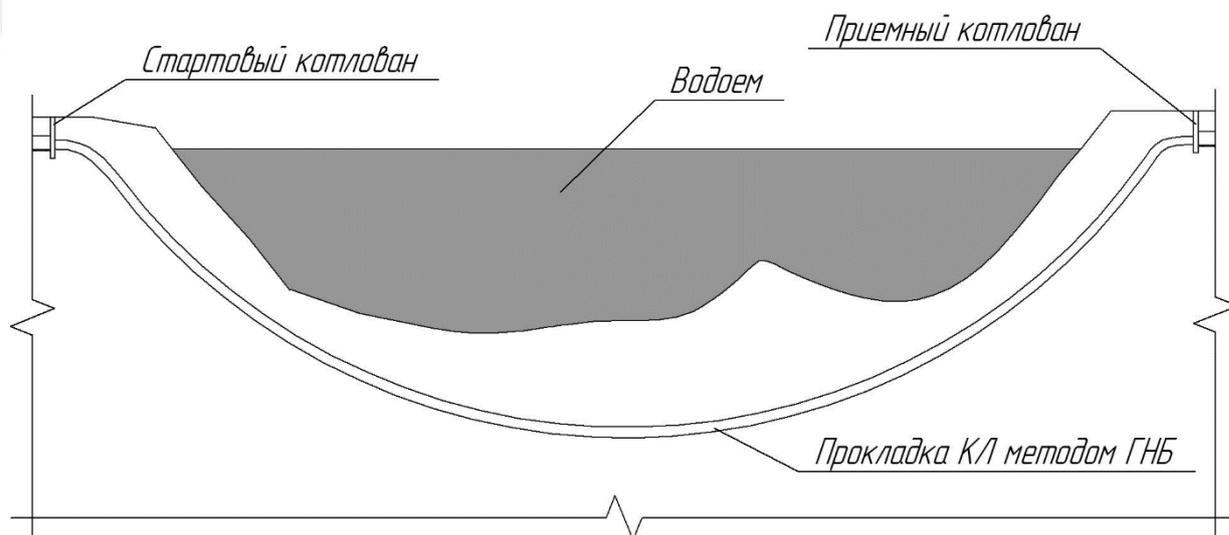


Рисунок 10.25. Продольный профиль трассы КЛ, проложенной под водоемом.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

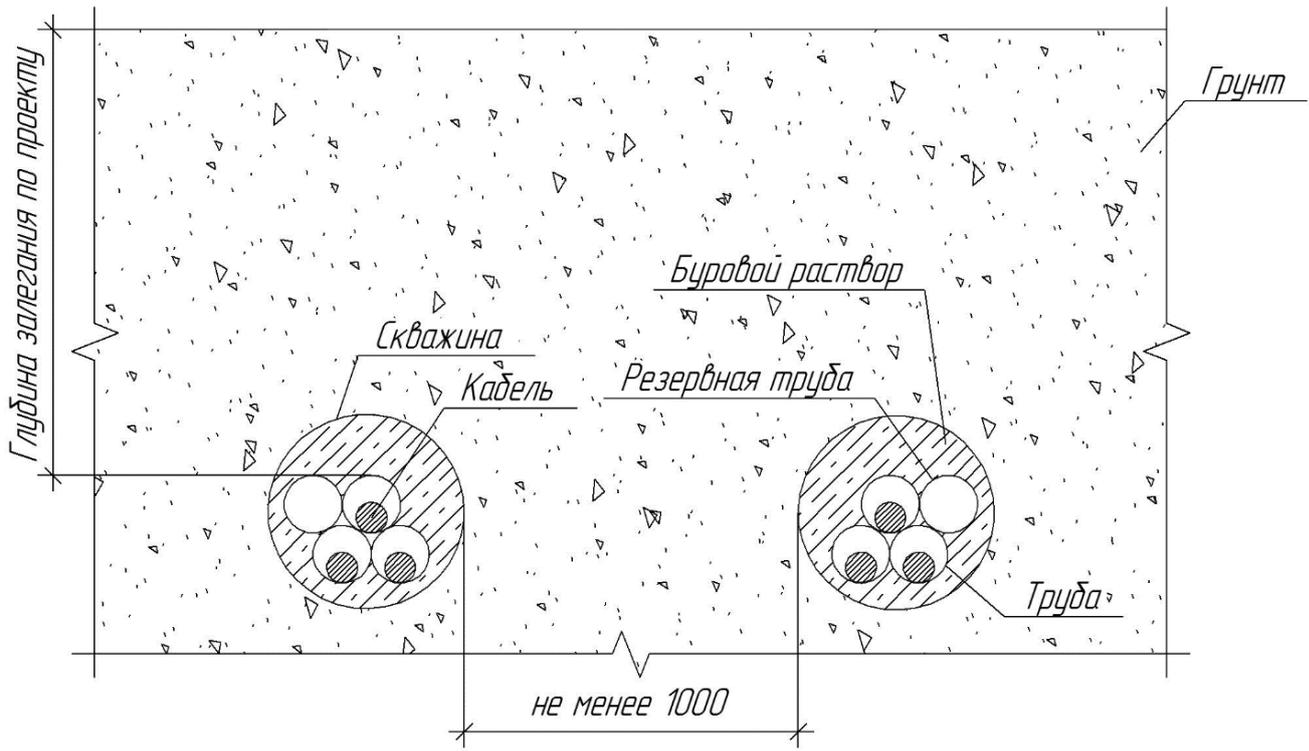


Рисунок 10.26. Поперечный разрез КЛ, проложенной в трубах методом ГНБ.

