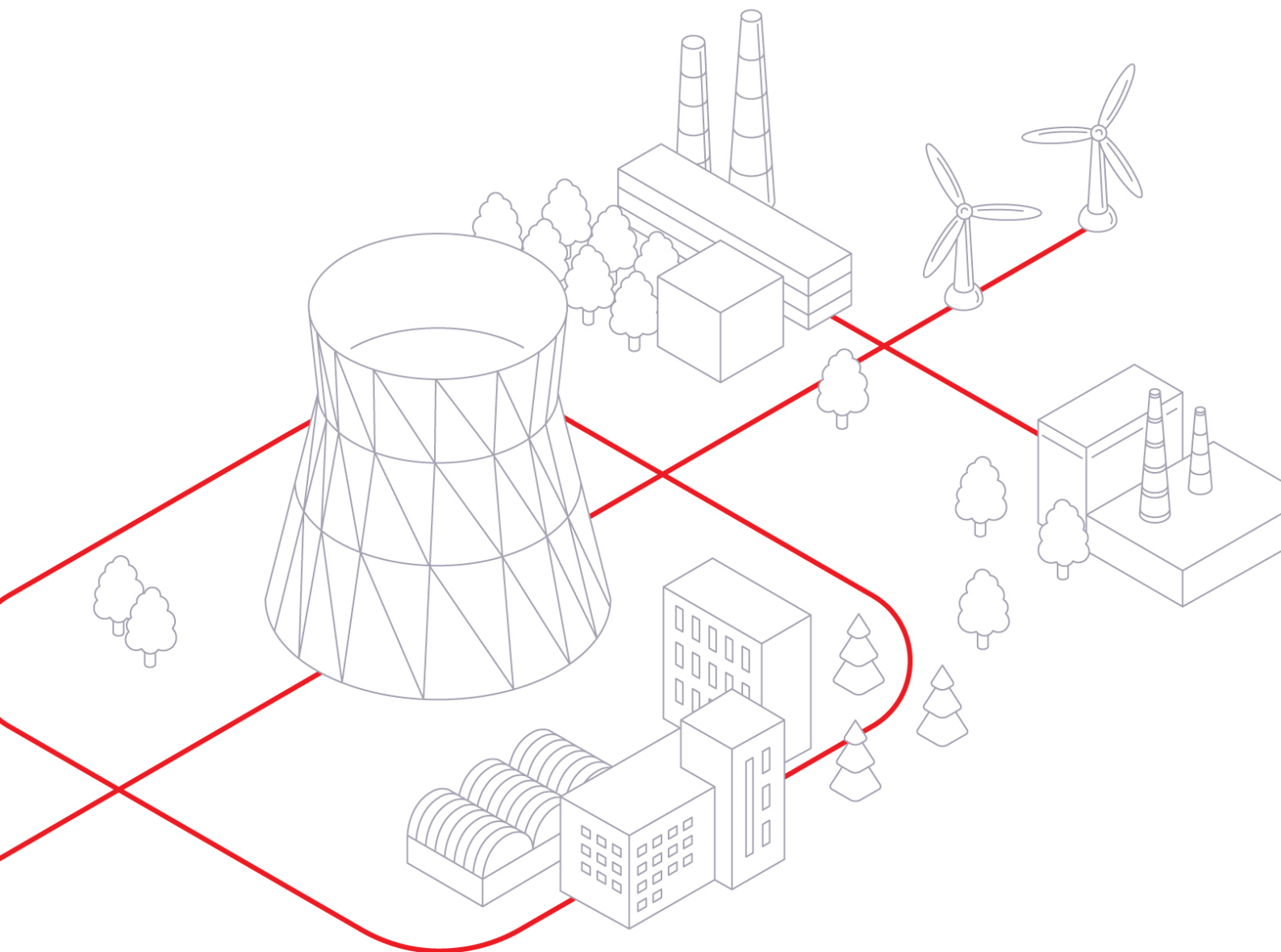


Механический расчет труб ПротекторФлекс®

Расчет выполнен для прокладки
труб в траншее и методом ГНБ.