ПРОТЕКТИВ
www.protektiv.ru

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колич. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

ТР-101-2016

10.6. Переход из трубы в лоток

10.6.1. Переход КЛ из труб в ж/б лотки должен быть выполнен с перекрытием. Необходимо, чтобы трубы заходили на основание лотка на расстояние не менее 500 мм. Если ось трубы не совпадает с плоскостью лотка, то на ее выходе под трубу необходимо уложить мешки с песком или ПГС.

10.6.2. На конце каждой трубы для защиты кабеля должны быть установлены специальные защитные воронки, предотвращающие повреждение кабеля о кромку трубы как при прокладке, так и при дальнейшей эксплуатации. После прокладки кабеля торцы труб следует загерметизировать специальными уплотнителями.

10.6.3. Для механической защиты кабеля в месте его выхода из трубы следует организовывать песчаную подсыпку или подкладывать под него мешки с песком.

10.6.4. Пример перехода из трубы в лоток дан на рис.10.27.

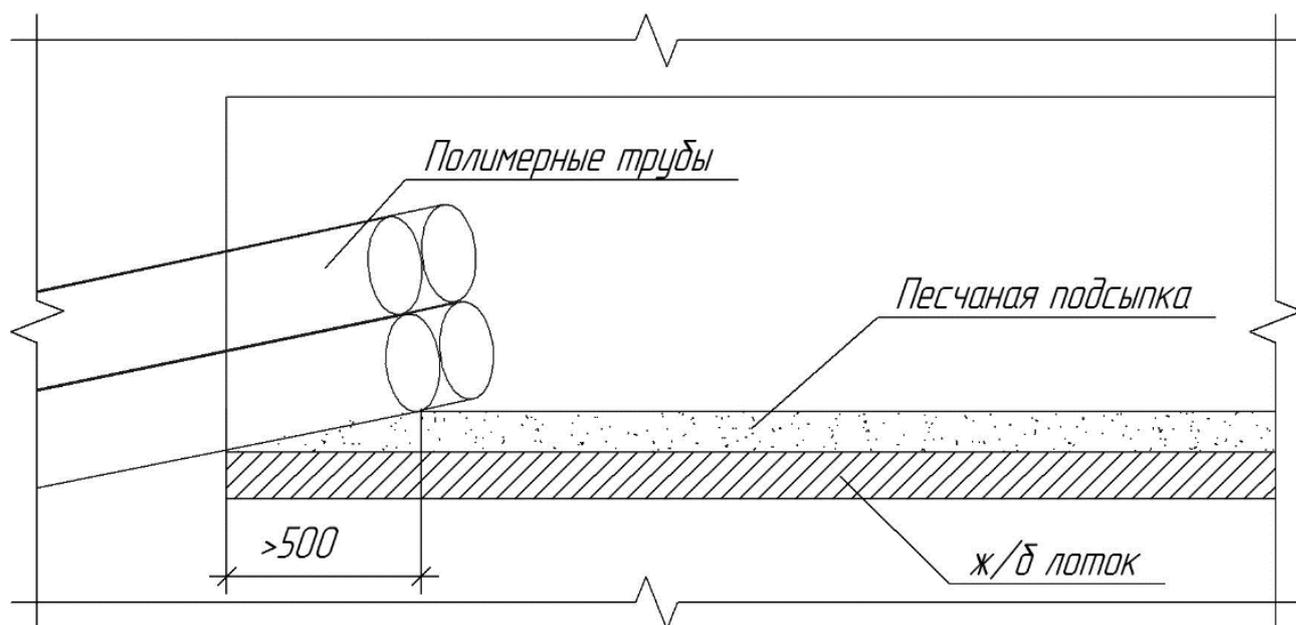


Рисунок 10.27. Выход кабельного трубопровода в ж/б лоток.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

10.7. Переход из трубы в трубу

10.7.1. При длине участка КЛ в трубах, превосходящей технологические возможности ГНБ, допускается сооружение нескольких ГНБ проколов. При этом участок, в котором будет происходить переход из одного ГНБ прокола в другой должен находиться в зоне, допускающей прокладку кабелей без защиты трубами.

10.7.2. На конце каждой трубы для защиты кабеля должны быть установлены специальные защитные воронки, предотвращающие повреждение кабеля о кромку трубы как при прокладке, так и при дальнейшей эксплуатации. После прокладки кабеля торцы труб следует загерметизировать специальными уплотнителями.

10.7.3. Для механической защиты кабеля в месте его выхода из трубы следует организовывать песчаную подсыпку или подкладывать под него мешки с песком. Начальная засыпка места перехода также должна быть выполнена песком.

10.7.4. Пример перехода из трубы в трубу дан на рис.10.28.

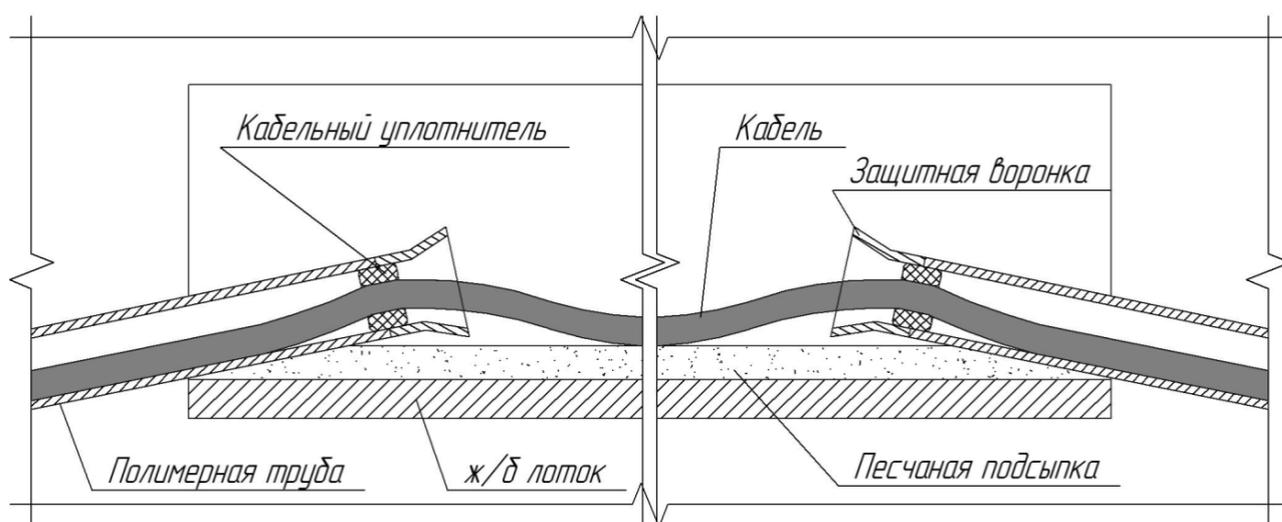


Рисунок 10.28. Переход КЛ из одной трубы в другую.

10.8. Переход из трубы на вертикальный участок

10.8.1. Следует предусматривать защиту кабелей по концам трассы в местах выхода кабелей из под земли и их присоединения к концевым муфтам. Высота защищаемого участка кабеля должна быть не менее 0,5 м от земли (рис.10.29).

10.8.2. Для защиты кабелей в местах резкого поворота трассы и, в частности, в местах выхода кабелей из под земли с горизонтального на вертикальный участок применение гладкостенных полимерных труб затруднено в силу недостаточно малого радиуса изгиба. Защиту кабелей в таких случаях допустимо выполнить с применением специальных термостойких негорючих гофрированных труб серии ПРОТЕКТОРФЛЕКС® ПК достаточной кольцевой жесткости SN.

Использование обычных гофрированных труб категорически не допускается в силу их горючести и по причине их разрушения под влиянием дневного света.

10.8.3. Место перехода гладкостенной полимерной трубы в гофрированную, расположенное в грунте, должно быть герметизировано, например, при помощи полимерных муфт или термоусаживаемой трубки (манжеты).

10.8.4. Место выхода кабеля из гофрированной трубы наружу должно быть отцентрировано и герметизировано при помощи уплотнителя УВК. Для защиты от скапливающейся на поверхности УВК влаги и ее замерзания рекомендуется дополнительно к УВК устанавливать термоусаживаемую трубку (манжету).

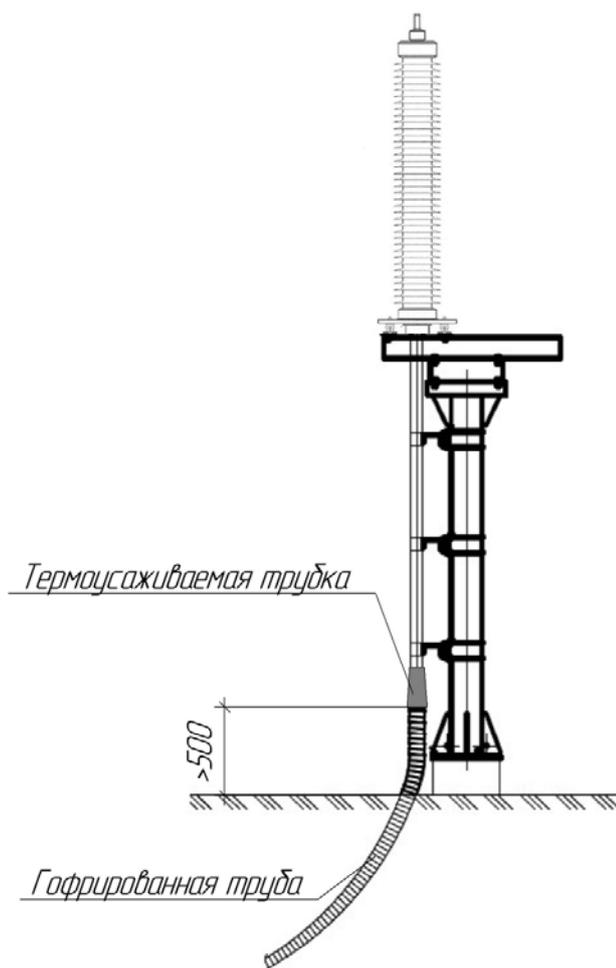


Рисунок 10.29. Переход кабеля из трубы к концевой муфте.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