8 (800) 643-43-76
energotek.ru

 **ЭнерготЭК**

Методология расчетов

Методика выбора диаметра трубы

При выборе диаметра трубы следует придерживаться правила:

$$D > D_p = K_t \cdot d + 2 \cdot e \quad (1)$$

$$D_{вн} = D - 2 \cdot e, \quad (2)$$

где:

- D (мм) – принятый внешний диаметр трубы;
- D_p (мм) – расчетный внешний диаметр трубы;
- K_t (-) – коэффициент;
- d (мм) – диаметр внешней оболочки кабеля, укладываемого в трубу;
- e (мм) – толщина стенки трубы;
- $D_{вн}$ (мм) – принятый внутренний диаметр трубы.

Входящий в (1) безразмерный коэффициент K_t равен 1.5 при закладке одного кабеля в трубу, равен 3.0 при закладке трех кабелей в трубу. Остальные случаи не являются типовыми и рассматриваются отдельно в расчетной части.

Входящая в (1) толщина стенки трубы e определяется в ходе механических расчетов на основе основной информации об условиях прокладки трубы и опирается на понятие кольцевой жесткости SN.

Внутренний диаметр $D_{вн}$, определяемый по (2), при длине трубного участка более 5 м должен быть не менее 100 мм при прокладке одного кабеля в трубу, не менее 150 мм при закладке трех кабелей в трубу. Остальные случаи не являются типовыми и рассматриваются отдельно в расчетной части.

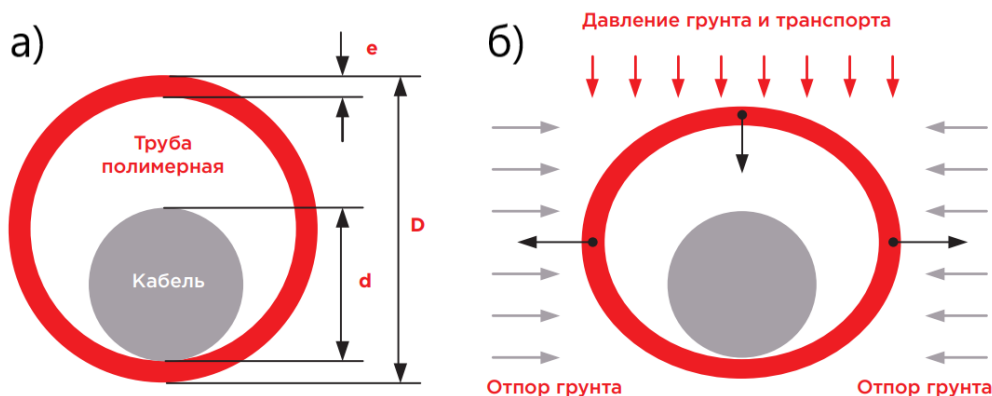


Рис. 1. Полимерная труба с одним кабелем: без давления грунта (а), с давлением грунта (б).

Методика выбора кольцевой жесткости трубы от веса грунта и транспорта

Достаточная кольцевая жесткость трубы при прокладке в траншее:

$$SN = 0.458 \cdot q - 0.0075 \cdot E'_s, \quad (3)$$

где:

- SN (кН/м²) – кольцевая жесткость трубы;
- q (кН/м²) – вертикальная нагрузка на трубу;
- E'_s (МПа) – секущий модуль грунта.

Секущий модуль грунта E'_s зависит от типа грунта, которым засыпается труба, и степени его уплотнения. Как правило, для этих целей используется песок, и тогда рекомендуется использовать данные табл.1, основанные на обобщении опыта ряда европейских стран. В остальных случаях рекомендуется принимать $E'_s = 0$.