10.9. Заходы трубы в здания и кабельные проходки

10.9.1. Проходы кабелей через стены, перегородки и перекрытия в производственных помещениях и кабельных сооружениях могут быть сделаны при помощи полимерных труб.

10.9.2. Зазоры в отрезках труб после прокладки кабелей должны быть заделаны несгораемым материалом по всей толщине стены или перегородки.

10.9.3. Зазоры в проходах через стены допускается не заделывать, если стены не являются противопожарными преградами.

10.9.4. Концы труб, используемых в качестве кабельных проходок и вводов в здания, должны выступать из стены на расстояние 50 мм.

10.9.5. Вводы кабелей в здания, кабельные сооружения и другие помещения могут быть выполнены в полимерных трубах. Концы труб должны выступать в траншею из стены здания или фундамента (при наличии отмостки – за линию последней) не менее чем на 0,6 м и иметь уклон в сторону траншеи.

10.9.6. При вводе КЛ, проложенных в трубах, в здания на участках длиной до 5 м допускается уменьшение глубины, установленной для прокладки кабелей в земле, до 0,5 м.

10.9.7. Переход КЛ из блоков и труб в здания, туннели, подвалы и т.п. должен осуществляться одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приямков внутри зданий, либо камер у их наружных стен.

10.9.8. Прокладка кабелей без труб при заходах в здания ПС или в кабельные сооружения, а также в строительных основаниях не допускается.

10.9.9. При выполнении заходов КЛ в здания, кабельные сооружения и другие помещения должны быть предусмотрены меры, исключаяющие проникновение воды и мелких животных из траншеи. Необходимая степень герметизации может быть достигнута за счет установки кольцевых уплотнителей серии УВК.

10.9.10. После ввода труб в здание или кабельное сооружение необходимо восстановить гидроизоляцию стен.

10.9.11. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах, заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены может производиться в трубах; после прокладки кабелей зазоры вокруг труб должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

10.9.12. При прокладке КЛ в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются как для прокладки в земле.

10.9.13. Примеры захода трубы в здания или кабельные сооружения даны на рис.10.30-10.31.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

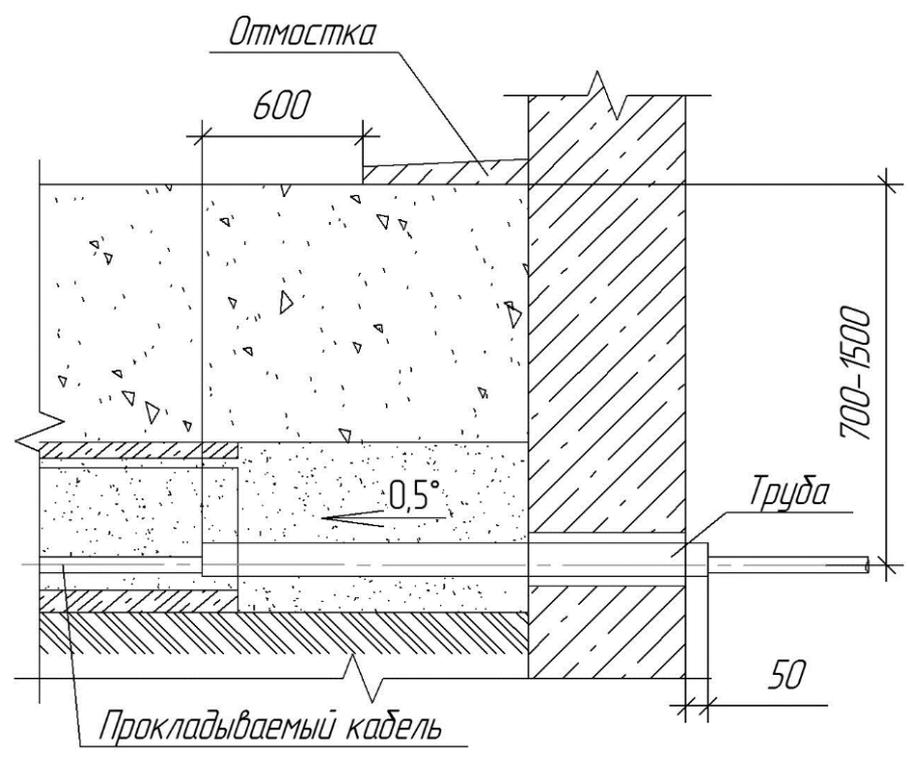


Рисунок 10.30. Ввод КЛ в здание или кабельное сооружение.

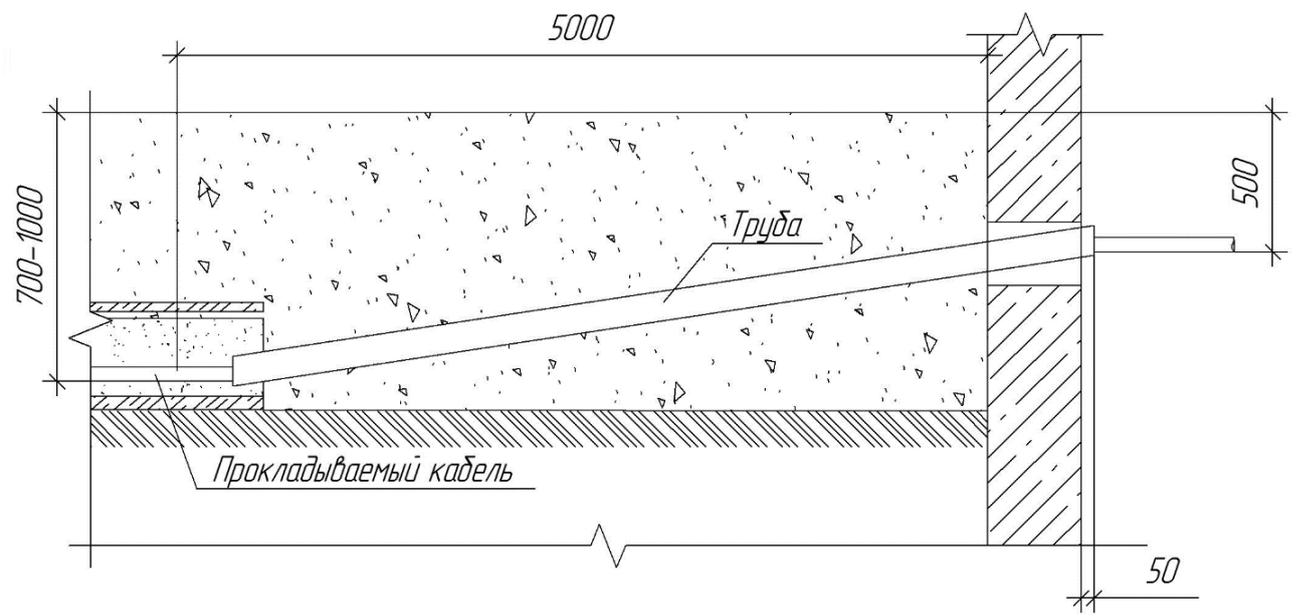


Рисунок 10.31. Ввод КЛ в здание или кабельное сооружение.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

10.10. Прокладка в трубных блоках

10.10.1. Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта, при вероятности разлива металла и т.п. Также в блоках целесообразно прокладывать КЛ в количестве 10 и более в потоке.

10.10.2. Конфигурация трубных блоков, их размеры, а также расположение каналов определяются конкретными условиями прокладки, наличием места и расположением других подземных коммуникаций по трассе сооружаемой КЛ.

10.10.3. Количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься с учетом возможных размеров блока, а также длительно допустимых токовых нагрузок, прокладываемых кабелей.

10.10.4. Ввиду сложности расчетов длительно допустимых токовых нагрузок кабелей, проложенных в блоках, данные расчеты рекомендуется проводить с использованием специализированного программного обеспечения.

10.10.5. Каждый трубный блок должен иметь до 15% резервных каналов, но не менее одного канала.

10.10.6. Глубина залегания трубных блоков в земле должна приниматься по местным условиям, но быть не меньше значений, установленных для прокладки кабелей в земле, считая до верхнего кабеля. Глубина залегания трубных блоков на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

10.10.7. В местах, где изменяется направление трассы КЛ, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей из блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы (камеры), обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом места выхода кабелей из блоков должны быть загерметизированы с применением, например, кольцевых уплотнителей УВК.

10.10.8. Строительные конструкции и размеры колодцев выполняются с учетом обеспечения нормальных условий монтажа муфт и раскладки кабелей с применением допустимых радиусов закругления. Стены колодцев выполняют из кирпича или сборного железобетона. Кроме того, предусматриваются гидроизоляция колодцев и защита оболочек кабеля от износа в месте перехода кабелей из каналов блока в колодцы - например, за счет установки защитных воронок и/или кольцевых уплотнителей. Износ оболочек в месте выхода из канала определяется перемещением кабеля в результате температурных изменений, вызванных колебаниями нагрузки линий.

10.10.9. Трубные блоки должны иметь уклон не менее 0,2% в сторону колодцев (камер).

10.10.10. Для сооружения кабельных блоков должны использоваться только негорючие трубы серий ПРОТЕКТОРФЛЕКС® БК, НГ, ПРО.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |



10.10.11. Трубные блоки должны иметь достаточную механическую прочность и выдерживать нагрузку от массы слоя грунта, тяжелых грузовых и дорожных машин, применяемых при асфальтировании дорог. Прокладывать блоки в местах с высоким уровнем грунтовых вод не рекомендуется.