Вертикальная нагрузка на трубу q может рассчитывается по-разному в различных условиях прокладки:

1. зеленая зона:

$$q = q_{\Gamma} \quad (4.1)$$

2. нагрузка от грунта и автотранспорта:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{ат}} \quad (4.2)$$

3. нагрузка от железнодорожного транспорта:

$$q = q_{\Gamma} + q_{\text{жт}}, \quad (4.3)$$

где:

- q_{Γ} (кН/м²) – нагрузка от веса грунта;
- $q_{\text{ат}}$ (кН/м²) – нагрузка от автотранспорта;
- $q_{\text{жт}}$ (кН/м²) – нагрузка от ж/д транспорта.

Нагрузка от грунта может быть определена методом «в насыпи» или «в траншее» (нагрузка будет меньше из-за арочного эффекта). Рассмотрим наиболее неблагоприятный случай, когда на трубу давит весь столб грунта высотой H :

$$q_{\Gamma} = \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot H, \quad (5)$$

где:

ρ_{Γ} (т/м³) – удельный вес грунта (обычно не более 2 т/м³);

$g = 9,807$ (м/с²) – нагрузка от автотранспорта;

H (м) – глубина расположения трубы под землей.

В случаях, когда высок уровень грунтовых вод, следует использовать меньшие значения удельного веса грунта, однако, пренебрежение этим эффектом для получения повышенных нагрузок на трубу и выбора ее с должным запасом.

Нагрузка от транспорта может быть определена как:

$$q_{\text{ат}} = \frac{186}{2.7 + H} \quad (6)$$

$$q_{\text{жт}} = \frac{275}{2.7 + H} \quad (7)$$

Табл.1. Рекомендации по выбору секущего модуля для песка, которым засыпана труба.

| Глубина засыпки H , м | Состояние песка, которым засыпана труба | | |
|----------------------------|---|------------------------|----------------------------|
| | 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 |

Методика выбора предельного усилия тяжения

Достаточное предельное усилие тяжения для каждой трубы может быть определено как:

$$F_{1MAX} = \frac{6}{f' \cdot N} \cdot D_{ЭКВ}^2 \cdot L_{ГНБ}, \quad (8)$$

где:

- N (ωm) – число труб в пучке;
- $D_{ЭКВ}$ (m) – эквивалентный диаметр пучка труб (при использовании одного типоразмера труб определяется по табл.2, иначе – условия не являются типовыми и рассматриваются отдельно в расчетной части);
- f' (-) – коэффициент крепости грунта (табл.3);
- $L_{ГНБ}$ (m) – длина участка, выполненного методом ГНБ (m).

Табл.2. Значения эквивалентного диаметра пучка из N труб (каждая труба диаметра D).

| Число труб N | $D_{ЭКВ}$, m |
|----------------|-----------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 2.15 |
| 4 | 2.41 |
| 5 | 3 |
| 6 | 3 |
| 7 | 3 |
| 8 | 3.3 |
| 9 | 3.83 |

Табл.3. Рекомендации по выбору коэффициента в зависимости от сценария бурения.

| | Грунт | Характеристика грунта |
|-----|-----------------|--|
| 2.0 | Довольно мягкий | Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька, каменистый грунт |
| 1.5 | Довольно мягкий | Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина |
| 1.0 | Мягкий | Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт |
| 0.8 | Мягкий | Легкая песчанистая глина, лесс, гравий |
| 0.6 | Землистый | Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок |
| 0.5 | Сыпучий | Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь |
| 0.3 | Плывучий | Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты |
| 0.1 | Плывучий | Сильные плывуны |

Применять при ГНБ трубы кольцевой жесткостью менее $SN\ 16\ \text{кН/м}^2$ не рекомендуется, и поэтому все значения SN менее $16\ \text{кН/м}^2$ должны быть округлены в большую сторону до $16\ \text{кН/м}^2$.