10.10.12. Для фиксации и установки труб могут использоваться специальные полимерные кластеры (см. фото), либо блок может сооружаться путем заливки труб бетоном. Во время заливки бетона трубопроводы должны быть закреплены на месте укладки распорными деталями. Рекомендуемый слой бетона поверх трубопроводов - не менее 100 мм, сбоку - не менее 50 мм, между трубопроводами - не менее 40 мм.

10.10.13. Примеры трубных блоков даны на рис.10.32-10.33.

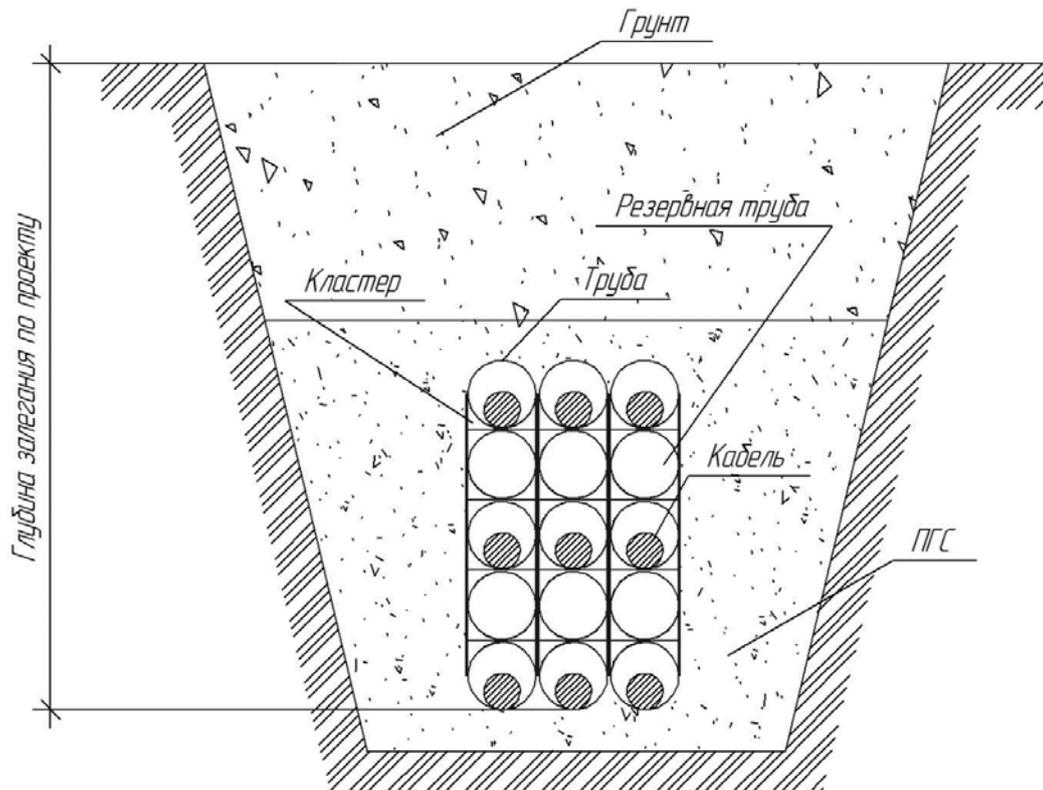


Рисунок 10.32. Пример трубного блока с использованием полимерных труб и кластеров.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

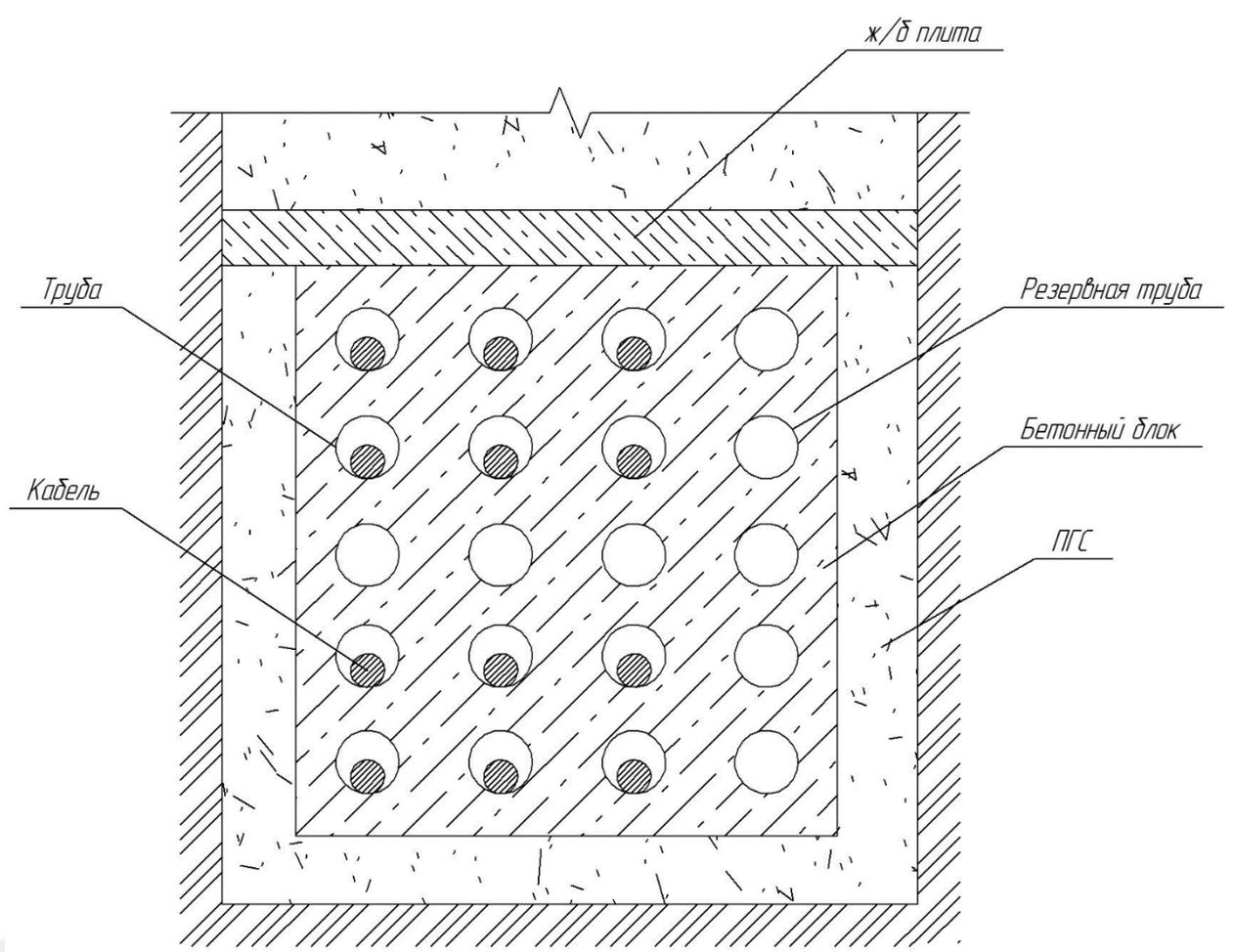


Рисунок 10.33. Пример бетонного трубного блока.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

ТР-101-2016

10.11. Прокладка по мостам и путепроводам

10.11.1. Для обеспечения механической защиты КЛ при прокладке по мостам и путепроводам кабели рекомендуется располагать в трубах.

10.11.2 Прокладка КЛ в трубах позволяет надежно закрепить кабель на мостах и путепроводах, обеспечив его ровное положение без провисания.

10.11.3. Трубы при прокладке КЛ по мостам и путепроводам должны быть негорючими и светостабилизированными.

10.11.4. Для компенсации тепловых расширений трубы, прокладываемые по мостам, необходимо устанавливать с зазором. Величина зазора должна быть определена на основе коэффициента теплового расширения материала трубы. Для обеспечения защиты кабелей в местах зазоров на трубопровод предварительно должен быть надвинут футляр большего диаметра из того же материала, что используется в качестве основного трубопровода.

10.11.5. При креплении труб к конструкциям следует избегать образования вокруг них замкнутых металлических контуров. В случае необходимости в местах крепления хомутов к конструкциям моста можно делать изолирующие прокладки.

10.10.6. Пример крепления трубы к мосту дан на рис.10.34.

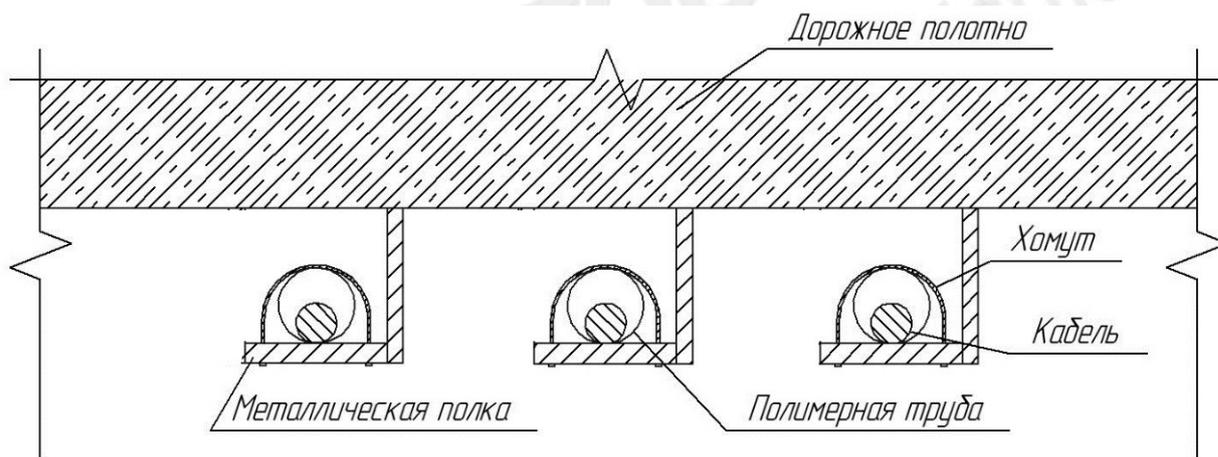


Рисунок 10.34. Прокладка КЛ под мостом.

| | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | №док. | Подп. | Дата |

10.12. Установка воронок и герметизация торцов труб

10.12.1. В промежутке между прокладкой полимерных труб и затяжкой в них кабелей по концам труб рекомендуется установить защитные воронки серии ВЗК. Наличие воронок позволит уменьшить повреждения оболочки кабеля и во время его протяжки, и в процессе его дальнейшей эксплуатации.

10.12.2. Установка защитных воронок производится путем их сварки встык с трубой или за счет применения электромуфт.

10.12.3. Для предотвращения попадания в трубу грунта, воды, посторонних предметов, мелких животных зазоры между внутренней поверхностью трубы и кабелем после прокладки следует закрыть кольцевыми уплотнителями УВК.

В ряде случаев допускается герметизация торцов трубы за счет применения:

- специальных долговечных герметиков, рассчитанных на длительную работу в условиях влажного грунта и высоких температур кабельной линии;
- специальных термоусаживаемых трубок или манжет.

10.12.4. При использовании для укупорки торцов труб специализированных герметиков трубы должны быть заделаны на расстоянии не менее 300 мм от места выхода кабеля из трубы (рис.10.35).

10.12.5. При использовании для укупорки торцов термоусаживаемых манжет или трубок они должны быть установлены еще до протяжки кабеля (рис.10.36).

10.12.6. Для герметизации труб, используемых в стенах и перекрытиях в качестве кабельных проходок, и не имеющих контакта с грунтом или водой, допустимо использовать специализированные негорючие монтажные пены.

10.12.7. Категорически запрещено использовать для герметизации концов кабельных труб любые виды бытовой монтажной пены.

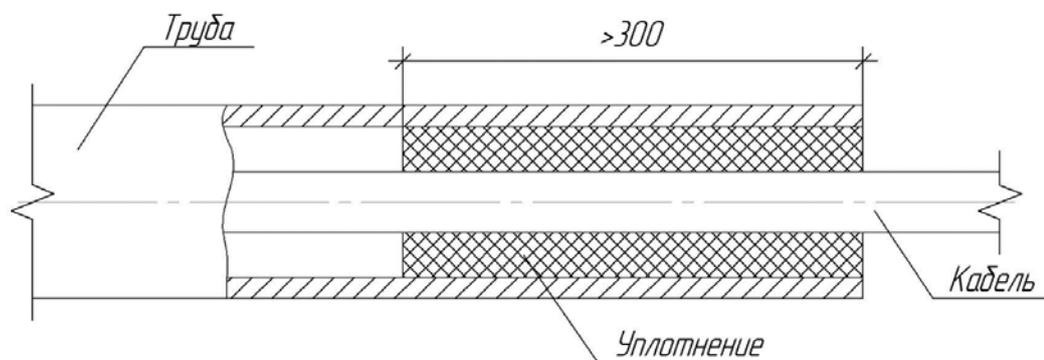


Рисунок 10.35. Уплотнение кабеля в трубе.

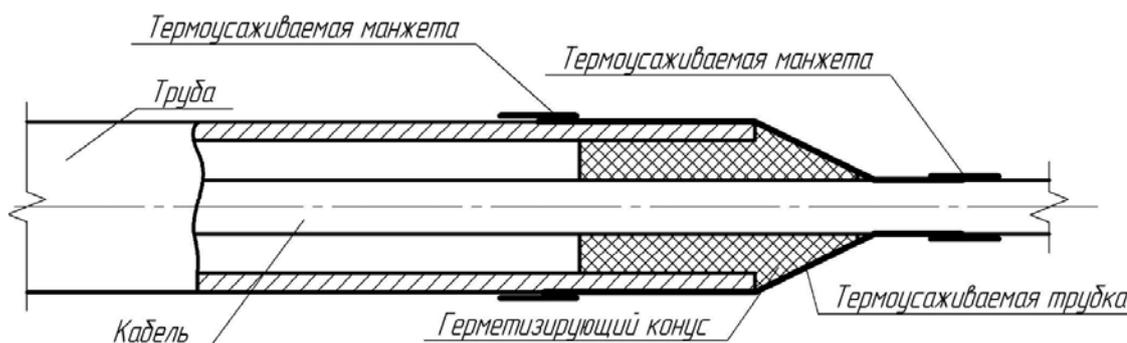


Рисунок 10.36. Пример комплекта для герметизации кабельных вводов.

| | | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

ПРОТЕКТОР ФЛЕКС®
www.protectorflex.ru



тел.: (812) 643 43 76
www.protectorflex.ru

ПРОТЕКТОР ФЛЕКС® — инновационные
технические решения, разработанные компанией
«ЭнергоТЭК» для защиты кабельных линий
различных классов номинального напряжения